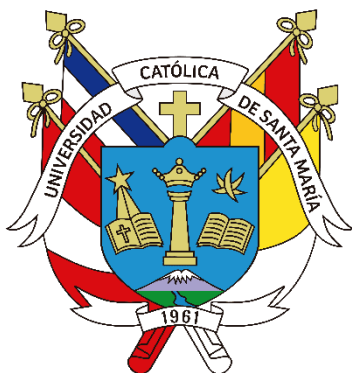


Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



OPTIMIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS APLICADO A STOCKS DE
MINERAL MEDIANTE USO DE FOTOGRAMETRÍA CON DRON PHANTOM 4 EN UNA
MINA SUPERFICIAL DE HIERRO EN LA COSTA SUR DEL PERÚ

Tesis presentada por el Bachiller:

Bustamante Vilca, Didier Alonso

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Asesor(a):

Mg. Martínez Rodríguez, Olga Gisella

Arequipa – Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA DE MINAS
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Junio del 2022

Dictamen: 002890-C-EPIM-2022

Visto el borrador del expediente 002890, presentado por:

2013220731 - BUSTAMANTE VILCA DIDIER ALONSO

Titulado:

**OPTIMIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS APLICADO A STOCKS DE MINERAL
MEDIANTE USO DE FOTOGRAMETRÍA CON DRON PHANTOM 4 EN UNA MINA SUPERFICIAL DE
HIERRO EN LA COSTA SUR DEL PERÚ**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2115 - TICONA BALDARRAGO AGUSTO ISRRAEL
DICTAMINADOR**



**2872 - LOPEZ CASAPERALTA PATRICIA YANETH
DICTAMINADOR**



**9368 - LUZA HUILLCA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**





AGRADECIMIENTOS

A todos mis amigos, familia y compañeros de trabajo que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.



DEDICATORIA

*A mi familia, sobre todo a mis padres que,
gracias a su gran y continuo esfuerzo,
hicieron posible este gran logro en mi vida*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen	11
Abstract	13
Introducción	15
Capítulo I	19
1. Planteamiento de la Investigación	19
1.1. Planteamiento del problema	19
1.2. Objetivos	20
1.3. Preguntas de investigación	21
1.4. Línea de investigación	22
1.5. Aporte del desarrollo de la tesis	22
Capítulo II	24
2. Fundamentos Teóricos.....	24
2.1. Bases teóricas de la Investigación	24
2.1.1. Descripción de la unidad minera	24
2.1.1.1. Mina	26
2.1.1.2. San Juan.....	54
2.1.2. Descripción de la zona.....	54
2.1.3. Conceptos clave.....	57
2.1.4. Investigaciones previas	68
2.2. Antecedentes de investigación	72
2.3. Hipótesis	73
2.4. Variables	73

2.4.1. Variables independientes.....	73
2.4.2. Variables dependientes	73
Capítulo III	76
3. Marco Metodológico	76
3.1. Alcances y limitaciones.....	76
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	77
3.3. Población y muestra	78
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	78
3.4.1. Datos cualitativos	78
3.4.1.1. Entrevista.....	78
3.4.2. Datos cuantitativos	80
3.4.2.1. Cuestionario.....	80
3.4.2.2. Comparación entre levantamientos topográficos	87
Capítulo IV.....	115
4. Resultados y Discusiones	115
4.1. Análisis e interpretación de resultados.....	115
Conclusiones	132
Recomendaciones	136
Referencias.....	138
Anexos	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. <i>Tipos de drones según distintos criterios</i>	64
Tabla N°2. <i>Variables dependientes e independientes</i>	75
Tabla N°3. <i>Cuestionario sobre conformidad con metodología de trabajo</i>	85
Tabla N°4. <i>Puntos de control-levantamiento 1</i>	100
Tabla N°5. <i>Sistema de coordenadas UTM</i>	108
Tabla N°6. <i>Resultados obtenidos del cuestionario</i>	124
Tabla N°7. <i>Comparación de levantamientos topográficos</i>	129



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación departamento de Ica</i>	24
Figura 2. <i>Marcona, Nazca, Ica</i>	25
Figura 3. <i>Distrito de Marcona,</i>	25
Figura 4 <i>Imagen satelital del complejo minero</i>	26
Figura 5. <i>Sismógrafo Geokon</i>	28
Figura 6. <i>Receptor satelital diferencial</i>	29
Figura 7. <i>Radio repetidora</i>	29
Figura 8. <i>Estación Leica TS06</i>	33
Figura 9. <i>Receptor satelital diferencial Trimble</i>	33
Figura 10. <i>Stock de mineral ubicado en Paquete 4</i>	34
Figura 11. <i>Superficie inicial</i>	37
Figura 12. <i>Área de la base</i>	38
Figura 13 <i>Superficie de volumen</i>	39
Figura 14. <i>Plan de avance de minado proyectado a 2022</i>	41
Figura 15. <i>Perforadora de producción</i>	43
Figura 16. <i>Fanel</i>	43
Figura 17. <i>Camión fábrica</i>	44
Figura 18. <i>Malla de perforación</i>	44
Figura 19. <i>Taller de motores</i>	47
Figura 20. <i>Taller de instrumentación</i>	48
Figura 21. <i>Horno de secado</i>	51
Figura 22. <i>Chancadora de quijada</i>	51

Figura 23. <i>Caseta del Ox</i>	54
Figura 24. <i>Vegetación de Marcona</i>	55
Figura 25. <i>UAV de reconocimiento</i>	58
Figura 26. <i>UAV MQ9 equipado con misiles</i>	58
Figura 27. <i>Dron para fotografía</i>	60
Figura 28. <i>Dron recreativo</i>	61
Figura 29. <i>Dron utilizado en cine</i>	61
Figura 30. <i>Dron utilizado en agricultura</i>	62
Figura 31. <i>Estereógrafo</i>	65
Figura 32. <i>Fotogrametría aérea</i>	67
Figura 33. <i>Pulmones con siderosis</i>	82
Figura 34. <i>Lomada ubicada en Yura</i>	88
Figura 35. <i>Estación total Leica TS06</i>	89
Figura 36. <i>Partes Leica TS06</i>	92
Figura 37. <i>Jalón</i>	93
Figura 38. <i>Prisma circular</i>	94
Figura 39. <i>Prisma 360°</i>	94
Figura 40. <i>Trípode</i>	95
Figura 41. <i>Base nivelante</i>	96
Figura 42. <i>Camioneta Toyota Hilux</i>	97
Figura 43. <i>Topógrafo y ayudante</i>	98
Figura 44. <i>Equipo topográfico en campo</i>	99
Figura 45. <i>Trabajo de campo terminado</i>	101

Figura 46. <i>Ajuste de puntos en Excel</i>	102
Figura 47. <i>Importación de puntos</i>	103
Figura 48. <i>Generación de curvas de nivel</i>	104
Figura 49. <i>Generación de curvas de nivel y cálculo de volumen</i>	104
Figura 50. <i>Receptor satelital Trimble R6</i>	106
Figura 51. <i>Dron Phantom 4</i>	107
Figura 52. <i>Lanzamiento de dron en campo</i>	110
Figura 53. <i>Ajuste de fotos en Agisoft Metashape</i>	112
Figura 54. <i>Ajuste de fotos con punto de control terrestre</i>	112
Figura 55. <i>Generación de DMS y ortofoto</i>	113
Figura 56. <i>Generación de curvas de nivel</i>	113
Figura 57. <i>Generación de curvas de nivel y cálculo de volumen</i>	114
Figura 58. <i>Gráfico pregunta 1</i>	125
Figura 59. <i>Gráfico pregunta 4</i>	126

Resumen

El siguiente proyecto de investigación tuvo por objetivo la optimización de levantamientos topográficos de stocks de mineral mediante fotogrametría en una mina superficial de la costa sur del Perú. La propuesta del uso de drones para levantamiento topográfico representa una idea con grandes beneficios tanto para la empresa como para los propios trabajadores. El objetivo general de este proyecto fue proponer el uso del dron modelo Phantom 4 en reemplazo de los equipos existentes para el levantamiento topográfico de stocks de mineral, para poder desarrollar el trabajo de topografía de manera más rápida y segura. Adicional a ello, obtener un mayor nivel de detalle de las superficies de los stocks a medir. Además, presenta objetivos específicos tales como registrar diferencias de tiempo en el levantamiento, diferencias entre metodologías, eficiencia y precio.

Para la obtención de datos cualitativos se hizo uso de entrevistas a profundidad. La cual estuvo dirigida a la obtención de datos técnicos acerca del uso del dron en actividades relacionadas a la topografía minera, asimismo tener conocimiento de las experiencias que otras personas tuvieron al usar este tipo de instrumentos.

Además, se realizó la aplicación de un cuestionario que estuvo dirigido a los trabajadores del área de topografía, con el fin de obtener opiniones acerca del método que usan actualmente, y también su opinión acerca del nuevo método propuesto. Gracias a los resultados del cuestionario se obtuvieron ciertos porcentajes que brindaron información relevante para el proyecto de investigación.

Adicional a ello, se llevó a cabo la comparación entre 2 métodos de levantamiento topográfico, uno realizado con estación total y el otro realizado con dron. Con esta comparación se buscaba establecer las diferencias de tiempo, precisión, personal y seguridad.

Los resultados obtenidos fueron positivos en relación al método propuesto, ya que se comprobó que el uso del dron representa un ahorro monetario, una menor duración de trabajo y, además, reduce considerablemente la exposición a riesgos por parte de los trabajadores, en consecuencia, reduce la ocurrencia de incidentes o accidentes que podrían sufrir los trabajadores.

En conclusión, se determinó que el método propuesto si lograría una optimización de los levantamientos topográficos, ya que realizó el trabajo de campo en un 30% del tiempo que le tomó a la estación total. El trabajo de gabinete del dron se realizó casi en un 35% del tiempo que tomó el trabajo de gabinete de la estación, con una diferencia de 80 minutos. El precio del dron representa la quinta parte del precio del equipo usado actualmente, además de requerir de menos accesorios y personal. Además, elimina los principales riesgos presentes tales como caídas de altura (dependiendo de la altura del stock) e inhalación de polvo de hierro. Adicional a todo ello, según los resultados del cuestionario, este tiene la aprobación de los trabajadores del área.

Palabras clave: Dron, estación total, stock, levantamiento, fotogrametría.

Abstract

The following research project aimed to optimize topographic surveys of ore stocks by photogrammetry in a surface mine on the southern coast of Peru. The proposal to use drones for topographical surveys represents an idea with great benefits for both the company and the workers themselves. The general objective of this project was to propose the use of the Phantom 4 model drone to replace the existing equipment for the topographic survey of ore stocks, in order to carry out the topography work more accurately, quickly and safely. In addition, it presents specific objectives such as registering time differences in the survey, differences between methodologies, efficiency and equipment price.

To obtain qualitative data, in-depth interviews were used. Which was aimed at obtaining technical data about the use of the drone in activities related to mining topography, as well as having knowledge of the experiences that other people had when using this type of instrument.

In addition, a questionnaire was applied to workers in the topography area, in order to obtain opinions about the method they currently use, and also their opinion about the new method proposed. Thanks to the results of the questionnaire, certain percentages were obtained that provided relevant information for the research project.

In addition to this, the comparison between 2 topographic survey methods was carried out, one carried out with a total station and the other carried out with a drone. This comparison sought to establish the differences in time, accuracy, equipment price, personnel and security.

The results obtained were positive in relation to the proposed method, since it was found that the use of the drone represents a lower cost, a shorter duration of work and, above all, increases the safety with which the work is carried out, minimizing possible incidents. that workers could suffer.

In conclusion, it was determined that the proposed method would achieve an optimization of the topographic surveys, since it carried out the field work in 30% of the time it took for the total station. The drone cabinet work was done in almost 35% of the time that the station cabinet work took, with a difference of 80 minutes. The price of the drone represents one fifth of the price of currently used equipment, in addition to requiring fewer accessories and personnel. In addition, it eliminates the main risks present such as falls from a height (depending on the height of the stock) and inhalation of iron dust. In addition to all this, according to the results of the questionnaire, this has the approval of the workers in the area.

Keywords: Drone, total station, stock, survey, photogrammetry.

Introducción

Un pilar de la historia humana siempre ha sido el desarrollo de nuevas tecnologías, la curiosidad del hombre nos ha permitido lograr cosas que las personas que habitaban siglos atrás no hubieran podido ni siquiera imaginar. Sin retroceder mucho tiempo atrás, teníamos que enviar cartas para comunicarnos con personas que estaban a gran distancia de nosotros, ahora podemos hablar en directo con una persona al otro lado del globo terrestre en un par de segundos. Las primeras computadoras ocupaban salones enteros, ahora todo eso con una potencia mil veces mayor entra en un bolsillo de nuestras prendas. Es increíble como la humanidad ha logrado tanto en tan poco tiempo. Hablando sobre nuestra especie, solo estamos en la tierra desde hace aproximadamente 135 000 años, mientras otras especies están sobre esta tierra por decenas de millones de años, pero nosotros ya logramos cosas que esas especies no podrán alcanzar jamás, nuestra inteligencia superior nos ha permitido sobrevivir y adaptarnos a casi cualquier lugar del planeta, hemos desarrollado tecnologías que hacen que nuestra vida sea mucho más fácil con el pasar de los años, hemos avanzado en distintos campos, tanto en medicina, construcción, biología, química, entre otros. Hemos desarrollado la capacidad de asimilar nuestro entorno y transformarlo para nuestro propio beneficio. Nuestro crecimiento como civilización parece no tener límites. La tecnología ha dado pasos agigantados en los últimos 100 años, lo cual nos ha permitido hacer que las tareas difíciles de antaño, sean relativamente sencillas actualmente.

Y es justamente esa optimización continua de nuestra tecnología la que nos permite desarrollar cosas cada más eficientes con el pasar de los años, y al parecer esta corriente tecnológica no conoce de límites.

Desde los comienzos de la civilización, el hombre desarrolló actividades diversas, una de ellas fue la minería. La minería es tan antigua como la civilización misma, la extracción del metal

data del periodo paleolítico y desde esa época no ha parado de optimizarse. El primer uso que nuestros antepasados dieron a los minerales y metales que podían extraer de la tierra fueron para hacer herramientas, principalmente utilizadas en la cacería. A través de miles de años esos usos se fueron diversificando, así como los métodos de extracción, los cuales era cada vez más complejos y eficientes.

Hoy en día existen decenas de tipos de extracción de mineral, cada una más moderna y eficiente que la otra, y los usos que les damos a los minerales que extraemos podrían ser nombrados por cientos. Encontramos metales como el oro, plata y plomo en absolutamente todos los artefactos electrónicos que usamos, miles de toneladas de hierro se usan en construcciones alrededor de todo el globo terrestre, tenemos electricidad en todas las ciudades gracias a los miles de kilómetros de alambre de cobre, entre otros múltiples usos que le damos a los metales. Nuestro estilo de vida no sería posible de no ser por los beneficios que obtenemos de la explotación de minerales.

Con el paso de los años y el desarrollo tecnológico, los métodos de extracción de mineral fueron siendo optimizados. En el pasado no se le daba la mayor importancia al aspecto de la seguridad de los trabajadores, ya que la mayoría de ellos eran expuestos a condiciones en las que muchas veces sufrían lesiones severas e incluso la muerte. Hoy en día esas condiciones son casi inexistentes en la mayoría de países, ya que ahora existen reglamentos, normativas y elaborados procedimientos de trabajos para todas y cada una de las áreas que pueda existir dentro de una compañía minera, todos estos procedimientos tienen como fin primordial salvaguardar la salud y seguridad del capital más importante de cualquier empresa, sus trabajadores.

Como parte de la corriente tecnológica que fluye en estos días, una de las tendencias con más vistas al futuro y que más relevancia tendrá es sin duda la automatización. En el futuro cercano la mayoría de trabajos en la industria serán realizados por máquinas, todo esto para aumentar la

eficiencia en el trabajo, porque como ya se sabe, una máquina no necesita descansos, alimentos, motivación, entre otros. Y además de la eficiencia, la automatización es vital para la seguridad de los trabajadores, ya que todas las labores que pueden representar un peligro para las personas, podrán ser realizadas por máquinas, que a su vez estarán bajo la supervisión de personal humano.

Esta maravillosa tecnología ya se hace presente en estos tiempos, pero lastimosamente se encuentra en una etapa inicial, en la cual no todas las industrias tienen acceso a ella, pero con el pasar de los años y el crecimiento tecnológico no hay duda alguna de que llegará a casi todas las actividades humanas, desde la agricultura hasta la medicina. Y obviamente tendrá un espacio en casi todas las áreas que comprende una actividad minera, desde la topografía en la etapa de exploración hasta actividades de cierre de mina.

Las posibilidades de mejora que brindaría esta tecnología dentro de la minería son innumerables, eliminaría prácticamente todos los riesgos que representan ciertas labores para los trabajadores en casi todas las áreas, tales como perforación, voladura, acarreo, mantenimiento, topografía, procesamiento, entre otros. Hoy en día todas esas tareas representan un riesgo latente para el personal, a pesar de todas las medidas de seguridad que existen en los procedimientos de cada uno de estos trabajos. Actualmente la mayoría de compañías mineras no cuentan con sistemas automatizados propiamente dichos, pero si cuentan con tecnologías que ayudan a realizar labores que antes el personal tenía que realizar, siendo esta una forma similar a lo que la automatización representa.

Una de estas tecnologías es el vuelo aéreo no tripulado, este método es cada vez más relevante en nuestras vidas gracias a introducción de los drones o UAV. Estos artefactos tienen usos variados, desde fines recreativos hasta fines topográficos, y justamente este último fin es relevante en minería, ya que el levantamiento topográfico es una de las actividades más

importantes y necesarias ya que, sin una correcta medición del terreno a trabajar, es imposible realizar actividades como perforación, voladura, acarreo, entre otras.

Ahora bien, esta tecnología por sí sola no puede aportar soluciones, para ello se tiene que integrar en los distintos procesos de explotación. (Henao, 2020)

Al usar este tipo de tecnologías obtenemos diversos beneficios, entre los cuales destacan por sobre todo la optimización del trabajo en sí y la seguridad de los trabajadores. Ya es de más sabido que una máquina o aparato electrónico puede realizar ciertos trabajos y cálculos de forma mucho más exacta que una persona, por el mismo hecho que se diseñaron con ese propósito. Su creación es para facilitar las labores que realizamos. Y sobre todo esta tecnología resulta más útil cuando realiza el trabajo bajo condiciones que pueden resultar riesgosas para el personal humano, ya sea ambientes que presenten agentes contaminantes o zonas con riesgo de caídas, son incontables situaciones de riesgo que pueden ser evitadas gracias a la utilización de estos artefactos. El uso de estos innovadores métodos representa una gran cantidad de beneficios y muy pocas o ninguna desventaja. Por lo que lo más probable es que esta industria se diversifique a múltiples actividades y sea optimizada cada vez con más y más frecuencia.

Capítulo I

1. Planteamiento de la Investigación

1.1. Planteamiento del Problema

La industria de la minería está en constante necesidad de cambio y renovación, ya sea de métodos, tecnología, materiales, entre muchas otras cosas. En respuesta a estas necesidades, nuevas tecnologías y aplicaciones son desarrolladas actualmente con el fin de realizar de manera más eficiente los diversos procesos mineros.

Uno de los procesos más comunes, pero a la vez importantes que se realizan en minería es el levantamiento topográfico de los stocks de mineral, el cual a veces puede representar un problema, ya que de acuerdo a las herramientas que se tengan disponibles, puede resultar trabajoso y algunas veces hasta peligroso para el personal de topografía, que tiene que caminar largas distancias y colocarse en lugares arriesgados para poder tener la medición más óptima del terreno.

En la mina superficial ubicada en la costa sur del Perú donde se realizaron estas observaciones, este trabajo se realiza con 2 cuadrillas de trabajadores entre obreros y empleados, y las herramientas a usar son estaciones totales y receptor satelital diferencial. Pero el problema radica en que las herramientas mencionadas no son ideales para cubrir las extensas áreas de los stocks de mineral. Esto trae como resultado que el personal tenga que desplazarse por áreas extensas para obtener las mediciones, además de caminar por terrenos inestables. Todo esto conlleva a que los trabajos de levantamiento topográfico se retrasen demasiado, retrasos incluso de días. Usando otros instrumentos, los mismos trabajos se harían en cuestión de horas.

De sostenerse la situación actual, es cuestión de tiempo que pueda ocurrir algún incidente o accidente con los trabajadores de topografía, ya que existe riesgo de deslizamiento del desmonte de los stocks, asimismo estar demasiado cerca a los mismos podría representar problemas

relacionados a enfermedades ocupacionales, ya que el polvo de hierro de los stocks es muy fino y logra traspasar las máscaras de polvo de los trabajadores si el tiempo de exposición es muy largo.

Una alternativa de solución ante esta problemática sería la implementación de drones para el levantamiento topográfico mediante fotogrametría, en específico el modelo Phantom 4, el cual puede levantar grandes áreas de terreno en pocas horas, asimismo es lo suficientemente maniobrable como para sortear las estructuras que rodean a los stocks, y poder tomar mediciones más exactas, sin poner en riesgo a ningún trabajador, los cuales podrían manejar el artefacto de manera remota.

Esta alternativa resultaría muy útil para el trabajo que realiza topografía, ya que aparte de prácticamente eliminar los riesgos que afrontan los trabajadores al día de hoy, también permitiría realizar el trabajo en un porcentaje de tiempo más rápido, además de brindar un nivel superior de detalle de la superficie medida, en comparación a las que se obtienen con los instrumentos usados actualmente en la mina.

1.2. Objetivos

General:

Optimizar el levantamiento topográfico aplicado a stocks de mineral, en base al análisis comparativo entre 2 metodologías, evaluando la diferencia en nivel de detalle, precisión, rapidez y seguridad del uso del dron modelo Phantom 4 en comparación de los equipos usados actualmente.

Específicos:

- Determinar la diferencia de tiempo que existe en el levamiento topográfico con drones, en comparación de los equipos que se usan actualmente en el área de topografía de dicha mina.

- Examinar el desempeño del dron en las condiciones climáticas características de la zona en la que se ubica la mina.
- Considerar la incorporación de los drones en otros procesos y áreas mineras, en base a sus diversos usos.
- Comparar la precisión y el nivel de detalle de las mediciones entre el dron y los equipos usados actualmente.
- Analizar las situaciones de riesgo a las que están sometidos los trabajadores durante su labor de levantamiento topográfico de stocks de mineral.
- Justificar la adquisición del equipo propuesto, teniendo en consideración un posible ahorro monetario, en comparación al equipo usado actualmente.

1.3. Preguntas de investigación

Principal

¿El uso de drones fotogramétricos en reemplazo de equipo topográfico antiguo logrará optimizar el proceso de levantamiento topográfico de stocks de mineral, mejorando aspectos como precisión, rapidez y seguridad en las labores de topografía de la mina mencionada?

Secundarias

- ¿Se establecerá una diferencia de tiempo significativa entre ambos métodos de medición topográfica?
- ¿Logrará soportar el dron las condiciones climáticas de la zona en que está ubicada la mina?
- ¿Podrán los drones ser incorporados en otras de las actividades de dicha unidad minera?
- ¿Podrá el dron superar la precisión y el nivel de detalle de las mediciones que se obtienen con los equipos que se usan actualmente?

- ¿Cómo influye el uso de este nuevo método en la seguridad de los trabajadores del área de topografía de la mina?
- ¿Será justificable la adquisición del equipo propuesto para reemplazar al equipo usado actualmente, teniendo en cuenta un posible ahorro monetario?

1.4. Línea De Investigación

Este proyecto pertenece a la línea de optimización de procesos mineros, ya que toma un proceso minero como lo es la topografía, y busca su mejora a través de un nuevo método, para que este proceso sea más eficiente, rápido y seguro.

1.5. Aporte del desarrollo de la tesis

Este proyecto mostrará los aportes de implementación de un método distinto de levantamiento topográfico de stocks de mineral a base de fotogrametría, con el uso de un dron. Este método brindará un nivel de detalle superior de la superficie medida, además que será mucho más rápido. Y tal vez la principal ventaja o aporte es que no pondrá en riesgo la integridad de los trabajadores, ya que el método usado actualmente obliga al personal a acceder a zonas riesgosas para obtener buenas lecturas, y con la implementación del dron este problema desaparecerá.

La motivación para desarrollar este proyecto radica en el pobre nivel de detalle de las mediciones topográficas que se realizan actualmente con las estaciones totales, las cuales no son el equipo adecuado para realizar la tarea a la hora de levantar stocks. A su vez la inseguridad del trabajo es también una motivación para optimizar el proceso ya mencionado, ya que, para poder realizar mediciones con las estaciones totales, el personal tiene que posicionarse en lugares inestables, por posibles derrumbes o colapsos. Sobre todo, a la hora de levantar los stocks de mineral. Además, el tiempo empleado en realizar los levantamientos con los métodos actuales no son los óptimos.

Este proyecto trae consigo muchos beneficios, en especial para los trabajadores del área de topografía, ya que con el empleo del dron Phantom 4, su trabajo será menos riesgoso, podrán controlar el dron de forma remota, sin acercarse demasiado a las áreas a levantar, evitando todo tipo de exposiciones a riesgos tales como la inhalación de polvo de hierro de los stocks de mineral o el riesgo de caída por caminar sobre el material fragmentado.

Otro beneficio importante de este método que se propone implementar es la rapidez con la que se podrá realizar el trabajo, ya que, teniendo una herramienta con vista aérea para levantamientos topográficos, se podrá cubrir más terreno de forma mucho más rápida.

El uso de dron representa un nivel de detalle más alto al momento de realizar el levantamiento, ya que el dron puede levantar áreas que con la estación total son inaccesibles, brindando datos más extensos y detallados, lo cual representa otro beneficio importante.

Capítulo II

2. Fundamentos Teóricos

2.1. Bases teóricas de la Investigación

2.1.1. Descripción de la unidad minera

La unidad minera en la que se evalúa implementar este nuevo método topográfico está ubicada en un distrito perteneciente a la provincia de Nazca, a unos 420 Km al sur de Lima, en el Departamento de Ica. (figura 1) Este distrito se encuentra unido al Puerto de San Juan por una carretera de 27 Km y a 13 Km en línea recta del Puerto de San Nicolás.

Figura 1

Ubicación Departamento de Ica



Nota. Esta imagen muestra la ubicación del departamento del Perú en el que se ubica el complejo minero.

**Fuente.* Google Maps

Figura 2

Marcona, Nazca, Ica



Nota. La siguiente imagen muestra el distrito en el que se ubica la unidad minera, dentro del departamento de Ica.

**Fuente.* Google Earth

Figura 3

Distrito de Marcona



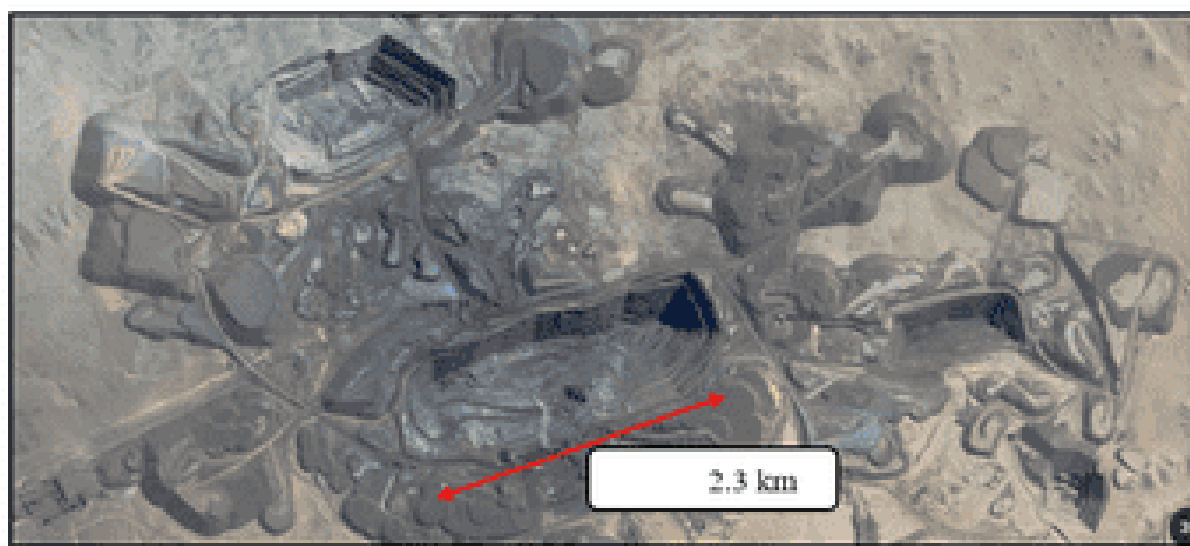
Nota. Imagen de la ciudad de Marcona, provincia de Nazca

Esta empresa se encarga de explotar, procesar y comercializar mineral a través de sus 3 principales áreas, las cuales forman el complejo en sí. Estas 3 áreas son:

2.1.1.1. **Mina.** (figura 4) cuenta con un tamaño aproximado de 150 Km², aquí es donde se realizan las labores de exploración y de explotación de minerales bajo el sistema de tajo abierto; realizando perforaciones y voladuras, para que luego el mineral sea transportado por palas y camiones volquetes con capacidad de 150 T hasta las chancadoras, el mineral es apilado y posteriormente transportado a San Nicolás, mediante una faja de 15,3 Km de largo y con una capacidad de 2000 T/h.

Figura 4

Imagen Satelital del Complejo Minero



Nota. Imagen donde se muestra la vista satelital de los diferentes tajos ubicados en el complejo

**Fuente.* Google Earth

Entre las sub-áreas de la mina destacan las siguientes:

Geología: Se divide en 3 grandes grupos, primero la geología de corto plazo es la encargada del logueo geológico de taladros, para poder diferenciar entre mineral y desmonte, así como analizar el material de la sobre perforación, para poder predecir qué tipo de material se encontrará en el siguiente banco. Con los datos recolectados se realiza un plano en AutoCAD con las zonas mineralizadas, que luego es entregado a perforación para que puedan elaborar sus mallas de acuerdo a la ubicación del mineral y del desmonte.

En cuanto a la geología de largo plazo, las labores se realizan mediante una perforadora Schramm, la cual perfora a decenas de metros para obtener dedritus y así analizar las leyes. También hacen uso de las perforadoras diamantinas, mediante las cuales exploran zonas adyacentes al tajo, para obtener datos sobre la dirección del cuerpo mineralizado.

Por último, la geología de modelamiento es la encargada de la actualización del modelo geológico mediante el software Datamine, que se genera a través de las bases de datos obtenidas de las exploraciones.

Geotecnia: Esta área se encarga del monitoreo de la estabilidad de los taludes, así como la medición de las ondas sísmicas producto de la voladura, y analizan su influencia sobre los taludes. También se encargan del perfilado de los taludes mediante una retroexcavadora.

Hacen uso de sofisticadas máquinas tales como un sismógrafo (figura 5) y un scanner que puede detectar el más mínimo movimiento del macizo rocoso en los taludes, este equipo esta valorizado en valorizado en más de 50 000 USD.

Figura 5

Sismógrafo Geokon



Nota. Sismógrafo utilizado para medir las ondas sísmicas producto de las voladuras

Topografía: La labor que se realiza en topografía es muy importante para los trabajos diarios que se realizan en la mina. En topografía hay dos cuadrillas, cada una compuesta por un topógrafo y dos ayudantes, los cuales se reparten las labores del día. Una cuadrilla realiza los trabajos de rutina y la otra se encarga de los trabajos especiales. Los trabajos de rutina consisten en ubicar, mediante equipos topográficos, puntos en el campo, tales como huecos, crestas, rotura, bases, etc. Para luego bajar los datos y colocarlos en el mapa mediante AutoCAD.

