

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Implementación del Dron JI Phantom 4 RTK en el Área de Topografía
de la Constructora D´Armies S.A.C. para Mejorar la Cubicación de
Materias Primas en la Producción de Cemento en Tarma – Junín, 2023

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Jonsh Brehily Ricaldi Esteban

REVISOR

Orlando Rossbel Delgado Guardia

Tarma, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	JONSH BREHILY
Apellidos	RICALDI ESTEBAN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	72582515
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	ORLANDO ROSSBEL
Apellidos	DELGADO GUARDIA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	40883833
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-0342-2976

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	Dron, Fotogrametría, precisión, costo, tiempo
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 045-2023-UCSS-FI/TPICIV

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Los Olivos, 30 de mayo de 2023

Siendo el día jueves 18 de mayo de 2023, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se realizó la evaluación y calificación del siguiente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

“Implementación del Dron JI Phantom 4 RTK en el Área de Topografía de la Constructora D’Armies S.A.C. para Mejorar la Cubicación de Materias Primas en la Producción de Cemento en Tarma – Junín, 2023”

Presentado por el bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Filial Tarma:

RICALDI ESTEBAN, JONSH BREHILY

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

Ing. LAURENCIO LUNA, VILMA MÓNICA

Ing. CANTA HONORES, JORGE LUIS

Luego de haber realizado las evaluaciones y calificaciones correspondientes la comisión lo declara:

APROBADO

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller RICALDI ESTEBAN, JONSH BREHILY el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,



LAURENCIO LUNA, VILMA MÓNICA
Evaluador especialista 1



CANTA HONORES, JORGE LUIS
Evaluador especialista 2

Anexo 2**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Los Olivos, 14 de agosto de 2023

Señor

Manuel Ismael Laurencio Luna
Coordinador del Programa de Estudios de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Implementación del Dron JI Phantom 4 RTK en el Área de Topografía de la Constructora D´Armies S.A.C. para Mejorar la Cubicación de Materias Primas en la Producción de Cemento en Tarma - Junín, 2023”**, presentado por RICALDI ESTEBAN, JONSH BREHILY con código 2013100853 y DNI 72582515 para optar el título profesional de Ingeniero Civil, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser publicado.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 5%**. * Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'ORLANDO ROSSBEL DELGADO GUARDIA', is centered on the page.

Orlando Rossbel Delgado Guardia
Docente Revisor
DNI N° 40883833
ORCID: 0000-0002-0342-2976
Facultad de Ingeniería - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

Resumen

El objetivo del trabajo fue implementar el dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma 2023. Por ello este estudio se enmarcó dentro de una investigación cuasi experimental, longitudinal, de tipo interviniente (buscó mejorar con la primera variable la producción de la segunda variable). Por consiguiente, los resultados obtenidos fueron los siguientes: al implementar esta tecnología se pudo reducir la entrega del informe final en un 40 % del total en comparación al método tradicional, también se logró disminuir el número de trabajadores que realizarán este proceso, de 6 trabajadores (método tradicional) a 2 trabajadores (metodología alternativa). A su vez se afirmó que el tiempo de levantamiento en campo se redujo más de un 50 % del trabajo, la precisión obtenida por el dron está dentro de los errores permisibles dentro de la fábrica, por último, se obtuvo un control del 85 % de la planta cementera, determinando que la aplicación del dron resulte viable y beneficioso. Por lo tanto, se concluyó que la aplicación de dron para la cubicación de materias primas resulta favorable tanto en tiempo, costo, seguridad y precisión.

Palabras claves: Dron, Fotogrametría, precisión, costo, tiempo.

