



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“IMPLEMENTACIÓN DE DRONES PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DE LOS RECURSOS TOPOGRAFICOS  
EN LA PLANIFICACIÓN DE MINADO EN MINA JUSTA, 2020.”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

Luis Max Vasquez Castillo

Asesor:

Ing. Huby Siva Bryan Keith

[https://orcid.org/0000 0002 3545 442X](https://orcid.org/0000_0002_3545_442X)

Trujillo - Perú

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Eduardo Noriega Vidal	<b>43236142</b>
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Elmer O. Luque Luque	<b>02044966</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Wilberto Effio Quezada	<b>42298402</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## DEDICATORIA

A mis padres, Julio y Sonia, por todo su esfuerzo, no me va a alcanzar la vida para retribuir todo lo que han hecho por mí.

A mi Esposa Joselyn e hijo Bastian, quienes se han convertido en la inspiración para cada uno de mis proyectos.

## AGRADECIMIENTO

A nuestro padre celestial, por la vida y su infinita misericordia.

A nuestros padres y cada uno de nuestros seres queridos por todo el apoyo.

A nuestra alma máter y docentes, por contribuir en nuestra preparación de llegar a ser profesionales íntegros.

## Tabla de contenido

Jurado evaluador	2
Dedicatoria	3
Agradecimiento	4
Tabla de contenido	5
Índice de tablas	6
Índice de figuras	7
Resumen	8
Capítulo I: Introducción	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Objetivos	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos	17
Capítulo II: Metodología	18
2.1 Tipo de investigación	18
2.2 Población y muestra	18
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	18
Capítulo III: Resultados	20
Capítulo IV: Discusión y conclusiones	33
4.1. Discusión	33
4.2. Conclusiones	34
Referencias	36
Anexos	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Instrumento de medición drone vs gps (malla de perforación).	24
Tabla 2.	Costo de levantamiento topografico con estacion total.	29
Tabla 3.	Costo de levantamiento topográfico con drone	29
Tabla 4.	Ventajas y desventajas del uso de drone.	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i>	Flujograma de trabajos topograficos con drone	21
<i>Figura 2.</i>	Seguimiento de minado con imagen georreferenciada de drone, en tajo mina	
Justa fase i	22	
<i>Figura 3.</i>	Cumplimiento de la producción de minado en tajo mina Justa fase i.	23
<i>Figura 4.</i>	Seguimiento de mallas de diseño de perforación con imagen de drone.	25
<i>Figura 5.</i>	Iperc del levantamiento fotogramétrico de drone.	26
<i>Figura 6.</i>	Control geotécnico de diseño de pit (diseño de tajo) mediante modelo digital de terreno obtenido desde el drone.	27
<i>Figura 7.</i>	Orto mosaico y el modelo digital de terreno de la presa de relave.	28
<i>Figura 8.</i>	Comparacion de costos entre ambos métodos.	30
<i>Figura 9.</i>	Número de personas para el levantamiento de terreno.	30
<i>Figura 10.</i>	El tiempo que se requiere para el levantamiento de terreno	31

## RESUMEN

Esta investigación abordó el tema de la implementación de drones para desarrollar un trabajo más eficiente y eficaz en la planificación de minado mediante la automatización de recursos topográficos utilizando esta tecnología, ya que optar por un levantamiento topográfico tradicional conlleva a obtener datos en un mayor tiempo y a su vez con menor exactitud; además, es una exposición al personal a algún riesgo latente. Es por ello que se planteó como objetivo principal implementar drones para la automatización de recursos topográficos en la planificación de minado en mina Justa. Se planteó una metodología con enfoque cuantitativo, de profundidad propositiva; además, se consideró un tipo de investigación exploratoria y a su vez según su manipulación de variables, se tomó en cuenta una investigación cuasi experimental. El desarrollo de la perspectiva teórica que se muestra a continuación se basará en la revisión de documentación académica. De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que se redujo tiempos y reducción de horas hombres en relación al método tradicional topográfico, adicionalmente se eliminó la exposición a peligros y riesgos de los operadores en mina Justa optando así por el uso de drones para la automatización de recursos topográficos.

**PALABRAS CLAVES:** *Automatización, recursos topográficos, mina.*

## ABSTRACT

This research addressed the issue of the implementation of drones to develop a more efficient and effective work in mining planning by automating topographic resources using this technology, since opting for a traditional topographic survey leads to obtaining data in a longer time and turn with less accuracy; In addition, it is an exposure to personnel to some latent risk. That is why the main objective was to implement drones for the automation of topographic resources in mining planning in the Justa mine. A methodology with a quantitative approach, proactive depth was proposed; In addition, a type of exploratory research was considered and, in turn, according to its manipulation of variables, a quasi-experimental investigation was taken into account. The development of the theoretical perspective shown below will be based on the review of academic documentation. According to the analysis carried out, it is concluded that times and man-hours were reduced in relation to the traditional topographic method, additionally the exposure to dangers and risks of the operators in the Justa mine was eliminated, thus opting for the use of drones for automation of topographic resources.

***Keywords:*** Automation, topographic resources, mine.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Actualmente, a nivel mundial la industria minera muestra un potencial de crecimiento gracias a la alta demanda y consumo de recursos minerales y energéticos. Además, enfrenta constantemente cambios, buscando adaptarse a las nuevas situaciones y tecnologías, formando así estrategias eficientes que permitan realizar planes de minado que automaticen y direccionen de una manera precisa la productividad.

La planificación de minado es la herramienta que permite definir la mejor opción respecto de la forma y el tiempo en que las reservas deben extraerse para obtener el mayor retorno económico de un proyecto. La planificación de trabajos para la secuencia de minado en **Mina Justa** se da a diario y este demanda de tiempo y precisión en levantamientos topográficos para la obtención de información de superficies de terreno, tonelajes extraídos y zonas que se intervienen continuamente en la operación, adicionalmente este tipo de trabajos expone a riesgos y peligros operacionales que conllevan a la interacción con equipos y maquinarias usando topografía convencional, de esta manera conseguir información mediante tecnología con drones optimizaría trabajos para obtener una información topográfica detallada en áreas de interés y conseguir perspectivas digitales de terreno en un tiempo reducido, de esta forma permite contar con una visión más amplia de la superficie, que posteriormente contribuya para la determinación de decisiones asertivas en el proceso de la operación.

Debido a ello, la presente investigación busca implementar drones para la automatización de recursos topográficos en la planificación de minado en mina Justa y así desarrollar un trabajo eficiente y eficaz. De no hacerlo se corre el riesgo de seguir optando por un levantamiento topográfico tradicional, el cual conlleva a datos tardíos y menos exactos, además, expone al personal a una serie de accidentes.

Según la investigación de Fernández, J. y Gutiérrez, G. (2016) en la ciudad de Salamanca-España, titulada "*Aplicaciones geológicas de los drones*" tuvo como finalidad introducir algunos aspectos de interés a nivel de normativa vigente y planificación de vuelos, proporcionando una guía con las principales características y posibilidades que ofrecen los drones en el campo de la geología. La entrada en el mercado de aeronaves de bajo coste permite además la elaboración de modelos digitales y ortofotografía con una elevada resolución, siendo de especial interés científico y educativo. Su uso para la elaboración de modelos

tridimensionales facilita la visualización de resultados de cara al público y pueden ser incluidos como contenido en geoparques y otras actividades orientadas al geoturismo. Finalmente, concluye afirmando que la entrada en el mercado de tecnologías geomáticas como los drones ha abierto un nuevo campo de aplicación en la rama de las ciencias geológicas. La capacidad de este tipo de aeronaves no tripuladas para desarrollar trabajos en regiones remotas, de difícil acceso o muy vegetadas, hace de ellos una herramienta de gran versatilidad para trabajos científicos.

En el trabajo de estudio a cargo de Valencia, R. (2017), en la ciudad de Puno-Perú, en su tesis titulada "*Planeamiento de minado a corto plazo del mes de abril de 2013 en la Unidad Minera Arasi S.A.C. proyecto Jesica, ubicado en el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa en el departamento de Puno-Perú*", se buscó evaluar el planeamiento de minado a corto plazo, para determinar qué información relevante proviene del in situ de las operaciones mineras, y ver cuáles son necesarias para llevarlas a un proceso y de ello obtener el modelo de leyes de oro actualizado, para esto se trabajó con un porcentaje de muestra de 17,9%. Concluyendo que para el planeamiento a corto plazo es de vital importancia primero revisar y analizar la información de la base de datos a actualizar. El método de corto plazo tiene una influencia directa en las onzas de oro depositadas en el pad de lixiviación, esto hace tener en cuenta que la generación de un plan de minado a corto plazo es el primer paso antes de la ejecución del mismo.

En el estudio a cargo de Bautista, J. (2017) en la ciudad de Puno-Perú, titulado "*Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la unidad operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía Minera Ares S.A.C.*" buscó mejorar e incrementar el nivel de producción diaria para tener un mejor criterio en la toma de decisiones de la mina Pallancata con la contribución del Proyecto Pablo de 320 toneladas en promedio por día con respecto a los tajeos convencionales y avances de preparación obteniendo una suma de 948 TM/día de un programado de 887 TM/día, incrementando así los niveles de producción diaria como en el acumulado mensual de 19,461 TM/mes a 29,384 TM/mes en promedio.