Los equipos usados para esta labor son el receptor satelital diferencial (figura 6) y la estación total. Para realizar el trabajo con estos equipos se procede primero a ubicarlos en el campo. Para el proceso de levantamiento de taladros de perforación en el campo, primero se instala el

equipo, sea receptor satelital diferencial o estación, en el punto topográfico “amarrado” previamente, del cual se poseen sus coordenadas, el proceso de instalación del equipo puede durar entre 7 a 10 minutos. Para el caso del receptor satelital diferencial se tiene que conectar a la radio repetidora (figura 7) y a la batería, siendo el fijo el que se queda en el punto y el móvil el que se usará en el campo para tomar los puntos. En el caso de la estación total, la estación se queda en el punto y los puntos en el campo son tomados con el prisma y el trípode o los jalones.

Figura 6*Receptor Satelital*

Nota. Receptor Satelital utilizado en diferentes tipos de trabajos topográficos en la unidad minera.

Figura 7*Radio Repetidora*



Nota. Instrumento necesario para el funcionamiento del receptor satelital diferencial.

Luego de colocar el equipo se procede a moverse a la mina con dirección a la malla y ya en el lugar se colocan el receptor satelital diferencial móvil en el punto exacto del hueco, y mediante el control del mismo se toma el punto y este queda registrado en el equipo, con sus coordenadas reales, así como su elevación con respecto al nivel del mar. En cuanto a la estación total, se coloca el prisma con el jalón en el hueco y se espera a que el topógrafo tome el punto con la estación, desde su posición.

Estos procesos, para ambos casos, se repiten para cada hueco que se tome de la malla, siendo el receptor satelital diferencial el proceso más rápido y exacto.

Para el proceso de rotura es otro procedimiento, en primer lugar, se tiene que definir que es rotura. La rotura es la cerca que se coloca para diferenciar el material disparado del material que no lo está, para que la pala sepa hasta dónde meter el cucharón, para que no agarre material sin

disparar, ya que este material es duro y puede malograr las uñas del cucharón, y reducir su vida útil. La rotura marca la distancia o el espacio que tiene la pala para meter el cucharón a un frente que ha sido disparado recientemente.

Esta rotura se calcula en el AutoCAD mediante el Autolisp. Esta herramienta calcula la distancia en base al radio de influencia de los explosivos de la última fila de los taladros. Esta toma la cresta del proyecto disparado y brinda puntos con coordenadas, los cuales se establecen como la rotura.

Con estos puntos, se va al campo y se ubican con los equipos, ya sea receptor satelital diferencial o estación total, y en cada punto se coloca una estaca con cinta blanca para que sea visible para las demás personas, y así se va poniendo varios puntos hasta formar una especie de cerca que marca la diferencia entre el material disparado e inestable, del material sólido.

Para la colocación de bases es un proceso similar. Las bases son los puntos de perforación de la malla, estos pertenecen al diseño de la malla realizado en AutoCAD, el cual se tiene que plasmar en el campo. Para ello necesitan ubicar los puntos en el campo para que las perforadoras tengan el punto exacto para perforar.

Las coordenadas del punto se colocan en el equipo receptor satelital diferencial o estación y luego estos los ubican en el campo, y en ese punto se coloca una estaca con cinta roja, para indicar el punto exacto en donde la perforadora debe colocar su castillo para perforar.

En general los trabajos generales de rutina se pueden resumir en la siguiente lista:

- Ubicar huecos de perforación en el campo
- Colocar estacas de rotura en proyectos disparados recientemente
- Colocar bases de perforación para que los equipos se ubiquen en la malla
- Tomar puntos con su coordenada para tener una cresta real en los diseños.

Por lo general los procedimientos para todas las tareas anteriores son similares, ya que involucran procedimientos parecidos y los equipos usados son los mismos. Se pueden englobar en los siguientes pasos:

- Movilizar los equipos a los puntos topográficos “amarrados”
- Instalar el equipo con sus respectivos accesorios y ubicarlo en el punto amarrado
- Encender los equipos y configurarlos de acuerdo al trabajo que se vaya a realizar,
- Movilizarse a la mina, específicamente al frente o proyecto en que se trabajará
- Ubicar los puntos o coordenadas de rotura y tomarlos con los equipos.
- Colocar estacas para indicar los puntos si fuera necesario, usando cintas con su color respectivo.
- Una vez tomados todos los puntos, se procede a retirarse del frente
- Se retorna al equipo estacionado en los puntos amarrados y se procede a desarmar y guardar.
- Una vez en la oficina se procede a bajar los datos al AutoCAD del dibujante mediante USB y se colocan los puntos en el mapa para que estén registrados.

Equipos con sus respectivos accesorios:

- Receptor satelital diferencial: (figura 9)

Batería, 2 trípode, nivel, 2 pares de GPS (base y repetidor), radio, control de GPS

- Estación total:

Estación total LEICA (figura 8), trípode, nivel, jalones, prisma

Figura 8

Estación LEICA TS06



Nota. Estación total utilizada en los levantamientos topográficos de la unidad minera.

Figura 9

Receptor Satelital Diferencial Trimble R8



Nota. Imagen donde se muestra el receptor con sus respectivos accesorios.

Por otro lado, los trabajos especiales son todos aquellos que no pertenecen a la rutina diaria de la mina y que son solicitados por diferentes áreas de la mina, incluyendo a San Nicolás (planta) o San Juan (oficinas). Algunos de ellos son cubicaciones, control de pisos, levantamientos topográficos varios, control de palas, control de terreno para corte o relleno, etc.

A continuación, se describe con mayor detalle, a manera de ejemplo, un levantamiento topográfico realizado a uno de los stocks de mineral del complejo minero, el cual fue realizado con estación total. Se detalla detenidamente el trabajo de campo, así como el de gabinete.

La medición corresponde a un stock de mineral de hierro (figura 10) de aproximadamente 600 metros de largo y con alturas máximas de entre 16 y 20 metros, ubicado en una sección denominada como “Paquete 4”. Esta área está compuesta por una planta de conminución y una serie de fajas transportadoras que mueven el material hacia el muelle de San Nicolás.

Figura 10

Stock de mineral ubicado en “Paquete 4”



Nota. Imagen satelital del stock de mineral principal ubicado en el área denominada como “Paquete 4”.

A continuación, se muestra de manera detallada todo el proceso, paso a paso, así como los equipos utilizados.

- Equipos, herramientas y personal:

Estación total Leica TS06, jalones con prisma, trípode, base nivelante, camioneta Toyota Hilux 4x4, topógrafo y ayudantes.

Primero, el jefe del área de planeamiento y geología les da las indicaciones a los supervisores de topografía de que es hora de realizar las cubicaciones de los stocks de paquete 4, para saber el volumen de mineral con él se cuenta, para ver si los requerimientos y metas planteadas se están cumpliendo.

El supervisor encarga a la cuadrilla correspondiente la labor que tienen que realizar, así como la elaboración del IPERC.

Debido a que los trabajadores estarán muy cerca del stock, se les entrega su traje Tyvek para que el polvo de hierro no les cause molestias, así como el uso de la máscara con filtro de polvo.

La cuadrilla procede a cargar el equipo necesario a la camioneta 4x4, como ya se mencionó anteriormente, las herramientas utilizadas fueron la estación Leica TS06, jalones, prismas, nivel y trípode.

Luego de haber cargado el material y haber firmado el IPERC, se procede con la movilización a la zona donde se realiza el trabajo, que es aproximadamente 15 minutos desde el punto de partida (oficinas de topografía).

Se procede a ubicar la estación Leica en el punto de control ya establecido, el cual está marcado en el terreno con un bloque de concreto. Primero se coloca el trípode y se manipulan las patas para nivelar el instrumento.

Con el equipo ya ubicado, el topógrafo encargado procede a calibrar el instrumento y dar las indicaciones correspondientes a los obreros, para que se ubiquen con los jalones en los lugares que él les diga. La comunicación entre ellos fue constante a través de la radio.

Los obreros proceden a seguir las instrucciones del topógrafo, primero colocándose en la base del stock para que el topógrafo tome el punto, y así sucesivamente hasta tomar los puntos correspondientes.

Luego de haber tomado los puntos de un lado del stock, el topógrafo procede a moverse con el equipo hacía el otro punto de control, para poder tomar los puntos de la otra cara del stock. Cabe mencionar que tiene que realizar otra vez todo el proceso que realizó en el primer punto. Los obreros vuelven a repetir el trabajo realizado con el primer lado del stock.

Una vez tomada toda la base del stock, se procede a tomar los puntos de la cresta, repitiendo el mismo proceso de toma de puntos. Cabe mencionar que esta es la parte más peligrosa del trabajo, ya que los obreros tienen que escalar la pila de material para colocarse con el jalón y que el punto sea tomado, pero en el proceso pueden ocurrir situaciones como caídas, o que el propio material pueda ceder, ya que es bastante inestable. Es por eso que estos trabajos presentan problemas, sobre todo por los trabajadores, que no quieren poner en riesgo su integridad física. Algunos sectores del stock presentan alturas de hasta 15 m, por lo que una caída desde esa altura es muy peligrosa.

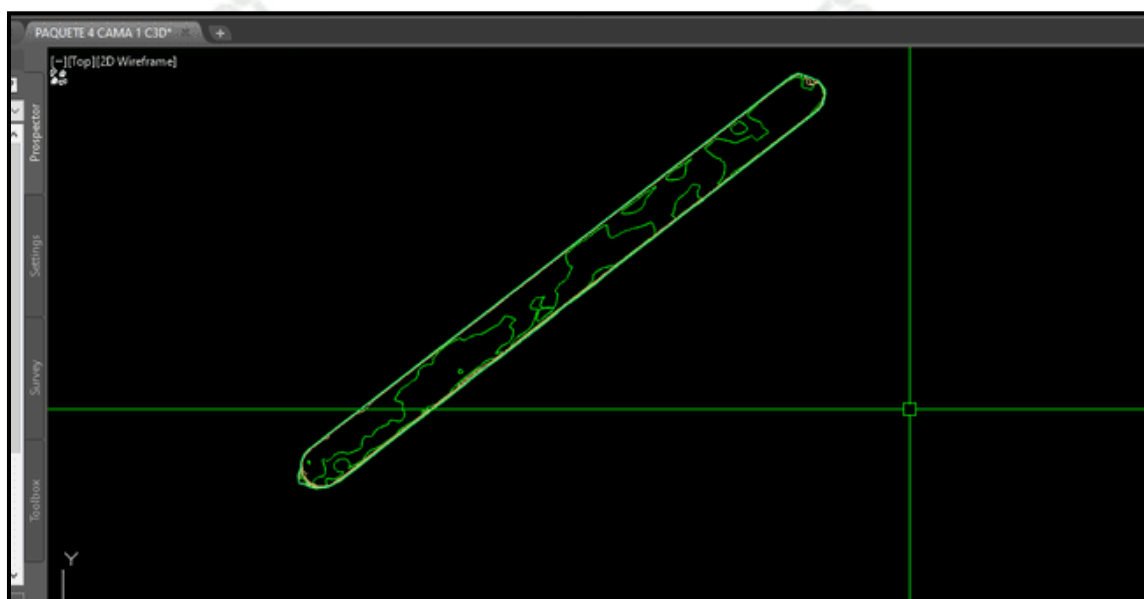
Debido a la dimensión del stock, que era de más de 600 m de largo, el trabajo de toma de puntos demora aproximadamente 2 días de trabajo. Las horas de trabajo son de 8 am a 12pm con un receso de media hora para el almuerzo, y luego de eso se continua hasta las 4pm, que es la hora de salida para la mayoría de áreas de mina.

Una vez tomados todos los puntos, se procede al trabajo de gabinete, realizado en las oficinas de topografía.

Los puntos son llevados del instrumento hacia la computadora a través de un USB, el cual se inserta en la estación, y procede a copiar toda la información, para luego llevarla a la computadora y trabajarla en el AutoCAD civil 3D. primero se insertan los puntos en Civil 3D, los cuales están en formato de texto, y se procede a crear una superficie inicial. (figura 11)

Figura 11

Superficie Inicial



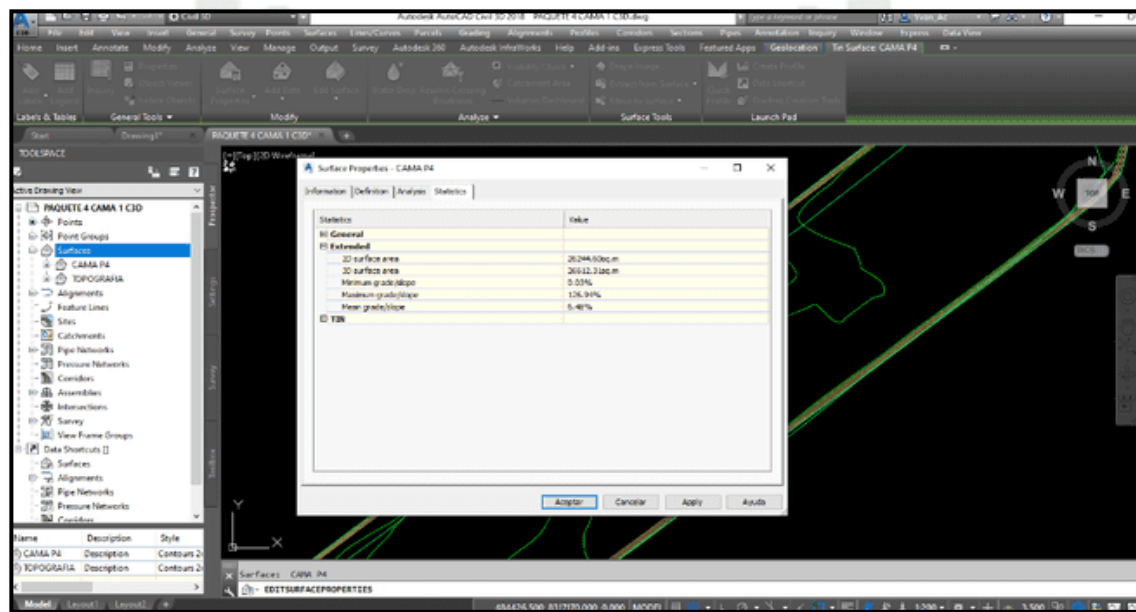
Nota. Imagen de la superficie inicial generada a través del software Civil3D.

Luego se procede a importar los puntos restantes mediante el comando Points <import points. También se puede hacer de otra forma, importando el archivo de Excel el formato csv, el cual contiene la tabla de todos los puntos. Contando con los puntos importados, se puede tener una imagen de la superficie en 3 dimensiones, mediante en comando Object viewer.

Para poder observar el área de la base del stock (figura 12), así como el área de la superficie del stock, se hace uso del comando Surface properties, mediante el cual se puede obtener la cifra exacta. La base cuenta con 20 244 m², y la superficie cuenta con un área de 23 434 m².

Figura 12

Área de la Base



Nota. Imagen que muestra el cálculo del área de la base del stock de mineral.

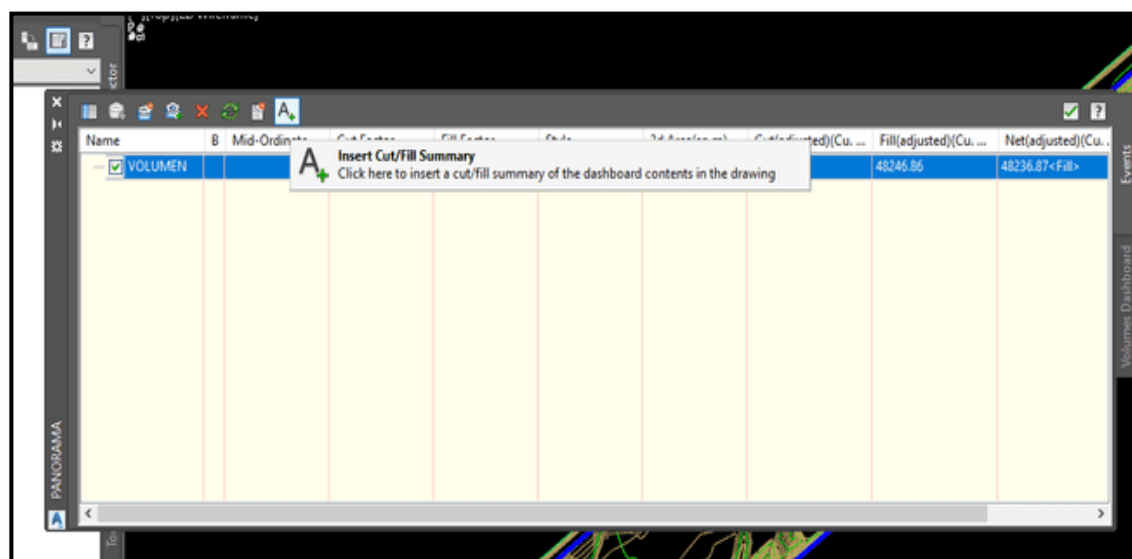
Ahora para obtener el volumen del stock, se hace uso del comando Volumes dashboard, al cual se accede mediante Surface < Utilities < Volumes dashboard. Luego de entrar a esta opción, aparece una ventana en la cual se puede crear una superficie de volumen.

Finalmente, luego de haber creado la superficie de volumen, se puede visualizar los datos de esta superficie (figura 13), entre ellos el volumen del stock, y además de ello se puede crear un

cuadro resumen en el que podemos ver todos los resultados, anclado a la cuadrícula. El volumen total del stock es de 48 246 m³.

Figura 13

Superficie de Volumen



Nota. Imagen que muestra el cálculo del volumen del stock de mineral.

La cuadrilla de trabajos especiales realiza este tipo de labor regularmente, así como otros tipos de levantamientos que se mencionan a continuación.

Para el control de pisos en las palas, se realizan todos los pasos que se realizan en los trabajos de rutina, instalar el equipo, programarlo, etc. La diferencia es que en este trabajo se calculará la diferencia de cota de los niveles de la mina, para ver si están a su nivel o está por

encima o debajo. El aparato calcula la cota real y a partir de eso se determina si se necesita hacer un corte o si se debe rellenar algún piso, de acuerdo a los diseños establecidos.

Solo basta con colocar el receptor satelital diferencial en el piso y automáticamente se medirá el nivel.

Para el control de rampas es un proceso similar, se mide la cota en distintas partes de la rampa para ver si esta con la gradiente de 10° que debe tener una rampa en su diseño. De acuerdo a esto, se determina en que zonas la rampa necesita un corte y en qué zonas necesita relleno. Basta con colocar el bastón con el receptor satelital diferencial en cualquier parte de la rampa para medir su cota.

Planeamiento: En el área de planeamiento se realizan trabajos de planeamiento de corto y largo plazo, entre los cuales destacan la elaboración de planos en donde se diseña cómo será el tajo dentro de un determinado periodo de tiempo, proyectándose según la producción y el avance que se da a diario.

En el área de planeamiento se desarrollan actividades como la elaboración del plan semanal, el cual es el plano de zona nueva y zona antigua en donde se ve en que partes hay mineral y que partes no, así como la cantidad de mineral que se necesita enviar a planta durante la semana, y esto se calcula mediante los tonelajes de mineral de los proyectos que están en el plano, pudiendo escoger de que partes se puede extraer mineral con cierta ley para enviar a planta. Este trabajo se realiza semanalmente y la única forma de hacerlo es ir constantemente al tajo y ver cómo va el avance de los proyectos disparados, perforados, acarreados, entre otros.

El área de planeamiento está en constante comunicación con los contratistas de la empresa, para poder elaborar los planos de acuerdo a su avance, tienen que cumplir con los proyectos diseñados en el tiempo previsto para evitar problemas en la producción.

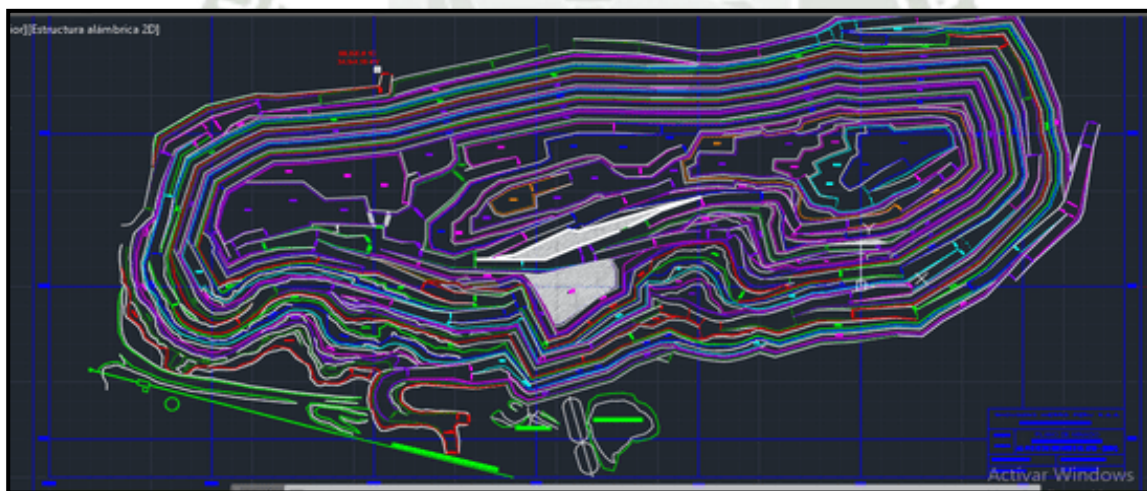
También elaboran el plan mensual y trimestral que se presenta a gerencia, que contiene la cantidad de mineral que se va extraer, así como los lugares de donde se extraerán. (niveles, tajos, entre otros)

Planeamiento también se encarga de elaborar las proyecciones de avance de los tajos (figura 14), hasta de 3 años en el futuro, siendo la proyección de 2022 la correspondiente para este año. El ingeniero de planeamiento es el que se encarga de realizar las proyecciones hacia los años posteriores.

El área de planeamiento está en constante comunicación con la gerencia que se encuentra en mina, ya que tienen que ser informados acerca de todos los proyectos a explotar a futuro, así como el desarrollo de los tajos y ver el balance mensual de cantidad de material a extraer.

Figura 14

Plan de Avance de Minado Proyectado a 2022



Nota. Imagen del plan de avance según distintos requerimientos, proyectado a alcanzarse para el año 2022.

Perforación, Diseño y Voladura: En esta área se realizan las mallas de perforación en AutoCAD, según los planos proporcionados por el área de geología. También se hace uso del software JKSimblast, para la simulación del carguío y de la detonación. Esta área cuenta con perforadoras 12 ¼ (figura 15) y 9 7/8 y también con perforadoras de pre corte.

En general el proceso de trabajo es el siguiente:

- Elaboración de las mallas de perforación en AutoCAD, según los diseños de geología, ajustando el burden y espaciamiento según el material de la zona y determinar pre corte si el frente lo requiere.
- Diseñar la malla en JKsimblast y realizar la simulación de voladura.
- Colocar los puntos en el campo (bases) para elaborar la malla en el frente.
- Colocar chutes en cada posición para indicar a la perforadora la ubicación de cada taladro.
- Perforar en el punto hasta generalmente 12 m más un metro de sobre perforación para la geología proyectada del siguiente banco.
- Armar la columna de perforación, primero colocar el Booster con el Fanel (figura 16) al fondo del taladro, luego rellenar con ANFO gracias al camión fabrica (figura 17) y posteriormente rellenar el taco con los dedritos de la perforación, mediante el mini cargador frontal.
- Amarrar los taladros en superficie (figura 18) y colocar la mecha lenta.
- Asegurar la zona, alejar 300m a todas las máquinas y 500 a todo el personal.

Figura 15

Perforadora de Producción



Nota. Perforadora usada en el tajo principal, para la elaboración de las mallas de perforación.

Figura 16

Fanel



Nota. Accesorio utilizado en la elaboración de las mallas de perforación.

Figura 17

Camión Fabrica



Nota. Camión utilizado para verter el explosivo en los taladros.

Figura 18

Malla de Perforación



Nota. Malla de perforación a punto de ser amarrada, para su posterior detonación.

Medio Ambiente: Esta área está encargada de monitorear polvos y gases emitidos por los diferentes procesos que se llevan a cabo en la unidad minera, llevan un registro e informan si se superan los límites máximos permitidos (polvo, humos, sustancias nocivas, entre otros), para su futura reducción y control. También monitorean el alcantarillado de la zona de lavadero de camiones y camionetas, para tratar de descontaminar el agua que a veces se encuentra con combustible o grasa.

La correcta distribución y manejo de los distintos residuos producto de la actividad minera es también una de sus labores diarias.

Operaciones: El área de operaciones está encargada de velar por la producción, para que estén no se detenga. Parece una labor sencilla, pero engloba muchas actividades, tales como estar pendientes de la flota de camiones, funcionamiento correcto de la chancadora, equipos malogrados, cambios de guardia, ubicación de palas en los frentes correctos, entre otros.

Es una de las labores más importantes, ya que siempre se le da prioridad a la faja y la chancadora, para que el mineral siempre este fluyendo hacia la planta procesadora, ya que si esta se detiene se generan pérdidas de miles de dólares en unos pocos minutos, y esto es algo que ninguna empresa minera se puede permitir. El ingeniero de operaciones tiene que supervisar todo este proceso. Actualmente el área de operaciones tiene 27 camiones CAT 785 y cinco palas eléctricas.

Mantenimiento Mecánico: Está dividida en 2 áreas

- **Mantenimiento de camiones:** se encarga de revisar y dar mantenimiento a los camiones de acarreo de mina, así como realizar el llamado overhaul, una revisión general donde el camión entero es desarmado para poder ser revisado y darle un mantenimiento completo.

Dura aproximadamente un mes y medio por camión y a veces se puede demorar un poco más por falta de personal o de repuestos.

El otro tipo de mantenimiento es el llamado mantenimiento programado, el cual se realiza diariamente según el horario programado por operaciones y es más rápido que un overhaul, consta de varios pasos mencionados a continuación:

- Lavado del camión
- Soplado de camión
- Revisión de motor y componentes
- Revisión de la parte eléctrica y de su placa a través de la computadora
- Mantenimiento de palas: se encarga del mantenimiento de todos los componentes de las palas eléctricas. El overhaul de una pala dura aproximadamente 3 meses. Este tiempo a veces suele alargarse debido a que la pala es una maquina muy grande, lo que dificulta su desarme.

Mantenimiento Eléctrico: Este compuesto por distintos talleres los cuales se mencionan a continuación.

- Mantenimiento de motores: (figura 19) en él se maneja todo el proceso de reparación y mantenimiento eléctrico de motores de camiones, palas, tractores, etc. También realizan el overhaul de motores y el mantenimiento programado que realiza operaciones. El taller cuenta con el equipo para medir y monitorear los problemas eléctricos que se puedan presentar en los motores, así también cuenta con grúas para poder maniobrar más fácilmente las partes pesadas.

Figura 19

Taller de Motores



Nota. Imagen de las instalaciones del taller de motores.

- Instrumentación: el taller de instrumentación (figura 20) se encarga de la reparación de todos los aparatos electrónicos que se encuentran en la mina, sobre todo la reparación de las radios, que se ubican en todos los camiones, palas, camionetas, oficinas, tractores, entre otros.

Figura 20

Taller de Instrumentación



Nota. Imagen donde se muestra un ambiente dentro del taller de instrumentación.

Todas las áreas de la mina cuentan con radio transmisores y en esta área son reparados. También reparan otros aparatos electrónicos variados. Adicional a esto, realizan trabajo en campo, ya que muchos de los equipos electrónicos de la mina no pueden ser llevados hasta el taller, estos incluyen las radios de palas y camiones de acarreo, PLC de las máquinas de planta, etc. Su personal está compuesto en su mayoría por ingenieros electrónicos y técnicos.

- Mantenimiento de camiones: el taller de camiones se encarga principalmente de revisar la parte eléctrica del motor, así como brindar asistencia a los camiones en mina, para poder pasarles corriente eléctrica a la batería, para que estos puedan arrancar. También cuentan con un software para poder determinar cuál es el problema electrónico en el camión,

mediante una conexión a una laptop, en la cual se puede observar todo el estado del camión, y determinar el problema y su solución.

- **Mantenimiento de planta:** esta área se encarga de ver toda parte eléctrica de la planta 1 y 2, sobre todo el funcionamiento de la planta 2, desde que el mineral descarga en el cono principal, luego pasa hacia 2 chancadoras secundarias, donde reducen el tamaño del material y pasa a una faja donde es llevada hacia los stocks. Dependiendo de los requerimientos de planta es que se activa las poleas magnéticas, si es que se requiere *dry cobing* (mineral de baja ley) También se encuentra el PLC (controlador lógico programable), que es prácticamente el cerebro de la planta, que se encarga de la automatización y funcionamiento de la misma. Es importante usar todo el EPP dentro de las instalaciones de la planta, ya que es bastante ruidosa y genera mucho polvo.
- **Mantenimiento Conveyor:** esta área se encarga del mantenimiento de los componentes eléctricos de la faja transportadora. Es de vital importancia el buen funcionamiento de la faja ya que esta siempre debe estar trabajando para poder alimentar la planta. La Faja transportadora y la planta de procesos son prioridades para la mina.

Laboratorio:

El área de laboratorio se encarga de tomar muestras de los dedritos resultantes de la perforación, siguiendo un patrón para clasificar los mismos en el campo, llamados compósitos.

Una vez tomadas las muestras de dedritos del compósito se procede a llevarlas a la mini planta chancadora donde se cuartea la muestra y se mete al horno de secado para tener la muestra seca, y luego colocarla en sobres y enviarlas a laboratorio, en donde analizará la ley de la muestra.

También se realiza la toma de muestras especiales. Estas consisten en muestras tomadas del material procedente de la voladura, rocas más grandes. Estas pasan por las distintas

chancadoras para reducir su tamaño y ser enviadas al laboratorio para determinar su ley. El proceso paso a paso se muestra a continuación:

- Muestras de compósitos:
 - Elaborar los compósitos en el mapa del proyecto
 - Movilizarse hasta el frente en perforación con baldes y lampas
 - Recolectar cinco kg de dedritos por taladro
 - Juntar las muestras de acuerdo a los compósitos
 - Llevar las muestras a las instalaciones
 - Cuartear las muestras y colocar la muestra final en un pocillo
 - Colocar los pocillos dentro del horno de secado (figura 21) a aproximadamente 120°C
 - Retirar la muestra, clasificarla y colocarla en sobres
 - Enviar las muestras al laboratorio para analizar la composición.
- Muestras especiales:
 - Movilizarse al frente volado con baldes y lampas
 - Recolectar 15 kg aprox de material
 - Llevar las muestras a las instalaciones
 - Colocar el material a la chancadora de quijada (figura 22) para conminución
 - El material resultante pasa a la chancadora de rodillo uno
 - Luego pasa a chancadora de rodillo numero dos
 - El material resultante se tamiza en la malla 100
 - El resultante se coloca en sobres para ser enviados a laboratorio

Figura 21

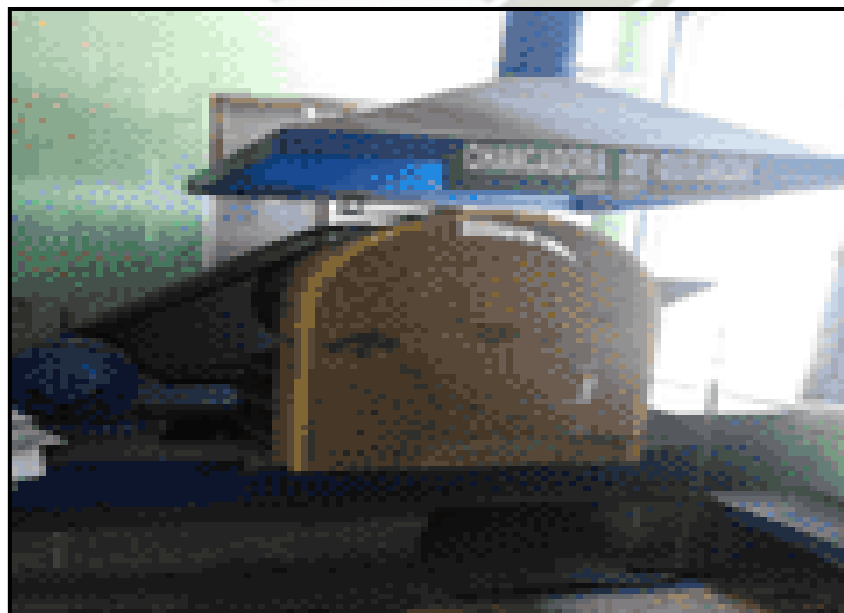
Horno de Secado



Nota. Horno utilizado en el área de laboratorio, para eliminar la humedad de las muestras.