Abstract

The objective of the work was to implement the DJI Phantom 4 RTK Drone in the topography area of Constructora D'Armies to improve the quantization of raw materials in the production of cement - Tarma 2023. For this reason, this study was framed within quasi- research experimental, longitudinal, of the intervening type (it sought to improve the production of the second variable with the first variable). Therefore, the results obtained were the following: by implementing this technology, it was possible to reduce the delivery of the final report by 40 % of the total compared to the traditional method, it was also possible to reduce the number of workers who will carry out this process, from 6 workers (traditional method) to 2 workers (alternative methodology). In turn, it was stated that the field survey time was reduced by more than 50 % of the work, the precision obtained by the Drone is within the permissible errors within the factory, finally, a control of 85 % of the accuracy was obtained. the cement plant, determining that the application of the Drone is viable and beneficial. Therefore, it was concluded that the application of Drone for the cubing of raw materials is favorable in terms of time, cost, safety and precision.

Keywords: Dron, Photogrammetry, precision, cost, time.

Índice General

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Índice General.....	4
Índice de Figuras.....	7
Índice de Tablas	10
1. Introducción	11
2. Trayectoria Del Autor	14
2.1. Información General de la Empresa D´Armies S.A.C.....	14
2.2. Reseña Histórica de la Empresa D´Armies S.A.C.	14
2.3. Organización de la Empresa D´Armies S.A.C.....	15
2.3.1. Organigrama de la Empresa.....	18
2.3.2. Misión y Visión.....	19
2.3.3. Valores y Principios	19
2.4. Breve Reseña Profesional	19
2.5. Denominación y Descripción de Área	20
2.6. Funciones Específicas Desempeñadas	20
2.7. Experiencia Profesional más Significativa.....	22
3. Problemática	25
3.1. Planteamiento del Problema.....	25
3.2. Determinación del Problema.....	27

3.2.1.	Problema Principal.....	27
3.2.2.	Problemas Específicos	27
3.3.	Objetivo General	28
3.4.	Objetivos Específicos.....	28
3.5.	Justificación.....	28
3.6.	Alcances y Limitaciones	29
4.	Marco Teórico.....	31
4.1.	Antecedentes Bibliográficos	31
4.2.	Bases Teóricas.....	33
4.3.	Definición de Términos Básicos:	40
5.	Propuesta de Solución.....	43
5.1.	Metodología de la Solución.....	44
5.2.	Desarrollo de la Solución	48
5.2.1.	Ubicación del Proyecto y Requerimientos.....	48
5.2.2.	Trabajo en Campo.....	52
5.2.3.	Trabajo de Gabinete	57
6.	Análisis de Resultados	76
6.1.	Análisis Costos – Beneficio	76
7.	Aportes más Destacables a la Empresa.....	84
8.	Conclusiones.....	87
9.	Recomendaciones	91

10.	Referencias Bibliográficas	94
11.	Anexos	99

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Organigrama de la empresa D´Armies S.A.C.</i>	18
Figura 2. <i>Evidencia de levantamiento topográfico con dron (trabajo en campo)</i>	24
Figura 3. <i>Dron DJI Phantom 4 RTK</i>	44
Figura 4. <i>Componentes del dron DJI Phantom 4 RTK</i>	45
Figura 5. <i>Características del dron DJI Phantom 4 RTK</i>	46
Figura 6. <i>Estación móvil (DJI RTK2)</i>	47
Figura 7. <i>Dron DJI Phantom 4 RTK y estación móvil</i>	48
Figura 8. <i>Ubicación geográfica de UNACEM PERÚ S.A.</i>	50
Figura 9. <i>Calibración de brújula del dron Phantom 4 RTK</i>	53
Figura 10. <i>Área del vuelo del dron</i>	57
Figura 11. <i>Fotos insertadas en el programa</i>	58
Figura 12. <i>Alineamiento de fotografías</i>	59
Figura 13. <i>Nube de puntos densa</i>	59
Figura 14. <i>Clasificación de puntos de terreno</i>	60
Figura 15. <i>Modelado 3D del terreno</i>	60
Figura 16. <i>Modelo Digital de Elevaciones</i>	61
Figura 17. <i>Ortomosacio del terreno</i>	61
Figura 18. <i>Modelo digital de elevaciones en ArcGIS</i>	62
Figura 19. <i>Ortomosaico en ArcGIS</i>	62
Figura 20. <i>Delimitación del área de acopio y obtención de elevaciones</i>	63
Figura 21. <i>Delimitación de acopio y base de acopio</i>	63