Ramírez, I. (2018) de la ciudad de Santiago de Chile-Chile, titulada "*Diseño y desarrollo de un nuevo reporte compacto y automático de planificación mina división los bronces, Anglo American S.A.*" tuvo como objetivo general investigar, diseñar, desarrollar e implementar un reporte automático adhoc para la Superintendencia de Planificación de Operaciones, que permita visualizar el cumplimiento de la secuencia minera, así como la identificación oportuna

de posibles desvíos. La metodología constó de una evaluación, diseño e implementación. Concluyendo que la reportabilidad dentro de una operación minera es fundamental para el seguimiento de la secuencia de extracción y el control del buen cumplimiento de ésta. Por ello, es necesario diseñar e implementar un reporte que guste y sirva para el área de planificación de corto plazo, ya que actualmente no se tiene uno que cuente con los indicadores requeridos en la Superintendencia.

En la investigación de Alvarracin, K. (2018), en la ciudad de Guayaquil-Ecuador, titulada "*Análisis de normativas, reglamentos y capacitaciones para la importación y comercialización de drones profesionales en Ecuador*" cuyo objetivo fue demostrar el importante uso aplicable en diferentes sectores del Ecuador. Hoy en día el interés no solo es el dron como máquina, sino su aplicación en varios tipos de negocios. Finalmente, afirma que en 2015 se reportó medidas maniobradas por drones en otras industrias del mundo por un total de \$127 billones. Se demostró en esta prueba que el interés de hoy en día no solo es el dron como máquina, sino también la aplicación para diversos negocios. Destacando que en el Ecuador se debe fomentar el uso de drones para reducir costo de mano de obra o servicios que pueden ser remplazados con esta tecnología.

En el trabajo de estudio realizado por Villacorta, H. (2019) en la ciudad de Trujillo-Perú, titulado "*Planeamiento de minado corto plazo de la unidad minera Tahoe Perú – La Arena - Trujillo*", concluyó con que la productividad en comparación del año 2016, con el 2017 se incrementó de 1.59 a 3.53 (TM/Tarea), lo que significa incremento en 1.94 TM/Tarea. Asimismo, disminuyó el costo de producción de una tonelada de mineral en tajos y que, comparando con los objetivos trazados para junio del 2017, se logró disminuir en 10.5 USD/TM que es ahorro para la ECM.

El artículo realizado por Ortiz, V. (2020) titulado "*Los Drones, una herramienta para la Minería Inteligente*", se basa en las ventajas del uso del Dron en minería y los procesos de automatización en cuanto a la topografía, además menciona los usos aplicativos en minería como el cálculo volumétrico en zonas, análisis hidrológico de terrenos utilizando imágenes y el cálculo de tonelaje en el movimiento de tierras, concluyendo que el uso de Dron es cada día más imprescindible ya que se puede usar desde el campo de construcción hasta el campo minero metálico y no metálico.

El trabajo de investigación realizado por Castro, J. y Pfura, E. (2020) en la ciudad de Arequipa-Perú, titulado "*Uso del Drone como alternativa para reducir el tiempo de levantamiento topográfico en minería*", buscó identificar el drone que más se adapte a las condiciones necesarias en prospección y exploración minera y luego de llegar a describir el proceso fotogramétrico como principio de funcionamiento del drone en el campo minero, concluyendo que el Drone que mejor se adapta a la minería superficial por la versatilidad que posee es el Drone multirrotor con RTK ya que cuenta con sistema GPS, el cual como punto a favor, ayuda a funcionar de una manera autónoma.

En la investigación de Tumialán, J. (2020), titulada "*Desarrollo e implementación de una metodología para levantamiento de planos topográficos mediante fotogrametría aérea con UAV*", el autor implementó una metodología para la captura de imágenes y establecimientos de puntos de fotocontrol en un levantamiento fotogramétrico utilizando un drone Mavic 2 Pro y un GPS map 62s para adquirir coordenadas. Desarrolló una herramienta computacional en el software QGIS, el cual es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto, para poder obtener curvas de nivel y planimetría a partir de los modelos digitales que se hayan obtenido, lo cual permitió obtener los planos topográficos deseados del área de estudio.

## **Drone**

Un drone es un objeto volador no tripulado capaz de ser manejado a distancia mediante un control remoto, este a su vez traza su propia ruta mediante GPS el cual puede ser visto por medio de una Tablet o Smartphone mediante aplicaciones.

Se puede diferenciar entre tres tipos de drones según su fisionomía.

**Dron multirrotor.** Actualmente son los de mayor crecimiento y constan de varios motores ubicados de forma independiente en ambos extremos de la máquina; según el número de motores, los dividimos en trirotores (3), cuádrimotors (4), hexacópteros (6) y octocópteros (8); totalmente aprovechable para su uso gracias a la estabilidad, ligereza y maniobrabilidad que puede realizar sin olvidar la forma estática de vuelo que utiliza, por otro lado sus desventajas se resumen en vuelo El enorme consumo energético para mantenerse y su autonomía extendida entre 15 y 30 Minutos hacen su excelente aplicación en ensayos audiovisuales e industriales.

**Dron helicóptero.** Exteriormente parece un pequeño helicóptero compuesto por un motor principal, con gran autonomía y carga útil; se pueden mencionar modelos con motores

de combustión interna, que pueden permanecer en el aire alrededor de 01 hora sin repostar; sus desventajas son claramente mecánicas, el uso de controles los hace mínimos de uso y acceso, son ideales para fotogrametría y agricultura de precisión.

**Dron de ala fija.** Su forma se asemeja a la de un avión, el cuerpo principal está equipado con 02 alas fácil de planificar y el rotor de cola utiliza accionamiento eléctrico o de combustión; es el más eficiente en cuanto a aerodinámica y autonomía de vuelo, desventajas como que pueden llevar la menor carga al no poder quedarse quietos, son menos flexibles para maniobrar y requieren una gran superficie, pero su alta autonomía los hace ideales para la fotogrametría y para la agricultura de precisión.

Además, podemos clasificar a los drones por método de control:

**Dron autónomo:** este dron es controlado desde tierra, no necesita piloto, mantiene su autonomía integrando sensores y sistemas propios.

**Dron motorizado:** En este tipo de vehículos necesitamos una persona, cuyo rol es brindar información y retroalimentación para controlar el dron, el comando está programado para realizar su plan de vuelo, sin embargo, el operador no controla los controles, si puede, qué hará el dron, que también es habitual en fotogrametría y agricultura de precisión.

**Dron supervisado:** Un técnico controla el dron y realiza un pequeño número de tareas de forma independiente.

**Dron reprogramado:** El equipo ejecuta el plan de vuelo según lo previsto originalmente, por lo que no se pueden realizar cambios de última hora.

**Controlado Remotamente (R/C):** El técnico controla el vehículo a través de una consola ideal para tareas audiovisuales y de inspección.

Por último, pero no menos importante, está la clasificación por uso:

**Drones militares:** Estos tienen capacidad de bombardeo ya que suelen estar armados, otros solo cumplen un rol de espías.

**Drones civiles:** Estos vehículos no tienen uso militar y se pueden clasificar en:

**i. Drones Comerciales:** usados en fotogrametría, multimedia y más.

**ii. Drone para aficionados:** se puede usar en los momentos libres como hobby.

**iii. Drones de uso gubernamental:** importante para militares, bomberos, rescatistas del país.

### **Automatización**

Implica la transferencia de tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos. La automatización minera da cuenta de la mejora productiva y de costos de toda la operación, desde el manejo de una maquinaria, pasando por el uso de energía, hasta el eficiente trabajo de una planta minera, a través de la gestión operativa de un solo sistema. Dicho proceso de automatización lleva a la minería a convertirse en una industria que apela a la tecnología para lograr que los diferentes lenguajes, dispositivos y plataformas puedan converger y comunicarse entre sí mediante sistemas unificados y automatizados aplicados a un creciente número de procesos. (Quinde, 2019)

### **Topografía**

Es la disciplina que abarca todos los métodos para reunir información de partes físicas de la Tierra, tales como el relieve, los litorales, los cauces de corrientes hídricas, entre otros, usando para ello los métodos clásicos de medición en terreno, la fotogrametría y los Sensores Remotos. (Rincón, Vargas y Gonzales, 2018, p. 20)

### **Levantamiento topográfico**

Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano, el conjunto de operaciones incluye:

- ✓ Selección del método de levantamiento.
- ✓ Elección del equipo a utilizar. Identificar y ubicar posibles vértices de apoyo.
- ✓ Realización de mediciones en terreno.
- ✓ Cálculo y procesamiento de datos.
- ✓ Elaboración de planos. (Rincón, Vargas y Gonzales, 2018, p. 22)

### **Planeamiento minero**

Planeamiento minero es el que permite identificar y pronosticar el que hacer, de modo de alcanzar los objetivos de la empresa, junto con los presupuestos, los planes de venta, los programas de inversión, la estimación de recursos y reservas, entre otros. Para el caso de una empresa minera, el planeamiento es el encargado de definir el plan minero de producción; dicho

plan identifica el origen, la cantidad y la calidad de material a beneficiar, como también las estrategias, tiempos y recursos requeridos para la materialización de lo programado. (Vega, 2011, p.15)

#### **Planeamiento de minado a corto plazo:**

El horizonte de tiempo de esta planificación es diario, semanal, mensual y trimestral. Es en esta instancia de planificación donde se debe analizar los recursos utilizados en la operación de la mina. Debe recopilar la información operacional con el objetivo de retroalimentar la planificación de mediano plazo. (Valencia, 2019, p. 50)