Figura 22

Chancadora de Quijada



Nota. Chancadora utilizada para fragmentar el material, para su posterior análisis en laboratorio.

Una vez obtenidas las leyes de los compósitos, se colocan las leyes y los compósitos en un mapa en AutoCAD, donde cada zona está con su porcentaje de Fe y S, así como otros datos obtenidos en laboratorio, cuando el plano está completo, el mapa es enviado a áreas como topografía para poder ser clasificado.

También realizan la labor de realizar los perfiles diarios de los stocks de las plantas para poder llevar un control periódico.

Performance mina: La función principal de esta área es recolectar todos los datos procedentes de todos los procesos que se realizan en la mina, para poder recolectarlos y elaborar informes diarios, semanales, mensuales, trimestrales y anuales.

Entre los datos que esta área organiza se encuentran:

- Demoras de equipos (palas, camiones, perforadoras, auxiliares, entre otros.)
- Indicadores de eficiencia y producción, como uso de los disponible, disponibilidad, horas operativas, horas disponibles, stand by, mantenimiento programados y no programados, entre otros.)
- Accesorios de perforación y voladura (brocas, barrenos, kg de explosivos, accesorios variados, entre otros.)
- Producción, como por ejemplo tonelaje de mineral, desmonte y otros movidos en un día, mes o año, así como cuanto material mueve cada equipo, sean palas o camiones.
- Cantidad de material que se mueve en las plantas, así como el tipo del mismo.

En general controlan todos los datos procedentes del trabajo de la mina, tonelajes, accesorios, rendimiento, energía, entre otros. Para poder elaborar los informes con resultados diarios, semanales y mensuales.

En este trabajo los apoya el Ox, un empleado cuya función es similar a la de un Dispatch, pero con radios y teléfono. Sus labores son recepcionar todas las demoras de los equipos y todas las demoras que de una manera u otra interfieren en el proceso de producción de la mina, luego de ser recibidas son introducidas al sistema interno para ser codificada y registradas. En promedio el Ox recibe unas 200 demoras por turno. Entre las más comunes se encuentran las demoras por cambio de turno, demora por almuerzo, mantenimiento mecánico, limpieza de frente, etc.

Todas estas demoras se le informan a través de las radios que se encuentran en la oficina a través de 4 canales, siendo el canal 4 (operaciones) el más ajetreado ya que requiere constante control y coordinación. Muchas veces las radios suenan al mismo tiempo, lo que resulta muy estresante para el trabajador.

Performance oficina solo trabaja un turno en la mañana, a diferencia de la caseta del Ox (figura 23), la cual trabaja tres turnos de 8 horas. Esto debido a que realizan una labor muy importante de control y coordinación, a modo de Dispatch, y todo lo que esto representa.

Figura 23

Caseta del Ox



Nota. Caseta donde el personal denominado Ox, realiza sus labores de coordinación.

Puerto de San Nicolás. Es el área donde el mineral es tratado mediante diferentes procesos para poder obtener el producto final. Dentro de este complejo se encuentran la planta chancadora, planta de separación magnética, planta de filtros y el gran muelle de San Nicolás. Esta área de la empresa es donde se encuentra la mayoría de trabajadores, ya que todas estas complejas plantas necesitan de bastante personal para poder funcionar de forma correcta.

2.1.1.2. **San Juan.** Es el pueblo en el que se encuentran las oficinas administrativas y el campamento minero, aquí laboran personal de recursos humanos y personal gerencial. Las oficinas principales están ubicadas a 5 minutos de la plaza principal de la población.

2.1.2. *Descripción de la zona*

El clima corresponde al litoral sur-peruano que es suave y sin gran variación, con temperaturas de 10° a 25° C en invierno y de 15° a 30° C en verano. La carencia de lluvias hace

de la zona un desierto, con excepcionales chubascos y neblina prevaleciente en invierno durante las tardes y noches, que producen un 100 % de humedad; esta neblina permite la vegetación raquítica de musgos, líquenes y aerófitas, llamadas “Vegetación de Lomas”, pues la carencia de agua superficial o freática es completa. (Senamhi, 2020)

Figura 24

Vegetación de Marcona



Nota. Imagen que muestra la vegetación predominante en la zona.

Los depósitos de mineral están ubicados en una meseta a 800 m. sobre el mar y a 10 Km. de distancia de la línea de costa; limita hacia el Sur y al Oeste con una serie de terrazas marinas, hacia el Norte con el cerro Tunga y hacia el Este con una escarpa de falla que separa el área de las pampas de Las Treinta Libras. (Caldas Vidal, 1978)

La estratigrafía de la zona cuenta con varias secuencias, entre las cuales destacan complejo Lomas, las formaciones Marcona, Cerritos, Copara, Pisco y el cuaternario aluvial. En muchas de

estas destacan la presencia de rocas tales como andesita, granodiorita, cornubianita, dacita y tonalita.

Los cuerpos mineralizados presentan zoneamiento vertical, los cuales son:

- Zona de oxidación: Corresponde a la superficie o cerca de ella y está formada por una capa de hematita como mineral dominante, contiene además limonita y variables cantidades de martita, óxidos de cobre y venillas de yeso, halita y actinolita. El espesor de esta zona es de 30 m y se caracteriza por su bajo contenido de azufre ($<1\%$) y aproximadamente 60 % Fe. Las impurezas como cobre, fósforo, y sílice son mínimas. (Acosta Ale, 2006)
- Zona de sulfatos: Es la capa intermedia formada por los elementos lixiviados de la zona superior y la lixiviación incompleta de los materiales de la zona primaria. Se caracteriza por un incremento en el contenido de azufre. En esta zona los óxidos de fierro decrecen y se incrementan los sulfatos de fierro; a mayor profundidad se incrementa la magnetita, decrecen los sulfatos y aparece la pirita. El mineral de la zona de transición se caracteriza por su baja recuperación en peso ($< 65\%$) y bajo FeO ($< 15\%$).

El espesor de la zona de transición es de aproximadamente 35 m y sus minerales principales son Hematita-martita de grano fino, densa, masiva y porosa con jarosita y botriógeno. En menor cantidad amarantita, pirita, yeso, anhidrita, halita, brochantita, crisocola, atacamita, actinolita y clorita alteradas. (Acosta Ale, 2006)

- Zona de sulfuros: Es la zona más profunda y extensa, donde se encuentra la magnetita masiva, densa y cristalina con abundante pirita diseminada, algo de chalcopirita y pirrotita. La actinolita es la ganga mineral más común pero también existe epidota, serpentina, calcita, biotita-muscovita, clorita, sericita, talco, cuarzo y yeso. Es la zona de mayor

importancia económica por su potencial de reservas y calidad de mineral. (Acosta Ale, 2006)

2.1.3. *Conceptos clave*

Dron:

Dron o UAV por sus siglas en inglés, es un vehículo aéreo no tripulado que funciona mediante un control remoto. (Adeva, 2021)

Es reutilizable y puede mantenerse con un vuelo controlado de manera autónoma. Generalmente tiene 3 tipos de motor: eléctrico, de explosión y de reacción.

Los UAV pueden recolectar información espacio temporal de manera rápida, y se pueden combinar con muchas técnicas para dar aplicaciones a múltiples ingenierías. (Ayala Ayala, 2017)

Debido a los múltiples campos en los que puede tener utilidad, los drones cuentan con una gran variedad de formas, tamaños y características. A su vez tienen 2 variantes de funcionamiento, unos controlados desde un punto de control remoto y otros con vuelo autónomo gracias a planes de vuelo programados.

La idea de los drones o UAV tuvieron su inicio en el ámbito militar, ya que las superpotencias mundiales necesitaban de un vehículo que fuera lo suficientemente rápido y cauteloso para diferentes misiones de reconocimiento y ataque furtivo. Por la naturaleza de estas labores, era muy riesgoso que el vehículo estuviera pilotado, por eso diseñaron vehículos que fueran manejados remotamente, para evitar cualquier riesgo de pérdidas humanas. Asimismo, al no contar con riesgo de pérdidas, estos vehículos podían ser enviados a zonas peligrosas y de difícil acceso.

Estados unidos fue el primer país en utilizar esta tecnología con fines militares, actualmente poseen cientos de drones con múltiples características. (Sungjae, 2016)

Existen drones de reconocimiento (figura 25) que son enviados a zonas de guerra activas para poder realizar labores de inteligencia, para ver qué tipo de armamento tiene el enemigo, así como ubicación de bases y armerías, el número aproximado de soldados, artillería antiaérea, etc. Están diseñados para ser indetectables ante los radares aéreos, por lo que resulta una herramienta indispensable a la hora de recolectar información. Estos drones fueron usados en zonas de guerra como Iraq y Afganistán, para dar información al ejército de los EEUU, especialmente a unidades de operaciones especiales tales como la Delta Force y los Navy Seals, además fueron de gran ayuda al brindar imágenes aéreas que ayudaron al éxito de la operación Lanza de Neptuno, donde se abatió al líder máximo de Al Qaeda, Osama Bin Laden, en el año 2011.

Figura 25

UAV de Reconocimiento



Nota, Imagen de un UAV de reconocimiento norteamericano en pleno vuelo.

**Fuente*. Adaptado de Fervimax.com [foto], 2019

También hay otros drones que son equipados con armamentos, como por ejemplo el Modelo Songar, el cual cuenta con una ametralladora de calibre 5.56, capaz de destruir pequeñas

bases en tan solo un par de minutos, en un ataque relámpago. Además de eso es indetectable con radares. Puede alcanzar velocidades de 300 k/h y 14 horas de autonomía de vuelo.

Otros drones pueden ser equipados con material explosivo, como por ejemplo el MQ9 Reaper (figura 26), que puede ser equipado con misiles Hellfire aire – tierra, diseñados para destruir pequeños bunkers, autos blindados, helicópteros y aviones. (BBC News Mundo, 2018)

El costo de este artefacto ronda los 16 millones de dólares. En promedio se han gastado alrededor de 8.000 millones de dólares en este tipo de tecnología, entre todas las potencias militares del mundo, incluyendo a USA, Rusia, China, India, etc.

Figura 26

UAV MQ9 Equipado con Misiles



Nota. Imagen de un MQ9 armado con artefactos explosivos, a punto de despegar.

**Fuente.* Adaptado de Heaven32.com [foto], 2020

Con el paso de los años los drones fueron ganando más popularidad y fueron alejándose más del plano militar para hacer incursión en el plano civil. Es a partir de 2010 que tecnologías de

chips ligeros, baterías livianas y cámaras de alta definición hicieron populares a los drones al público en general. (Sánchez García, 2017)

Hoy en día los drones pueden ser usados para muchas actividades, tales como:

- Búsqueda de personas desaparecidas en lugares de difícil acceso
- Fotografías aéreas (figura 27)
- Vigilancia activa de límites fronterizos
- Investigaciones de índole arqueológico
- Investigaciones geológicas
- Actividades recreativas (figura 28)
- Cine (figura 29)
- Agronomía y agricultura (figura 30)
- Servicios forestales
- Transporte y entrega de mercancía

Figura 27

Dron Para Fotografía



Nota. Imagen de un dron simple utilizado para fotografías convencionales.

**Fuente.* Adaptado de compramejor.es [foto], 2021

Figura 28

Dron Recreativo



Nota, Dron utilizado básicamente como artefacto de recreación, mayormente usado por jóvenes como juguete a control remoto.

**Fuente.* Adaptado de acgdrone.com [foto], 2016

Figura 29

Dron Utilizado en Cine



Nota. Imagen de dron utilizado en filmaciones de películas, documentales, entre otros.

**Fuente.* Adaptado de aerialproductions.es [foto]

Figura 30

Dron utilizado en Agricultura



Nota. Dron utilizado para rociar fertilizante y demás tipos de sustancias en las cosechas.

**Fuente* Adaptado de thefoodtech.com [foto],2021

Ventajas del uso de drones:

- En ningún momento se pone en riesgo la seguridad de un piloto, ya que son controlados remotamente, esto representa una gran ventaja en cuanto a la seguridad de las personas.
- Posibilidad de uso en lugares que son de difícil acceso o acceso restringido (Shahmoradi, 2020)
- Su gran aporte no solo en el sector militar, sino en el sector industrial gracias a su amplio espectro de uso en distintas actividades.

Desventajas del uso de drones:

- Los enlaces vía satélite podrían ser interceptados por terceros e inutilizar los drones.
- Se puede ver afectado por fenómenos naturales, tales como vientos, rayos, tormentas, luz solar, entre otros.
- Capacidad de vuelo limitada por fuente de alimentación, sea combustible o electricidad.
- Comercialización no regulada con riesgo de terminar en manos de organizaciones de ética cuestionable.
- Invasión de la privacidad de personas y/o espacios privados.
- Posibilidad de que la IA del dron tenga autonomía para decidir blancos de ataque.
- Alto costo de adquisición y mantenimiento de algunos modelos.

Principales tipos de dron o UAV: (Sungjae, 2016)

- Blanco o señuelo: Simulan aeronaves o ataques aéreos.
- Reconocimiento: Brindan inteligencia en zonas hostiles
- Combate: (UCAV) Armados con distintos tipos de armamento (ametralladoras, misiles, etc.)
- Logística: Encargados de llevar algún tipo de carga
- UAV comerciales y civiles: Diseñados para fotografía, filmaciones, etc.

Los drones también pueden clasificarse según otros criterios que se muestran a continuación (tabla N°1)

Tabla N°1

<i>TIPOS DE DRONES SEGÚN DISTINTOS CRITERIOS</i>	
CRITERIO	TIPOS
Según número de hélices	Tricóptero, Quadcóptero, Hexacóptero, Octacóptero
Según tipo de alas	De alas fijas, Multirrotor
Según tipo de control	Autónomo, controlado remotamente, Monitorizado
Según uso	Militar, Civil

**Fuente.* Elaboración propia

Nota. Esta tabla muestra los principales criterios de clasificación para UAV en la actualidad.

Fotogrametría:

Es una técnica que tiene por objetivo el estudio de modo preciso de la forma, dimensión y posición en el espacio de un punto u objeto en particular, mediante el uso de fotografías que puede ser terrestres o aéreas. La definición más simple según el propio nombre de la técnica es la de medir sobre fotos. (Pérez Álvarez, 2012)

Esta técnica está muy ligada a la topografía, ya que puede medir coordenadas en 3 dimensiones y dar la representación del objeto. Además de tomar datos topográficos de manera más ágil y sencilla. Los drones son los que unen la fotogrametría con la aviación, utilizando el modelado 3D de manera económica y práctica. (Jiménez Cajas, 2018)

Si se trabaja con una foto se obtiene información geométrica en dos dimensiones, pero si se trabaja con dos fotos en la zona de solape, se puede obtener una visión estereoscópica, mejor dicho, tridimensional.

- Antecedentes históricos:

Los inicios de la fotogrametría terrestre se remontan a 1725 con el suizo Moritz Anton Kappeler cartografiando el monte Pilatus, pero este no obtuvo mediciones exactas y la idea en si no se hizo popular. Sería casi 100 años después en Francia que se empiezan a usar fotos para elaborar mapas topográficos.

A partir del año 1900 aparece el llamado estereógrafo (figura 31), permitiendo el trazado de rasgos cartográficos. Este artefacto siguió vigente hasta 1950.

La fotogrametría aérea empezó con el “proyector doble”, un aparato para fotografías aéreas en 1915. A partir de este momento la fotogrametría adquiere grandes avances de la mano de Otto Von Gruber, diseñando procedimientos que dieron origen a la llamada aerotriangulación.

Figura 31

Estereógrafo



Nota. Imagen del primer estereógrafo diseñado a partir del año 1900.

*Fuente. Adaptado de alamy.es [foto]

Ya por 1960 con el surgimiento de la computación, los cálculos podían realizarse rápidamente, y desde entonces hasta hoy la fotogrametría viene optimizándose con la introducción de nuevos instrumentos de medición, cada vez más exactos. La fotogrametría a tenido un desarrollo único a través de los tiempos, avances en otros aspectos han permitido su evolución, tales como óptica, aviación e informática. (Páucar Hinojosa, 2019)

- Usos:

Este método de medición puede usarse en campos como agronomía, cartografía, planeamiento, arquitectura, arqueología, mediciones, biomecánica, medicina, zoología, deporte, etc.

- Tipos: (Ceupe, 2021)

- Fotogrametría analítica: Aplica modelos matemáticos a modelos físicos.
- Fotogrametría analógica: Aplicación de modelos matemáticos.
- Fotogrametría digital: Uso de imágenes digitales mediante programas informáticos.
- Fotogrametría aérea: Estaciones ubicadas en el aire.
- Fotogrametría terrestre: Estaciones ubicadas en el suelo.

- Metodología:

Primero se tienen que realizar fotografías a los objetos, previamente elaborado un plan de vuelo y de toma de fotos y luego se procede con el procesado de las imágenes. Luego se procede con la orientación de las imágenes, colocando las fotos en la posición correcta siguiendo la orientación interna y relativa. Luego se procede a la digitalización para establecer un modelo y las coordenadas 3D. (Kirsch, 2018)

- Fotogrametría con drones:

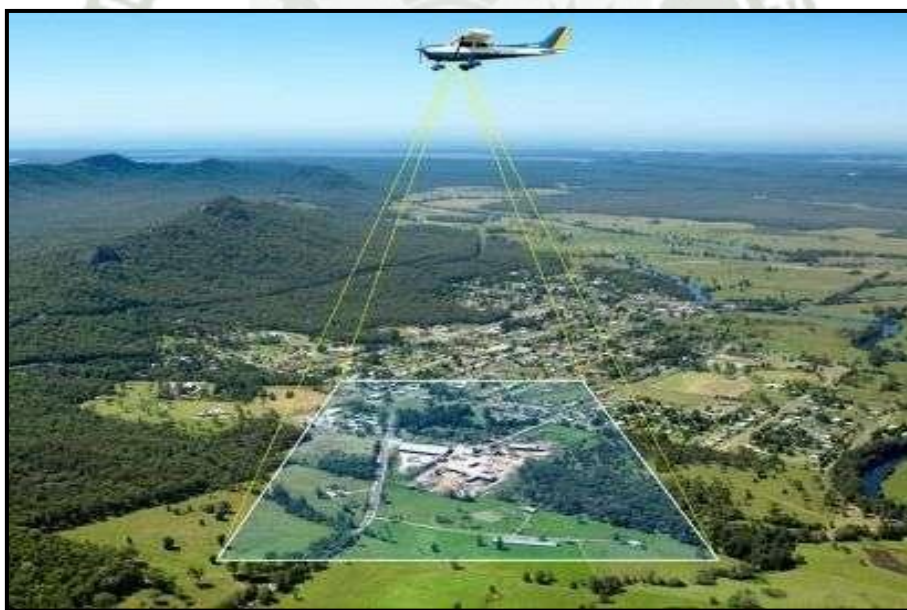
La aparición de los drones ha generalizado el uso de la fotogrametría aérea (figura 32), lo que ha representado un enorme ahorro para las empresas que requieren de esta técnica, ya que complejos proyectos de ingeniería pueden ser realizados por una cantidad razonable de tiempo y dinero, gracias a un dron. (Sánchez Ocejo, 2018)

Para que un objeto pueda estar reconstruido, se necesita una cantidad suficiente de fotos para poder diseñar la estructura. El solapamiento de imágenes consecutivas ayuda en esta tarea.

La planificación del plan de vuelo es vital para obtener resultados óptimos, sin ella los datos obtenidos serían inexactos. Luego de la obtención de datos en forma de una nube de millones de puntos, se hace uso de un software para generar las reconstrucciones 3D en forma de polígonos.

Figura 32

Fotogrametría Aérea



Nota. Imagen de fotogrametría aérea realizada mediante una avioneta

**Fuente.* Adaptado de allpe.com [foto], 2021

Topografía:

Es la ciencia que estudia los procedimientos para obtener una representación gráfica de la superficie terrestre, ya sean naturales o artificiales. Tiene como fin la elaboración de mapas topográficos mostrando la elevación del terreno mediante cotas, denominadas curvas de nivel.

La topografía es usada en decenas de campos, tales como: arquitectura, arqueología, geografía, geología, ingeniería de minas y relacionadas, ingeniería forestal y agrícola, batimetría, oceanografía, cartografía, alcantarillados, agronomía, ingeniería petrolera, ingeniería ambiental.

Para la toma de datos topográficos se utilizan diferentes instrumentos, entre los cuales destacan:

- Estación total: es un aparato electróptico con un distanciómetro integrado, con este instrumento se pueden medir ángulos horizontales, verticales y distancias. (Topodata, 2019)
- GPS diferencial: es una antena inteligente que ofrece posicionamiento en tiempo real mediante satélites. Destacan por su exactitud a la hora de establecer una posición.

2.1.4. Investigaciones previas

Para la elaboración de esta tesis se hizo uso de información recolectada de diferentes documentos relacionados al tema principal. Se tomó información de tesis previas, papers y artículos referentes a fotogrametría, drones y su relación con la industria de la minería.

Al ser documentos extensos, se desglosó las partes más relevantes y que más relación guardan con la tesis propuesta, para poder ofrecer información objetiva sobre los temas a tratar. Además, cabe resaltar que todas estas investigaciones son recientes.

- Investigaciones locales:

- Ayala Ayala, J. C. (2017) Fotogrametría aérea con unidad autónoma de vuelo (UAV) como herramienta de monitoreo ambiental de depósitos de relaves. (tesis de pregrado) Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

En esta tesis elaborada por José Carlos Ayala en Arequipa en 2017, se muestra el uso de drones para el levantamiento topográfico de un depósito de relaves y el uso del software Pix4D para el procesamiento de la información obtenida de la fotogrametría, obteniendo buenos resultados, en comparación a otro tipo de métodos.

- Investigaciones nacionales:
 - Páucar Hinojosa, A. (2019) Aplicación de fotogrametría digital de objeto cercano en infraestructura mina, Proyecto Minero Las Bambas-Apurímac. (tesis de pregrado) Universidad San Antonio de Abad, Cusco, Perú.

En esta tesis elaborada por Abel Páucar en Cusco en 2019, se presenta el uso de drones para realizar fotogrametría digital y se explica todo el proceso, desde el posicionamiento de puntos fijos, definición de trayectoria de vuelo, entre otros. hasta el software utilizado para poder elaborar la nube de puntos que luego es exportada a softwares como Autocad Civil.

- Investigaciones internacionales:
 - Sungjae Lee & Yosoon Choi (2016) Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry, Geosystem Engineering, 19:4, 197-204

En este artículo elaborado por Sungjae Lee publicado en Corea del Sur en 2016, se hace un recuento detallado de la definición de los drones y los diferentes tipos, desde drones militares hasta drones usados en agricultura. Además, menciona los múltiples beneficios que se pueden obtener de los vehículos aéreos no tripulados en distintos aspectos relacionados a la minería, como

la gestión de trabajo, seguridad, instalaciones, planificación, etc. Asegurando que esta tecnología aumentará la eficiencia de los distintos procesos mineros.

- Kirsch, M.; Lorenz, S.; Zimmermann, R.; Tusa, L.; Möckel, R.; Hödl, P.; Booyesen, R.; Khodadadzadeh, M.; Gloaguen, R. Integration of Terrestrial and Drone-Borne Hyperspectral and Photogrammetric Sensing Methods for Exploration Mapping and Mining Monitoring. *Remote Sens.* 2018, 10, 1366.

En este artículo publicado por un grupo de investigadores en Alemania en el año 2018, se hace mención a la tecnología de teledetección de los drones, así como su uso para realizar mapeos geológicos a modo de exploración, para hallar nuevos yacimientos, utilizando un ejemplo práctico en el este de Alemania. Además, se demuestra que el uso de drones aumenta la seguridad y eficiencia de las actividades de monitoreo minero.

- Shahmoradi, J.; Talebi, E.; Roghanchi, P.; Hassanalian, M. A Comprehensive Review of Applications of Drone Technology in the Mining Industry. *Drones* 2020, 4, 34.

En este artículo escrito por Javad Shahmoradi en Nuevo México en 2020, se realiza una revisión exhaustiva de la implementación de drones en la mayoría de las áreas que integran una mina, ya sea superficial, subterránea o abandonada, sugiriendo modelos de dron que serían los más adecuados para cada tipo de labor específica. Además, se hace énfasis en la tendencia actual del uso de drones para operaciones de rutina, asimismo el artículo ofrece un catálogo de distintos tipos de drones disponibles comercialmente, clasificados según el tipo de labor que realizan, el fabricante, precio, especificaciones y aplicaciones, ofreciendo un criterio para escoger que dron es el mejor para realizar una función específica.

- Henao, J. A., & Montero, J. C. (2020) AERÓN, tecnología dron para la Minería 4.0. *Ingeopres: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente*, (285), 36-38.

En este artículo se menciona las ventajas que tiene el uso de los drones para la seguridad laboral, ya que muchas de las áreas en minería son restos de roca excavada que puede ceder con facilidad, derivando en accidentes que pueden resultar fatales para los trabajadores. Además, presenta otros beneficios en ámbitos de costos, calidad de datos y eficiencia. Así como una serie de aplicaciones en las que esta tecnología podría ser útil dentro de la minería, tales como planificación de minas, explotación, vigilancia ambiental, ingeniería de voladuras, cubicaciones, cartografía del interior de minas, etc.

- Sánchez Ocejo, A. (2018) Contraste entre modelo digital obtenido con GPS y Dron aplicado a frentes de explotación minera. (tesis de pregrado) Universidad de Cantabria, Cantabria, España.

En esta tesis desarrollada en España en 2018 se profundiza el tema del modelamiento mediante los datos obtenidos de las lecturas de drones y GPS, comparándolas en exactitud y eficiencia. Además de ver en con cuál de los 2 tipos de datos obtenidos es más fácil trabajar. De ambos procesos se obtiene una nube de puntos que puede variar en densidad, y que es exportada a distintos softwares como Minesight o Datamine, para realizar las posteriores cubicaciones.

Sánchez García, M. (2017) Uso y aplicaciones de drones en minería. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

En este proyecto elaborado por Manuel Sánchez en España en 2017, se plantean los diferentes campos de la minería en los que el uso de drones podría ser utilidad, mejorando la eficiencia de los procesos. Campos como prospección, topografía, operaciones, inspección técnica,

control medioambiental, vigilancia, servicios de emergencia y rescate, promoción audiovisual, prevención de riesgos laborales etc.

- Jiménez Cajas, W. G., & Prado Garrido, J. D. (2018) Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado. (tesis de pregrado) 168 hojas. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

En esta tesis elaborada por Wilson Jiménez en Ecuador en 2018, se plantea una comparación exhaustiva entre los métodos tradicionales de levantamiento topográfico, cuya principal herramienta es la estación total, en comparación a los nuevos métodos que están surgiendo con el tiempo, como la aerofotogrametría con drones. Desarrollan mediciones con ambos métodos y evalúan cual es el más apropiado.

2.2. Antecedentes de investigación

Investigaciones de este tipo se han desarrollado con más frecuencia en los últimos años, ya que los drones no eran muy conocidos hace un tiempo, pero recientemente, la industria de los drones se ha diversificado bastante, y esa diversificación empezó a incursionar en la minería.

Para la elaboración de este proyecto se revisaron tesis, así como artículos científicos, la mayoría con menos de 5 años de antigüedad, sobre el uso y aplicación de drones en distintos ámbitos mineros. Estas investigaciones se realizaron en distintas partes del mundo. En todas ellas se muestra el uso de drones como una alternativa eficiente para la empresa y segura para los trabajadores. Las investigaciones, autores y región en la que fueron desarrolladas se mostraron en la sección anterior.

2.3. Hipótesis

“Métodos tales como el uso de drones con fines fotogramétricos, demostrarán ser más eficientes y seguros que los métodos usados actualmente al momento de realizar levantamientos topográficos de stocks de mineral”

2.4. Variables

2.4.1. Variables independientes

- Clima: esta variable es importante para poder evaluar en qué condiciones puede trabajar el dron, ya que de acuerdo a la intensidad o no intensidad de los vientos, el trabajo podrá realizarse o no.
- Dron Phantom 4 RTK y los respectivos softwares: este dron viene con especificaciones de fábrica ya establecidas, por lo que no se puede modificar ninguna de sus funciones, el trabajo se adecuará a su capacidad. Asimismo, los programas ya vienen diseñados para el procesamiento para cierto tipo de data.
- Stocks de mineral: los stocks de mineral seguirán siendo acomodados sin ninguna restricción o condición, y los levantamientos topográficos que se obtengan de ellos serán en concordancia a como se encuentren en ese momento.
- Instrumentos de medición: tanto estaciones totales como GPS diferencial vienen con un diseño y función específica de fábrica, y son usados para ciertos trabajos específicos.

2.4.2. Variables dependientes

- Seguridad de los trabajadores: todos los riesgos a los que están expuestos los trabajadores de topografía dependen del método que usen para realizar su trabajo,

- Tiempo o duración de un levantamiento topográfico: esta depende de la capacidad de los trabajadores, así como de los métodos que usan los instrumentos que utilizan.
- Tipos de archivo obtenidos: este depende del método y los instrumentos que se utilizaron durante el proceso.
- Precio: depende de los instrumentos que se quieren utilizar, así como el software y otros factores
- Precisión de las mediciones: la precisión de los levantamientos dependerá de la metodología y los instrumentos que se vayan a utilizar.



Tabla N°2

VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES			
DEPENDIENTES	INDICADOR	INDEPENDIENTES	INDICADOR
Seguridad	N° de riesgos	Clima (viento)	Km/h
Duración de levantamiento	Horas	Dron Phantom 4	Especificaciones de fábrica
Tipo de archivo obtenido	Formato del archivo	Volumen de Stock de mineral	M ³
Precio	Nuevos soles	Instrumento de medición	Tipo de trabajo a realizar
Precisión de medición	Cm		

Fuente. Elaboración propia

Nota. Esta tabla muestra las variables dependientes e independientes, con sus respectivos indicadores.