Figura 22. <i>Carpeta obtenida del trabajo en ArcGIS</i>	64
Figura 23. <i>Base de material y modelado 3D en Civil</i>	65
Figura 24. <i>Configuración de superficie a comparar</i>	65
Figura 25. <i>Puntos del terreno</i>	66
Figura 26. <i>Puntos de terreno cargados al Civil 3D</i>	67
Figura 27. <i>Delimitación de acopio con ayuda de Ortomosaico</i>	67
Figura 28. <i>Características del dron Phantom 4 RTK</i>	68
Figura 29. <i>Estación móvil (RTK)</i>	69
Figura 30. <i>Marcadores visuales en el terreno</i>	70
Figura 31. <i>GPS diferencial</i>	70
Figura 32. <i>Equipo de cómputo necesario.</i>	71
Figura 33. <i>Estructura organizacional del área</i>	73
Figura 34. <i>Cuadro comparativo de levantamientos topográficos</i>	78
Figura 35. <i>Levantamientos topográficos en la empresa UCAMEN</i>	79
Figura 36. <i>Comparación de volúmenes reales y teóricos</i>	81
Figura 37. <i>Control de toda la Fabrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	83
Figura 38. <i>Configuración de la altura de vuelo en el mando</i>	99
Figura 39. <i>Coordenadas introducidas al control</i>	100
Figura 40. <i>Plano de ubicación de materiales de la fábrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	100
Figura 41. <i>Ubicación del RTK en punto conocido de la fábrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	101
Figura 42. <i>Formato interno de control de vuelos del dron.</i>	102
Figura 43. <i>Resumen de volúmenes parte 1.</i>	103
Figura 44. <i>Resumen de volúmenes parte 2.</i>	104

Figura 45. <i>Resumen de volúmenes parte 3.</i>	105
Figura 46. <i>Resumen de volúmenes parte 4</i>	106
Figura 47. <i>Plano de volumen de Clinker en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	107
Figura 48. <i>Plano de volumen de Clinker en la fábrica UNACEM PERÚ S.A. (1).</i>	108
Figura 49. <i>Plano de volumen de Caliza en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	109
Figura 50. <i>Plano de volumen de Caliza en la fábrica UNACEM PERÚ S.A. (1).</i>	110
Figura 51. <i>Plano de volumen de Caliza en la fábrica UNACEM PERÚ S.A. (2).</i>	111
Figura 52. <i>Plano de volumen de Carbón en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	112
Figura 53. <i>Plano de volumen de Arcilla en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	113
Figura 54. <i>Plano de volumen de Arcilla en la fábrica UNACEM PERÚ S.A. (1).</i>	114
Figura 55. <i>Plano de volumen de yeso en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	115
Figura 56. <i>Plano de volumen de oxido en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.</i>	116
Figura 57. <i>Plano de volumen de oxido en la fábrica UNACEM PERÚ S.A (1).</i>	117
Figura 58. <i>Resumen general de cálculo de volúmenes parte 1.</i>	118
Figura 59. <i>Resumen general de cálculo de volúmenes parte 2.</i>	119
Figura 60. <i>Plano general de la planta de UNACEM PERÚ S.A. - Sede Condorcocha.</i>	120

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Ruta y distancia al Área de la planta</i>	49
Tabla 2. <i>Relación del personal</i>	51
Tabla 3. <i>Coordenadas UTM WGS84</i>	55
Tabla 4. <i>Datos previo al vuelo</i>	56
Tabla 5. <i>Características del equipo de computo</i>	71
Tabla 6. <i>Cargos y funciones del personal</i>	74
Tabla 7. <i>Cuadro de inversión para la implementación</i>	75
Tabla 8. <i>Cuadro de análisis costo beneficio</i>	76
Tabla 9. <i>Informe de cubicación por Entidades</i>	78