#### **Planeamiento de minado a mediano plazo:**

La planificación de mediano plazo, por lo general, abarca un horizonte de tiempo trianual y anual, y produce planes de producción orientados a obtener las metas productivas en el corto plazo definidas en el largo plazo. Permite asegurar el presupuesto de operaciones y retroalimentar la planificación de largo plazo. (Valencia, 2019, p. 50)

#### **Planeamiento de minado a largo plazo:**

La planificación de largo plazo define una envolvente económica en función de las reservas mineras disponibles, sobre la cual se trabajará para establecer un plan minero anual, estableciendo el tamaño de la mina, el método, la capacidad de producción, la secuencia de explotación y el perfil de leyes de corte. Se incorpora variables promedio y generales, debido a que el tamaño del problema a resolver no permite un mayor nivel de detalle, considerando las heurísticas utilizadas actualmente. (Valencia, 2019, p. 49)

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo la implementación de drones permite obtener recursos topográficos en menor tiempo para la planificación de minado en Mina Justa, 2020?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Implementar drones para la automatización de recursos topográficos en la planificación de minado en mina Justa.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Diferenciar el tiempo de trabajo topográfico utilizando el método tradicional en relación con el uso de drones para la automatización de recursos topográficos mediante los modelos digitales de terreno, para la toma de decisiones en una planificación de minado precisa y detallada.
- Demostrar que la precisión por la acumulación en la nube de puntos topográficos de dron es mayor en relación al proceso convencional topográfico.
- Reducir la exposición de peligros y riesgos operacionales en mina Justa optimizando recursos topográficos con la aplicación de drones.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

El presente proyecto tiene un enfoque cuantitativo ya que permite explorar nuevos fenómenos y con ello poder hacer comparaciones. Además, según su propósito es una investigación aplicada ya que hace uso de la teoría para dar solución a problemas prácticos. Asimismo, según su profundidad es una investigación propositiva, ya que tiene como propósito establecer una propuesta de solución basada en una teoría y hecho concreto a un contexto en específico. Además de ello, se considera que es una investigación exploratoria, ya que tiene por objeto principal familiarizar al lector con un tópico poco conocido o estudiado o novedoso. Y finalmente, según su manipulación de variable es una investigación de diseño cuasi experimental. (Sampieri, 2018. Cap. 5, pag. 105)

### 2.2 Población y muestra

El presente trabajo de investigación tiene como población objetivo a la Mina Justa, Marcona. Su ubicación exacta está en: Región Ica, provincia de Nazca, distrito de Marcona; 40 km al suroeste de la ciudad de Nazca capital de la provincia del mismo nombre, y a 21 km al Noreste de San Juan de Marcona, con coordenadas UTM al Norte de 8 325 218 y Este de 491 760.

La muestra definida y no probabilística, se construye por la misma población objetivo de esta investigación, dejando claro que la presente investigación abarca únicamente la propuesta de diseño para la automatización de recursos topográficos en la planificación de minado a través de modelos digitales de terreno aplicando tecnología con drones y así obtener las medidas de los tajos y las banquetas, las cuales son plataformas a determinado nivel que generan la estabilidad y seguridad de taludes en tajos abiertos.

En esta investigación tenemos como variable independiente a la implementación de drones y como variable dependiente a la planificación de minado, lo cual especifica las definiciones operacionales y conceptuales en el Anexo 03, en la matriz operacional.

### 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica que se utilizará será el Análisis de datos digitales para ello se hace uso del instrumento (*Anexo 4*), ya que de esa forma se recoge de una manera ordenada y organizada los indicadores de las variables implicadas en el objetivo de esta investigación propositiva.

- Procedimientos de recolección de datos

La técnica que utiliza en el presente trabajo es la observación experimental, porque se elaboran datos en condiciones a cargo y controladas por el tesista. Se usó como instrumento una hoja de registros de datos, para la comparación de nuevas tecnologías con métodos tradicionales, las variables serían tiempo, precisión, número de operadores, inversión económica, detalle de información, etc.

- Análisis de datos

Se realizará una revisión de datos esenciales para la información, en la cual se va a comparar el método tradicional frente al uso del dron para identificar las diferencias y así poder saber cuál es más eficiente, eficaz y seguro para el personal del área de topografía.

- Aspectos éticos

El presente trabajo se realiza con mucha honestidad, ya que utiliza datos reales tanto de la toma de datos tradicionales y los que se obtienen del dron.

Asimismo, se está teniendo bastante precaución y cuidado al momento de compartir información confidencial. También, se respeta a otros trabajos de investigación, puesto que no existe plagia alguna.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

**1. Análisis del uso estratégico de drones para los trabajos fotogramétricos mediante los modelos digitales de terreno, para la toma de decisiones en una planificación de minado precisa y detallada.**

El análisis se desarrolla presentando un flujograma donde se describe paso a paso el uso del drone para la toma del levantamiento del terreno.