Capítulo III

3. Marco metodológico

3.1. Alcances y limitaciones

En cuanto a los alcances del proyecto, se realizó una investigación exhaustiva acerca de trabajos anteriores referentes al tema, para la elaboración de un marco teórico amplio. Además de ello se realizó una encuesta a los trabajadores del área y un par de entrevistas, a un trabajador de la contratista perteneciente a la unidad minera y a un trabajador de otra empresa relacionada a levantamientos topográficos. Adicional a esto, se realizó una comparación minuciosa entre dos métodos de levantamiento topográfico, uno realizado con estación total, y el otro realizado con dron fotogramétrico. Posterior a todo esto, se realizó el análisis de los resultados para obtener las conclusiones del proyecto.

Hay otros factores a considerar dentro de los alcances, tales como la viabilidad, financiación o gastos, lugar, tiempo, entre otros.

En cuanto a la viabilidad, no hubo problemas para adquirir la información requerida para el proyecto, ya que se obtuvieron los datos cuantitativos del trabajo habitual que se realiza en el área de topografía de la minera. En cuanto a los datos cualitativos, estos pudieron ser obtenidos de parte del personal de topografía fuera de sus horas de trabajo, para que sus labores diarias no fueran interrumpidas. El proceso de entrevista y cuestionario fue realizado por lo que los trabajadores sin presentar ningún inconveniente.

Los gastos no fueron abundantes, ya que el principal gasto fue el alquiler de los equipos para poder hacer las mediciones, para obtener la comparativa entre ambos métodos

Otro aspecto importante al momento de establecer los alcances es el tiempo y el lugar. Toda la investigación fue realizada en la ciudad de Arequipa, debido a la coyuntura actual.

En cuanto al tiempo invertido para la realización del proyecto, esta tomó un aproximado de 5 meses, con algunos retrasos ajenos a la investigación.

En cuanto a las limitaciones, la principal es que la implementación del proyecto no depende del autor, sino que depende de la unidad minera, ya que ellos tienen los recursos y la potencial necesidad de implementar este método alternativo en su rutina de trabajo.

El costo del equipo (dron) es de 8 000 soles, y a eso se tiene que adicionar el costo de la licencia anual del software Agisoft Metashape que es de 710 soles. Esta es una cifra bastante accesible para la unidad minera, considerando los montos de dinero que se manejan en gran minería.

3.2. Tipo y nivel de investigación

En cuanto al tipo de investigación, ésta es una investigación aplicada, ya que tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, los cuales tienen como finalidad principal optimizar los procesos actuales y velar por la seguridad de los trabajadores. En este tipo de investigación el problema ya está identificado, establecido y es de conocimiento del investigador, por lo que se usa la investigación para dar una solución a dichos problemas específicos. Estas investigaciones se centran en la solución práctica y rápida de problemas.

Este tipo de investigaciones requieren de un nutrido marco teórico, con el fin de obtener teorías nuevas a través de la recolección de información. Además de esto, los avances científicos sirven de alimento e impulsan el interés por la aplicación de estos conocimientos en aplicaciones puntuales.

En cuanto al nivel de la investigación, esta es una investigación comparativa, ya que tiene como fin establecer semejanzas y diferencias entre los objetos estudiados. En este nivel de

investigación, se lleva a cabo un contraste entre los factores del objeto de estudio generalmente representados por variables que pueden compararse con otras realidades parecidas.

Este método consiste en realizar analogías y diferencias con enfoques de búsqueda diferenciadora. (Abreu, 2014)

En este caso, se busca hacer una comparativa entre el método propuesto y el método que es usado actualmente, para evaluar las ventajas y desventajas de ambos y poder justificar el posible reemplazo de la metodología antigua, por una forma de trabajo más eficiente.

3.3. Población y muestra

La población para este proyecto sería toda la parte correspondiente al departamento de geología y planeamiento, que comprende las áreas de topografía, geotecnia y geología de corto y largo plazo. Esta población está compuesta por personas tales como geólogos, ingenieros de minas e ingenieros civiles. Asimismo, también alberga personal tales como topógrafos, obreros, dibujantes, entre otros. Todas estas personas trabajan en conjunto para el área de mina y están en constante coordinación y comunicación.

La muestra para este proyecto está formada específicamente por el conjunto de trabajadores del área de topografía de la compañía minera. Estas personas son las que realizan las labores sobre las cuales este proyecto desea impactar, y a la vez también tiene influencia sobre ellos, sobretodo en aspectos como eficiencia y seguridad. Según los resultados que estas personas ofrezcan, se podrá evaluar si el proyecto será exitoso o no. Las personas incluidas son topógrafos y ayudantes en su mayoría. El número es de 8 trabajadores.

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Datos cualitativos

3.4.1.1. Entrevista.

Como parte de la investigación, se hizo uso de un par de entrevistas a profundidad. Una fue dirigida a un trabajador experto del área de topografía de una empresa contratista encargada de la explotación de tres tajos dentro de las concesiones de la unidad minera.

La entrevista fue planteada para un trabajador del área de topografía de la contratista, específicamente el encargado del uso de un dron de similares características al que se plantea utilizar en el proyecto. (Phantom 4)

La contratista empezó a utilizar esta tecnología hace 1 año, por lo que todavía se están adecuando a su uso. Pero por observaciones preliminares y consultas por parte de la unidad minera, se supo que su uso estaba trayendo resultados satisfactorios en muchos aspectos. Principalmente en la seguridad de sus trabajadores, eficiencia y rapidez que representa su uso.

Así que con la entrevista también se buscó tener conocimiento de las experiencias que esta contratista tuvo con el artefacto, su funcionamiento, desempeño, entre otros. Gracias a ella se logró obtener datos preliminares que ayudaron en la investigación. La entrevista se realizó de forma virtual a través de una video llamada. Respetando la voluntad del entrevistado, su nombre no será revelado. Tuvo una duración aproximada de 20 minutos en donde se resolvieron dudas y se aclararon muchos aspectos acerca del funcionamiento del artefacto y su desempeño en el campo.

La otra entrevista fue dirigida a un topógrafo de la empresa Goviltop, la cual tiene gran experiencia en manejo de equipos topográficos tales como estaciones totales, receptores satelitales diferenciales, drones fotogramétricos, entre otros. Se especializan en levantamientos de carreteras, canales, predios, lotizaciones, minería en general, levantamientos fotogramétricos, elaboración de planos topográficos, entre otros. El topógrafo entrevistado cuenta con experiencia de más de 10 años en el mundo de la topografía, además realizó múltiples trabajos con drones en los últimos años.

Al momento de la elaboración de las preguntas a formular en la entrevista, se buscó ser lo más conciso y preciso, para obtener la información puntual y necesaria. Las preguntas planteadas fueron las siguientes, considerando variables como tiempo, costo, seguridad de trabajadores, condiciones climáticas, entre otras:

- ¿Para qué tipo de levantamiento topográfico usan el dron?
- ¿Tuvieron algún problema con los vientos de la zona?
- ¿Crees que el uso del dron presenta ventajas frente a otros artefactos tales como estaciones totales?
- ¿consideran que el uso del dron es más seguro para su personal, en comparación al uso de otros métodos más convencionales?
- ¿Es complicado el manejo de los datos obtenidos a través de los softwares respectivos?
- Cuál es su opinión final acerca de esta nueva tecnología que poco a poco abarca más aspectos de la minería

3.4.2. Datos cuantitativos

Para la obtención de datos cuantitativos sobre el presente proyecto se usaron dos herramientas principales, primero la formulación de un cuestionario y luego una comparación entre dos métodos de levantamiento topográfico, ambos procesos se detallan a continuación:

3.4.2.1. Cuestionario.

El cuestionario fue dirigido directamente a los trabajadores del área de topografía de la compañía minera, el cual planteaba una serie de preguntas acerca de que tan de acuerdo estarían con la implementación de un nuevo método de medición, cuál es su opinión acerca del método que

usan actualmente y que piensan sobre la efectividad del mismo. Asimismo, también se plantearon preguntas acerca del tema de la seguridad en el trabajo.

Hasta ahora el mayor descontento del personal es el tema de la seguridad, muchos problemas se han suscitado debido a los riesgos que enfrentan los trabajadores al momento de hacer los levantamientos de los stocks de mineral con los equipos que poseen. (estación total) Debido al riesgo que a veces representa hacer el trabajo, los trabajadores se negaron a realizar las labores, entrando en discusión directa con sus superiores, los cuales obviamente no pueden obligar a sus trabajadores a realizar algo que están en desacuerdo de realizar. Estos malentendidos se traducen generalmente en el retraso de un levantamiento por días e incluso semanas.

Entre los principales riesgos que enfrentan los trabajadores que realizan estos trabajos son:

- Inhalación de polvo de hierro:

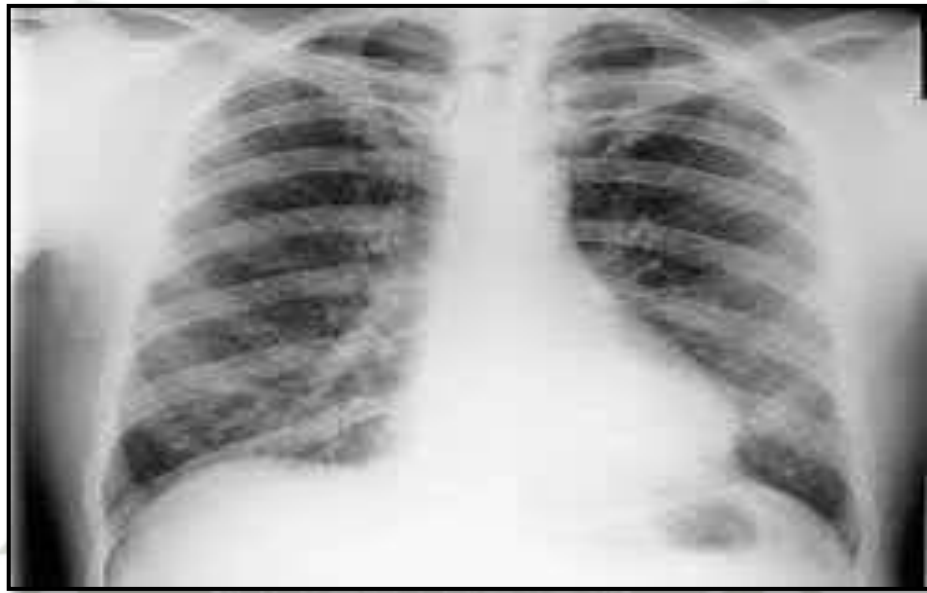
El mineral de hierro que sale de las chancadoras está acumulado en los stocks de mineral, y este se encuentra en un grado de conminución moderado, por lo que el stock está formado en gran parte por polvo de hierro. Este polvo es muy dañino para la salud ya que penetran en el cuerpo humano a través de las vías respiratorias, además de ojos y boca. Las partículas menores a 3 micras son las que alcanzan pulmones y bronquios, causando una enfermedad llamada siderosis (Tomas, 2014)

La siderosis comienza con síntomas tales como tos, expectoración, entre otros. Y luego de un tiempo evoluciona en una fibrosis pulmonar muy agresiva (figura 33), la cual es totalmente irreversible y mortal. Enfermedades de este tipo son una sentencia de muerte para el paciente, además de ser de un desarrollo lento y doloroso.

Mediante estudios radiográficos se observa que la enfermedad genera nodulaciones densas, producto de la acumulación de hierro luego de la fagocitosis. En las necropsias se puede observar un color entre rojizo y negro en los pulmones, similar al color del mineral.

Figura 33

Pulmones con Siderosis



Nota. Imagen de unos pulmones con tejidos anormales debido a la fibrosis causada por el polvo de hierro.

**Fuente.* Adaptado de <https://norma-ohsas18001.blogspot.com/> [foto], 2020

Este tipo de enfermedades ocupacionales no solo son causadas por el polvo de hierro, también son causadas por otras sustancias tales como sílice, caolín, talco, carbón, asbesto, entre otros. (Plaza, 2018)

Cabe resaltar que son enfermedades que se desarrollan a largo plazo, generalmente en trabajos como: minería subterránea, canteras, excavaciones, piedras ornamentales, productos refractarios, fundiciones, molinos, entre otros.

Para este tipo de trabajos se usan implementos de seguridad tales como un uniforme desechable de plástico (Tyvek), así como lentes de seguridad y un respirador con filtro para partículas, pero a veces las partículas de hierro son tan pequeñas que logran evitar el filtro y llegan a las vías respiratorias. Esto se comprueba al momento de retirar los respiradores, limpiarse la nariz y observar fluido nasal de color negro, debido al polvo de hierro que entró por las fosas nasales.

Los trabajadores del área de topografía de la minera son conscientes de este problema y es por eso que muestran molestia al momento de realizar el levantamiento topográfico de los stocks de mineral, ya que, para realizarlo de forma correcta, tienen que escalar el stock para colocar el jalón y que tomar los puntos necesarios como para generar la figura.

El problema es que, al momento de escalar los stocks, se libera gran cantidad de polvo de hierro al aire, lo que ocasiona molestias a los trabajadores, considerando que las partículas logran pasar los filtros de sus respiradores. Además, que al ser polvo el que pisan, se hunden y se desestabilizan, lo que puede ocasionar accidentes, generalmente caídas.

También hay que tener en consideración que la mayoría de trabajadores del área de topografía están en la empresa por más de 20 años, algunos incluso casi 40 años, por lo que prácticamente toda una vida de trabajo en esa área podría ser un desencadenante para desarrollar una enfermedad ocupacional. (siderosis)

- Caídas:

Siendo los stocks zonas de difícil acceso al momento de intentar realizar los levantamientos, las caídas son un riesgo latente en el personal. Dependiendo de la altura y la superficie de caída, estas pueden ocasionar lesiones muy variadas, desde leves hasta considerables.

Cuando se habla de caídas, la edad de la persona afectada es muy importante, ya que a partir de los 40 años de edad los huesos y articulaciones se van haciendo más delgadas y débiles, por lo que una caída es mucho más peligrosa para un adulto mayor que para un adolescente.

Las caídas en mayores de 50 años generalmente terminan en fracturas, siendo la fractura de cadera la más común, y además la más riesgosa, ya que podría terminar generando una discapacidad.

Teniendo en consideración esto, hay que resaltar que el 90% del personal de topografía es mayor de 48 años, por lo que cualquier caída para estas personas podría ser riesgosa.

Analizando el ambiente de trabajo en el que se desenvuelven, con cubicaciones trimestrales y considerando el difícil acceso a los stocks y lo riesgoso que es escalarlos para tomar los puntos, es cuestión de tiempo para alguien del personal sufra una caída que represente un accidente moderado. En el pasado se presentaron caídas de miembros del personal al momento de escalar los stocks, pero afortunadamente no fueron graves.

Para poder conocer la opinión del personal de topografía es que se planteó la elaboración de un cuestionario anónima en la que ellos mostrarían su posición respecto a una serie de preguntas sobre, por ejemplo, cómo reaccionarían al cambio de método de trabajo que realizan actualmente, que tan cómodos se sentirían al reemplazar sus herramientas de trabajo por un dron fotogramétrico para sus labores, qué expectativas tienen acerca del nuevo método planteado, cuan satisfechos están con las metodologías y resultados que poseen actualmente y si están de acuerdo a implementar este nuevo método, haciendo conocimiento de ellos sobre las muchas ventajas que este proyecto podría acarrear para ellos y su trabajo.

El cuestionario planteado es de tipo descriptivo, ya que busca documentar las condiciones presentes actualmente en el área de topografía. Las preguntas son puntuales y solo tiene 3 opciones de respuesta, “Si”, “No” y “No sabe/no opina”.

El cuestionario fue dirigido al personal de topografía encargado de los levantamientos, los cuales incluyen a dos topógrafos y cinco ayudantes. El cuestionario (tabla N°3) fue entregado a los trabajadores en formato físico, de modo que tuvieron la disponibilidad para completarlas en cualquier momento, de preferencia fuera de sus horas de trabajo.

Como ya se mencionó es un cuestionario corto y con opciones sencillas de respuesta, por lo que resultó muy simple de llenar por parte de los trabajadores. Cuando terminaron de realizarlo, procedieron a enviar una foto del mismo, para poder realizar la recopilación de los resultados, para su posterior análisis.

Las preguntas que se usaron son las siguientes:

- ¿Cree que el método usado actualmente para levantamientos de stocks de mineral (estación total) ofrecen resultados lo suficientemente precisos y detallados?
- ¿Está familiarizado con la fotogrametría mediante drones?
- De responder SI a la pregunta anterior, ¿tiene expectativas positivas acerca del método?
- ¿Considera que su metodología de trabajo actual para levantamientos de stocks pone en riesgo su integridad física?
- ¿Está familiarizado con la enfermedad ocupacional llamada Siderosis?
- ¿estaría dispuesto a cambiar de método de levantamiento topográfico por otro que, virtualmente, sería más eficiente y seguro?

Tabla N°3

CUESTIONARIO ACERCA DE LA CONFORMIDAD CON METODOLOGÍA DE TRABAJO			
PREGUNTA	SI	NO	NO OPINA
¿Cree que el método usado para levantamientos de stocks de mineral (estación total) ofrecen resultados lo suficientemente precisos y detallados?			
¿Está familiarizado o escuchó alguna vez de la fotogrametría mediante drones?			
De responder SI a la pregunta anterior, ¿tiene expectativas positivas acerca del método?			
¿Considera que su metodología de trabajo actual para levantamientos de stocks pone en riesgo su integridad física?			
¿Está familiarizado con la enfermedad ocupacional llamada Siderosis?			
¿estaría dispuesto a cambiar de método de levantamiento topográfico por otro que, virtualmente, sería más eficiente y seguro?			

Fuente. Elaboración propia

Nota. Esta tabla muestra las preguntas planteadas en el cuestionario a ser realizado por los trabajadores del área de topografía de la unidad minera.

Los resultados del cuestionario fueron entregados por completo una semana después de haber sido entregadas a los trabajadores. Como se mencionó anteriormente, se les sugirió realizarlo fuera de sus horas de trabajo, para no interrumpir con el mismo.

3.4.2.2. Comparación entre levantamientos topográficos.

Además de la encuesta, se hizo uso de dos levantamientos topográficos a modo de comparación entre ambos, uno se realizó con estación total (método usado actualmente) y el otro fue realizado con dron fotogramétrico.

Esta comparación tuvo como finalidad encontrar las principales diferencias y sobre todo ventajas y/o desventajas entre ambos métodos de levantamiento, para poder justificar el reemplazo o no de un método por otro más rápido y seguro.

El primer levantamiento (estación total) fue realizado en un terreno con relieve y dimensiones bastantes similares al del stock de mineral, mientras el segundo (dron) fue realizado en la misma zona.

Los datos obtenidos fueron comparados, estableciendo los ámbitos comparativos más importantes tales como duración, seguridad y precisión. Todo esto para obtener resultados que ayuden a alcanzar los objetivos planteados en la investigación y poner respuestas claras y precisas a las preguntas de investigación planteadas.

Levantamiento 1: (Estación total) El primer tipo de levantamiento topográfico se realizó con estación total, dentro de una zona no habitada cercana a Apipa, perteneciente al área de Ciudad de Dios, en el distrito de Yura, Arequipa. (Anexo 1) La velocidad del viento el día del levantamiento fue de aproximadamente 9 km/h. además no había condiciones climáticas adversas, tales como lluvia. el levantamiento fue realizado a partir de las 8 am, para evitar el intenso sol que aparece en horas posteriores de la mañana.

Se escogió hacer el levantamiento de una lomada (figura 34), ya que es un terreno con una forma similar a la que podría presentar un stock de mineral. No se pudieron hacer levantamientos de stocks de mineral propiamente dichos porque tener acceso a ellos o permisos para hacer este trabajo es bastante complicado. Las empresas son bastante recelosas con este tipo de información. Por lo cual se levantó un terreno lo más similar posible a un stock.

Figura 34

Lomada ubicada en Yura



Nota. Fotografía de la lomada donde se realizaron los levantamientos topográficos.

A continuación, se mostrará de manera detallada todo el proceso, paso a paso, así como los equipos utilizados.

- Equipos, herramientas y personal:

Estación total Leica TS06 (Figura 35), jalones con prisma, trípode, base nivelante, camioneta Toyota Hilux 4x4, topógrafo y ayudante.

- Estación total Leica TS06:

Esta estación total es la más usada de su gama, debido a su fácil manejo y la gran cantidad de funciones que posee. Leica Geosystems empleó tecnología de punta para poder crear una de las mejores herramientas de su clase. Esta herramienta es ideal para labores topográficas de mediana y alta precisión. (Acre S.S, 2021)

Entre sus principales características técnicas destacan las siguientes:

- Disponible en precisiones angulares
- Medición con prisma de hasta 3500 m.
- Pantalla a blanco y negro con alta resolución.
- Teclado alfanumérico completo
- Conexión USB
- Memoria interna bastante amplia
- Conexión bluetooth
- Conexión remota a otros modelos Leica
- Aplicaciones avanzadas: Road2D, Reference Arc, & COG

Figura 35

Estación total Leica TS06



Nota. Fotografía de la estación total ubicada en la zona de levantamiento.

El software que incluye es el FlexField Plus Advanced, con la cual se pueden realizar múltiples tareas, entre las cuales destacan arrastre de cotas, cálculo de área y volumen, línea de referencia, comprobación visual de espalda, distancia al eje, punto oculto, distancia de enlace, intervalo de cuadrícula de referencia, plano y arco de referencia, poligonal, COGO, cota remota, replanteo, carretera 3D, carretera 2D, levantamiento. (Anexo 2)

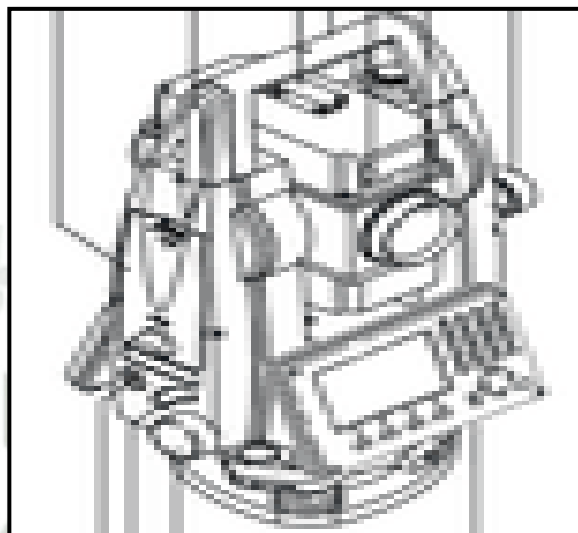
El contenido del maletín es el siguiente: (Leica Geosystems, 2012)

- Instrumento con base nivelante
- Cable para transferencia de datos
- Burbuja de nivel acoplable
- Soporte para medidor de altura
- Prisma plano
- Cinta de medición
- Parasol

- Mini prisma
- Herramientas de ajuste
- Ocular diagonal
- Baterías
- Cargador de batería
- Memoria USB Leica de uso industrial
- Punta para bastón de mini prisma
- Contrapeso
- Entre los principales componentes del instrumento cabe destacar: (figura 36)
- Compartimiento para memoria USB
- Antena Bluetooth
- Dispositivo de puntería
- Asa desmontable
- Distanciómetro
- Tornillo para movimiento vertical
- Tecla de encendido
- Disparador de medición
- Tornillo para movimiento horizontal
- Anteojo para enfocar imagen
- Ocular
- Tapa de batería
- Pantalla
- Teclado

Figura 36

Partes Estación Total Leica TS06



Nota. Imagen que muestra los principales componentes del a estación total.

**Fuente.* Adaptado de <https://www.abreco.com.mx/>

El precio del mercado aproximado del instrumento es de 12 000 USD, que al tipo de cambio de moneda peruana seria de 40 500 Nuevos Soles.

- **Jalón:**

El jalón (figura 37) es un accesorio muy común en labores topográficas, es básicamente una sección cilíndrica, cuya parte de abajo consta de una punta de acero para ser clavada en el terreno, y la parte superior donde va acoplado un prisma.

El material del que están hechos generalmente es fibra de carbono o aluminio, y tienen longitudes de entre 1 y 1,5 metros. La mayoría pueden ser enroscados unos con otros para obtener un jalón de mayor longitud, si es que la situación lo amerita.

Generalmente tienen secciones pintadas de color rojo, para mayor visibilidad por parte del que maneja la estación.

Figura 37

Jalón



Nota. Imagen de jalón utilizado en el levantamiento topográfico.

- **Prisma:**

Un prisma topográfico es un artefacto topográfico de forma circular y constituido por un conjunto de cristales que proyectan la señal EMD de una estación total. Mediante esto, la distancia puede ser medida de acuerdo al tiempo que se demora en ir y venir al emisor. En un levantamiento, generalmente se usan varios prismas al mismo tiempo, por cuestiones de rapidez. (Geobax, 2014)

Generalmente tienen 2 tipos:

- Prismas circulares: (figura 38) posee una estructura triple de vidrio, con sus 3 vértices pulidos.
- Prisma 360°: (figura 39) constituido por 6 cuerpos prismáticos triples.

Figura 38

Prisma Circular



Nota. Prisma circular utilizado para la toma de puntos en el campo

Figura 39

Prisma 360°



Nota. Imagen de prisma de 360°, presenta una estructura muy diferente a un prisma circular.

**Fuente.* Adaptado de <https://grupoacre.co/catalogo-productos/prisma-360o-grz122/>

Entre las principales funciones que cumplen los prismas, destacan: (Geobax, 2014)

- Referenciación de Alturas remotas
- Referenciación de Puntos remotos
- Cálculo de área en tiempo real
- Nivelación de superficies

El precio de estos artefactos es de 300 USD.

- Trípode:

El trípode (figura 40) es un cuerpo con patas que sirve como soporte para instrumentos como teodolitos, estaciones totales y GPS diferenciales. Sus extremidades son extensibles y la parte final es una punta de acero que sirve para aferrarse al terreno. Generalmente alcanzan la altura de 1.5 metros. El material del que están compuestos es generalmente madera o aluminio, según el peso del equipo que vaya estar soportando.

Figura 40

Trípode



Nota. Imagen de trípode utilizado para el levantamiento realizado.

Base nivelante: (figura 41)

Herramienta usada para nivelar y estabilizar el instrumento de medición que va encima, ya sea estación total, teodolito o GPS diferencial. Cuenta con tornillos de ajuste fino para equipos que requieren precisión angular.

Figura 41

Base Nivelante



Nota. Base nivelante para la correcta calibración del instrumento.

Camioneta:

Camioneta Toyota modelo Hilux (figura 42), utilizada para transportarse dentro de las instalaciones de la unidad minera, lo suficientemente grande y espaciosa como para transportar al personal necesario para hacer el levantamiento y los equipos que serán utilizados.

Cuenta con el sistema de tracción 4x4, en el cual los dos ejes reciben la potencia generada por el motor. Esta cualidad es muy importante para lugares con topografía complicada, como los son las minas, debido a las pendientes, los caminos que están en mal estado, rutas empedradas, entre otros.

Figura 42

Camioneta Toyota Hilux



Nota. Camioneta utilizada para llegar a la zona del levantamiento

- Topógrafo/ayudante:

El equipo de trabajo consta de un topógrafo y un ayudante. (figura 43) El topógrafo es el encargado de instalar el equipo, manejarlo y realizar las mediciones. El ayudante se encarga de movilizar todas las herramientas a los lugares indicados, así como también manejar el vehículo.

Mientras el topógrafo maneja la estación total, el ayudante lleva los jalones a los lugares que el topógrafo les indica, para poder tomar los puntos. Se requiere de un ayudante como mínimo, para poder desarrollar el trabajo en el plazo establecido.

Figura 43

Topógrafo y Ayudante



Nota. Fotografía del topógrafo y el ayudante en la zona a levantar.

- Procedimiento:

Lo primero fue dirigirse al lugar donde se realizará el levantamiento, previamente haber cargado todos los equipos necesarios para el mismo, a la camioneta. El trayecto duró

aproximadamente 40 minutos. La última parte del trayecto es a través de camino no pavimentado, por lo cual se demoró un poco más en llegar.

Una vez allí, se procedió a desempacar todas las herramientas y colocarlas en campo. Se ubicó la estación total con su trípode y su base nivelante, ya con el equipo armado (figura 44) se procedió a realizar el trabajo propiamente dicho.

Figura 44

Equipo Posicionado en Campo



Nota. Fotografía del instrumento correctamente posicionado, listo para trabajar.

Con el equipo ya ubicado, el topógrafo encargado procede a calibrar el instrumento y dar las indicaciones correspondientes al ayudante, para que se ubique con los jalones en los lugares que él diga. La comunicación entre ellos siempre es constante.

En el área de trabajo se procedió a ubicar 8 puntos de control (tabla N° 4) para luego poder realizar el ajuste correspondiente en Civil3D. estos son ubicados de forma estratégica.

Tabla N°4

<i>PUNTOS DE CONTROL – LEVANTAMIENTO 1</i>			
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
1	8193722.88	215437.877	2326.4007
2	8193721.92	215438.917	2326.3484
3	8193721.19	215426.42	2323.5791
4	8193702.44	215450.257	2322.6079
5	8193697.38	215468.841	2324.7866
6	8193694.2	215469.017	2323.7747
7	8193667.92	215478.942	2317.6558
8	8193647.06	215442.463	2318.1074

Fuente. Elaboración propia

Nota. Esta tabla muestra los 8 puntos de control establecidos estratégicamente en la zona.

Luego de esto, se procedió a la toma de puntos (anexo 3) para hacer el levantamiento del área, para la cual el ayudante con el jalón se desplazaba por el terreno, mientras en topógrafo tomaba los puntos con la estación total. Una vez tomados los puntos necesarios, el trabajo de campo quedó terminado. (figura 45) Todo duró aproximadamente unas 2 horas.

Figura 45

Trabajo de campo terminado

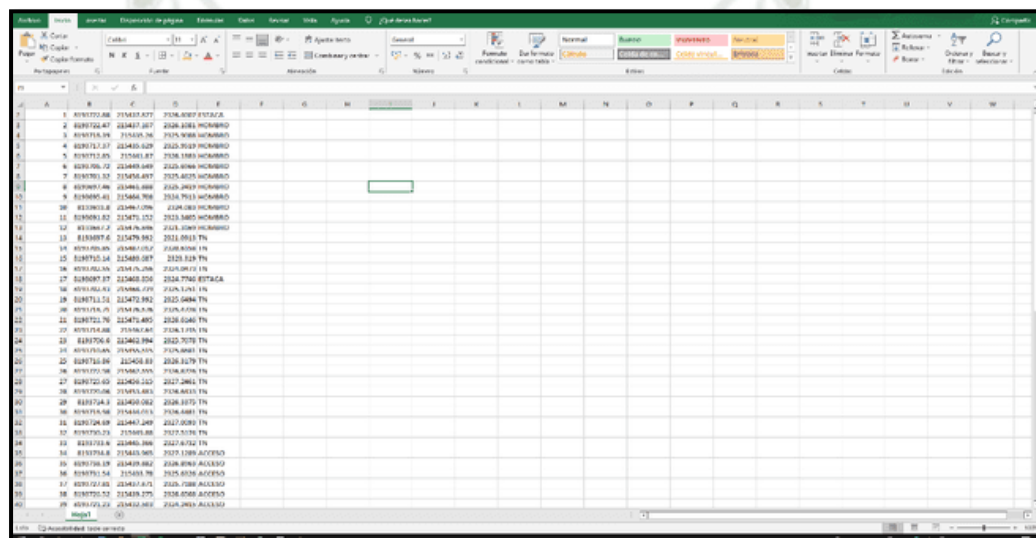


Nota. Fotografía luego de haber terminado el trabajo de levantamiento de la lomada.