1. Introducción

El desarrollo de nuevas tecnológicas y metodologías en la sociedad permiten realizar trabajos con mayor eficiencia y eficacia por lo cual se obtienen productos de calidad a los clientes en un menor tiempo y costo consiguiendo la fidelidad de los mismos, es así que el área de la ingeniería civil es un sector en el cual se viene implementando, usando y aplicando dichas tecnologías. Dentro de la ingeniería civil, la topografía es una herramienta muy importante y fundamental para el inicio de cualquier obra y proyecto, ya que es la base de mediciones en la cual se desarrollará la creación de algún producto, para lo cual cada vez se van mejorando y modificando las técnicas, metodologías e instrumentos de aplicación. Machado y Pertuz (2020), refieren que la implementación del dron tiene una gran ventaja puesto que nos permite mejorar todos estos procesos, por lo que se tiene que verificar las características, ventajas y desventajas del mismo para analizar los costos que conlleva la aplicación de esta tecnología. Así también se tiene que precisar los gastos o costos operacionales y las posibles ganancias que generará para la empresa en donde se desarrollará.

Existen diferentes tipos de dron para el desarrollo de trabajos de topografía, pero el dron DJI Phantom 4 RTK tiene una gran ventaja para los operadores, porque evita la colocación de puntos de control (marcadores) con respecto a los drones puramente fotogramétricos (dron DJI Phantom 4 PRO). A pesar de eso se recomienda colocar al menos 2 puntos de apoyo a la hora de hacer el vuelo, debido a que es la única manera de descubrir errores en la nube de puntos obtenida, que luego de los procesos será un Modelo Digital de Elevaciones representativo del lugar. Asimismo, los errores de la nube de puntos pueden dar el posicionamiento, la mala configuración de la altura del RTK o un error en gabinete luego del procesamiento de las fotos.

Por último, nos manifiesta que una de las grandes desventajas del dron RTK es el excesivo costo del equipo en comparación al dron 4 PRO.

A nivel local (Tarma y distritos) la mayoría de empresas constructoras que viene prestando servicio de topografía están usando diferentes equipos electrónicos para el área de topografía entre los que se tiene la estación total y el GPS como los más sobresalientes. Entre estos dos métodos tradicionales el más destacado es la estación total que si bien tiene poco margen de error, por su funcionalidad no nos permite conocer de una manera detallada la geometría real del terreno; además de eso el cambio de posición de la estación es un trabajo que requiere demasiado tiempo.

Por todos estos factores mencionados el dron cada vez está tomando importancia en el área. Actualmente la constructora D'Armies S.A.C. obtuvo un trabajo en el área de topografía para hacer la cubicación de materias primas en una planta cementera de la localidad y se hará este trabajo de manera continua o periódica para saber cuánto material ingresa y sale y tener un control preciso en la producción. Este trabajo se venía realizando con los métodos convencionales (Estación total y GPS) lo cual genera un trabajo en campo tedioso y largo, trayendo como consecuencia una baja productividad en el área de topografía. Además de eso se suma que para realizar dichos trabajos se requiere de aproximadamente 6 o 7 trabajadores para poder avanzar de manera rápida mientras que para el dron se necesita 2 personas las cuales lograrán levantar toda el área en poco tiempo y sin parar la productividad de la planta cementera.

Matías (2020), nos manifiesta que la aplicación de la metodología alternativa (dron), logra obtener activos digitales eficientes, menor costo / tiempo y sin perdidas, optimizando los procesos de producción de la mina Minera Chinalco S.A. la cual se desarrolla a cielo abierto.