## FLUJOGRAMA DE TRABAJO

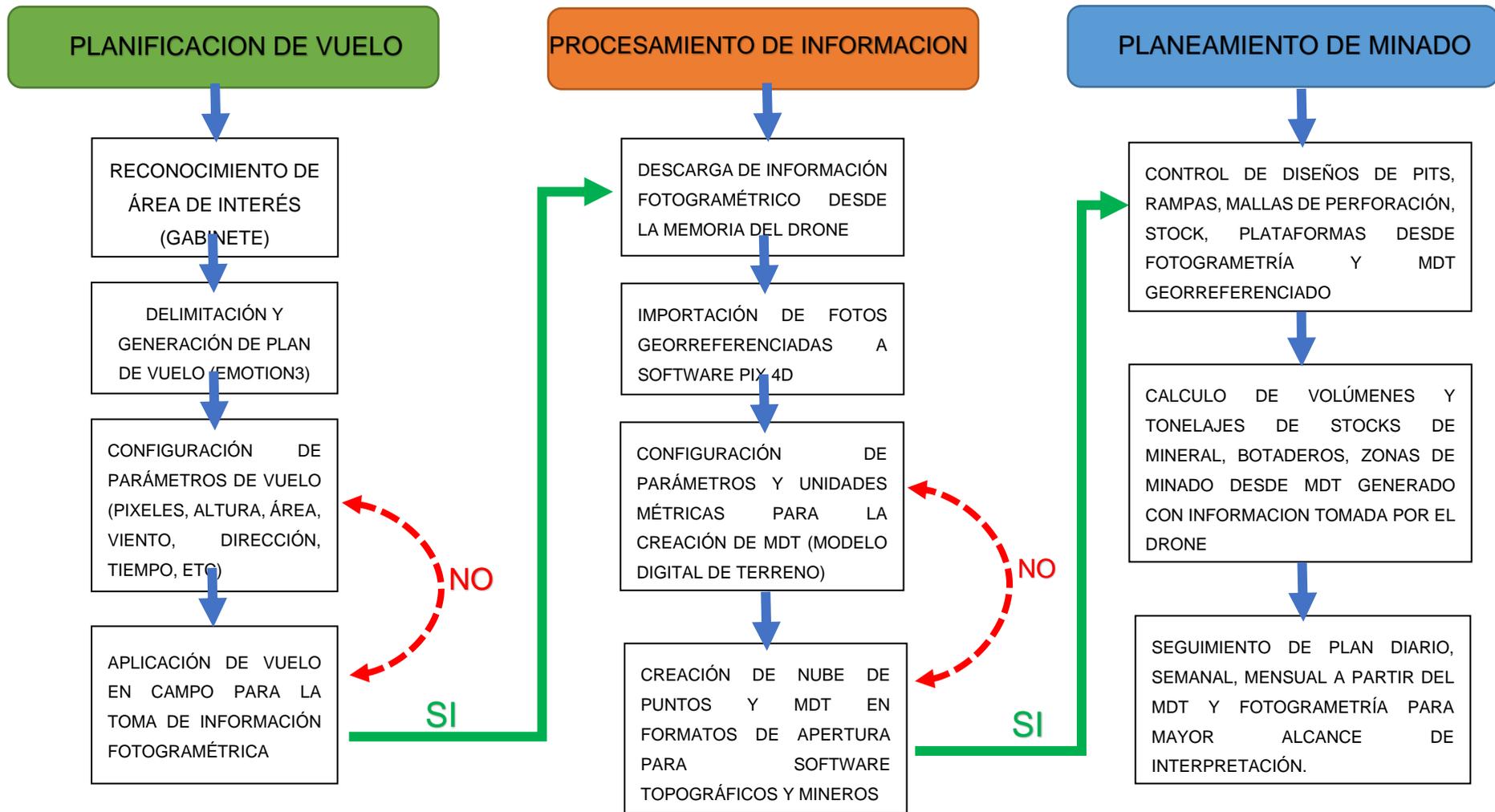


Figura 1. Flujograma de trabajos topograficos con Drone

Fuente: Vásquez Castillo, Luis Max

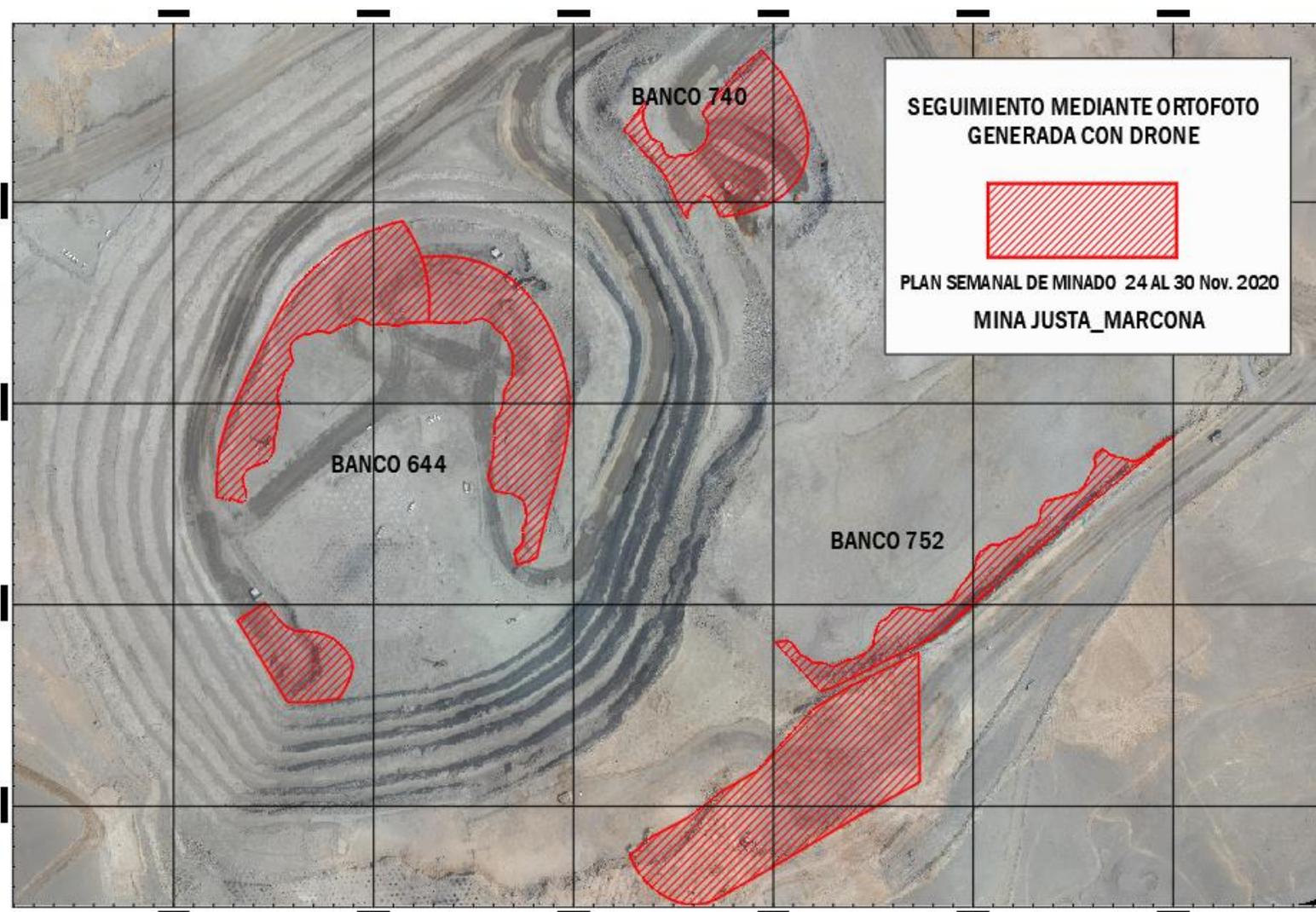


Figura 2. Seguimiento de minado con imagen georreferenciada de drone, en tajo mina Justa fase I (Semana: 24 al 30 de noviembre).

Fuente: Vásquez Castillo, Luis Max

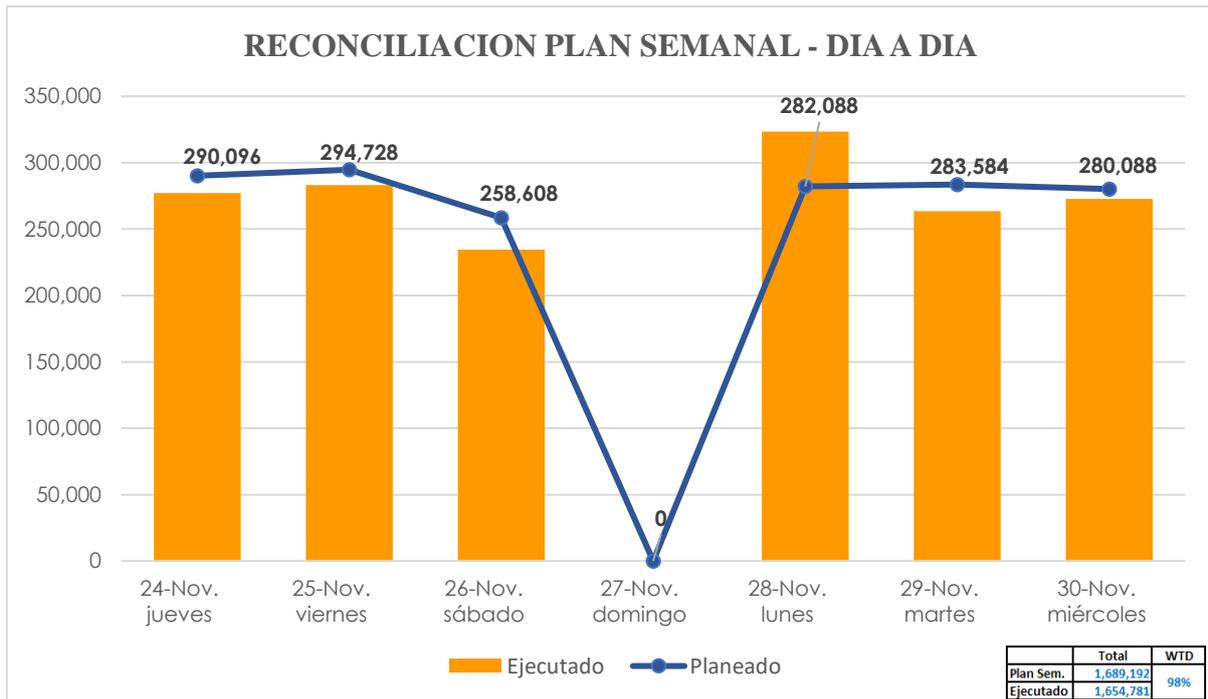


Figura 3. Cumplimiento de la producción de minado en tajo mina Justa fase I (Semana: 24 al 30 de noviembre).

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

En la *Figura 3* se observa que para el 24 de noviembre el valor planificado para la producción es 290, 096 Tn, sin embargo, se ejecutó 277, 246 Tn, no llegando a cumplir el objetivo del día. Por otro lado, el 28 de noviembre el valor planificado para la producción es 282, 088 Tn, pero se llegó a ejecutar 323, 532 Tn, superando el objetivo diario. Esta figura ayuda al seguimiento constante para el plan de minado para cumplir con los targets de producción.

## Comparación de recursos utilizados con el uso del sistema topográfico convencional vs la utilización con drones

Se utilizó un instrumento de medición y la zona utilizada fue las mallas de perforación.

Tabla 1. Instrumento de medición drone vs GPS (malla de perforación).

 <b>FICHA DE VALIDACION DE DATOS TOPOGRAFICOS</b>										
Unidad Minera:		MINA JUSTA				Distrito:		MARCONA		
Compañía:		MARCOBRE				Provincia:		NASCA		
RUC:						Departamento:		ICA		
Nombre de la Estación		Datum		Zona		Operador:		Max Vasquez		
CREFO001		WGS-84		18S		GPS Modelo:		R10	Drone Modelo:	Ebee Plus
Coordenadas UTM			Coordenadas Geográficas			Puntos Tomados:		10	Puntos Tomados: 10	
Este	Norte	Cota	Latitud	Longitud	Altura	Base Marca:		NetR9	Base Modelo:	NetR9
491329.333	8325724.264	835.806	15°08'39.08373"	75°04'50.54186"	863.929					
Tajo:	FASE 02			N° de taladros:	300	Precisión Promedio		%Hz	%W	
Banco:	764			Espaciamiento:	8 m	Taladros desviación <=0.30m		91%	100%	
Proyecto:	17			Burden:	7 m	Taladros desviación >0.30m y <=0.60m		9%	0%	
Tipo:	Producción			Subdrilling:	1.5 m	Taladros desviación >0.60m		0%	0%	
Perforadora:	PIT VIPER					Puntuación		91	100	
620	493805.58	8323691.05	777.400	493805.56	8323691.30	777.43	0.02	-0.25	0.25	-0.03
621	493799.33	8323685.93	777.000	493799.35	8323686.19	777.15	-0.02	-0.26	0.26	-0.152
622	493793.15	8323680.51	777.830	493793.09	8323680.70	777.85	0.06	-0.19	0.20	-0.023
623	493787.08	8323675.3	778.520	493787.03	8323675.50	778.58	0.05	-0.20	0.21	-0.061
624	493780.96	8323670.16	778.630	493780.93	8323670.35	778.69	0.04	-0.18	0.19	-0.058
625	493774.71	8323663.87	778.050	493774.69	8323664.08	778.10	0.02	-0.21	0.21	-0.051
626	493768.93	8323659.74	776.910	493768.91	8323659.92	776.94	0.02	-0.18	0.18	-0.031
627	493762.97	8323654.48	777.060	493762.81	8323654.74	777.10	0.16	-0.26	0.31	-0.042
628	493756.91	8323649.24	777.050	493756.81	8323649.32	777.11	0.10	-0.08	0.13	-0.062
629	493750.64	8323644.21	776.990	493750.47	8323644.33	777.02	0.17	-0.12	0.21	-0.031
630	493744.55	8323638.89	776.960	493744.47	8323638.99	776.84	0.08	-0.10	0.13	0.119

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

La diferencia en el ID (blast hole 620) presenta una variación en "x" (este) de 0.0, en "y" (norte) una variación de 0.3m, una distancia horizontal entre puntos de 0.25m y -0.03m la variación de cotas.