Luego se procedió con el trabajo de gabinete, se obtuvo la data de la estación mediante un USB. Lo primero que se hizo fue exportar los puntos tomados al Civil3D, además del ajuste de los puntos en Microsoft Excel (figura 46)

Figura 46

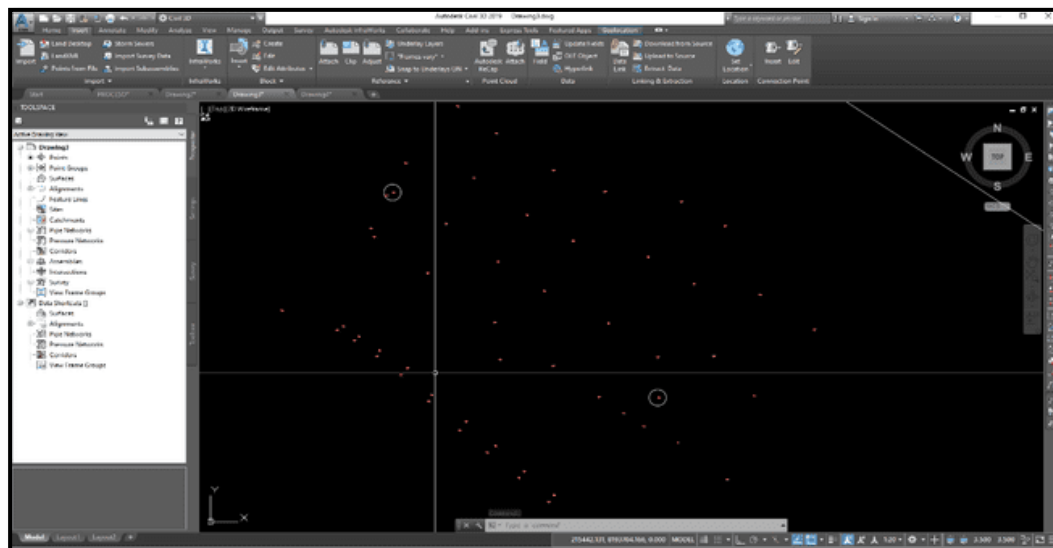
Ajuste de Puntos en Excel



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	8101711.06	215401.077	2126.8007	MCMBRO																			
2	8101712.07	215401.087	2126.8108	MCMBRO																			
3	8101713.08	215401.196	2126.8209	MCMBRO																			
4	8101714.09	215401.305	2126.8310	MCMBRO																			
5	8101715.10	215401.414	2126.8411	MCMBRO																			
6	8101716.11	215401.523	2126.8512	MCMBRO																			
7	8101717.12	215401.632	2126.8613	MCMBRO																			
8	8101718.13	215401.741	2126.8714	MCMBRO																			
9	8101719.14	215401.850	2126.8815	MCMBRO																			
10	8101720.15	215401.959	2126.8916	MCMBRO																			
11	8101721.16	215402.068	2126.9017	MCMBRO																			
12	8101722.17	215402.177	2126.9118	MCMBRO																			
13	8101723.18	215402.286	2126.9219	MCMBRO																			
14	8101724.19	215402.395	2126.9320	MCMBRO																			
15	8101725.20	215402.504	2126.9421	MCMBRO																			
16	8101726.21	215402.613	2126.9522	MCMBRO																			
17	8101727.22	215402.722	2126.9623	MCMBRO																			
18	8101728.23	215402.831	2126.9724	MCMBRO																			
19	8101729.24	215402.940	2126.9825	MCMBRO																			
20	8101730.25	215403.049	2126.9926	MCMBRO																			
21	8101731.26	215403.158	2127.0027	MCMBRO																			
22	8101732.27	215403.267	2127.0128	MCMBRO																			
23	8101733.28	215403.376	2127.0229	MCMBRO																			
24	8101734.29	215403.485	2127.0330	MCMBRO																			
25	8101735.30	215403.594	2127.0431	MCMBRO																			
26	8101736.31	215403.703	2127.0532	MCMBRO																			
27	8101737.32	215403.812	2127.0633	MCMBRO																			
28	8101738.33	215403.921	2127.0734	MCMBRO																			
29	8101739.34	215404.030	2127.0835	MCMBRO																			
30	8101740.35	215404.139	2127.0936	MCMBRO																			
31	8101741.36	215404.248	2127.1037	MCMBRO																			
32	8101742.37	215404.357	2127.1138	MCMBRO																			
33	8101743.38	215404.466	2127.1239	MCMBRO																			
34	8101744.39	215404.575	2127.1340	MCMBRO																			
35	8101745.40	215404.684	2127.1441	MCMBRO																			
36	8101746.41	215404.793	2127.1542	MCMBRO																			
37	8101747.42	215404.902	2127.1643	MCMBRO																			
38	8101748.43	215405.011	2127.1744	MCMBRO																			
39	8101749.44	215405.120	2127.1845	MCMBRO																			
40	8101750.45	215405.229	2127.1946	MCMBRO																			

Nota. Imagen de los puntos llevados al software Excel

Una vez importados los puntos al Excel (figura 47), se procedió a la generación de curvas de nivel, además de la planimetría de los diferentes detalles existentes en el terreno

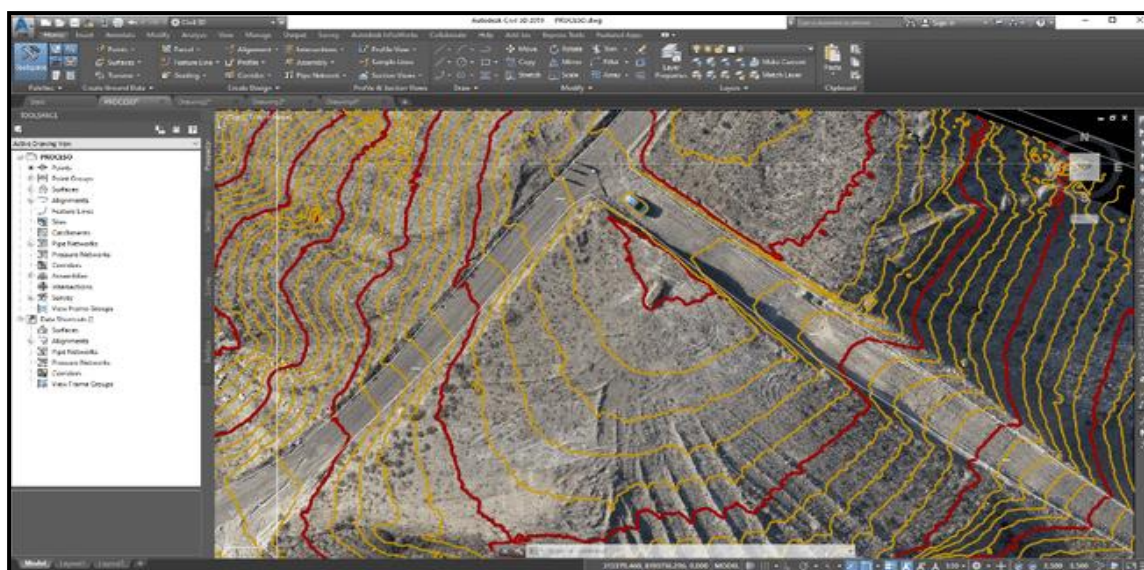
Figura 47
Importación de Puntos


Nota. Imagen donde se muestran los puntos importados en Civil3D.

Luego de generar las curvas de nivel (figura 48), se procedió a calcular el área y el volumen respectivo de la lomada (figura 49), con lo cual se puso fin al trabajo de gabinete. La duración de este depende mucho de las características de la computadora, para este caso se usó una máquina con especificaciones por encima del promedio (core i7, RAM de 16 gb, tarjeta gráfica de 4gb), por lo cual el trabajo de gabinete se terminó en aproximadamente 2 horas.

Figura 48

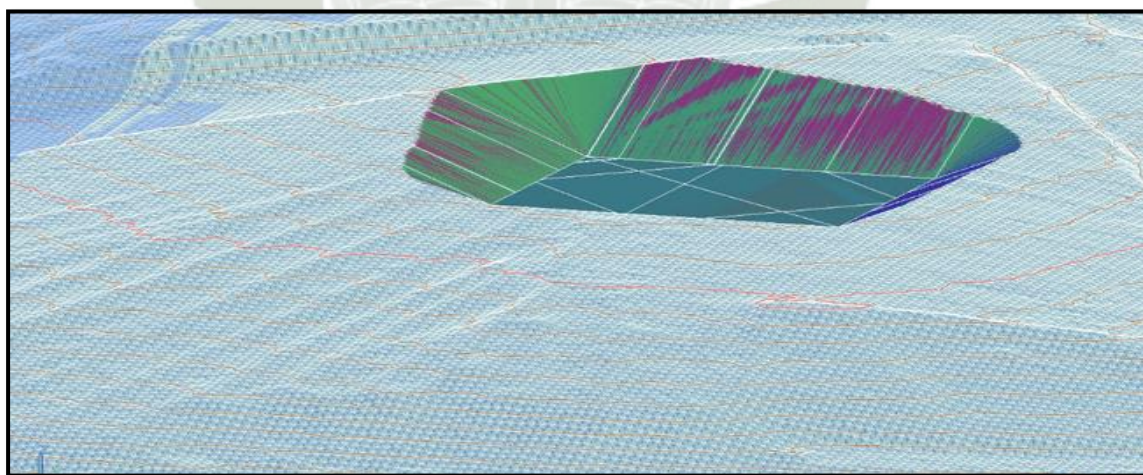
Generación de Curvas de Nivel



Nota. Imagen que muestra las curvas de nivel generadas en el terreno levantado.

Figura 49

Generación de Curvas de Nivel y Cálculo de Volumen



Nota. Imagen que muestra la superficie generada, mediante la cual se obtiene el volumen.

Todo el levantamiento estuvo referenciado a la proyección UTM, Datum WGS-84, zona horaria 19–sur.

El volumen obtenido fue de 1980.02 m^3 y el área obtenida fue de 2199.09 m^2 .

- Levantamiento 2: (dron Phantom 4)

El segundo levantamiento se realizó con el dron Phantom 4, contando además con el apoyo de receptor satelital diferencial para establecer los puntos de control. Solo se usó el receptor satelital diferencial para la toma de puntos de control, de tal modo que no tuvo influencia sobre los resultados obtenidos con el levantamiento del dron en sí, en pocas palabras, el receptor satelital tuvo un uso limitado, para que no interfiera con los resultados que se buscan comparar. El levantamiento se realizó en una lomada, la cual es un área elevada y con forma redondeada en el terreno.

Este levantamiento se realizó en la misma lomada (figura 34) que el levantamiento anterior, dentro de una zona no habitada cercana a Apipa, perteneciente al área de Ciudad de Dios, en el distrito de Yura, Arequipa. La velocidad del viento el día del levantamiento fue de aproximadamente 15 km/h . el levantamiento fue realizado a partir de las 11 am, debido a que los vientos fuertes son generalmente en horas de la noche y las primeras horas del día. Los 2 levantamientos se hicieron en el mismo lugar, para que la posterior comparación tenga buenos resultados.

- Equipos, herramientas y personal:

Camioneta Toyota Hilux, Receptor satelital diferencial Trimble R6, Dron Phantom 4, topógrafo y chofer

- Receptor satelital diferencial Trimble R6: (figura 50)

Equipo topográfico diseñado con altos estándares tecnológicos y de simple manipulación para diversas aplicaciones. Consta de cuatro elementos integrados: (anexo 4)

- Receptor Trimble R6
- Controlador Trimble TSC2
- Software de campo de Trimble
- Trimble business center

Figura 50

Receptor Satelital Diferencial Trimble R6



Nota. Fotografía del receptor satelital utilizado en el levantamiento.

- Dron Phantom 4:

El dron Phantom 4 (figura 51) es una herramienta de última tecnología, cuenta con el nuevo sistema Timesync, que sirve para sincronizar continuamente el controlador de vuelo y la cámara. Además de ello cuenta con un sistema de imagen preciso, una aplicación de planificación de vuelos dedicada. Adicionalmente es compatible con SDK móvil y con transmisión Ocusync. (anexo 5)

Entre sus principales características podemos mencionar:

- Peso de 1391 g
- Máxima velocidad de 50 km/h
- Tiempo de vuelo de 30 minutos
- Batería de 5870 mAh
- Soporta vientos de hasta 36 km/h

Figura 51

Dron Phantom 4



Nota. Fotografía del dron utilizado para hacer el vuelo en campo.

Entre sus componentes principales se encuentran:

- 1 dron
- 2 baterías inteligentes
- 1 control remoto
- 2 Hub cargador
- Cables USB
- Maleta de transporte
- 2 baterías para estación móvil

El precio aproximado del instrumento es de 8 000 Nuevos Soles.

- Procedimiento:

Lo primero fue cargar el equipo a la camioneta y movilizarse hasta la zona correspondiente, esto tomó aproximadamente 40 minutos. Ya en la zona, se procede a colocar los puntos de control (tabla N°5) para posteriormente realizar el ajuste correspondiente.

Tabla N°5

SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS 84-19SUR

ID	ESTE	NORTE	COTA
Sta1	215437.8768	8193722.8818	2331.4007
Sta2	215468.8414	8193697.3824	2329.7866
Sta3	215368.5291	8193662.02	2318.1218
Sta4	215478.9424	8193667.9218	2322.6558

Fuente. Elaboración propia

Nota. Esta tabla muestra los puntos de control con sus respectivas coordenadas en orden

Este – Norte - Elevación

Para haber realizado los ajustes de las imágenes obtenidas con el dron, es que se establece puntos de control terrestre ubicados de manera estratégica, los cuales fueron marcas en el suelo y que fueron tomados por el dron a la hora de sobrevolar.

Luego de esto se procede con el trabajo fotogramétrico, el cual consistió en establecer las zonas de aterrizaje y trayectoria del vuelo. ya establecidas las áreas a levantar se procede a ubicar los puntos de control terrestre de ajuste para los vuelos, Los cuales fueron levantados en tiempo real con el receptor satelital diferencial a partir de los puntos establecidos en la tabla N° 5. Durante el vuelo se constató que las condiciones climáticas y de visibilidad en la zona fueran las idóneas para la realización de los trabajos.

En oficina y en campo se estableció la zona de la misión, posteriormente el software DJI calcula el tiempo de vuelo requerido para cubrir la zona.

Como siguiente paso se procede a realizar la planificación de vuelo, para la cual el piloto identifica la dirección y velocidad del viento (15 km/h), la ubicación del lanzamiento y el lugar de aterrizaje, por lo que la duración del vuelo se recalcula en base a las condiciones de campo en el momento del vuelo.

Después de haber lanzado el dron (figura 52), el vuelo se controla con la estación de control en tierra. No hubo intervenciones manuales requeridas a menos que el piloto haya detectado un problema que requiera la cancelación del vuelo. Después de que el dron aterriza, se completa la lista de verificación posterior al vuelo para transferir los datos al ordenador. Todo el proceso de vuelo duró aproximadamente 8 minutos, para un área aproximada de 2200 m². Luego de esto se realiza un análisis del vuelo realizado, para comprobar los datos.

Figura 52

Lanzamiento de Dron en Campo



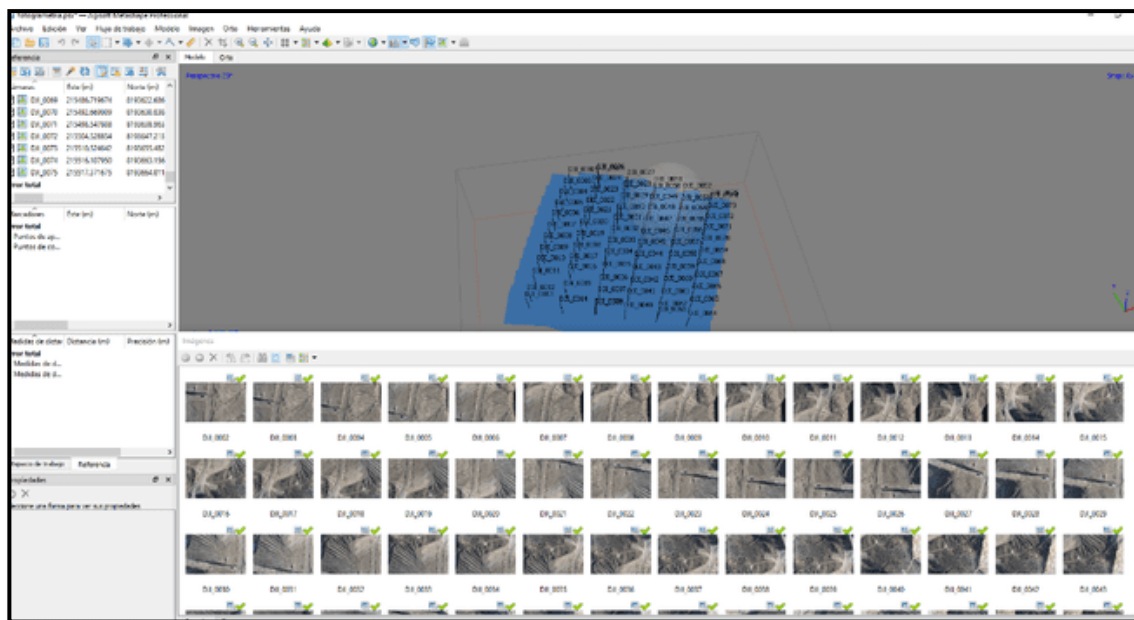
Nota. Fotografía del momento en que el dron es desplegado en el área.

Terminado el trabajo en campo, se procede a guardar el equipo y regresar a la oficina para proceder con el trabajo de gabinete. Para este trabajo se hace uso del software Agisoft Metashape, el cual procesa la nube de puntos y se encarga de generar las ortofotos georreferenciadas.

Con los datos obtenidos en campo, se procede con el post proceso de imágenes digitales (figura 53), el cual consiste en la normalización y corrección de las imágenes brutas captadas por el sensor aerotransportado. Mediante este procedimiento, las imágenes se hacen útiles para su posterior procesamiento.

Figura 53

Ajuste de Fotos con Agisoft Metashape Profesional



Nota. Imagen que muestra los diferentes ajustes en el software mencionado, a través de las fotos obtenidas.

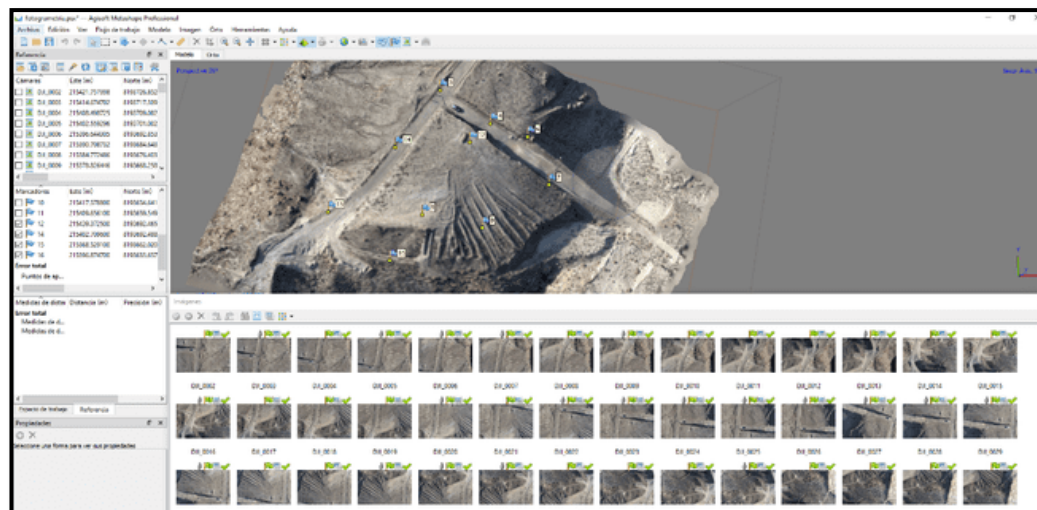
Cabe mencionar que, para el procesamiento de estos datos, se requiere de una computadora con especificaciones recomendadas tales como: 16 gb memoria Ram, 4 gb de tarjeta de video, procesador i7 o superior. Todo el trabajo de procesamiento duró aproximadamente 40 minutos.

Los procesos que se realizan son:

- Ajuste con puntos de control terrestre: (figura 54) Este proceso permite realizar los ajustes en los vectores X, Y, Z, corrigiendo cualquier error registrado, y con el proceso de Aero triangulación se ajusta las estaciones fotogramétricas, localizando automáticamente los puntos coincidentes de las imágenes superpuestas para corregir sus orientaciones y posiciones relativas.

Figura 54

Ajuste de Fotos con Punto de Control Terrestre

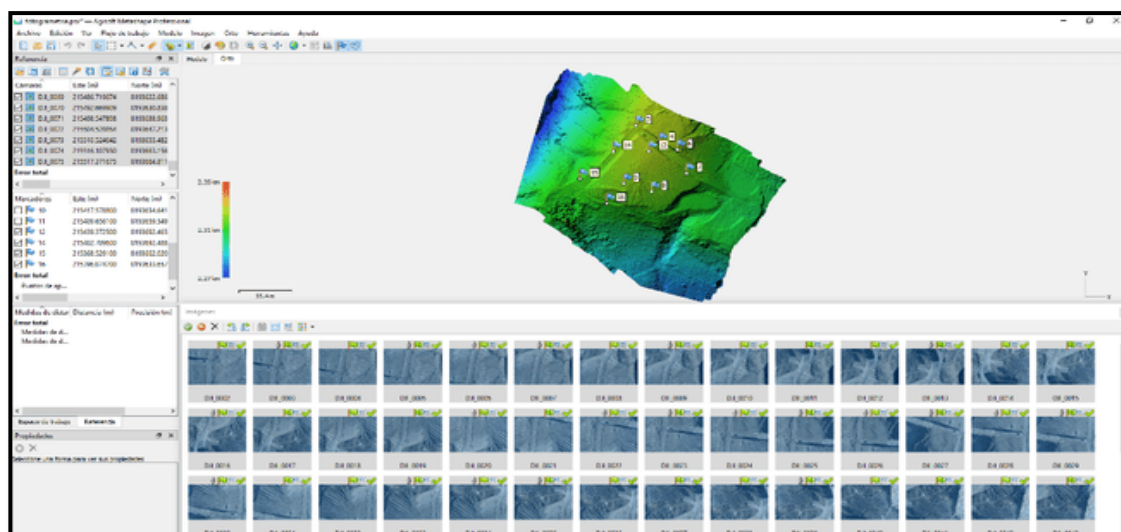


Nota. Imagen que muestra el ajuste de las fotos obtenidas con el dron.

- Proceso de DSM y ortofoto: Una vez obtenida la ortofoto (figura 55) y el DMS (modelo digital de superficie), se procede a generar la nube de puntos con el programa Agisoft, y también la edición de planimetría de los diferentes detalles existentes en el terreno. Posteriormente se procede a la generación de las curvas de nivel con ayuda del software AutoCAD Civil. (figura 56 y 57) Ya en este software, se pudo calcular el volumen de la lomada, el cual era de 2001.04 m^3 . El área calculada fue de 2051.06 m^2 .

Figura 55

Generación de DMS y Ortofoto



Nota. Imagen que muestra la generación del modelo de superficie del terreno.

Figura 56

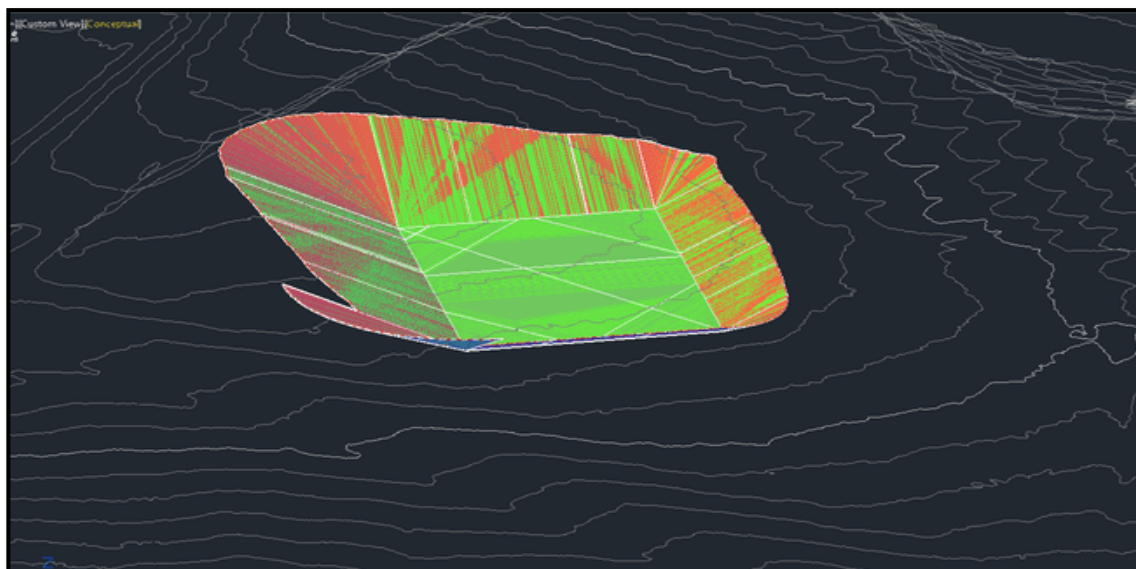
Generación de Curvas de Nivel



Nota. Imagen que muestra las curvas generadas en la superficie levantada (lomada)

Figura 57

Generación de Curvas de Nivel y Cálculo de Volumen



Nota. Imagen donde se puede observar la superficie en Civil3D, y su respectivo volumen.

Capítulo IV

4. Resultados y Discusiones

4.1. Análisis e interpretación de resultados

Luego de haber realizado todo el marco metodológico, el cual incluía una investigación teórica, cuestionario, entrevistas y levantamientos topográficos con distintos instrumentos, se procedió a analizar los resultados obtenidos y dar una interpretación de los mismos.

Con esta interpretación se busca mostrar los resultados de la manera más veraz y apegada a la realidad, para que los mismos puedan ser comparados y poder obtener una apreciación final del proyecto.

A su vez, se busca dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas en el proyecto, asimismo, también se busca analizar si los objetivos planteados fueron alcanzados.

Primero analizaremos los datos cualitativos obtenidos por las entrevistas realizadas. Las respuestas obtenidas fueron las siguientes:

- Primera entrevista: (Ingeniero perteneciente a la contratista de la unidad minera)

En cuanto a la primera pregunta, el entrevistado mencionó que mayormente usan el dron para hacer el “status” de la mina, esto se refiere al estado en el que encuentra el tajo, cuáles son los proyectos que están siendo acarreados, cuales se están perforando, cuales están esperando detonación, ubicación en tiempo real de maquinarias, sobre todo palas y perforadoras. Al usar el dron para sobrevolar todo el tajo, se puede hacer este tipo de observaciones y con las fotos que toma se elabora una superficie en AutoCAD, la cual es actualizada todos los días, ya que obviamente la topografía del tajo cambia todo el tiempo. Citando sus palabras *“Usamos el dron principalmente para hacer el status de la mina y generar una superficie en AutoCAD, que como se sabe cambia todos los días, por lo que es una labor diaria la que hacemos. El área de*

operaciones nos solicita todos los días el plano actualizado. También cubricamos los proyectos que ya han sido detonados y que están esperando ser acarreados, para tener una idea de cuánto material hay en ellos, esta información también es solicitada por la unidad minera, para que vean cómo va la producción de acuerdo a sus metas establecidas". En cuanto a stocks de mineral, ellos no tienen ningún tipo de stock, ya que su labor termina al momento de que envían su material a la chancadora, y a partir de allí, la unidad minera se encarga del procesamiento restante. por lo que el uso del dron para levantamientos de stocks es inexistente.

La segunda pregunta estuvo enfocada en saber acerca de la experiencia de uso del dron en cuanto a las condiciones climáticas, específicamente el viento, ya que la zona en la que está ubicada la mina hay presencia moderada de vientos de entre 21 y 25 km/h. por lo que se asume como un problema para un artefacto que tiene que estar en el aire todo el tiempo.

En cuanto al tema, el entrevistado manifestó que, en efecto, el viento es uno de los principales problemas para el dron, ya que, estando en el aire, hace difícil su maniobrabilidad en presencia de vientos fuertes, al punto de tener que devolver el dron a tierra para detener la toma de datos por parte del mismo. La solución que desarrollaron fue la de usar el dron en horas específicas del día, en las que el viento no es tan intenso.

"El viento fue uno de los principales problemas que enfrentamos al momento del uso del dron, ante ello decidimos usarlo entre 7 am y 9 am, ya que en este horario los vientos no son tan intensos en la zona, y la verdad que sí dio muy buenos resultados. En estas horas podemos maniobrar el dron sin problemas y hacer todos los levantamientos requeridos. Y como el proceso es rápido, no nos pasamos del tiempo y todo sigue sin problemas. Si hay algún inconveniente y nos pasamos de la hora segura (7 a 9 am), posponemos el levantamiento para el día siguiente. Porque de otra manera, correríamos el riesgo de que

el dron sea derribado por el viento, y es un riesgo innecesario. Más aun cuando los vientos más fuertes inician a partir de las 11 am aproximadamente”

Para la tercera pregunta, se buscaba obtener alguna evidencia de que el uso del dron resultaba más eficiente al momento de realizar ciertas labores, en comparación a otras herramientas tales como estaciones totales.

El entrevistado manifestó que, en efecto, el dron resulta ser más ventajoso al momento del trabajo, pero como se mencionó anteriormente, solo para cierto tipo de trabajo. Hay labores en el que la estación total es indispensable, sobre todo para mediciones pequeñas y puntuales. Un dron sería muy impráctico para este tipo de trabajo.

Así que, de acuerdo al tipo de trabajo a realizar, una herramienta puede resultar más eficiente que otra, según lo manifestado por el trabajador. Hablando específicamente de las labores de las que él está a cargo, el dron le resulta mucho más útil que otras herramientas, ya que él requiere cubrir áreas extensas y generar una superficie de la misma, por lo que el uso del dron es muchísimo más provechoso.

“El dron resulta muy útil para la labor que realizamos actualmente, ya que se requiere generar una superficie del tajo completo, y con el dron, el levantamiento es rapidísimo. Solo lo ponemos en el aire y el dron toma miles de fotos de toda el área en un par de horas. Y luego procesamos la data y generamos la superficie. Si esta labor la hiciéramos con una estación total, nos demoraríamos días, en cambio con el dron la realizamos en un par de horas. Por lo que, a mi parecer, el dron es mucho más útil en este tipo de trabajos. Pero como ya mencioné, depende mucho del tipo de trabajo a realizar, la estación total y demás herramientas siguen siendo muy útiles en nuestra área. Pero con el avance de la tecnología, cada día van siendo dejadas un poco más de lado”

La siguiente pregunta estuvo orientada hacia el tema de la seguridad de los trabajadores, y según manifestó el entrevistado, el uso de dron logra reducir en un gran porcentaje el riesgo de sufrir algún tipo de lesión o accidente por parte de los trabajadores.

Esto se debe principalmente a que, con el dron, el trabajo se hace mucho más sencillo y seguro, solo 1 o máximo 2 personas necesitan estar al mando del dron, y a la vez monitorearlo desde tierra. El personal casi no se moviliza, por lo que los riesgos se reducen bastante. El personal no necesita entrar a zonas de difícil acceso, ni zonas transitadas por vehículos pesados, o zonas con bastante cantidad de polvo. Todo se hace de forma remota desde una posición segura.