Lo que se busca en la planta cementera es lograr una solución de manera innovadora para las operaciones en campo obteniendo resultados positivos, sin riesgos, en un menor costo y tiempo. Por último, la importancia del trabajo es de aplicar una herramienta más eficiente para operaciones de la planta y de manera segura con el objetivo de obtener mayores ganancias y una producción eficaz.

Con todo lo detallado anteriormente y analizando la problemática que presenta la empresa en dichos trabajos surge el objetivo del tema el cual es implementar el dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023.

2. Trayectoria Del Autor

2.1. Información General de la Empresa D'Armies S.A.C.

- Datos de la Empresa.

Razón Social	: D'armies S.A.C.
Gerente General	: Henry Alexander Guerrero De Armero
Dirección	: Jr. Huancayo N.º 259 – Tarma – Junín.
Teléfono	: 980677193
RUC	: 20537790262
Correo	: darmies@hotmail.com

2.2. Reseña Histórica de la Empresa D'Armies S.A.C.

La empresa constructora D'armies S.A.C. fue creada hace 10 años, por lo que tiene una amplia experiencia en comparación con la competencia. Dicha empresa se especializa en brindar servicios de construcción y arquitectura, además presenta diferentes áreas divididas en 2 gerencias entre las cuales destacan: en la Gerencia Administrativa contamos con el Área de Contabilidad y Finanzas, Administración y Logística, Recurso Humanos, Control de Calidad; mientras que en la Gerencia Operativa destacan las oficinas de Operaciones, Proyectos, Topografía, Físico Legal y Mantenimiento. Todas las áreas y gerencia ejecutan proyectos respaldados por el uso de la tecnología.

Entre los equipos más destacados con los que cuenta la empresa se tienen: Teodolito, Estación total, GPS y dron DJI Phantom 4 RTK, todos ellos especializados en topográfica. Cada personal cuenta con laptops acorde al trabajo que desempeña, dentro de la ejecución de obra cuenta con personal y herramientas para que inicien cualquier ejecución de obra.

El personal de la empresa está altamente capacitado y especializado para brindar el mejor servicio con calidad y los estándares más altos para la satisfacción de los clientes e instituciones con las que se trabaja.

Además de ello la empresa cuenta con todos los permisos de trabajo y cumple con los estándares de calidad (acreditación y constancias).

Por último, la empresa realizó diferentes trabajos a nivel local, entre las cuales destacan:

- Defensa Civil de la planta general, bocatoma, Carpapata 1, Carpapata 2, Carpapata 3 de UCAMEN PERÚ S.A.
- Defensa Civil de la planta general de Condorcocha de UCAMEN PERÚ S.A.
- Construcción de nichos en el cementerio general de Tarma
- Cubicación de materias primas en la sede Condorcocha, Atocongo, Conchan y Pucará de UNACEM PERÚ S.A.
- Defensa Civil de instituciones, hostales, tiendas comerciales, restaurantes, entre otros.

2.3. Organización de la Empresa D'Armies S.A.C.

Gerente general: Ing. Henry Alexander Guerrero de Armero, cuya función es de planificar, dirigir, organizar y controlar las actividades de la empresa en todas las áreas, con el fin de alcanzar los objetivos generales. Además de eso implementa cambios y brinda soluciones, negocia con los proveedores y elabora informes periódicos para analizar los resultados alcanzados y ver la manera de mejorarlos.

Jefe de Proyectos: Sheyla Suarez Mamani, la cual se encarga de la planificación, ejecución y monitoreo de las actividades que conforman la empresa, además controla el tiempo, la calidad y el costo de los proyectos, coordina con todas las partes involucradas en el proceso

constructivo y trabaja con arquitectos, ingenieros y otros profesionales que colaboran en la elaboración del proyecto.

Jefe de Operación: Jhordan Cueva, cuya función es la de gestionar las operaciones de las obras bajo los lineamientos y estándares de seguridad en el trabajo. Dirige, coordina y es el responsable del manejo contractual privados y públicos para minimizar riesgos y cumplir con el alcance, interesados, seguridad, materiales y humanos.