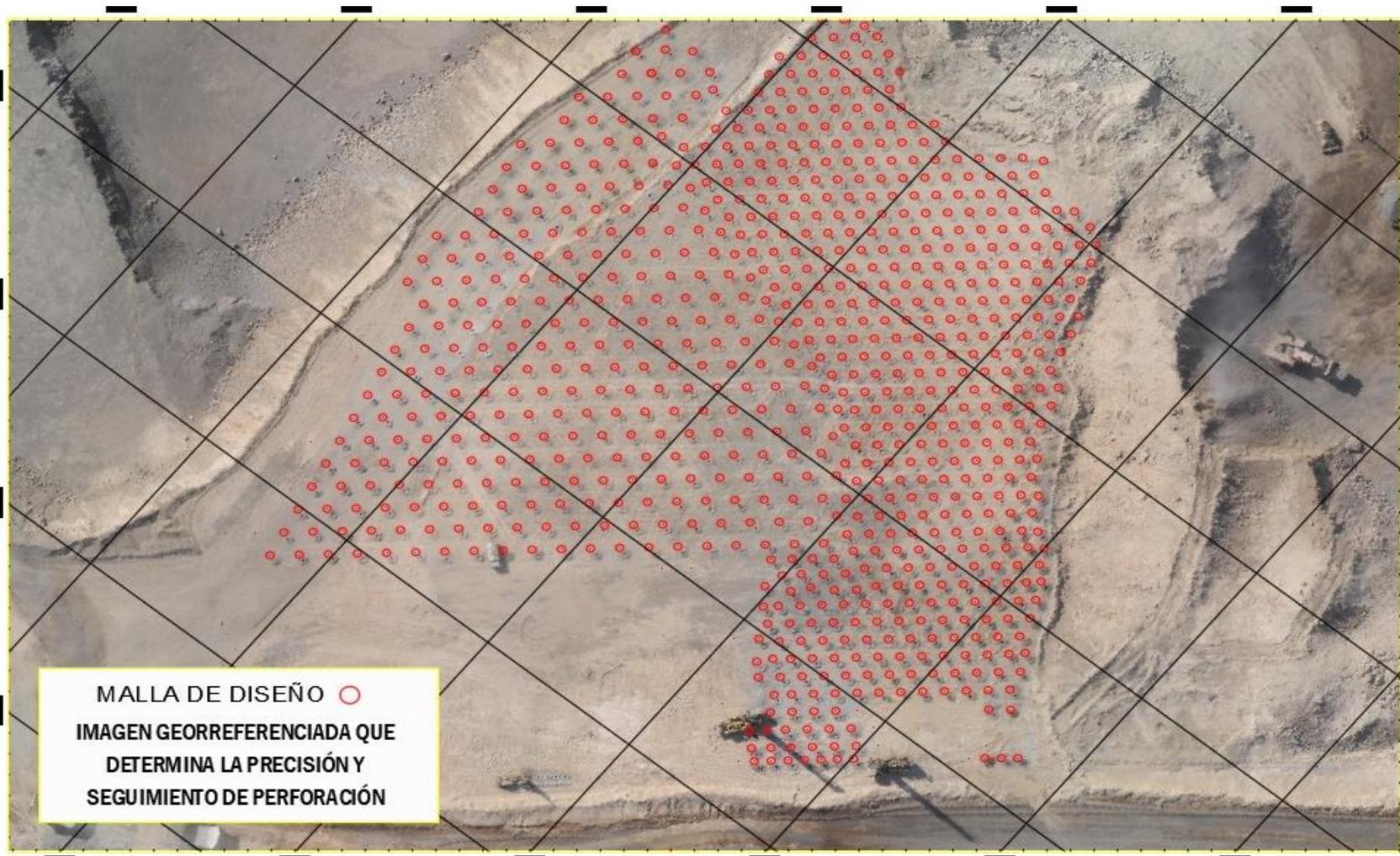


Figura 4. Seguimiento de mallas de diseño de perforación con imagen de drone.

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

Asimismo, se presenta un IPERC del levantamiento topográfico con el drone.

REGISTRO												
IPERC CONTINUO												
MARCobre		Código: JU-SSO-STG-006.F03				Versión: 0		Páginas: 1 de 2				
		Área: Gerencia de Seguridad y Salud Ocupacional				Fecha: 13-01-2020		Registro N°:				
Empresa: MARCOBRE						Nombre de la Tarea: LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO CON DRONE						
Área: PLANEAMIENTO MINA						Fecha: 30/10/2020						
Ubicación exacta (Lugar): TAJO FASE 01						Hora: 7:30 a. m.						
N°	SECUENCIA DE PASOS DE LA TAREA	¿PASO DE LA TAREA INVOLUCRA EXPONER LA MANO(S) A LA LINEA DE FUEGO?		DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO	RIESGO	EVALUACIÓN IPER			CONTROLES CRÍTICOS IDENTIFICADOS E IMPLEMENTADOS	EVALUACIÓN RIESGO RESIDUAL		
		SI	NO			A	M	B		A	M	B
1	RECONOCIMIENTO DE AREA DE DESPEGUE PARA DRONE	X		DRONE, CAMONETA	GOLPES,CAIDAS			24	REVISAR A DETALLE EL AREA DE TRABAJO Y EQUIPOS A UTILIZAR			24
2	ENSAMBLADO DE EQUIPO (DRONE) EN CAMPO	X		DRONE	CORTES,GOLPES			24	SOLO PERSONAL AUTORIZADO Y CERTIFICADO QUE CONOZCA EL EQUIPO REALIZARA EL TRABAJO DE ENSAMBLADO			24
3	VUELO_ENVIO Y RECEPCION DEL EQUIPO EN CAMPO	X		DRONE	CORTES,GOLPES,CAIDAS			24	SOLO PERSONAL AUTORIZADO Y CERTIFICADO QUE CONOZCA EL EQUIPO REALIZARA EL TRABAJO			24
DATOS DE TRABAJADORES:												
Antes de iniciar la tarea, el supervisor responsable de la tarea debe asegurar que los trabajadores conocen los pasos de la tarea, peligros, riesgos y controles establecidos. Todos los trabajadores deben firmar en el formato, en señal de conformidad y compromiso en cumplir y hacer cumplir los controles de seguridad establecidos.												
N°	Fecha	Hora	Nivel / Área	Nombres y Apellidos	Firma	N°	Fecha	Hora	Nivel / Área	Nombres y Apellidos	Firma	
1	30/10/2020	7:40 a. m.	PLANEAMIENTO MINA	LUIS MAX VASQUEZ CASTILLO		7						
2						8						
3						9						
4						10						
DATOS DE LOS SUPERVISORES:												
N°	Hora	Nombres y Apellidos del Supervisor	Medida Correctiva	Firma								
1	7:40 a. m.	LUIS MAX VASQUEZ CASTILLO	RECONOCIMIENTO A DETALLE DE TERRENO, Y VERIFICAR EQUIPO Y SOFTWARE ANTES DE REALIZAR EL VUELO									
2												
Reglas por la Vida												
												

Figura 5. IPERC del levantamiento fotogramétrico de drone.

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max



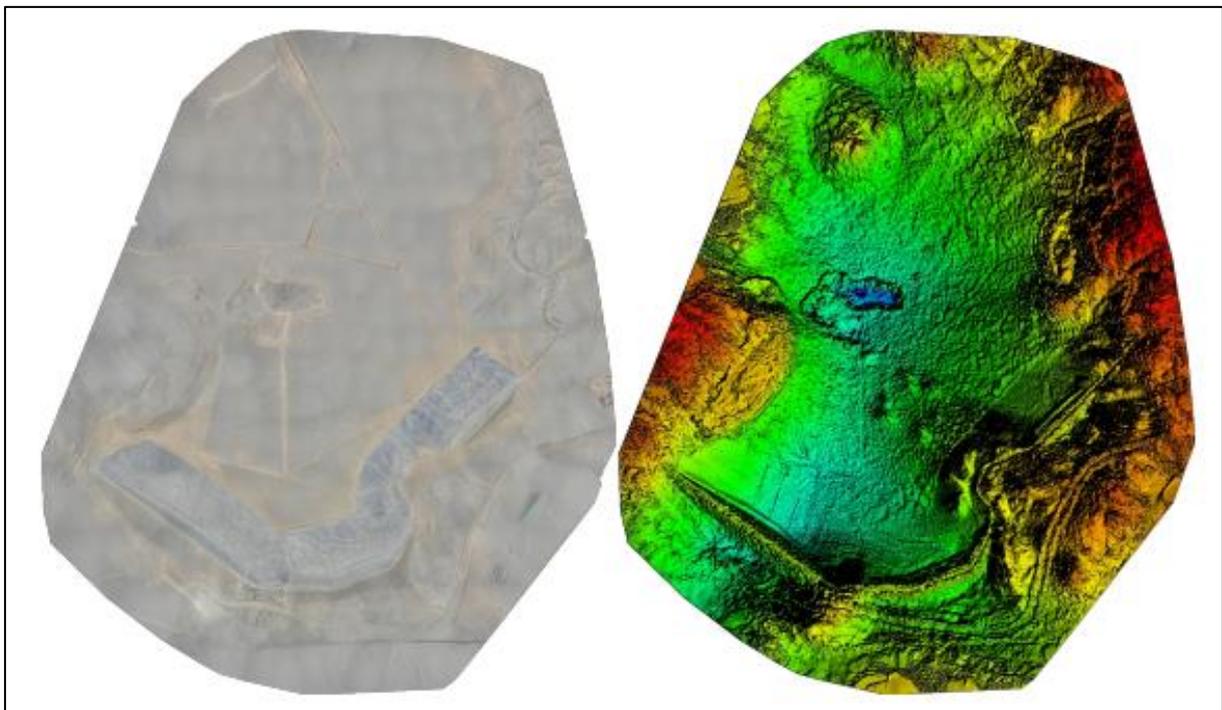
Figura 6. Control geotécnico de diseño de PIT (Diseño de tajo) mediante modelo digital de terreno obtenido desde el drone.