“Con el dron, el trabajo se hace prácticamente solo, no tenemos que estar movilizándonos para tomar puntos, como sería el caso de las estaciones totales o los GPS diferenciales. Eso reduce los riesgos bastante. Además, que necesitamos menos personal para manejar el dron, por lo que queda personal libre para hacer otros tipos de trabajo del área”

La quinta pregunta estuvo referida a lo que es el software usado para trabajar la data obtenida de la fotogrametría. Por lo general se usa el programa llamado Agisoft Metashape, el cual trabaja con la nube de puntos generada por las fotografías que toma el dron. El entrevistado manifestó que el trabajo y manejo de la información no es difícil, pero sí es trabajoso. Se necesita de una computadora con características por encima del estándar. Debe contar con un buen procesador, tarjeta gráfica potente, etc.

La información obtenida del dron es bastante pesada y no cualquier computadora la correrá, debido a que el dron genera millones de puntos a la vez y generar un sólido o superficie a partir de ello, toma tiempo. *“El manejo de la data obtenida es bastante pesado la verdad, el dron genera millones de puntos de todas las fotos que toma, a través del software tenemos que hacer una*

reducción del volumen de puntos, para poder trabajar y generar el sólido o superficie dependiendo de los requerimientos, pero por lo general se debe reducir ese volumen de puntos.

Nosotros usamos el Agisoft Metashape, con el cual podemos procesar los datos y exportarlos tanto al Datamine como al AutoCAD, y así realizar los planos o las cubicaciones, según sea el caso. Pero a lo que va la pregunta, no es difícil de trabajar la información, solo que es más trabajoso procesarla, en comparación a datos obtenidos con estación total o GPS diferencial”

La última pregunta tenía por finalidad que el entrevistado brinde su opinión en general de lo que piensa del uso del dron para fotogrametría. Y no solo en el área de topografía, sino también su inclusión en otro tipo de áreas de una unidad minera.

El entrevistado mencionó que está muy satisfecho con el uso de esta nueva tecnología y está seguro que podría incluirse en otro tipo de actividades referentes a la minería, y que sin duda traería beneficios para dichas áreas. La industria de los vuelos aéreos no tripulados tiene un potencial increíble y cada vez está siendo optimizada, de tal manera que es más eficiente y multifuncional con el pasar de los años.

“Estoy más que satisfecho con esta nueva tecnología implementada en mi área, nos facilita el trabajo de manera increíble reduce gran cantidad de riesgos, pero como mencioné, este método solo es útil para cierto tipo de trabajos, por lo que no se deja de lado herramientas como la estación total, ya que esta también es útil, pero para otros tipos de levantamiento. Cada una tiene su función y las 2 son buenas en lo que hacen.

En cuanto a la diversificación del uso de drones, considero que es muy viable usar esta tecnología en otras áreas de la empresa. Considero como posibles candidatos más inmediatos al área de perforación y voladura y operaciones, ellos contemplan labores que

son compatibles con el uso de un dron, no específicamente para fotogrametría, sino más bien como una especie de vigilancia o visión periférica. Pero no solo esas áreas, sino muchas otras podrían hacer uso de un dron.

Espero que, con el paso del tiempo, los drones sean más usados en distintas áreas referentes a la minería, porque estoy seguro que traerá buenos resultados, yo mismo estoy dando fe de eso”

Las preguntas fueron respondidas con argumentos a favor del uso del dron, mencionando que era bastante útil en su labor y soportaba con normalidad los vientos de la zona.

Además, se menciona las múltiples ventajas que tiene en comparación al uso de estación total, pero se remarcó que cada instrumento es útil para cierto tipo de labor. Hay trabajos en los que la estación es más práctica que el dron, así que no se trata de menospreciar a alguno de los instrumentos, sino de demostrar cual es más útil para cada tipo de trabajo.

Además, mediante la entrevista se comprobó que el uso de este método es más seguro para todo el personal, ya que se controla todo de manera remota y no se pone en riesgo a los trabajadores en ningún momento.

- Segunda entrevista: (topógrafo especialista de GOVILTOP)

En cuanto a la primera pregunta, el entrevistado mencionó que utilizan el dron en diversas labores, tanto en zonas urbanas como en zonas rurales o en concesiones mineras. Entre los principales trabajos que realizan con dron destacan levantamientos de canales, levantamientos de superficies, zonas de difícil acceso, control de obras en general, entre otros.

“Usamos el dron para varios trabajos, tanto en la ciudad como en otras zonas rurales, de acuerdo al tipo de trabajo y las dimensiones, es que escogemos que herramienta utilizar. Para zonas grandes si o si escogemos el dron. En realidad, podría ser usados

prácticamente en la mayoría de levantamientos topográficos que realizamos. Nosotros los usamos para carreteras, predios urbanos y rurales, canales, lotizaciones, diseños, etc.”

La segunda pregunta estuvo referida al clima, el entrevistado mencionó que en general responde bien a condiciones climáticas adversas. Él cuenta con el dron Phantom 4, y no tuvo problemas con el clima en la mayoría de lugares que trabajó. Si bien el principal peligro para el dron es la lluvia, ya que el agua dañaría el equipo, pero en lo referente a vientos intensos, mencionó que responde bien, ya que el dron tiene una tolerancia considerable hasta cierta velocidad de viento (km/h) pero esta es difícilmente superada ya que la zona sur del Perú, en general, no presenta vientos intensos.

“Por lo general no tuvimos problemas con el clima al momento de realizar levantamientos fotogramétricos, pero cuando llueve si o si tenemos que cancelar el trabajo, ya que el agua dañaría el equipo. Con el viento no hay mucho problema, el modelo de dron que tenemos es resistente a velocidades de viento considerables. Además, por lo general, las zonas donde trabajamos no presentan vientos intensos la mayoría de tiempo.”

La tercera pregunta estuvo referida a determinar para que trabajos es más conveniente usar un dron, y para que trabajos no. El entrevistado mencionó que el uso de drones para diversas actividades es ideal, pero hay algunas que no se recomienda su uso, por ejemplo, para hacer replanteos, es preferible usar una estación total. Al igual que para trabajos en áreas pequeñas y con construcciones o estructuras que dificulten un vuelo con dron.

“Generalmente usamos en dron para gran cantidad de trabajos, sobre todo en áreas grandes, áreas en las que te demorarías mucho más tiempo levantarlas con una estación

o un receptor satelital diferencial, pero también hay trabajos en los que el dron no es muy recomendable, por ejemplo, para replanteos es preferible usar una estación total.”

La cuarta pregunta menciona el tema de la seguridad, el entrevistado mencionó que definitivamente el uso del dron reduce en gran porcentaje el riesgo de sufrir algún tipo de accidente laboral, ya que todo se maneja de forma remota, además de necesitar menos personal para realizar el trabajo.

“Con el dron casi no hay riesgo de sufrir algún tipo de incidente o accidente en el momento de realizar un levantamiento topográfico, ya que todo es remoto desde una posición segura, a diferencia de una estación total, sobre todo el que agarra el jalón con el prisma, puede sufrir algún resbalo o caída al momento de desplazarse por el terreno para la toma de puntos”

Para la quinta pregunta se buscó obtener información del procesamiento de la información, el entrevistado mencionó que el procesamiento de la información obtenida por el dron es un poco más trabajoso de procesar, dependiendo del tamaño del terreno que se levantó. A veces la nube de puntos es demasiado pesada y es difícil de procesar. Por lo general se necesita una computadora con requerimientos altos, tanto de memoria RAM, como de tarjeta gráfica.

“Si la nube de puntos es muy pesada, el procesamiento puede durar incluso varios días seguidos, con una máquina con especificaciones altas. Pero me refiero a levantamientos de áreas muy grandes. Estos trabajos no son muy comunes. Pero en general el procesamiento de la información es un poco más complicado que con otros instrumentos”

Para la última pregunta se quería saber cuál es la opinión del entrevistado sobre esta metodología, el mencionó que, a su parecer, este instrumento es más práctico, fácil y barato de utilizar, ya que con él se puede realizar el trabajo en menos tiempo, además de reducir el riesgo de sufrir algún tipo de accidente. Adicional a ello, para el uso del mismo se necesita de menos personal, lo cual es un ahorro en costos.

“Yo personalmente prefiero usar el dron para la mayoría de trabajos, ya que es más rápido y seguro. Incluso yo solo puedo realizar un levantamiento con este instrumento, lo cual representa un ahorro de costos ya que necesito menos personal para realizar el trabajo.”

Las preguntas fueron respondidas, una vez más, con argumentos a favor del uso del dron fotogramétrico. El entrevistado destacó las ventajas más resaltantes, además mencionó algunos de los pocos problemas que representa su uso, pero las ventajas superan por mucho a las desventajas que pueda presentar. Las dos entrevistas obtuvieron respuestas similares, por lo que se concluye que, en efecto, este instrumento (dron) representa una alternativa bastante viable al momento de realizar levantamientos topográficos de stocks de mineral. Por lo cual, una optimización del proceso con el uso de este método es una opción que, en teoría, sería muy beneficiosa.

Luego analizamos los datos cuantitativos obtenidos mediante el cuestionario y el método comparativo entre dos métodos topográficos.

El cuestionario planteado (tabla N°3) arrojó resultados a favor del proyecto. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla N°6
RESULTADOS OBTENIDOS DEL CUESTIONARIO

PREGUNTA	SI	NO	NO OPINA
¿Cree que el método usado actualmente para levantamientos de stocks de mineral (estación total) ofrecen resultados lo suficientemente precisos y detallados?	3	4	
¿Está familiarizado o escuchó alguna vez de la fotogrametría mediante drones?	6	1	
De responder SI a la pregunta anterior, ¿tiene expectativas positivas acerca del método?	6		
¿Considera que su metodología de trabajo actual para levantamientos de stocks pone en riesgo su integridad física?	6	1	
¿Está familiarizado con la enfermedad ocupacional llamada Siderosis?	7		
¿estaría dispuesto a cambiar de método de levantamiento topográfico por otro que, virtualmente, sería más eficiente y seguro?	6	1	

Fuente. Elaboración propia

Nota. Esta tabla muestra los resultados completos del cuestionario, pregunta por pregunta.

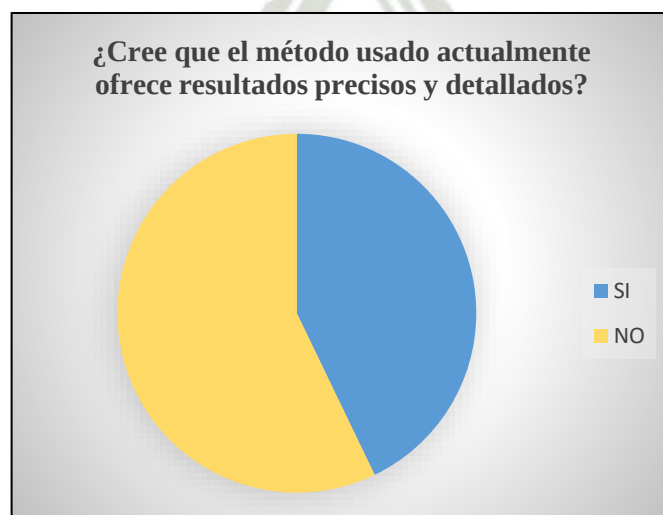
Los resultados fueron, a grandes rasgos, los esperados. La mayoría piensa que su integridad física está en riesgo y son conscientes de enfermedades como la siderosis. Los resultados puntuales (Tabla N°6) se muestran considerando un total de siete participantes.

- Del 100% de trabajadores, solo el 40% cree que el método que usan en la actualidad ofrece resultados precisos y detallados, mientras que el 60 % piensa que con otros métodos se podrían alcanzar mejores mediciones y un nivel de detalle superior.
- El 85% de los trabajadores ha escuchado acerca de la fotogrametría con drones, mientras que, de ese grupo, el 100% tiene buenas expectativas acerca del método.
- El 85% de los participantes cree que su integridad física está en riesgo con la metodología de trabajo actual.
- El 100% de los trabajadores está al tanto de la enfermedad ocupacional llamada Siderosis.
- El 85% estaría dispuesto a probar un nuevo método de levantamiento topográfico, con el fin de optimizar las deficiencias y eliminar los riesgos.

Como podemos ver en los resultados, prácticamente todo el personal de topografía considera que su integridad física está en riesgo, debido a la metodología usada. Y están conscientes de la Siderosis que podrían desarrollar, de seguir estando tan cerca del polvo de hierro. Además de ello, piensan que la metodología usada no ofrece medidas con un nivel de detalle adecuado, por lo que están de acuerdo en implementar otro que si brinde mediciones más acertadas.

Figura 58

Grafico Pregunta 1



Nota. Gráfico que muestra un porcentaje aproximado de los resultados obtenidos en la pregunta 1.

Figura 59

Gráfico pregunta 4



Nota. Imagen que muestra porcentaje aproximado de las respuestas obtenidas de la pregunta 4.

Luego de analizar todos estos datos, se puede tener una mejor perspectiva de la situación actual del área de topografía. Las opiniones de los trabajadores son las mismas en general. Todos expresan los mismos deseos y manifiestan las deficiencias en su metodología de trabajo.

Los resultados arrojados confirman algunos aspectos que se asumían al comienzo del proyecto, tales como el disgusto de los trabajadores hacia el método que usan actualmente para realizar los levantamientos de stocks de mineral, asimismo se demuestran que todos están al tanto

de los riesgos que representa su trabajo, sobre todo el riesgo de desarrollar una enfermedad ocupacional. (Siderosis)

La mayoría de estos trabajadores están dispuestos a probar un nuevo método que no ponga en riesgo su integridad, y a la vez que se puedan obtener mediciones adecuadas, porque no solo se trata de velar por la comodidad y seguridad de los trabajadores, sino que no se debe dejar de lado la calidad del trabajo que se realiza, y más que todo tratándose de topografía, ya que la precisión es básica en esta área.

Analizando los resultados, se puede concluir que este proyecto sería bien visto por el personal de topografía, y los trabajadores estarían dispuestos a reemplazar el método que usan actualmente, sin ningún tipo de rechazo u obstaculización. Por lo tanto, estos resultados son positivos para el desarrollo del proyecto.

Con respecto a los datos cuantitativos restantes, se planteó realizar una comparación entre ambos métodos de medición topográfica, por un lado, un levantamiento de una lomada (terreno con características similares a las de un stock) haciendo uso de la estación total, y por otro, un levantamiento del mismo terreno mediante el uso de un dron.

Con esta comparación, se buscaba obtener las diferencias en cuanto a metodología, duración, precisión, precio, seguridad y procesamiento de información, Entre ambos métodos, para poder determinar cuál es más adecuado para el levantamiento de stocks.

Con respecto al primer levantamiento, este se realizó con una estación total Leica TS06 (figura 35) y otros instrumentos mencionados anteriormente.

El levantamiento fue realizado en una lomada en el distrito de Yura, ciudad de Arequipa, el cual tenía un área aproximada de 2000 m². Fue realizado por un topógrafo y un ayudante.

Los datos a ser comparados son los siguientes:

- El precio del equipo es de 40 500 Nuevos Soles
- Se hace uso de otros instrumentos adicionales que son estrictamente necesarios (jalón, prisma, entre otros.)
- El área obtenida de la lomada fue de 2199.09 m² y el volumen de 1980.02 m³
- La intensidad del viento no interfiere con el instrumento
- El trabajo de campo duró 2 horas
- El trabajo de gabinete duró aproximadamente 2 horas
- Se necesita un mínimo de 2 personas (entre más personal, se realiza más rápido)
- Se hizo uso del software AutoCAD Civil3D
- La seguridad de los trabajadores se pone en riesgo, ya que, al momento de la toma de puntos, se tiene que caminar y escalar por los bordes de la lomada, lo que representa un potencial riesgo de caída.

El segundo levantamiento se realizó con el dron Phantom 4. (figura 51) Todo el proceso fue mencionado anteriormente, así que solo se mencionarán los aspectos que se buscan comparar con el otro método.

- El precio del equipo es de 8 000 Nuevos Soles
- Se hizo uso de receptor satelital diferencial para establecer los puntos de control
- El área obtenida de la lomada fue de 2051.06 m² y el volumen de 2001.04 m³
- El trabajo de campo duró aproximadamente 35 minutos
- El trabajo de gabinete duró aproximadamente 40 minutos
- Se realizó con 2 personas, pero incluso una sola persona podría haber hecho el trabajo
- Se hizo uso del software Agisoft Metashape

- Con este método, la seguridad de los trabajadores no se puso en riesgo en ningún momento, no se tuvo que escalar ni caminar sobre terreno inestable, ya que el trabajo se hace de forma remota.

Tabla N°7
COMPARACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

ASPECTO	LEVANTAMIENTO 1 (ESTACION)	LEVANTAMIENTO 2 (DRON)
Duración (campo)	2 h X	35 min ✓
Duración (gabinete)	2h X	40 min ✓
Condición climática (viento)	Soporta sin problemas ✓	Soporta sin problemas ✓
Precio (equipo)	40 500 soles X	8 000 soles ✓
personal	Necesita más personal X	Necesita menos personal (incluso 1) ✓
Software adicional	AutoCAD Civil3D ✓	Agisoft Metashape, AutoCAD civil3D (opcional) ✓
Seguridad laboral	Más número de riesgos X	Prácticamente sin riesgos ✓

Fuente. Elaboración Propia

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los 2 métodos, a modo de comparación entre ellos. El símbolo *check* representa la ventaja que tiene el método frente al otro.

Cabe mencionar algunos puntos importantes a ser considerados en la comparación elaborada en la tabla 7, los cuales se mencionan a continuación:

- El levantamiento 2 usa un software adicional llamado Agisoft Metashape, el cual tiene un precio de 179 USD por año (716 soles), el cual, si se suma al precio del dron, sigue siendo menor que el precio de una estación total. En cuanto al software Civil3D, la unidad minera ya cuenta con la licencia en varias de sus computadoras.
- La seguridad fue uno de los aspectos en los que más se diferenció un método del otro. En el levantamiento 1 existió riesgo de caída o deslizamiento por alguna de las laderas. En cambio, el levantamiento 2 no tuvo prácticamente ningún riesgo, ya que el dron se controlaba desde una posición totalmente segura y casi no hay que estar en el terreno que se está levantando, a diferencia del levantamiento 1.
- Para el levantamiento 2 se hizo uso de un receptor satelital diferencial para establecer los puntos de control, pero no es estrictamente necesario tener un receptor satelital diferencial para hacer uso del dron. Los puntos de control podrían ser establecidos mediante una estación total sin problema alguno. La unidad minera cuenta con receptor satelital diferencial, pero este generalmente se usa para los trabajos puntuales que se realizan en el tajo, por lo cual siempre está siendo usado por la otra cuadrilla de topografía.
- En cuanto al aspecto de personal, el levantamiento 2 podría haberse realizado incluso con una sola persona, pero esto no significa deba hacerse siempre así. Hay una cuadrilla de trabajadores establecida para este tipo de trabajo. De todas formas, mientras más personal disponible haya, el trabajo se hará más rápido.

Luego de haber analizado los resultados obtenidos, se logró evaluar el potencial impacto que tendría esta nueva metodología en el área de topografía de la unidad minera. Como se puede

observar en la tabla N°7, existen diferencias significativas entre ambos métodos de levantamiento topográfico, sobre todo en el ámbito de duración, seguridad y precio de equipos. Luego de analizar los datos, se concluyó que el dron redujo en 85 minutos la duración del trabajo de campo y en 80 minutos el trabajo de gabinete, lo cual representa un gran ahorro de tiempo, el cual puede ser utilizado en muchas otras tareas requeridas en el área.

Además de ello, el precio del equipo propuesto (dron) representa una diferencia significativa de precio, en comparación a la estación total, lo cual hace al proyecto más atractivo en cuanto al costo de equipos. Además, se requiere de menos accesorios para su uso, en específico, se dejan de requerir jalones y prismas, los cuales representan un costo anual de 1100 USD para la empresa. sin mencionar que el mantenimiento del dron es mucho más económico, así como el precio de repuestos y reparaciones. En comparación al precio de recalibración y repuestos de una estación total, que ronda los 150 USD por accesorio. En cuanto a la seguridad de los trabajadores, esta se vería muy beneficiada, ya que, con el nuevo método, se eliminan prácticamente todos los riesgos existentes en esa labor en específico (levantamiento de stocks de mineral), tales como caídas, inhalación de polvo de hierro, eventos relacionados al desplome de una o varias partes de los stocks, entre otros.

Conclusiones

- Primera: Se concluyó que la diferencia de tiempo es significativa, sobre todo si se considera la duración del trabajo de campo, ya que el levantamiento con estación tomó 2 horas de trabajo, mientras que el levantamiento con dron solo tomó unos 35 minutos. Por lo tanto, el levantamiento con dron tomó solo un 30% del tiempo que tomó el levantamiento con estación, habiendo una diferencia de 85 minutos.
En el trabajo de gabinete también se registró una diferencia a favor del dron, el cual tomó aproximadamente el 35% del tiempo que tomó el trabajo de gabinete de la estación total, habiendo una diferencia de 80 minutos. Cabe mencionar que este aspecto también depende de otros factores como el equipo con el que se procese la información (computadora) y la habilidad que posea el topógrafo que procesa la data.
- Segunda: Uno de los objetivos de la investigación fue corroborar si el dron podría ser usado en condiciones climáticas específicas (vientos intensos), y luego de haber realizado la indagación correspondiente se concluyó que no habría problema alguno con el uso del dron en este tipo de condiciones. El dron soporta vientos de hasta 36 km/h, y la zona cuenta con un promedio de velocidad de viento de 20 km/h, por lo que no habría ningún problema con el uso del dron en la zona. Además, este se usaría en horas de la mañana, por lo que el uso del dron sería todavía más seguro, ya que, en horas de la mañana, la intensidad del viento disminuye.
- Tercera: Se concluye que estos tipos de instrumentos podrían incorporarse en otras áreas y labores. Por lo investigado durante el desarrollo de este proyecto, se pudo observar las múltiples funciones que poseen estos instrumentos, así como la gran variedad de los mismos, yendo desde equipos aéreos hasta incluso vehículos

acuáticos. Características como su simple e intuitivo manejo, su asequible precio y su gran variedad de modelos con funciones específicas disponibles en el mercado, hace de estos vehículos no tripulados la herramienta ideal para muchas de las actividades que pueden llevarse a cabo en una unidad minera. Por ejemplo, podría usarse para hacer cualquier tipo levantamiento de terreno en la unidad minera. (accesos, botaderos, tajos, etc.) También podría ser útil en otras áreas pertenecientes a la mina. Por ejemplo, el área de operaciones podría usarlo para ver en vivo la ubicación y posición de los diferentes equipos que se encuentran en el tajo. El área de seguridad podría usarlo para revisar las condiciones de trabajo y analizar los peligros y posibles riesgos que podrían existir en un determinado ambiente, ya que está comprobado que una visión periférica nos permite identificar mejor que ocurre a nuestro alrededor. Y así se podrían mencionar muchos más posibles usos de drones en minería. Con el paso del tiempo, no cabe duda que estos instrumentos serán más utilizados en esta industria.

- Cuarta: Mediante los levantamientos topográficos realizados, se llegó a la conclusión de que la precisión del dron, al momento de realizar el levantamiento, es inferior a la precisión de una estación total, ya que la estación total trabaja con una diferencia de $\pm 3 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ por cada 500 m, mientras que el margen de error del dron es de 3 a 5 cm, lo cual lo hace más impreciso. Por otro lado, el nivel de detalle de la superficie obtenida por el dron es muy superior al de la estación total, ya que el dron genera miles de puntos gracias a las fotografías que toma. Para que una estación total logre un nivel de detalle similar, tendría que tomar una cantidad significativa de puntos en el campo, lo cual aumentaría la duración del trabajo de forma muy exagerada, además de requerir más personal y accesorios para tomar todos esos puntos, lo cual lo hace

muy impráctico. El dron capta hasta la más mínima diferencia en el terreno, tales como desniveles, elevaciones, huecos, entre otros.

- Quinta: Con el método de levantamiento actual del área de topografía de la unidad minera, se hacen evidentes bastantes situaciones de riesgo, que ponen en peligro la integridad de los trabajadores, y estos a su vez demuestran descontento con sus empleadores, debido a las condiciones de trabajo en las que se encuentran. Esto genera muchos problemas entre los supervisores y los trabajadores, incluso se recurría al sindicato de empleados para tratar de calmar la situación. Entre los principales riesgos se destacan: caídas, inhalación de polvo, desarrollo de enfermedades ocupacionales a causa del polvo de hierro, posibles derrumbes del stock debido a su inestabilidad, entre otros. El personal tiene que estar en constante alerta para no sufrir algún tipo de incidente.

Con el estudio realizado a lo largo del proyecto, así como analizando la metodología utilizada, se concluye que, con el método propuesto (dron), los riesgos mencionados anteriormente son prácticamente eliminados, ya que el trabajo se hace de manera remota, desde un punto seguro. No hay que estar escalando el terreno para tomar puntos y no hay que estar lo suficientemente cerca como para inhalar el polvo. Por todos estos hechos, se comprueba que el uso del dron para estos levantamientos es muchísimo más seguro que el uso de otros instrumentos.

- Sexta: El equipo propuesto cuesta mucho menos que la estación total. La diferencia es de más de 30 000 soles. Además, el precio de repuestos y reparaciones es mucho menor que el de la estación total. (un repuesto o re calibración para estación total ronda los 150 USD, en cambio los precios de repuestos del dron son considerablemente menores) Adicional a ello, la metodología propuesta requiere de

menos accesorios adicionales para su realización, tales como jalones o prismas, los cuales representan un gasto anual para la empresa de 1100 USD. Y también cabe mencionar que esta metodología puede ser realizada incluso por una sola persona, ya que el manejo del dron es sencillo y puede ser realizado solamente por el topógrafo, a diferencia de la estación total, que requiere como mínimo de dos personas. Pero dependiendo de la actividad, con dos personas solamente, el trabajo demoraría demasiado. Con la estación total, mientras más personas realicen el trabajo, se termina más rápido, por lo que es una metodología que necesita un numero razonable de personas para ser realizada. En pocas palabras, el dron representa un ahorro en gastos ya que requiere menos personal. (teniendo en cuenta que el salario anual de un personal de topografía es de aproximadamente 60 000 soles) Por todo lo mencionado anteriormente, se llegó a la conclusión de que es totalmente justificable la adquisición de este instrumento, ya que cuenta con un menor precio, requiere de menos personal, además de requerir menos accesorios y un precio de mantenimiento menor. La suma de todo este se transforma en un ahorro monetario para la empresa. Si bien es cierto que hay que adquirir un software adicional (Agisoft), el monto de este es bastante accesible. (179 USD por año)

Recomendaciones

- Se invita a otros investigadores a ahondar en el tema del uso de drones en distintos campos tales como minería, industria, construcción, etc. Viendo el gran potencial que esta metodología representa, resultaría factible implementarla en distintas actividades.
- Se recomienda analizar más a fondo los riesgos y peligros de las distintas actividades que se realizan en el área de topografía, porque aparte de las labores de cubicación, esta área está encargada de múltiples tareas, en las cuales usan otros instrumentos y métodos, los cuales seguro podrían ser mejorados, para velar por la seguridad del personal.
- Se recomienda a la unidad minera, y en general, a mejorar la comunicación entre empleado y empleador, ya que muchos problemas han surgido por este tema, llegando a instancias mayores como sindicatos o huelgas, las cuales solo generan pérdidas económicas para ambos bandos.
- También se recomienda a la unidad minera a ahondar en la capacitación de su personal, sobre todo en el ámbito de manejo de nuevos softwares, ya que, al menos en el área de topografía, prácticamente todo se hace con AutoCAD, habiendo otros programas más apropiados para algunas tareas.
- Por cuestiones de costos, al área de topografía no se le asignan turnos de 12 horas, ya que su horario normal es solo 8 horas, pero esto muchas veces ralentiza el trabajo y hace que los levantamientos se demoren más de lo que deben. Ya que pudiendo terminar un levantamiento en un día de 12 horas de trabajo, el personal tiene que regresar a las oficinas al termino de sus 8 horas y regresar al campo al día siguiente a

terminar el trabajo, pudiendo haberlo terminado en una jornada de 12 horas. Esto solo genera pérdida de tiempo en traslado, instalación de equipos, entre otros.

- Se recomienda a las compañías fabricantes de vehículos aéreos no tripulados a hacer presentaciones y elaborar catálogos especializados de cómo sus productos pueden tener un impacto positivo al ser implementados en las distintas áreas de una unidad minera, con el fin, entre otros, de hacer más conocida esta tecnología en el ámbito de la extracción de minerales.
- Se recomienda al sector minero en general, a informarse más sobre las capacidades que estos vehículos no tripulados poseen, y su impacto en el área minera, para así poder evaluar la posibilidad de optimizar sus procesos mediante estos equipos, lo cual representaría una mejora en la calidad, rapidez y costo de muchos procesos.

Referencias

- Caldas Vidal, J. (1978). *Geología de cuadrángulos San Juan – boletín a-30*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
- Acosta Ale, J. (2006) *Características metalogénicas de los yacimientos asociados a arcos magmáticos del sur del Perú (latitudes 16°-14°)*. Ingemmet
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (2020) *Mapa climático del Perú*. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=mapa-climatico-del-peru>
- Sungjae Lee & Yosoon Choi (2016) Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry, *Geosystem Engineering*, 19:4, 197-204
- Kirsch, M.; Lorenz, S.; Zimmermann, R.; Tusa, L.; Möckel, R.; Hödl, P.; Booysen, R.; Khodadadzadeh, M.; Gloaguen, R. Integration of Terrestrial and Drone-Borne Hyperspectral and Photogrammetric Sensing Methods for Exploration Mapping and Mining Monitoring. *Remote Sens.* 2018, 10, 1366.
- Shahmoradi, J.; Talebi, E.; Roghanchi, P.; Hassanalian, M. A Comprehensive Review of Applications of Drone Technology in the Mining Industry. *Drones* 2020, 4, 34.
- Henao, J. A., & Montero, J. C. (2020). AERÓN, tecnología dron para la Minería 4.0. *Ingeopres: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente*, (285), 36-38.
- Sánchez Ocejó, A. (2018). Contraste entre modelo digital obtenido con GPS y Dron aplicado a frentes de explotación minera. (tesis de pregrado) Universidad de Cantabria, Cantabria, España.