Jefe de Topografía: Jonsh Ricaldi Esteban, cuya función es la de realizar todo tipo de trabajos topográficos y de cartografía, a su vez realiza los deslindes, replanteo, medición y valoración tanto en las zonas urbanas y rurales, a su vez se elaboran parcelaciones, segregaciones y agrupaciones de parcelas. De manera general, es el encargado de realizar levantamientos topográficos, efectuar cálculos, representar de manera gráfica el terreno de levantamiento, realizar nivelaciones de terreno, cálculo de volúmenes y supervisar los planos topográficos.

Jefe de Topografía: Cristian Astete Pérez, cuya función es la de realizar todo tipo de trabajos topográficos y de cartografía, a su vez realiza los deslindes, replanteo, medición y valoración tanto en las zonas urbanas y rurales, a su vez se elaboran parcelaciones, segregaciones y agrupaciones de parcelas. De manera general, es el encargado de realizar levantamientos topográficos, efectuar cálculos, representar de manera gráfica el terreno de levantamiento, realizar nivelaciones de terreno, cálculo de volúmenes y supervisar los planos topográficos.

Ingeniero Residente: Estefany Rojas Zavala, que es la encargada de dirigir y supervisar la ejecución de la obra acorde a los planos y especificaciones técnicas desarrolladas en la oficina de proyectos. También verifica y valida el cronograma y la ejecución de la obra de manera correcta, además aprueba el inicio de los trabajos y asegura el cumplimiento de todas las normativas de los trabajadores en la ejecución de la obra.

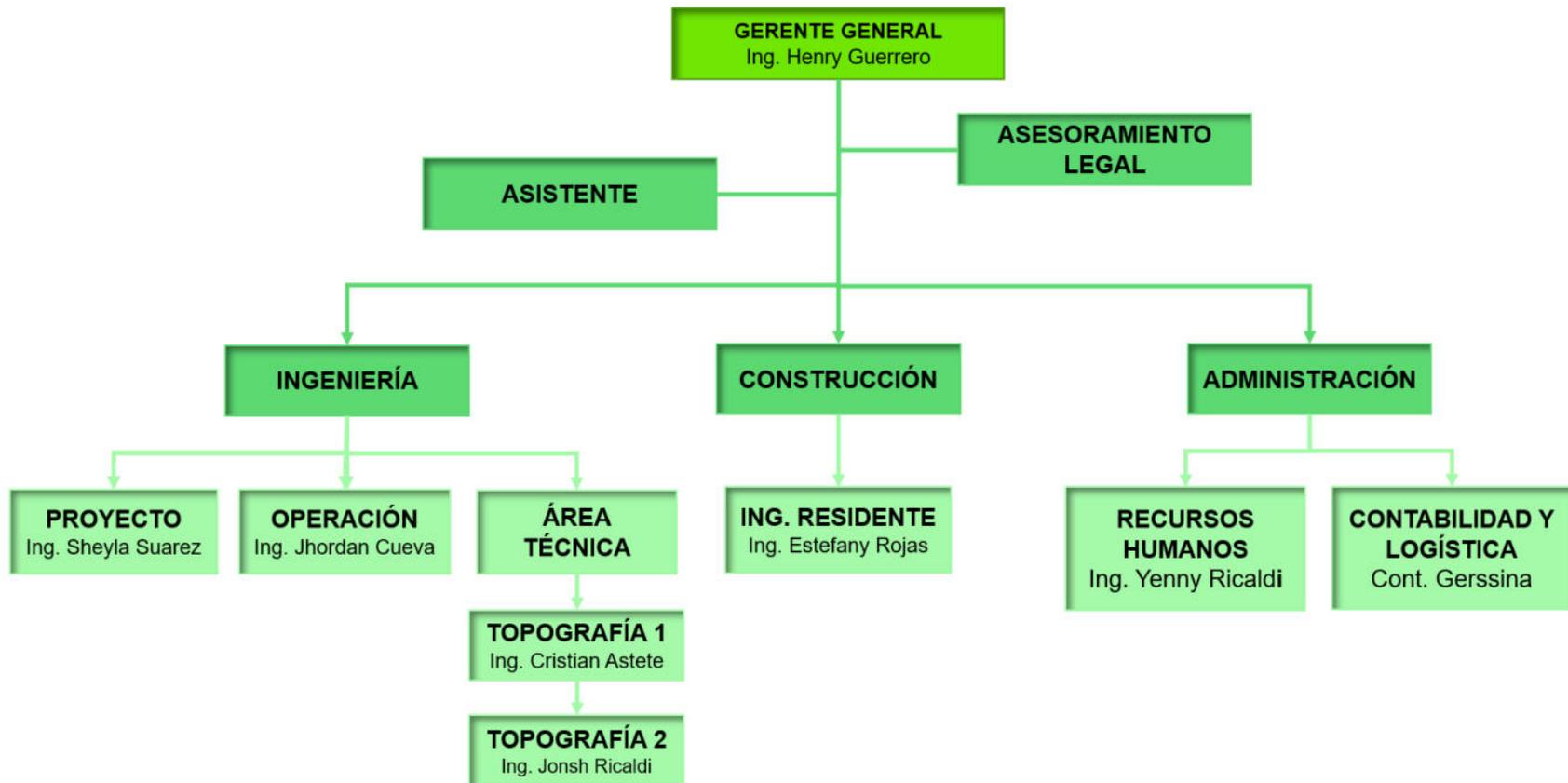
Jefe de Recursos Humanos: Yenny Ricaldi, que es la encargada de motivar y coordinar el equipo de personas que están bajo su supervisión, gestionar turnos, vacaciones y permisos, tener la documentación actualizada de la empresa y proveer de necesidades del personal a mediano y largo plazo.