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

De acuerdo a la estabilidad de taludes se requiere llegar al diseño de PIT cumpliendo con los siguientes parámetros:

- Altura = 24m
- Ancho de banqueteta = 13m
- Angulo de talud = 75°

De esta manera, el control del diseño se puede realizar desde el modelo digital de terreno sin la necesidad de exponer al personal a incidente o accidente operacionales.



*Figura 7.* Orto mosaico y el modelo digital de terreno de la presa de relave.

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

Las tablas que se muestra a continuación presentan las variables necesarias para que se pueda calcular el gasto asociado a la planificación de minado mediante el método tradicional y a su vez usando Drone.

Tabla 2. Costo de levantamiento topografico con Estacion Total.

<b>Costo levantamiento topográfico 100 hectáreas con Estación Total</b>				
	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (S/.)</b>	<b>Total</b>
<b>Trabajo de campo (10 días)</b>				
Alquiler de estación total	Unidad	1	S/ 300	S/ 3,000
Topógrafo	Unidad	1	S/ 500	S/ 5,000
Ayudante	Unidad	5	S/ 100	S/ 5,000
<b>Trabajo de gabinete</b>				
AutoCAD Civil 3D	Días	1.5	S/ 1,000	S/ 1,500
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 14,500</b>

Nota. Esta imagen muestra el costo de todas las variables a considerar dentro de un levantamiento topografico con estacion total. Elaboracion propia.

Tabla 3. Costo de levantamiento topográfico con Drone

<b>Costo levantamiento topográfico 100 hectáreas con Drone</b>				
	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (S/.)</b>	<b>Total</b>
<b>Trabajo de campo (1 día)</b>				
Alquiler de drone	Unidad	1	S/ 600	S/ 600
Piloto de drone	Unidad	1	S/ 600	S/ 600
<b>Trabajo de gabinete</b>				
Pix 4D	Horas	2	S/ 800	S/ 1,600
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 2,800</b>

Nota. Esta imagen muestra el costo de todas las variables a considerar dentro de un levantamiento topografico con DRONE. Elaboracion propia.

En la figura que se muestra a continuación, se puede observar claramente la diferencia de costos usando el método tradicional y usando drones. Esto trae consigo a la conclusión de elegir claramente el método de planificación de minado con dronemuy a parte de los costos es por la precisión que genera este método al realizarse un levantamiento topográfico.

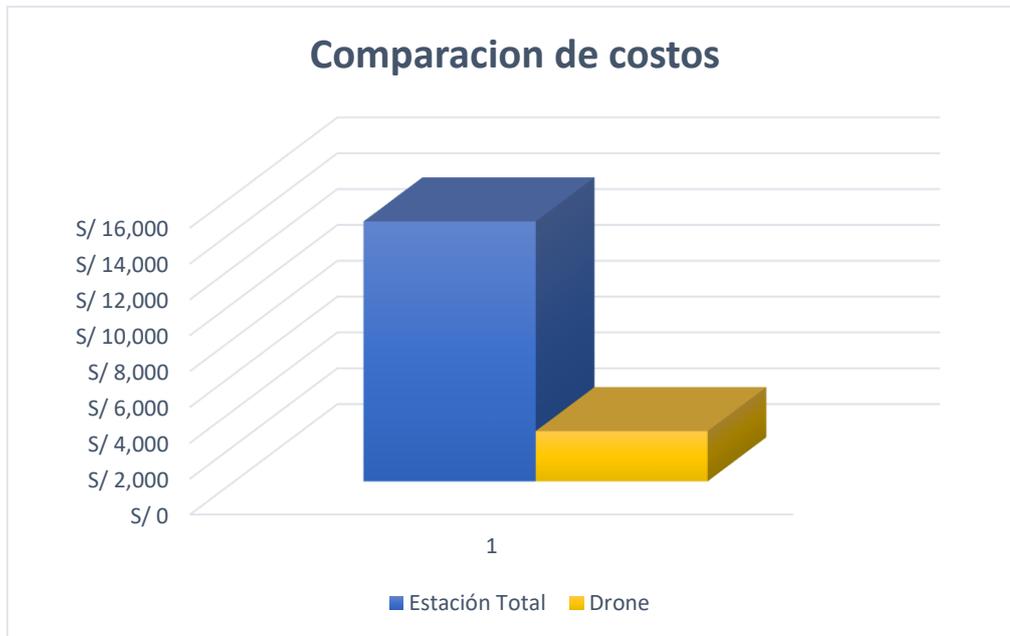


Figura 8. Comparacion de costos entre ambos métodos.

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

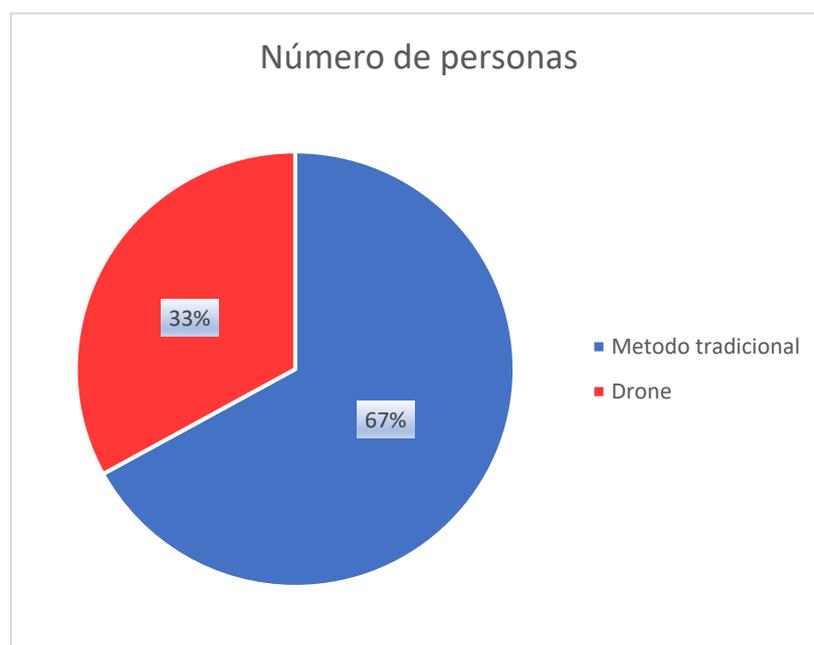


Figura 9. Número de personas para el levantamiento de terreno.

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

Número de personas para el levantamiento de terreno con el método tradicional es el 67%, mientras que el 33% lo realizan mediante el uso del drone.

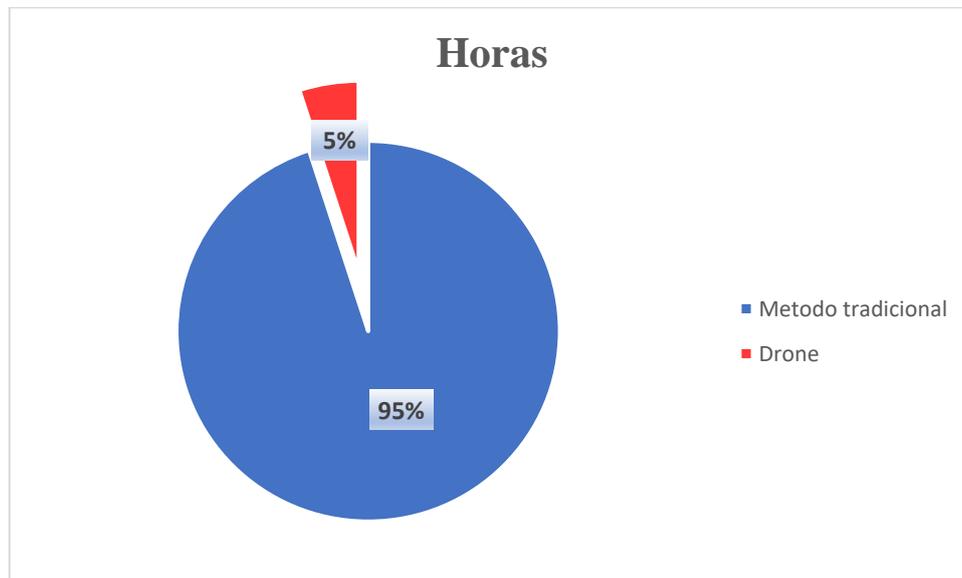


Figura 10. El tiempo que se requiere para el levantamiento de terreno

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

Con el método tradicional es mayor con un 95%, sin embargo, con un drone es solo el 5%.