- Sánchez García, M. (2017). Uso y aplicaciones de drones en minería. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Jiménez Cajas, W. G., & Prado Garrido, J. D. (2018). Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado. (tesis de pregrado) 168 hojas. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Páucar Hinojosa, A. (2019). Aplicación de fotogrametría digital de objeto cercano en infraestructura mina, Proyecto Minero Las Bambas-Apurímac. (tesis de pregrado) Universidad San Antonio de Abad, Cusco, Perú.
- Ayala Ayala, J. C. (2017). Fotogrametría aérea con unidad autónoma de vuelo (UAV) como herramienta de monitoreo ambiental de depósitos de relaves. (tesis de pregrado) Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Adeva, R. (11 de febrero de 2021). *Tipos de drones según uso*. Adslzone. Recuperado el 3 de noviembre de 2021 de <https://www.adslzone.net/reportajes/drones/tipos-drones/>
- BBC news mundo (12 de julio de 2018). *MQ-9, El dron más letal y usado por el ejército de los Estados Unidos*. BBCmundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-44813793>
- Pérez Álvarez, J. (2012). *Apuntes de Fotogrametría*. Redgeomática. <http://redgeomatica.rediris.es/cartoprofesores/Fotogrametria/ApuntesFotogrametria3.pdf>
- Ceupe. (2021). *La Fotogrametría*. Ceupe Magazine. <https://www.ceupe.com/blog/la-fotogrametria.html>

- Topodata. (2019). *La Topografía*. Topodata. <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/10/La-Topografia.pdf>
- Tomas (26 de septiembre de 2014). *Óxidos de hierro (siderosis)*. Prevención integral. <https://www.prevencionintegral.com/comunidad/blog/toxicologia-laboral-peligros-riesgos/2016/07/27/oxido-hierro-siderosis>
- Plaza, C., Walther, R. Á. S., Villamañan, E., & Herrero, A. (2018). Neumoconiosis. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(67), 3929-3935.
- Acre Surveying Solutions (2021). *Estación total leica TS06*. <https://grupoacre.pe/catalogo-productos/estacion-total-leica-flexline-ts06-3/>
- Leica Geosystems (2012). *Manual de empleo TS02/TS06/TS09*. Leica flexline. https://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Leica/Leica%20TS02%20TS06%20TS09%20FLEXLINE%20ESP_V2.0.pdf
- Geobax. (2014). *Prisma topográfico*. <https://geobax.com/topografia/prisma-topografico/>
- Abreu, J. L. (2014). El método de la investigación Research Method. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195-204.

Anexos

Anexo 1: Plano de ubicación de área de estudio

Anexo 2: Manual Leica TS06 Flexfield Plus

Anexo 3: puntos topográficos – levantamiento 1

Anexo 4: Manual receptor satelital Diferencial Trimble

Anexo 5: Manual Dron Phantom 4



ANEXO 1





UBICACION
DEL TERRENO

PLANO LOCALIZACION

DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : YURA

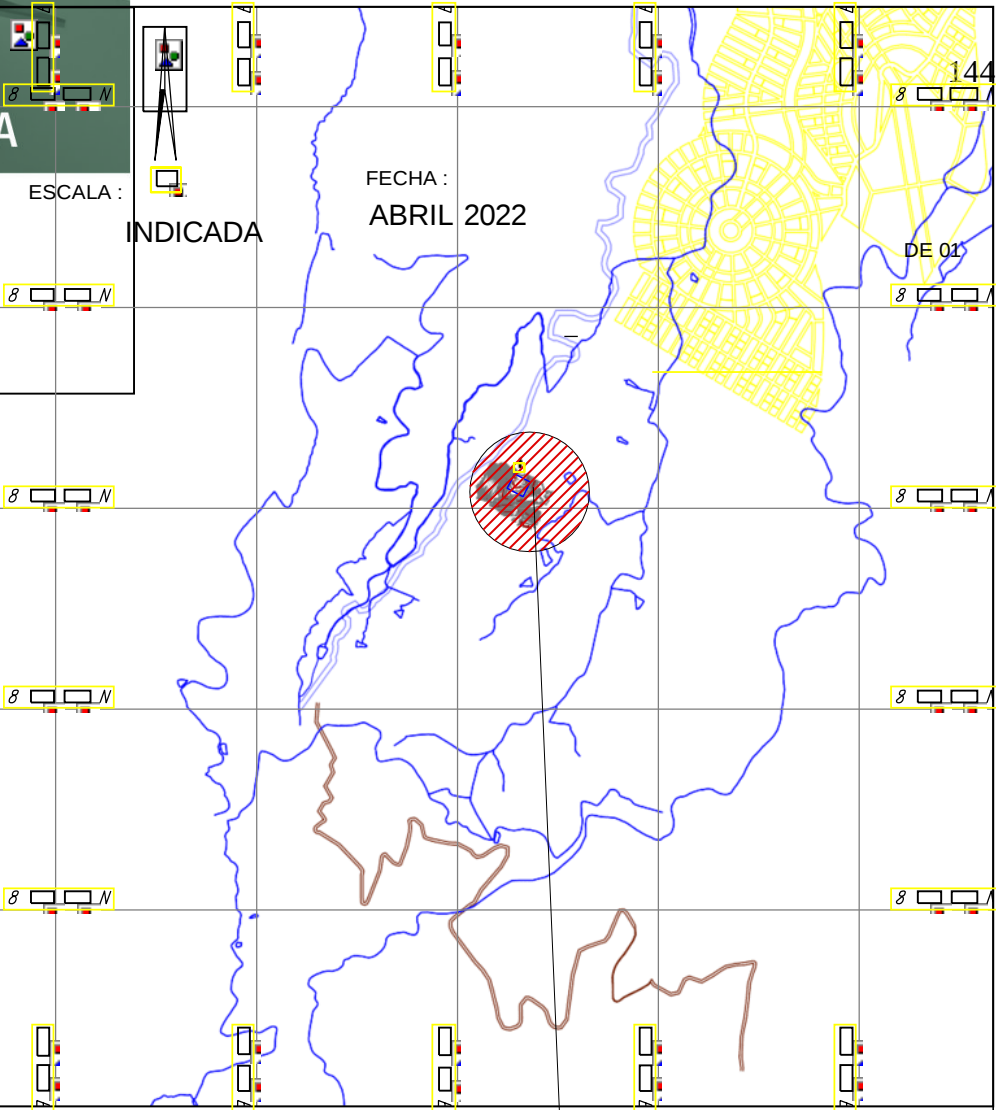
PROPIETARIO :

AUTOR: ALONSO BUSTAMANTE VILCA

AREA: 2199.093m²

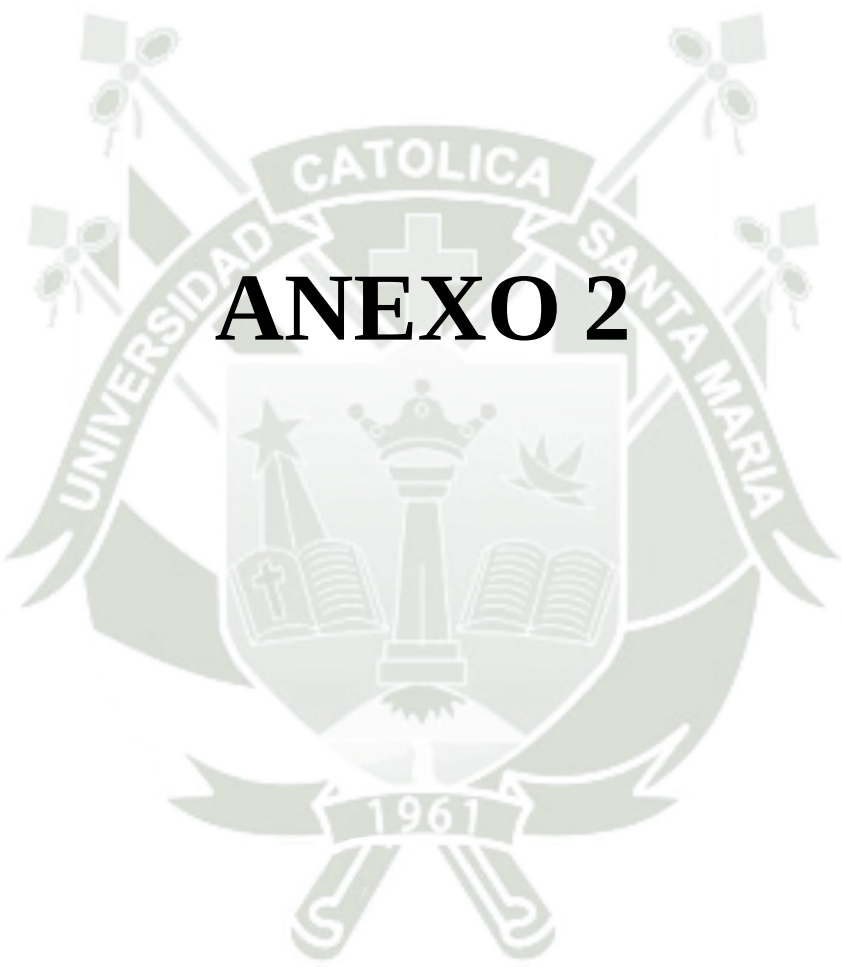
PLANO : LOCALIZACION Y UBICACION

LAMINA :



Escala : 1:10,000

TOTAL DE AREA DEL TERRENO LEVANTADA



ANEXO 2



Leica FlexLine TS06plus

La máxima precisión unida
a una gran eficiencia



- it has to be

Leica
Geosystems

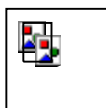
Calidad Leica Geosystems original

Para muchos, la “calidad” es algo relativo. No para Leica Geosystems. Para garantizar que nuestros productos cumplen con los más altos estándares de precisión y calidad, los fabricamos en nuestras modernas instalaciones distribuidas en todo el mundo. La tecnología suiza se combina una habilidad excepcional para ofrecer los mejores dispositivos de su clase. Y esta calidad también se aplica a todos nuestros procedimientos, lo que permite a Leica Geosystems avanzar hacia la excelencia empresarial para satisfacer todas las necesidades y expectativas de nuestros clientes. La estación total Leica FlexLine TS06plus manual resulta ideal para muchas tareas cotidianas de topografía, especialmente para aplicaciones de mediana a alta precisión. FlexLine TS06plus se ha basado en el modelo TS06, el más aclamado de la serie Leica FlexLine, para lograr ser la mejor estación de su gama.

Bienvenido al mundo de Leica Geosystems. Bienvenido a un mundo de personas, tecnologías, servicios y dispositivos en los que puede confiar plenamente.

Segunda ventaja:

Funciones reales, beneficios auténticos



Memoria USB

- Para una transferencia de datos rápida y sencilla

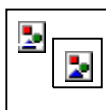
Bluetooth® inalámbrico

Para conexión sin cables al registro de datos



Luz Guía de Replanteo (EGL)

- Para un replanteo más rápido



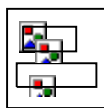
FlexField plus

- Software incorporado moderno e intuitivo para una mayor productividad



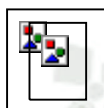
Herramientas útiles

- Una gama de herramientas, como una tecla disparadora y una plomada láser, agilizan su trabajo



PinPoint EDM

- El más preciso de su clase (1,5 mm + 2 ppm)
- Extremadamente rápido (1 segundo)
- > 1000 metros sin prisma
- Centrador láser coaxial y haz de medición



Teclado alfanumérico

- Introducción de datos rápida y sin errores



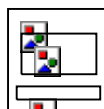
Pantalla grande de alta resolución

- Visualización completa en la pantalla de alta resolución más grande de su clase



Versión ártica

- Para uso a -35 °C (-31 °F)



mySecurity

- Sistema de bloqueo para protección antirobo



Tercera ventaja:

Máxima precisión, velocidad y eficiencia

Todo el mundo afirma que sus productos son "fáciles de usar". Pero esta promesa solo se puede demostrar en la práctica. Gracias a la participación de expertos en medición profesional en el desarrollo de Leica FlexLine TS06plus, esta le permite trabajar de forma rápida y eficaz desde el primer día.

Medición de distancias electrónicamente

TS06plus le permite afrontar con seguridad la exigente labor de medición de largas distancias con precisión en cualquier lugar. Le ofrece la medición de distancias electrónica más precisa.

Modo prisma

- Precisión+ (1,5 mm + 2 ppm)
- Velocidad (1 segundo)

Modo sin prisma

- Precisión (2 mm + 2 ppm)
- PinPoint EDM con centrador láser coaxial pequeño y haz de medición para apuntar y medir con precisión
- Requiere menos ajustes, ya que los objetivos en los que no es posible colocar un reflector se puede utilizar medición sin reflector hasta 1000 m.

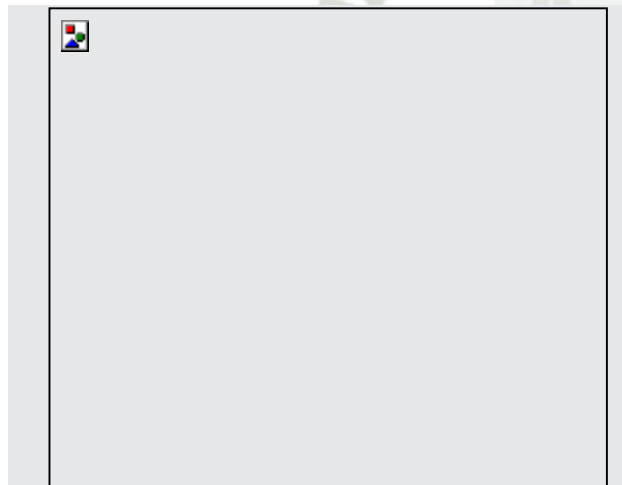


Facilidad de uso de serie: Teclado completamente alfanumérico

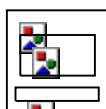
El teclado completamente alfanumérico de Leica TS06plus se incluye de

serie y permite introducir números, letras y caracteres especiales de forma rápida y sencilla, p. ej., códigos. Aumenta la velocidad de trabajo y reduce al mismo tiempo posibles factores de error.

Software incorporado de FlexField plus: Fácil de usar gracias a las orientaciones gráficas y a los flujos de trabajo intuitivos.



La cubierta lateral de comunicaciones de Leica FlexLine TS06plus permite una conexión sin cables a cualquier recopilador de datos mediante Bluetooth®; por ejemplo, los controladores de campo Leica CS20 o el tablet Leica CS35 con software Captivate. El lápiz USB permite una transferencia flexible de datos como GSI, DXF, ASCII, LandXML y CSV.



Leica Geosystems – mySecurity

mySecurity le ofrece tranquilidad absoluta. Si alguna vez le roban el instrumento, está disponible un mecanismo de bloqueo para garantizar que el dispositivo quede inhabilitado y no se pueda utilizar.

Especificaciones demostradas, instrumentos fiables

MEDICIÓN DE ÁNGULOS (HZ, V)

Precisión ¹⁾	1" (0,3 mgon) / 2" (0,6 mgon) 3" (1 mgon) / 5" (1,5 mgon) 7" (2 mgon)	✓
Método	Absoluto, continuo, diametral: en todos los modelos	✓
Resolución de la pantalla	0,1" / 0,1 mgon / 0,01 mil	✓
	todos los modelos	✓
Configuración de precisión del compensador	0,5" / 0,5" / 1" / 1,5" / 2"	✓
Rango de compensador	0,07 gon	✓
Tornillos sin fin	Movimientos suaves sin tiempo de repuesta demorada	✓

MEDICIÓN DE DISTANCIAS CON PRISMA

Alcance ²⁾ Prisma redondo (Leica GPR1)	3500 m	✓
Rango ²⁾ Cinta reflectante (60 mm x 60 mm)	>500 m ⁹⁾	✓
	>1000 m ¹⁰⁾	✓
Alcance ²⁾ Prism-Long (Leica GPR1, R500/R1000)	<10 000 m	✓
Precisión ³⁾	Precise+: 1,5 mm + 2,0 ppm Precise Fast: 2,0 mm + 2,0 ppm Seguimiento: 3,0 mm + 2,0 ppm	✓
Tiempo de medición típico ⁴⁾	1,0 s	✓
Tiempo de medición en modo "Precise+"	2,4 s	✓

MEDICIÓN DE DISTANCIAS SIN PRISMA ⁹⁾

Alcance ⁵⁾ PinPoint R500 / R1000	> 500 m / > 1000 m	✓
Precisión ³⁾ ⁶⁾	2 mm + 2 ppm	✓
Tamaño del punto láser	A 30 m: aprox. 7 x 10 mm A 50 m: aprox. 8 x 20 mm	✓

ALMACENAMIENTO DE DATOS / COMUNICACIÓN

Memoria interna	Máx.: 100 000 puntos fijos, Máx.: 60 000 mediciones	✓
Interfaz	– Serie (Velocidad de baudios hasta 115 200) – USB Tipo A y mini B, Bluetooth® inalámbrico, clase 1	✓
–	150 m – TCPS29 (non-EU) > 1000 m – TCPS30 (EU) > 500 m GSI / DXF / LandXML / CSV / formatos ASCII definibles por el usuario	✓
Formatos de datos		✓

LUCES GUÍA DE REPLANTEO (EGL)

Área de trabajo (condiciones atmosféricas promedio)	5 m – 150 m	○
Precisión de posición	5 cm a 100 m	○

OBJETIVO

Aumento	30 x	✓
Poder de resolución	3"	✓
Campo de visión	1° 30' (1,66 gon) 2,7 m a 100 m	✓
Alcance de enfoque	1,7 m al infinito	✓
Retículo	Iluminado, 10 niveles de intensidad	✓

TECLADO Y PANTALLA

Teclado y pantalla	Para teclado alfanumérico con alta resolución, pantalla en blanco y negro, gráficos, 160 x 288 píxeles, pantalla iluminada, 5 niveles de intensidad	✓
Posiciones	Posición I, Posición II	✓

SISTEMA OPERATIVO

Windows CE	5.0 Core	✓
------------	----------	---

PLOMADA LÁSER

Tipo	Centrador láser, 5 niveles de intensidad	✓
------	--	---

Precisión de centrado	1,5 mm a una altura del instrumento de 1,5 m	✓
-----------------------	--	---

BATERÍA

Tipo	Ion de Litio	✓
Tiempo de operación ⁷⁾	Aprox. 30 horas	✓
Tiempo de carga	2,3 horas	✓

PESO

La estación total incluye GEB211 y base nivelante	5,1 kg	✓
---	--------	---

ESPECIFICACIONES AMBIENTALES

Rango de temperatura (funcionamiento)	De -20 °C a +50 °C (-4 °F a +122 °F) Versión Arctic -35 °C a 50 °C (-31 °F a +122 °F)	✓
Polvo / Agua (IEC 60529) Humedad	IP55, 95%, sin condensación	✓

SOFTWARE INCORPORADO DE LEICA FLEXFIELD:

Aplicaciones incluidas: Medición incl. Vista de mapa; Replanteo; Estacionamiento, incluyendo: Intersección inversa, Intersección inversa local, Intersección inversa de Heibert, Orientación (Ángulos y coordenadas), Arrastre de cotas, Área (Plano y superficie); Cálculo de volumen DTM; Distancia de enlace (MLM); Cota remota; Punto oculto; Comprobación visual de espalda; Distancia de enlace; Línea de referencia; Arco de referencia; Plano de referencia; Carreteras 2D; COGO

Aplicaciones adicionales: Carreteras 3D, Túnel, Poligonal

PROTECCIÓN CONTRA ROBO

mySecurity, código PIN/PUK	✓
----------------------------	---

Comparación de modelos: Configuraciones y opciones de estaciones totales manuales

	TS02PLUS	TS06PLUS	TS09PLUS	VIVA TS11
Precisión angular de 1"	–	○	○	○
Mayor precisión de medición a prismas	1,5 mm + 2 ppm			
Alcance de medición sin prisma	opción de 500 m	500 m incluido/1000 m opcional	500 m incluido/1000 m opcional	500 m incluido/1000 m opcional
Pantalla con gráficas e iluminación				
Para teclado alfanumérico con teclas de función	Blanco y negro de alta resolución	Blanco y negro de alta resolución	Pantalla táctil a color Q-VGA	Pantalla táctil a color Full-VGA
Segundo Teclado	–	✓	✓	✓
Iluminación del teclado	–	○	○	○
Luz Guía de Replanteo (EGL)	–	–	–	–
Tipo USB A y mini B	○	○	○	○
Bluetooth® inalámbrico	–	–	–	–
Tarjeta SD	–	–	–	–
Gestión de imágenes	–	–	–	–
Compatibilidad con Smart Station GNSS	–	○	✓	✓
Software incorporado (contenido del paquete)	–	✓	✓	✓

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos

En su investigación no olvide referenciar esta tesis

- 1) Desviación típica ISO-17123-3
2) Cielo cubierto, sin neblina, visibilidad de aprox. 40 km, sin reverberación.
3) Desviación típica ISO-17123-4
4) Modo de prisma Precise Fast
5) 500 m. Medición óptimas con tarjeta Kodak – Grey Card (90% reflectante). El alcance máximo varía según las condiciones atmosféricas, la reflectancia del objeto a medir y la estructura de la superficie.
6) Alcance > 500 m 4 mm+2 ppm
7) Medición simple cada 30 segundos a 25 °C. El tiempo de la batería puede ser menor si la batería no es nueva. Batería interna GEB222.
8) El tiempo de medición sin prisma puede variar según los objetos de medición, las circunstancias de la observación y

REPOSITORIO DE TESIS UCSM



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- las condiciones ambientales.
9) Con opción R500 usando modo sin prisma
10) Con opción R1000 usando modo sin prisma

- ✓ Incluido
○ Opcional
— No disponible



Revolucionando el mundo de la medición y de la topografía durante casi 200 años, Leica Geosystems ofrece soluciones completas para los profesionales en todo el mundo. Conocida por sus productos de alta calidad y el desarrollo de soluciones innovadoras, los profesionales de una amplia gama de industrias, como la aeroespacial y de defensa, seguridad, construcción y manufactura, confían en Leica Geosystems para todas sus necesidades geoespaciales. Con instrumentos precisos, software sofisticado y servicios fiables, Leica Geosystems ofrece valor todos los días a quienes dan forma al futuro de nuestro planeta.

Leica Geosystems es parte de Hexagon (Nasdaq Stockholm: HEXA B; hexagon.com), un proveedor líder en el mundo de tecnologías de la información para el incremento de la productividad y la calidad en aplicaciones empresariales del sector industrial y geoespacial.

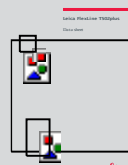


La marca **Bluetooth**® y su logotipo son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y cualquier uso de tales marcas por Leica Geosystems AG se realiza bajo licencia.

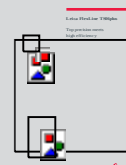
Otras marcas y nombres registrados son de sus respectivos propietarios.

Imagen de portada: Perfil arquitectónico de Dubái

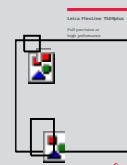
Las ilustraciones, las descripciones y los datos técnicos no son vinculantes. Todos los derechos reservados. Impreso en Suiza. Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza, 2016. 789491es – 06.16



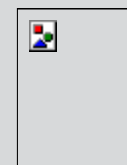
**FlexLine
TS02plus**
Catálogo



**FlexLine
TS09plus**
Catálogo



FlexFieldplus
Catálogo



Viva TS11
Catálogo



**Accesorios
originales**
Catálogo

Leica Geosystems AG
leica-geosystems.com



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

ANEXO 3



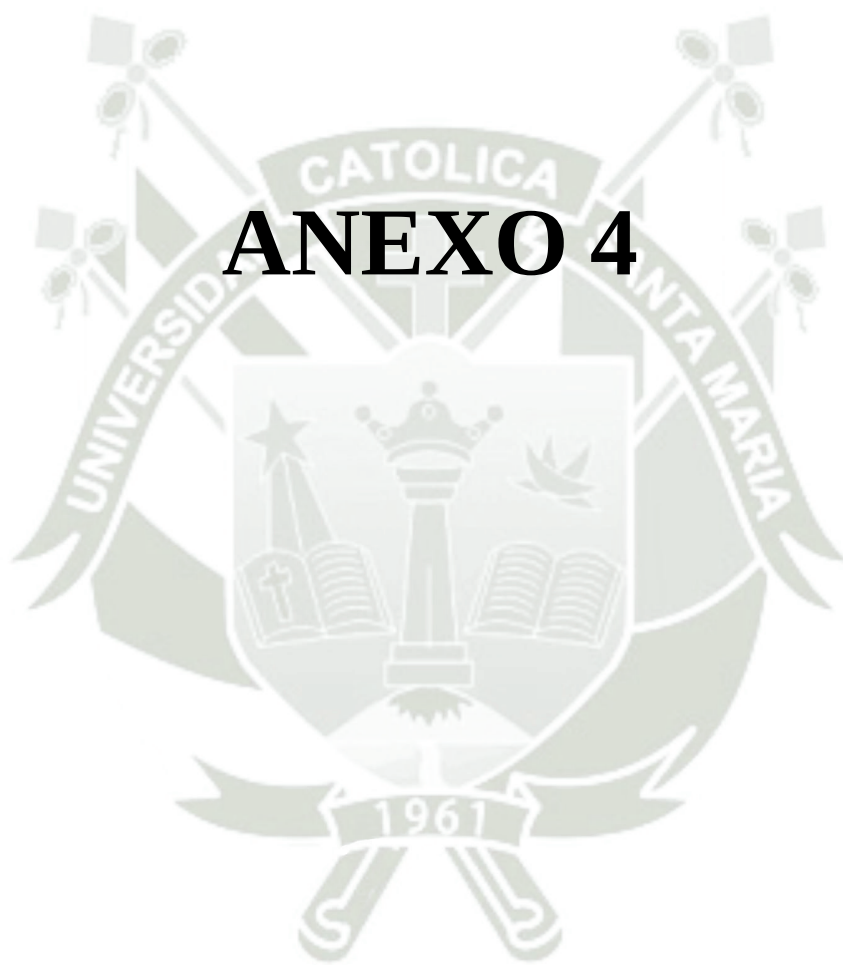
1	8193722.882	215437.8768	2326.4007	ESTACA
2	8193722.471	215437.107	2326.1081	HOMBRO
3	8193718.386	215435.2599	2325.9088	HOMBRO
4	8193717.372	215435.6293	2325.9519	HOMBRO
5	8193712.853	215441.8701	2326.1883	HOMBRO
6	8193706.718	215449.6486	2325.6966	HOMBRO
7	8193701.324	215456.4965	2325.4625	HOMBRO
8	8193697.464	215461.8884	2325.2419	HOMBRO
9	8193695.413	215464.7077	2324.7913	HOMBRO
10	8193693.795	215467.0964	2324.083	HOMBRO
11	8193691.82	215471.1519	2323.3405	HOMBRO
12	8193687.201	215476.8457	2321.3169	HOMBRO
13	8193697.604	215479.9919	2321.0913	TN
14	8193705.846	215487.0116	2320.6158	TN
15	8193710.14	215480.6871	2323.319	TN
16	8193702.548	215475.2559	2324.0473	TN
17	8193697.371	215468.8557	2324.7746	ESTACA
18	8193702.434	215468.7387	2325.1251	TN
19	8193711.507	215472.9916	2325.6494	TN
20	8193718.711	215476.5757	2325.4728	TN
21	8193721.757	215471.4951	2326.6146	TN
22	8193714.879	215467.6397	2326.1745	TN
23	8193706.6	215462.9935	2325.7078	TN
24	8193710.649	215455.5145	2325.8681	TN
25	8193716.857	215458.8299	2326.3179	TN
26	8193722.979	215462.5551	2326.8726	TN
27	8193725.648	215456.5153	2327.2461	TN
28	8193720.055	215453.4827	2326.6433	TN
29	8193714.3	215450.0817	2326.3375	TN
30	8193718.975	215444.0133	2326.4481	TN
31	8193724.689	215447.2487	2327.0093	TN
32	8193730.228	215449.8799	2327.5174	TN

33	8193733.601	215445.366	2327.6732	TN
34	8193734.801	215443.9646	2327.1289	ACCESO
35	8193738.186	215439.8815	2326.8963	ACCESO
36	8193731.54	215433.7796	2325.6326	ACCESO
37	8193727.811	215437.8711	2325.7188	ACCESO
38	8193726.523	215439.2754	2326.6568	ACCESO
39	8193721.234	215432.5025	2324.2415	ACCESO
40	8193724.029	215427.9815	2324.0394	ACCESO
41	8193718.412	215423.373	2323.0739	ACCESO
42	8193714.45	215426.4479	2323.4809	ACCESO
43	8193709.755	215431.4514	2323.4716	ACCESO
44	8193717.192	215433.1671	2323.7356	ACCESO
45	8193714.488	215436.514	2323.6345	ACCESO
46	8193710.885	215440.3673	2323.4926	ACCESO
47	8193706.232	215436.1919	2323.3528	ACCESO
48	8193702.777	215440.0306	2323.1693	ACCESO
49	8193707.252	215444.6019	2323.2853	ACCESO
50	8193702.113	215450.332	2322.5938	PCT-12
51	8193697.692	215446.5343	2322.3641	ACCESO
52	8193692.874	215452.3381	2321.7475	ACCESO
53	8193697.622	215457.0805	2322.0399	ACCESO
54	8193691.737	215465.2135	2320.8143	ACCESO
55	8193686.864	215459.4133	2320.967	ACCESO
56	8193685.272	215456.6065	2323.829	TN
57	8193684.429	215455.9961	2323.4813	TN
58	8193687.423	215452.5042	2324.1171	TN
59	8193688.22	215453.136	2324.2513	TN
60	8193691.41	215449.802	2324.7634	TN
61	8193690.552	215448.8228	2324.6966	TN
62	8193694.41	215446.334	2325.1755	TN
63	8193693.305	215445.5793	2325.0468	TN
64	8193696.932	215441.9738	2325.3879	TN

65	8193697.725	215442.3537	2325.4729	TN
66	8193701.048	215439.4924	2325.8488	TN
67	8193700.216	215438.7069	2325.4635	TN
68	8193702.527	215435.871	2325.3451	TN
69	8193703.241	215436.2297	2325.7189	TN
70	8193704.973	215433.8567	2325.5142	TN
71	8193704.497	215433.3256	2325.1161	TN
72	8193705.782	215431.2913	2324.9091	TN
73	8193706.245	215431.9965	2325.374	TN
74	8193708.201	215424.8411	2324.363	TN



ANEXO 4



principaLEs caractErísticas

- Diseño de sistema flexible e integrado
- Escalable para añadir capacidad a medida que cambien las necesidades de su negocio
- Posicionamiento GPS líder de la industria, que incluye L2C
- Preparado para Trimble Integrated Surveying™

Esté preparado para todo, con el sistema receptor GPS Trimble R6. El Trimble R6 combina avanzada tecnología GNSS con la escalabilidad y la flexibilidad de adaptarse y crecer a medida que cambian las necesidades de su negocio.

Con opciones de comunicación integradas, soluciones flexibles de colector de datos, una selección de software de campo y opciones de actualización a GNSS, usted está preparado para cuanto desee trabajar hoy, y listo para los cambios que pueda traer el mañana .

disEño dE sistEma fLEXiBLE E intEGrado

El receptor mismo combina un receptor GPS altamente integrado y avanzado, una antena de precisión, una batería de larga duración y comunicaciones integradas en una carcasa resistente y fiable . Escoja el tipo de comunicación más adecuado para la manera como trabaja su cuadrilla .

El módem celular integrado agiliza la operación dentro de las redes VRS . La RX o RX/TX UHF integrada agiliza las aplicaciones de móvil/base RTK .

Para tener soporte de constelaciones adicional, también puede escoger añadir soporte de GLONASS a las señales GPS L1, L2 y L2C, que son parte estándar del Trimble R6 .

EscaLaBiLidad para dar rEspuEstas a sus cambiantEs nEcesidadEs

Con soluciones Trimble como el Trimble R6, su negocio tiene la flexibilidad de escoger las capacidades que necesita hoy y la escalabilidad para añadir más funcionalidad a medida que sus necesidades cambien en el futuro .