Contabilidad y logística: Gerssina Enero, la cual es la responsable de gestionar el traslado, almacenamiento, organización de los materiales y distribución del mismo, además optimiza los procesos logísticos en relación al transporte con la finalidad de reducir tiempo y costo de movilización de materiales.

2.3.1. Organigrama de la Empresa

Figura 1.

Organigrama de la empresa D'Armies S.A.C.



Nota. Adaptado de Organigrama de la empresa constructora D'Armies S.A.C., Henry Alexander Guerrero Armero, 2016.

2.3.2. Misión y Visión

Misión:

Desarrollar proyectos y brindar servicios con estándares de calidad y seguridad, siendo rigurosos con los tiempos de entrega.

Visión:

Ser la Constructora líder en el mercado, reconocida por ofrecer productos y servicios de calidad usando tecnología y metodología de vanguardia.

2.3.3. Valores y Principios

- Orientar al grupo de trabajo hacia la competitividad y rentabilidad de la empresa.
- Asegurar nuestro liderazgo en los mercados en que se participan.
- Honestidad, veracidad y buena fe.
- Atención y buen trato a nuestros clientes en todas las áreas de la empresa.
- Compromiso, innovación y creatividad.
- Impulsar el desarrollo profesional de nuestro personal.

2.4. Breve Reseña Profesional

– Datos del trabajador:

Nombre : Jonsh Brehily Ricaldi Esteban

Edad : 27 años.

Dirección : Jr. Los Quinuales Clara Cueva – Tarma - Junín.

Teléfono : 961731470

Puesto de Trabajo: Encargado del área de Topografía y Defensa Civil.