El uso del drone presenta ventajas muy favorables con la precisión y calidad del trabajo, pero también presenta algunas desventajas como lo podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 4. Ventajas y desventajas del uso de dron.

<b>Ventajas</b>	Costo	*Precio 35 000 Dólares (Drone de Ala Fija, el que se usa en Mina Justa) * Una sola inversión *Mantenimiento 3 veces al año. Precio de 2 000 Dólares cada uno.
	Precisión	*Millones de puntos *Alta resolución
	Disposición inmediata	Imágenes rápidas a la fecha
	Rendimiento	*Costo *Productividad
	Acceso	Cobertura en áreas de alto riesgo o de difícil acceso
	Tiempo	40 minutos hasta 300 hectáreas
<b>Desventajas</b>	Vulnerable	Limitada capa
	Fenómenos físicos	Mal tiempo; tormentas, actividad solar
	Dependencia	A la estación en Tierra

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Una planificación de minado estratégica se refleja en resultados precisos, usando tecnologías que estén acorde a los objetivos que se quiere alcanzar, dentro de estos trabajos el uso de la fotogrametría con drones es un complemento importante para la elaboración de modelos digitales de terreno, como se puede apreciar en la que se utilizó un instrumento de medición en la zona de mallas de perforación, *figura 4*, en la imagen se muestra perforadoras pit viper trabajando en el banco 752 para la generación de voladuras que posteriormente habilitará stock de material minable para los equipos de carguío y acarreo.

De esta manera se obtiene información correcta de cierres semanales y mensuales de los tonelajes de materiales extraídos y procesados en la operación, como se aprecia en la *figura 1*, de cumplimiento de la producción de minado en tajo mina Justa fase I.

El uso del dron es fundamental para la obtención exacta de una prospección, mapeo de ubicación, seguimiento visual del estado de un trabajo, mapas de elación y curvas de nivel, reconstrucciones en 3D, etc.

Esto lo confirma Ramírez, I. (2018) mediante fotos que toma un dron, el cual le permite contrastar las fotografías y a los planificadores cortar los polígonos de roca in situ y los de relleno, obteniendo así la extracción real y el cumplimiento de áreas del plan mensual para su trabajo.

Asimismo, Albarracín, K. (2018) alega que se está mejorando la seguridad en el sitio de extracción. PwC ha identificado cuatro áreas en la minería de cielo abierto en donde los drones son utilizados: planificación, soporte de extracción, protección ambiental y cobertura de informes. El estudio estima que los drones ayudarían a reducir costos en aproximadamente 4.3 billones.

La obtención de modelos digitales de terreno mediante drones se realiza de una manera eficaz y efectiva usando pocos recursos en comparación a los sistemas topográficos convencionales, en la *figura 01* se puede ver el instrumento de medición dron vs GPS (malla de perforación), el cual detalla la comparación topográfica de los puntos obtenidos mediante el levantamiento con GPS diferencial y coordenadas extraídas desde la imagen georreferenciadas de dron. Este se obtiene en el vuelo de 30 minutos utilizando el dron de ala fija, obtener con el método tradicional llevaría todo un día.

Así también, Guerrero, S. et al (2018) afirma que la utilización de drones permitió el estudio preliminar del Granito de Cufre, con resultados de buena calidad en muy poco tiempo y a muy bajo costo. Software específico posibilita georreferenciar y restituir las imágenes obtenidas, a partir de las cuales se pudo realizar fotointerpretación y cálculos volumétricos.

Además, Valencia, R. (2017) considera que es importante primero revisar y analizar la información de la base de datos a actualizar para poder obtener un planeamiento de minado a corto plazo sin problema alguno y así poder hacer luego la ejecución de este en la zona ya estudiada.

También tenemos que Ortiz, V. (2020) menciona que el uso de drones es de mera importancia y con el tiempo se hace más imprescindible el uso de ellas ya que se puede usar desde el campo de construcción hasta en un campo minero, ya sea este metálico o no metálico, tal como es en el caso de esta investigación un caso metálico.

Por otro lado, debemos considerar que el vuelo del dron requiere de un personal, quienes se encargan de elevarlo y controlarlo, presentando un corte de trabajadores para que realice esta función, asimismo, el levantamiento de terreno por método tradicional se realiza durante el día para no exponer a los peligros al personal, ni al dron; el tiempo de vuelo es rápido, para ello se debe prever y tener cargado. Esto lo podemos ver en la *figura 10*, ya que como desventaja no se considera como sustituyente al dron, tampoco con un horario fijo de uso.

Sin embargo, Díaz, O. (2015) expone como desventajas del uso del dron a la sensación de sustitución del hombre por la máquina, obligadamente se deben hacer las tareas en el día, duración de baterías limitadas.

## **4.2. Conclusiones**

- Se analizó el uso estratégico de drones para los trabajos fotogramétricos mediante los modelos digitales de terreno, para la toma de decisiones en una planificación de minado precisa y detallada mediante el flujograma.

- Se logró diferenciar el tiempo de trabajo topográfico utilizando el método tradicional en relación con el uso de drones para la automatización de recursos topográficos mediante los modelos digitales de terreno, para la toma de decisiones en una planificación de minado precisa y detallada.

- Se demostró que la precisión por la acumulación en la nube de puntos topográficos de dron es mayor en relación al proceso convencional topográfico.
- Se redujo la exposición de peligros y riesgos operacionales en mina Justa optimizando recursos topográficos con la aplicación de drones.

## REFERENCIAS

- Alvarracín, K. (2018). "Análisis de normativas, reglamentos y capacitaciones para la importación y comercialización de drones profesionales en Ecuador" (Título de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- Bautista, J. (2017) "Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la Unidad Operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía Minera Ares S.A.C." (Título de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.
- Díaz, O. (2015)." Drones y su aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo" Universidad Miguel Hernández, Elche, España.
- Fernández, J. y Gutiérrez, G. (2016). "Aplicaciones geológicas de los drones" *Revista de la Sociedad Geológica de España* 29 (1):89-105
- García, L. (2016) "Dones, el cielo está al alcance de todos". Recuperado de [https://www.edubcn.cat/rcs\\_gene/treballs\\_recerca/2015-2016-03-1-TR.pdf](https://www.edubcn.cat/rcs_gene/treballs_recerca/2015-2016-03-1-TR.pdf)
- Guerrero, S., Faraone, M. & Carrión, R. (2018). "Aplicación de fotogrametría y modelación 3D en geología y minería; el granito de Cufre." *Revista Investigaciones DINAMIGE-MIEM Número 1, v. 1*
- Pérez, S. (2012) "Métodos topográficos aplicados a la exploración y explotación de yacimientos minerales." (Título de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Quinde, B. et al (2019). Control, eficiencia e integración en operaciones. *Rumbo minero*, 122 (2), 26. Recuperado de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Rumbo%20Minero%20ED.%20122.pdf>
- Ramírez, I. (2018). Diseño y desarrollo de un nuevo reporte compacto y automático de planificación mina división los bronces, Anglo American S.A. (Título de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Ticllasuca, E. (2019). Planeamiento de minado a corto plazo para optimizar la producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A. (Tesis de pregrado). Universidad Continental, Huancayo, Perú.

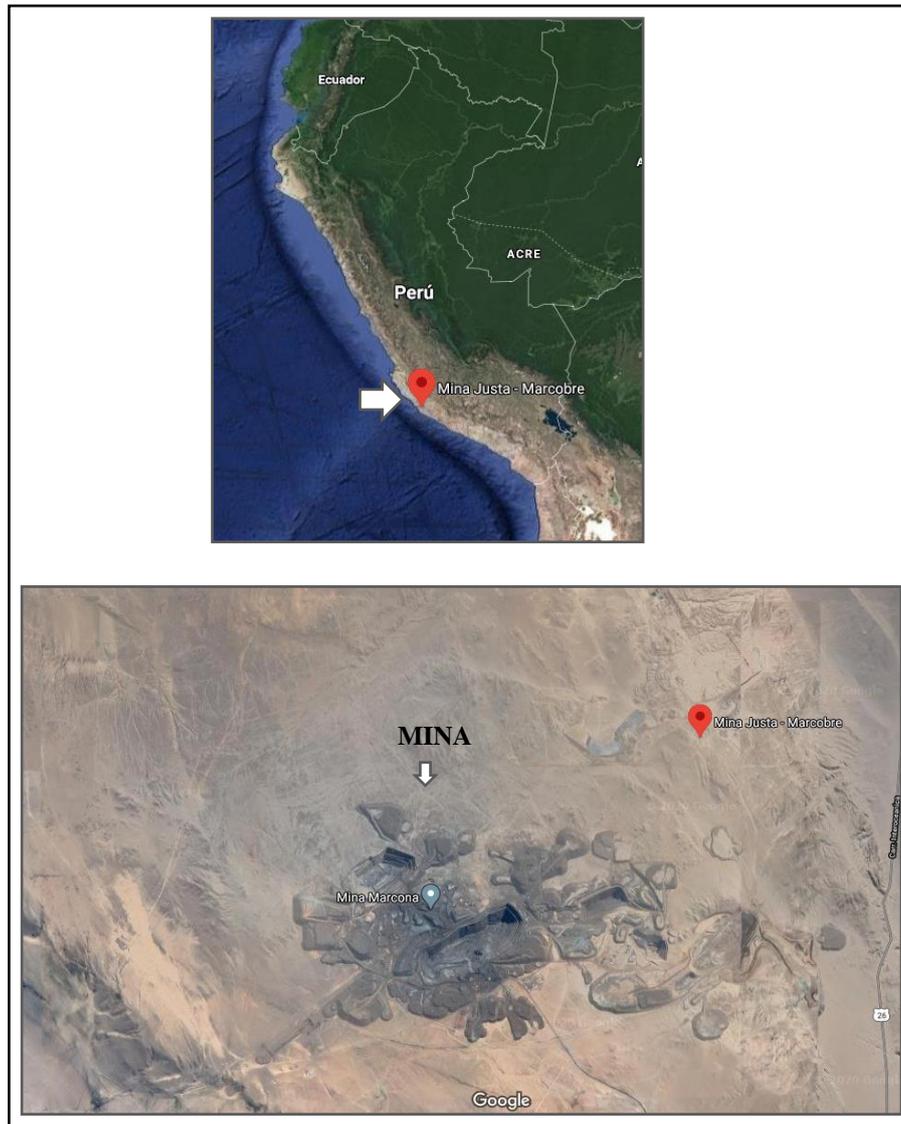
*Valencia, R. (2019) "Planeamiento de minado a corto plazo del mes de abril de 2013 En La Unidad Minera Arasi S.A.C. Proyecto Jesica, Ubicado En El Distrito de Ocuvi, Provincia De Lampa En El Departamento De Puno" (Título de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.*