- **Trimble TSC2 o Controlador de Trimble CU**
Mediante una computadora de mano o una unidad controladora desmontable, los sistemas de móvil basados en el Trimble R6 son livianos, flexibles y sin cables . El Trimble TSC2® ofrece un teclado completo y capacidades de expansión para ofrecer versatilidad e integración con los instrumentos ópticos Trimble .
- **Software de Campo Trimble**
El software de campo Trimble pone en sus manos el poder de gestionar de manera impecable el flujo de datos, la eficiencia en el campo y una verdadera solución Integrated Surveying™ . El innovador software Trimble Access le permite controlar con precisión cualquier situación de levantamiento . Hay disponibles también Flujos de Trabajo Simplificados

opcionales, para generar resultados rápidos en tareas especializadas .

- **Software Trimble Business Center Office**
Transfiera fácilmente datos GNSS a la oficina para el procesamiento de los datos . Aproveche la potencia del ajuste de red de Trimble Business Center, combinando sus mediciones ópticas y GPS para obtener los mejores resultados generales .

TECNOLOGÍA GNSS QUE MARCA LA DIFERENCIA

El receptor Trimble R6 da la exactitud y la fiabilidad necesarias para hacer levantamientos de precisión con un rastreo superior y rendimiento de RTK . Con GPS L2C incluido y la opción GLONASS, puede rastrear más satélites y medir con mayor eficacia en ambientes difíciles . L2C da más que sólo señales adicionales . La avanzada estructura de señales da una mejor potencia para un rastreo de satélites más fiable .

Reduzca el tiempo de inactividad causado por la pérdida de enganche y el tiempo necesario para reinicializar, con la avanzada tecnología de posicionamiento y rastreo de Trimble .

intEGratEd surVEYinG™ para una soluciÓn total

Lleve el poder de las tecnologías GNSS y óptica a cada sitio de obra . Con Trimble Integrated Surveying, su Controlador Trimble funciona como punto común de integración, de modo que todos los datos se recolecten en un solo archivo de trabajo .

Con Trimble I.S. Rover, puede aprovechar la alta productividad de la captura de datos GPS cuando hay buena visibilidad, y pasar sin problemas a utilizar estaciones totales robóticas Trimble para realizar mediciones precisas en lugares difíciles de alcanzar .

Basta con añadir un prisma al jalón del móvil y conectarlo a un sistema óptico robótico . Esta solución integrada aumenta al máximo lo mejor de ambas técnicas de levantamientos con una eficiencia en el campo incluso mayor .

*El sistema GPS Trimble R6 se muestra con el controlador Trimble TSC2.
También se ofrece compatibilidad con el controlador Trimble CU.
También se o*



Especificaciones de funcionamiento mediciones

- Tecnología Trimble R-Track
- Chip GNSS Avanzado Trimble Maxwell 5 para Levantamientos Personalizados con 72 canales
- Correlator múltiple de alta precisión para mediciones de pseudorrango GNSS
- Datos de medición de pseudorrango sin filtrar ni afinar para obtener una correlación de dominios de baja duración, baja cantidad de errores multitrayecto y bajo nivel de ruido, con una alta respuesta dinámica
- Mediciones de fase de portadora GNSS con muy bajo nivel de ruido y una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Relaciones de señal a ruido informadas en dB-Hz
- Prueba tecnología de rastreo de baja elevación Trimble
- Señales de satélite rastreadas en simultáneo:
 - GPS: L1C/A, L2E, L2E (método Trimble para rastrear L2P)
 - GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A (sólo GLONASS M), L2P
 - SBAS: L1C/A

posicionamiento Gps diferencial de código¹

Horizontal 0,25 m + 1 ppm RMS
 Vertical 0,50 m + 1 ppm RMS
 Precisión de posicionamiento
 diferencial WAAS² por lo general, menos de 5 m 3DRMS

Levantamientos GnsS static y faststatic¹

Horizontal 3 mm + 0,1 ppm RMS
 Vertical 3,5 mm + 0,4 ppm RMS

Levantamientos cinemáticos¹

Horizontal 10 mm + 1 ppm RMS
 Vertical 20 mm + 1 ppm RMS
 Tiempo de inicialización³ por lo general, menos de 25 segundos
 Fiabilidad de la inicialización⁴ por lo general, más de un 99,9%

hardware

características físicas

Dimensiones (Ancho x Alto) 19 cm x 10,9 cm (7,5 pulg x 4,3 pulg),
 incluidos los conectores
 Peso 1,34 kg (2,95 lb) con batería interna, radio interna,
 antena UHF estándar.
 Móvil RTK completo de menos de 3,70 kg (8,16 lb) incluidas
 baterías, jalón, controlador y soporte

Temperatura⁵

Funcionamiento -40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)
 Almacenamiento -40 °C a +75 °C (-40 °F a +167 °F)
 Humedad 100%, con condensación
 Impermeabilidad al agua y polvo Protección contra ingreso de polvo
 según norma IP67, con protección contra inmersión
 temporal a una profundidad de 1 m (3,28 pies)

© 2006–2009, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble, el logo del Globo terráqueo y el Triángulo y TSC2 son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Integrated Surveying, Maxwell, R-Track y Trimble Survey Controller son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. La marca con la palabra Bluetooth y los logos son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y todo uso de dichas marcas por parte de Trimble Navigation Limited es bajo licencia. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos titulares. NP 022543-259D-E (11/09)

Golpes y vibraciones Las pruebas confirman que cumple los
 siguientes estándares ambientales:
 Golpes Apagado: Diseñado para resistir una caída desde
 un jalón de 2 m (6,6 pies) sobre superficies duras.
 Encendido: De diente de sierra hasta 40 G, 10 mseg
 Vibraciones MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

aspectos eléctricos

- Alimentación de 11 V CC a 28 V CC de entrada de potencia externa con protección contra sobretensión en Puerto 1 (Lemo de 7 pines)
- Batería de ión-litio recargable y removible de 7,4 V y 2,4 Ah en el compartimento interno para batería. El consumo de energía es 3,2 W, en modo móvil RTK con radio interna. Duración de funcionamiento con batería interna:
 - Opción de sólo recepción de 450 MHz 5,8 horas⁷
 - Opción de recepción/transmisión de 450 MHz 3,7 horas⁸
 - GSM/GPRS 4,1 horas⁹
- Certificación Clase B Parte 15, 22, 24 Certificación FCC, 850/1900 MHz. Módulo GSM/GPRS Clase 10. Aprobación de Marca CE y aprobación de C-tick

comunicaciones y almacenamiento de datos

- Serial de 3 cables (Lemo de 7 pines) en Puerto 1. Serial RS-232 completo en el Puerto 2 (Dsub de 9 pines)
- Opción de receptor/transmisor de 450 MHz completamente integrado y sellado:
 - Potencia de transmisión: 0,5 W
 - Alcance⁶: 3–5 km por lo general / 10 km óptimo
- Opción de GSM/GPRS interno completamente integrado y sellado⁷
- Puerto de comunicaciones de 2,4 GHz completamente integrado y sellado (Bluetooth®)⁹
- Soporte de teléfono móvil externo para módems GSM/GPRS/CDPD para operaciones de RTK y VRS
- Almacenamiento de datos en memoria interna de 11 MB: 302 horas de observables brutos, basado en grabación cada 15 segundos desde un promedio de 6 satélites
- Posicionamiento de 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz y 10 Hz
- Entrada y salida CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
- 16 salidas NMEA, salidas GSOF, RT17 y RT27.. Soporta BINEX y portadora suavizada

¹ La precisión y la fiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debido a multitrayecto, obstrucciones, geometría de satélites y condiciones atmosféricas. Siempre siga las prácticas de levantamiento recomendadas.

² Depende del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS.

³ Puede resultar afectado por las condiciones atmosféricas, multitrayecto de señal, obstrucciones y geometría de satélites.

⁴ Puede resultar afectado por las condiciones atmosféricas, multitrayecto de señal y geometría de satélites. La fiabilidad de la inicialización se monitorea constantemente para asegurar la más alta calidad.

⁵ Normalmente, el receptor operará a -40 °C y las baterías internas se miden a -20 °C.

⁶ Varía según el terreno y las condiciones de operación.

⁷ Varía según la temperatura.

⁸ Varía según la temperatura y la velocidad de transmisión de datos inalámbricos.

⁹ Las aprobaciones de tipo Bluetooth son específicas según el país. Comuníquese con su Socio Autorizado de Distribución de Trimble local para obtener más información.

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.



AMÉRICA DEL NORTE

Trimble Engineering
 & Construction Group
 5475 Kellenburger Road
 Dayton, Ohio 45424-1099
 EE.UU.
 800-538-7800 (Teléfono sin cargo)
 Teléfono +1-937-245-5154
 Fax +1-937-233-9441

EUROPA

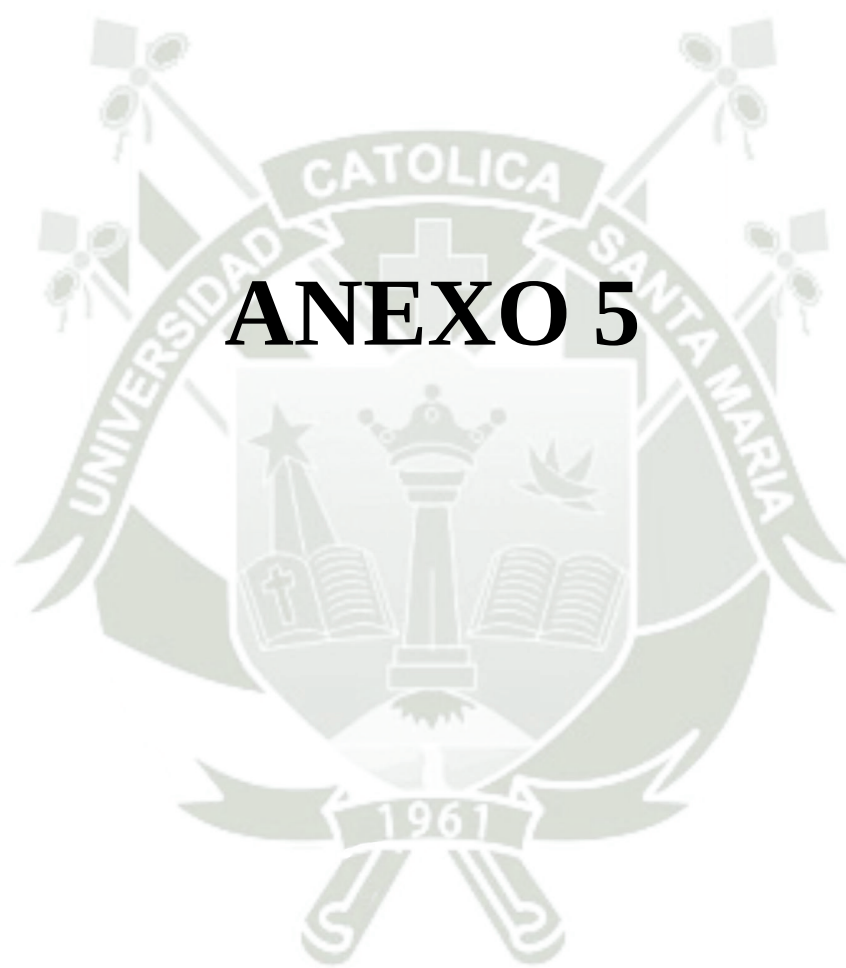
Trimble Germany GmbH
 Am Prime Parc 11
 65479 Raunheim • ALEMANIA
 Teléfono +49-6142-2100-0
 Fax +49-6142-2100-550

ASIA-PACÍFICO

Trimble Navigation
 Singapore Pty Limited
 80 Marine Parade Road
 #22-06 Parkway Parade
 Singapore 449269 • SINGAPUR
 Teléfono +65-6348-2212
 Fax +65-6348-2232







ANEXO 5



PHANTOM 4 PRO V2.0

Sobre Nosotros

CORPORACION SEGURIMAX SAC

Somos una empresa con experiencia en ejecución de proyectos integrales en el uso de equipos UAV y asesorías de los mismos a nivel nacional, contamos con un staff de técnicos e ingenieros que están altamente capacitados en la especialidad, respetando los planes de trabajo cumpliendo las normas de seguridad.

Disponemos de Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente (RPAS) adaptables a las distintas necesidades y condiciones de trabajo. En función de la misión a realizar, seleccionamos y ponemos en marcha la mejor solución para sus necesidades.

Somos Distribuidores Oficiales de los modelos de DJI, Brindamos el servicio de Reparación y Garantía Oficial a Nivel Nacional y trabajamos con las principales marcas del mercado. Gracias a estos sistemas y al software de tratamiento de datos específico para cada aplicación, es posible aplicar los UAV en trabajos de cartografía, topografía, Arqueología, trabajos forenses, inspección y reportaje aéreo entre otras.

Entre los servicios que brindamos están:

- Levantamientos Topográficos
- Cartografía e Imágenes Georreferenciadas
- Modelos en 3D
- Escaneo con Drones
- Monitoreo térmico
- Estudios Y Proyecciones Geomagnéticas
- Supervisión de Operación 24/7/365

Entre otros Servicios, desarrollados siempre con ética y responsabilidad social, tomando en cada decisión y acción el impacto de nuestro trabajo en el medio ambiente y bajo las normas establecidas

Introducción

Un drone es un Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente (RPAS por sus siglas en español. En la actualidad tiene diferentes funciones que son fundamentales dentro de la sociedad, desde propuestas comerciales hasta el rescate de personas.

En los últimos años, gracias a que los precios de fabricación descendieron, se amplió el uso de estos aviones y podemos disponer de esta tecnología para otras funciones más nobles como la investigación científica o el entretenimiento. Tengamos en cuenta que comprar un drone es 60 veces más barato que un helicóptero y los costos operativos son muchísimos más bajos.

Las tareas que hasta el momento fueron probadas con drones:

1. En Eventos
2. Como delivery
3. En situaciones de emergencia
4. Búsqueda de personas
5. Control social
6. Vigilancia fronteriza
7. Zonas rurales
8. Control de incendios forestales
9. Investigaciones arqueológicas
10. Fines geológicos
11. Investigaciones biológicas
12. Manipulación de materiales nocivos
13. Como satélites
14. Jugar con drones

Los drones llegaron para quedarse, los usos parecen aumentar cada día de la mano de la población civil y científica. Estamos viviendo el auge de la creatividad en funciones y aplicaciones de este aparato, las cuales parecen realmente infinitas. Probablemente, algún día con el avance de la tecnología, estas fascinantes naves nos van a permitir explorar zonas fuera del planeta y hasta donde la imaginación dé.

Propuesta

Inteligencia visionaria. Imaginación elevada

Con un sensor CMOS de 1 pulgada que puede grabar videos 4K / 60fps y fotos de 20MP, el Phantom 4 Pro V2.0 otorga a los cineastas una libertad creativa absoluta. El sistema de transmisión OcuSync 2.0 HD garantiza conectividad estable y con habilidad, cinco direcciones de detección de obstáculos garantizan seguridad adicional, y un controlador remoto dedicado con una pantalla incorporada garantiza una mayor precisión y control. [1] Una amplia gama de funciones inteligentes facilita mucho el vuelo. El Phantom 4 Pro V2.0 es una solución completa de imágenes aéreas, diseñada para el creador profesional.



4K

4K / 60fps



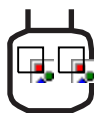
Sensor de 1 pulgada



Obturador mecánico



5 direcciones



OcuSync 2.0
Sistema de



30 minutos máximo
Tiempo de vuelo

Potente rendimiento aéreo Increíble cámara cardán

La cámara integrada cuenta con un sensor CMOS de 1 pulgada y 20MP y un obturador mecánico, lo que elimina la distorsión del obturador. Un sensor avanzado y un procesamiento impresionante capturan cada detalle y proporcionan los datos de imagen necesarios para la posproducción avanzada.

La cámara Phantom 4 Pro V2.0 tiene una lente gran angular $f / 2.8$ optimizada, lo que garantiza fotos y videos consistentemente detallados que se mantienen vívidos y nítidos mientras se mantiene la precisión del color.



Video 4K profesional

Un sistema de procesamiento de video mejorado permite capturar videos en Cinema 4K a 100 Mbps, lo que permite tomas en cámara lenta de alta resolución. Grabe en modo D-Log y códec H.265 para capturar imágenes profesionales con alto rango dinámico, optimizando la calidad de la imagen.

Velocidad de bits de

100 Mbps

Velocidad de fotogramas

4K / 60 fps

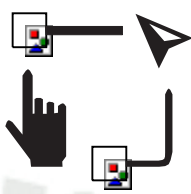
D-Log

Perfil de color

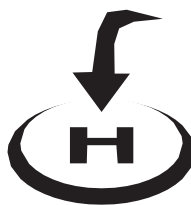
Modos de vuelo inteligentes



ActiveTrack



Modo de dibujar



Vuelve a casa



Modo de gestos



TapFly

Seguridad integral de vuelo

FlightAutonomy es una plataforma avanzada de inteligencia aérea y automatización de vuelo, que brinda a los cineastas la conanza para capturar imágenes más complejas. Una vista en tiempo real de su entorno y un mapa 3D proporcionan datos cruciales. Las IMU y las brújulas redundantes monitorean datos críticos y descartan posibles errores, mejorando dramáticamente la conabilidad del vuelo. La detección de obstáculos en cinco direcciones mejora la seguridad y la experiencia general de vuelo.



Transmisión de imágenes OcuSync 2.0 HD

El controlador remoto del Phantom 4 Pro V2.0 utiliza la transmisión de video OcuSync 2.0, que emplea tecnología de multiplexación por división de tiempo para enviar señales de control y recibir señales de video simultáneamente, lo que permite la transmisión en vivo de 1080p a una distancia de hasta ocho kilómetros. [3] Compatible con 2.4 GHz y 5.8 GHz, OcuSync 2.0 escanea la banda de frecuencia con la menor interferencia y cambia en consecuencia para mantener una transmisión clara. Gracias a OcuSync 2.0, el Phantom 4 Pro V2.0 se conecta de forma inalámbrica a las DJI Goggles para una experiencia aún más inmersiva.

Mando a distancia intuitivo

Una pantalla ultra brillante de 5.5 pulgadas hace que los colores vivos sean fácilmente visibles incluso bajo la luz solar directa. Como la aplicación DJI GO 4 está integrada en la pantalla, no se requiere un dispositivo móvil, lo que simplifica la operación. El controlador remoto presenta varios puertos diferentes y una duración de la batería de cinco horas, lo que convierte al Phantom 4 Pro V2.0 en una solución integral de imágenes aéreas.



Batería de vuelo inteligente

La aplicación DJI GO 4 muestra la duración de la batería y calcula los tiempos de vuelo restantes según la distancia recorrida y más. Cuando se alcanza la distancia mínima requerida para un viaje seguro de regreso al punto de despegue, un aviso alertará al piloto. También se cuenta con un sistema avanzado de gestión de la batería para evitar la sobrecarga y el agotamiento excesivo. Cuando se almacenan a largo plazo, las baterías descargarán energía para mantener una buena salud.



AERONAVE

Peso (batería y hélices incluidas)	1375 g
Tamaño diagonal (hélices excluidas)	350 mm
Velocidad máxima de ascenso	Modo S: 6 m / s Modo P: 5 m / s
Velocidad máxima de descenso	Modo S: 4 m / s Modo P: 3 m / s
Máxima velocidad	Modo S: 45 mph (72 kph) Modo A: 36 mph (58 kph) Modo P: 31 mph (50 kph)
Ángulo de inclinación máxima	Modo S: 42 ° Modo A: 35 ° Modo P: 25 °
Velocidad angular máxima	Modo S: 250 ° / s Modo A: 150 ° / s
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000 m)
Resistencia máxima a la velocidad del viento	10 m / s
Max tiempo de vuelo	Aprox. 30 minutos
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)
Sistemas de posicionamiento satelital	GPS / GLONASS
Rango de precisión de desplazamiento	Vertical: ± 0.1 m (con posicionamiento visual) ± 0.5 m (con posicionamiento GPS) Horizontal: ± 0.3 m (con posicionamiento visual) ± 1.5 m (con posicionamiento GPS)

CARDÁN

Estabilización	3 ejes (cabeceo, balanceo, guiñada)
Rango controlable	Paso: -90 ° a + 30 °
Velocidad angular máxima controlable	Paso: 90 ° / s
Rango de vibración angular	± 0.02 °

SISTEMA DE VISIÓN

Sistema de visión	Sistema de visión hacia adelante Sistema de visión hacia atrás Sistema de visión hacia abajo
Rango de velocidad	≤31 mph (50 kph) a 6,6 pies (2 m) sobre el suelo
Rango de altitud	0-33 pies (0-10 m)
Rango de operación	0-33 pies (0-10 m)
Obstáculo Rango sensorial	2-98 pies (0.7-30 m)
FOV	Hacia adelante: 60 ° (horizontal), ± 27 ° (vertical) hacia atrás: 60 ° (horizontal), ± 27 ° (vertical) hacia abajo: 70 ° (delantero y trasero), 50 ° (izquierdo y derecho)
Frecuencia de medición	Hacia adelante: 10 Hz Hacia atrás: 10 Hz Hacia abajo: 20 Hz
Entorno operativo	Superficie con patrón claro e iluminación adecuada (lux> 15)

SISTEMA DE DETECCIÓN DE INFRARROJOS

Obstáculo Rango sensorial	0.6-23 pies (0.2-7 m)
FOV	70 ° (horizontal), ± 10 ° (vertical)
Frecuencia de medición	10 Hz
Entorno operativo	Superficie con material de reflexión difusa y reflectividad> 8% (como paredes, árboles, humanos, etc.)

CÁMARA

Sensor	CMOS de 1 pulgada Píxeles efectivos: 20 M
Lente	FOV 84 ° 8.8 mm / 24 mm (equivalente al formato de 35 mm) f / 2.8-f / 11 enfoque automático a 1 m-∞
Rango ISO	Video: 100-3200 (Auto) 100-6400 (Manual) Foto: 100-3200 (Auto) 100-12800 (Manual)



DJI SAN



DJI PERU SAN



DJI SAN

CÁMARA

Velocidad de obturación mecánica	8-1 / 2000 s
Velocidad de obturación electrónica	8-1 / 8000 s
Tamaño de la imagen	Relación de aspecto 3: 2: 5472 × 3648 Relación de aspecto 4: 3: 4864 × 3648 Relación de aspecto 16: 9: 5472 × 3078
Tamaño de imagen PIV	4096 × 2160 (4096 × 2160 24/25/30/48 / 50p) 3840 × 2160 (3840 × 2160 24/25/30/48/50 / 60p) 2720 × 1530 (2720 × 1530 24/25/30/48 / 50 / 60p) 1920 × 1080 (1920 × 1080 24/25/30/48/50/60 / 120p) 1280 × 720 (1280 × 720 24/25/30/48/50/60 / 120p)
Modos de fotografía  	Disparo en ráfaga de disparo único: 3/5/7/10/14 cuadros Horquillado de exposición automática (AEB): 3/5 cuadros entre corchetes a 0.7 EV Intervalo de sesgo : 2/3/5/7/10/15/20/30/60 sModo A: 36 mph (58 kph) Modo P: 31 mph (50 kph)
Modos de grabación de video	H.265 C4K: 4096 × 2160 24/25 / 30p @ 100Mbps 4K: 3840 × 2160 24/25 / 30p @ 100Mbps 2.7K: 2720 × 1530 24/25 / 30p @ 65Mbps 2.7K: 2720 × 1530 48/50 / 60p @ 80Mbps FHD: 1920 × 1080 24/25 / 30p @ 50Mbps FHD: 1920 × 1080 48/50 / 60p @ 65Mbps FHD: 1920 × 1080 120p @ 100Mbps HD: 1280 × 720 24/25 / 30p @ 25Mbps HD: 1280 × 720 48/50 / 60p @ 35Mbps HD: 1280 × 720 120p @ 60Mbps H.264 C4K: 4096 × 2160 24/25/30/48/50 / 60p @ 100Mbps 4K: 3840 × 2160 24/25/30/48 / 50 / 60p @ 100Mbps 2.7K: 2720 × 1530 24/25 / 30p @ 80Mbps 2.7K: 2720 × 1530 48/50 / 60p @ 100Mbps FHD: 1920 × 1080 24/25 / 30p @ 60Mbps FHD: 1920 × 1080 48 / 50/60 @ 80Mbps FHD: 1920 × 1080 120p @ 100Mbps HD: 1280 × 720 24/25 / 30p @ 30Mbps HD: 1280 × 720 48/50 / 60p @ 45Mbps HD: 1280 × 720 120p @ 80Mbps
Max Video Bitrate	100 Mbps
Sistemas de archivos compatibles	FAT32 (≤32 GB); exFAT (> 32 GB)
Foto	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Vídeo	MP4 / MOV (AVC / H.264; HEVC / H.265)

CÁMARA

Tarjetas SD compatibles	Capacidad máxima de microSD : 128 GB Velocidad de escritura ≥15MB / s, requiere clase 10 o clasificación UHS-1
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)

CONTROL REMOTO

Frecuencia de operación	2.400-2.483 GHz y 5.725-5.850 GHz
Distancia máxima de transmisión	2.400-2.483 GHz, 5.725-5.850 GHz (sin obstrucciones, sin interferencias) FCC: 8000 m CE: 5000 m SRRC: 5000 m MIC: 5000 m
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)
Batería	6000 mAh LiPo 2S
Potencia del transmisor (PIRE)	2.400-2.483 GHz FCC: 26 dBm CE: 20 dBm SRRC: 20 dBm MIC: 17 dBm 5.725-5.850 GHz FCC: 26 dBm CE: 14 dBm SRRC: 20 dBm MIC: -
Corriente de funcionamiento / voltaje	1.2 A@7.4 V
Puerto de salida de video	GL300K: HDMI GL300L: USB
Soporte para dispositivo móvil	GL300K: dispositivo de visualización incorporado (pantalla de 5,5 pulgadas, 1920 × 1080, 1000 cd / m ² , sistema Android, 4 GB de RAM ROM 16 GB de ROM) GL300L: tabletas y teléfonos inteligentes

CARGADOR

voltaje	17,4 V
Potencia nominal	100 W

BATERÍA DE VUELO INTELIGENTE

Capacidad	5870 mAh
voltaje	15,2 V
Tipo de Batería	LiPo 4S
Energía	89,2 Wh
Peso neto	468 g
Rango de temperatura de carga	41 ° a 104 ° F (5 ° a 40 ° C)
Max potencia de carga	160 W

Aplicación / Vista en vivo

Aplicación móvil	DJI GO 4
Frecuencia de trabajo de visualización en vivo	ISM de 2,4 GHz, ISM de 5,8 GHz
Calidad de visualización en vivo	720P @ 30fps, 1080P @ 30fps
Latencia	Phantom 4 Pro V2.0: 220 ms (según las condiciones y el dispositivo móvil) Phantom 4 Pro + V2.0: 160-180 ms



Plan de Mantenimiento

La plataforma área se ve sometida a factores de desgaste, corrosión, polvo, humedad y otros, para lo cual se recomienda un mantenimiento preventivo en donde:

- Se actualiza la Plataforma
- Calibración de sensores
- Calibración de Motores
- Pruebas de telemetría.
- Actualización de Celda de baterías
- Calibración de Brújula e IMU
- Limpieza General

Condiciones

- El Mantenimiento se Realiza en Nuestras Instalaciones
- El traslado y recojo del Equipo a nuestras instalaciones es por cuenta del cliente.
- El mantenimiento no incluye reparación o cambio de piezas.
- El mantenimiento se ejecuta en un máximo de 2 días siempre y cuando no existan complicaciones de reparación.
- De requerir reparación o algún cambio de piezas, esto será presupuestado como adicional y se ejecutará después de la aprobación del cliente.

CONTÁCTENOS

Con la finalidad de estar más cerca de ustedes y poder brindarles un servicio más rápido y eficiente le informamos nuestros nuevos números telefónicos. Así mismo lo invitamos a nuestra página web:

www.djiperusanisidro.com

CENTRAL TELEFÓNICA: 256-7863

Asesores Comerciales

Srta. Kassandra Villena

Celular: 945742401

ventas2@segurimaxperu.com

Anexo 11

Sr. Ánghel Verano

Celular: 999668905

Gerente Comercial: 256-7863

Sr. José Calderón

Celular: 920036211

j.calderon@segurimaxperu.com

Anexo 14

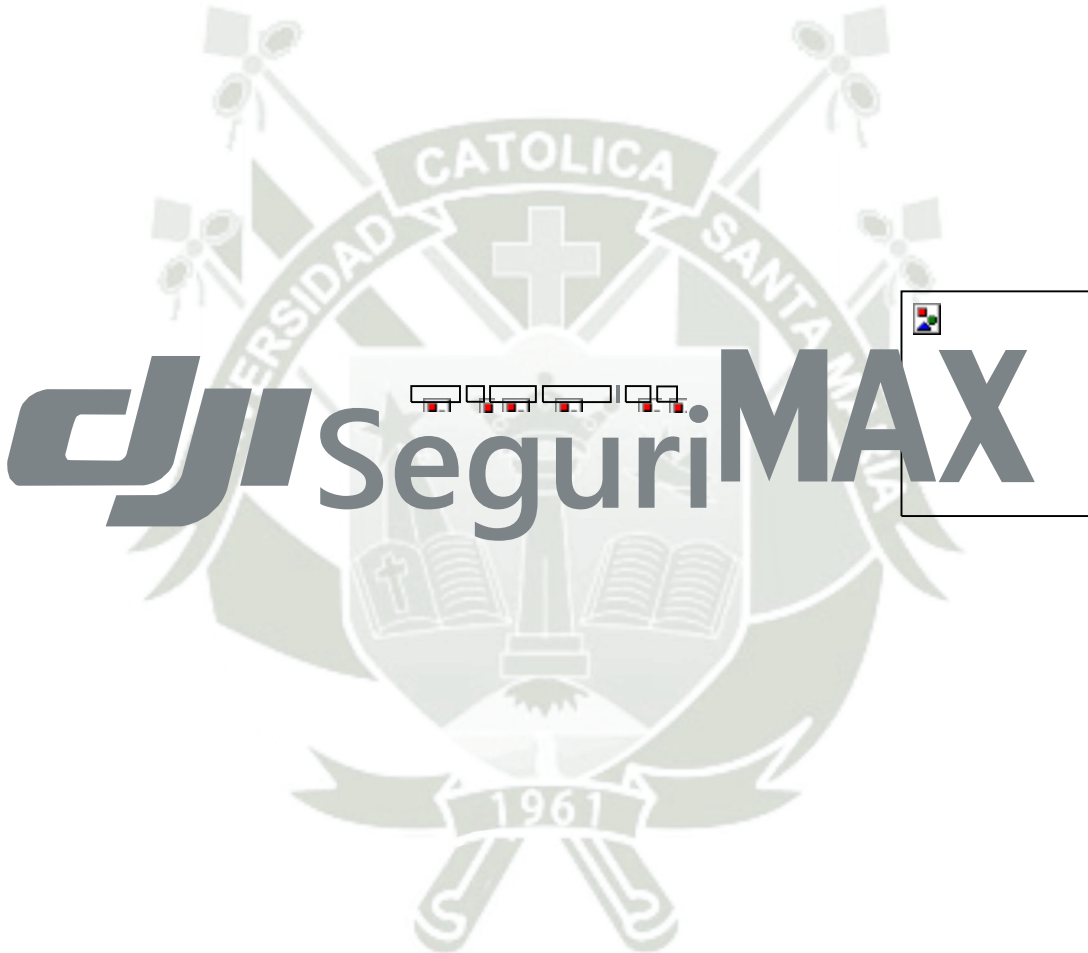
Servicio Técnico Post Venta: 256-7863

Srta. Natalia Condori

Celular: 937701962

soporte2@segurimaxperu.com

Anexo 12



dji SeguriMAX