*Vargas, M. (2011). "Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla" (tesis de postgrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.*

*Villacorta, H. (2019) "Planeamiento de minado corto plazo en La Unidad Minera Tahoe Perú-La Arena-Trujillo" (Título de pregrado). Universidad Nacional De Trujillo, Trujillo, Perú.*

## ANEXOS

### ANEXO N° 1. Ubicación de la zona de estudio – Mina Justa en Google Earth.



Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

## ANEXO N° 2. Matriz de consistencia.

ALUMNO	Vásquez Castillo, Luis Max			
TITULO	IMPLEMENTACIÓN DE DRONES PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE RECURSOS TOPOGRÁFICOS EN LA PLANIFICACIÓN DE MINADO EN MINA JUSTA, 2020			
Problema	Objetivos	Variables	Metodología	Población
¿Cómo la implementación de drones permite obtener recurso topográficos en menor tiempo para la planificación de minado en Mina Justa, 2020?	<b>General</b>	<b>Variable Fática</b>	<b>Tipo de investigación</b>	<b>Población</b>
	Implementar drones para la automatización de recursos topográficos en la planificación de minado en Mina Justa.	Planificación de minado	El presente proyecto según su propósito es una investigación aplicada ya que hace uso de la teoría para dar solución a problemas prácticos. Asimismo, según su profundidad es una investigación propositiva, ya que tiene como propósito establecer una propuesta de solución basada en una teoría y hecho concreto a un contexto en específico. Además de ello, se considera que es una investigación exploratoria, ya que tiene por objeto principal familiarizar al lector con un tópico poco conocido o estudiado o novedoso. Y finalmente, según su manipulación de variable es una investigación cuasi experimental. (Sampieri, 2018. Cap. 5, pag. 105)	El presente trabajo de investigación tiene como población objetivo a la Mina Justa, Marcona. Su ubicación exacta está en: Región Ica, provincia de Nazca, distrito de Marcona; 40 km al suroeste de la ciudad de Nazca capital de la provincia del mismo nombre, y a 21 km al Noreste de San Juan de Marcona, con coordenadas UTM al Norte de 8 325 218 y Este de 491 760.
		<b>Variable Temática</b>		
		Tecnología con drones		
<b>Variable Propositiva</b>				
	<b>Específicos</b>	Diseñar una estrategia para la automatización de recursos topográficos		
	Diferenciar el tiempo de trabajo topográfico utilizando el método tradicional en relación con el uso de drones para la automatización de recursos topográficos mediante los modelos digitales de terreno, para la toma de decisiones en una planificación de minado precisa y detallada.			
	Demostrar que la precisión por la acumulación en la nube de puntos topográficos de dron es mayor en relación al proceso convencional topográfico.			<b>Muestra</b>
	Reducir la exposición de peligros y riesgos operacionales en mina Justa optimizando recursos topográficos con la aplicación de drones.			La muestra definida y no probabilística, se construye por la misma población objetivo de esta investigación, dejando claro que la presente investigación abarca únicamente la propuesta de diseño para la automatización de recursos topográficos en la planificación de minado a través de modelos digitales de terreno aplicando tecnología

### ANEXO N° 3. Matriz de operacionalización.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
IMPLEMENTACIÓN DE DRONES PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE RECURSOS TOPOGRÁFICOS EN LA PLANIFICACIÓN DE MINADO EN MINA JUSTA, 2020					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable 1:</b> Implementación con drones	Los drones son aeronaves que vuelan sin tripulación, reutilizables, capaz de mantener de manera autónoma un vuelo controlado y sostenible que son propulsadas por un motor de explosión, eléctrico o de reacción. (Sánchez, 2017).	La investigación se realizará en base a toda la teoría de tecnología con drones recopilada en la revisión sistemática preparada por el autor, entre los cuales resaltan: uso y aplicaciones de drones en minería. (Sánchez, 2017).	Durabilidad	Precisión	[Número de vuelos]
			Fabricación	Tipo de cámara	[Buena resolución, mala resolución]
			Aplicación	Software de procesamiento	[Tolerancia de 3 a 5 cm]
<b>Variable 2:</b> Planificación de minado	El planeamiento es el diagnóstico de las posibilidades, mediante un proceso intelectual y consiste en el análisis integral de los factores de producción dentro de la empresa, sus limitaciones internas y externas; y todo aquel que guarda relación con la elección de un objetivo a lograrse, todo con objetivo de realizar minadas. (Córdor et al, 2010)	Para la evaluación de la planificación de minado en la población objetivo se emplearán secuencias de extracción mineral de desmonte utilizando diseños de tajos y botaderos.	Extracción de mineral de desmonte	Toneladas	[Topografía, sistema de despacho]

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

ANEXO N° 4. Ficha de comparación de datos topográficos – mallas de perforación.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE WORKING ADULT		FICHA DE VALIDACION DE DATOS TOPOGRAFICOS							
Unidad Minera:						Distrito:			
Compañía:						Provincia:			
RUC:						Departamento:			
Nombre de la Estación			Datum		Zona		Operador:		
Coordenadas UTM			Coordenadas Geográficas			GPS Modelo:		Drone Modelo:	
Este		Norte	Cota	Latitud	Longitud	Altura	Puntos Tomados:		Puntos Tomados:
Base Marca:							Base Modelo:		
Tajo:		N° de taladros:		Espaciamiento:		Precisión Promedio		%Hz	%V
Banco:		Burden:		Subdrilling:		Taladros desviación <=0.30m		0%	0%
Proyecto:						Taladros desviación >0.30m y <=0.60m		0%	0%
Tipo:						Taladros desviación >0.60m		0%	0%
Perforadora:						Puntuación		0	0

Fuente: Vasquez Castillo, Luis Max

## ANEXO N° 5. Check list del dronde Sensefly



senseFly

### FORMATO DE MANEJO Y CUIDADOS DRONE SENSEFLY

#### ANEXO No. 2 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN.

Cliente: MARCOBRE S.A.C. Fecha: \_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2021

#### I. Puntos a tratar durante la capacitación en oficina y campo. Conocimiento del Drone SenseFly.

##### Día 1:

##### a) Explicar funcionamiento y cuidados de los componentes eBee

- Manual de Usuario digital
- Cuerpo central (piloto, sensor de tierra, antena, compartimentos y tapas, conexiones, modem USB, servos, ligas, motor, propelas)
- Alas, alerones
- Baterías
- Cámara
- Modem
- Cargador
- Ensamble y desarme del eBee
- Posicionamiento y señal GNSS
- Encendido y apagado del eBee
- Maletín (forma de empacarlo)

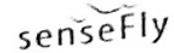
¿Se cubrió cabalmente este tema y está satisfecho con la información recibida? Sí  NO

##### b) Creación de cuenta SenseFly y descarga de softwares

- Crear cuenta: <https://www.sensefly.com>
- Descargar software eMotion
- Descargar software Pix4d

¿Se cubrió cabalmente este tema y está satisfecho con la información recibida? Sí  NO

## ANEXO N° 6. Check list del dronde Sensefly (COntinuacion)



### FORMATO DE MANEJO Y CUIDADOS DRONE SENSEFLY

#### c) Explicar Funcionamiento en modo simulación eMotion

- Actualización de firmware del eBee
- Modos de conexión (simulador y real)
- Herramientas de operación, control y monitoreo dentro del software
- Crear un plan de vuelo
- Guardar y cargar plan/misión de vuelo
- Logs
- Aterrizaje
- Visualización de advertencias durante el vuelo, en modo de simulación
- Revisión de los mensajes de advertencia y posibles soluciones, antes y durante el vuelo
- Tipos de sensores

¿Se cubrió cabalmente este tema y está satisfecho con la información recibida? Sí  NO

#### Día 2:

#### d) Vuelo

- Verificación de las condiciones ambientales
- Revisión de la zona a emplear para despegue y aterrizaje
- Inspección completa de fuselaje y sensores del Drone
- Lanzamiento
- Revisión en tiempo real
- Aterrizaje
- Extracción de archivos de vuelo y procesamiento rápido.

¿Se cubrió cabalmente este tema y está satisfecho con la información recibida? Sí  NO