Bachiller Ingeniería Civil UCSS 2019, con experiencia laboral desde el 2020 en la constructora D´Armies S.A.C. desempeñando diversas actividades en la empresa, tanto en campo

como en oficina. La empresa brinda la oportunidad de crecer profesionalmente y poder complementar las enseñanzas que se brindaron en la universidad. Se ha desarrollado un trabajo fuera de la empresa como Asistente de supervisión en la construcción de un puente en Villa Rica, Iscozacín. Actualmente, trabaja con la empresa constructora D'Armies S.A.C. en el área de topografía en donde se realizan levantamientos topográficos específicamente con dron.

2.5. Denominación y Descripción de Área

Las áreas en las cuales se desarrolló la experiencia profesional fueron las siguientes:

- **Área de Defensa Civil:** Conducir, supervisar y asesorar a los clientes para la obtención del Certificado de Defensa Civil según los requisitos de ley y sustentar o defender las observaciones frente a las inspecciones.
- **Área Físico Legal:** Medir terrenos para la delimitación de áreas o lotes colindantes y la colocación de hitos, además elaboración de memoria descriptiva de todos los terrenos medidos.
- **Área de Topografía:** Realizar levantamientos topográficos de grandes extensiones con la ayuda de la tecnología (dron) y el desarrollo de trabajo de gabinete para realizar planos de ubicación y localización, curvas de nivel, cálculo de cubicación de materiales y supervisión de obra.

2.6. Funciones Específicas Desempeñadas

Se desarrollaron trabajos especializados en Trámites para la obtención de certificado de Defensa Civil y Licencia de Funcionamiento para instituciones educativas, locales comerciales, instituciones privadas, instituciones públicas, hospedajes, galerías, etc. Para lo cual se realizó:

- Plano de Ubicación y Localización de la institución.
- Plano de arquitectura acotados y con inmobiliarios.

- Planos de señalización, con todas las señales necesarias (salida, extintor, riesgo eléctrico, luces de emergencia, escaleras, entre otros).
- Planos de evacuación para reconocer rutas de evacuación y áreas segura en caso de alguna contingencia.
- Plano eléctrico donde figuran las redes de distribución, incluidos los diagramas unifilares.
- Plano de ubicación de tableros eléctricos para reconocer el tablero general y los de distribución.
- Cálculos de aforo según el formato de Defensa civil que depende de cada local a evaluar.
- Elaboración del plan de contingencia donde figura la interpretación de los planos de señalización y evacuación, además se designan a las personas capacitadas para poder afrontar cualquier evento dentro de las instituciones.
- Colocación adecuada de señales en los locales teniendo en cuenta la distribución de los ambientes.
- Distribución correcta de extintores y luces de emergencia.

En los trabajos realizados en el área de Defensa Civil se elaboraron expedientes completos de cada local o institución listos para ser presentados al área de Defensa Civil, entre los trabajos más resaltantes tenemos los siguientes: Albergue de la Sociedad de Beneficencia de Tarma, Colegio Parroquial La Sagrada Familia, hostales, galerías, mercados, restaurantes, entre otros. Además se presentaba la documentación estructurada según la norma; se presentaba la documentación de los locales (ficha RUC, DNI de trabajadores, Certificado de Vigencia), Certificados (Operatividad de luces de emergencia, Operatividad de Sensores de humo, de Sistema Descentralizado, Laminación de vidrios, Certificado de extintores), Plan de Contingencia, Cálculo de aforo y planos (Ubicación y Localización, Señalización, Evacuación,

Eléctrico); esto variaba según el riesgo que presentaba la institución (Riesgo medio, alto y muy alto).

En el área de Físico Legal se realizaron trabajos de levantamientos topográficos con equipos e instrumentos básicos y los trabajos obtenidos en gabinete fueron:

- Planos de ubicación y localización de lotes o terrenos dentro del plano topográfico de Tarma.
- Planos perimétricos con las coordenadas, ángulos, distancias de cada vértice del polígono.
- Planos de subdivisión de los lotes para su posterior venta o posesión.
- Planos de lotización de terrenos para la ubicación de cada lote con sus respectivos colindantes.
- Planos de afectación de área en caso de retiro de terreno, cuando esta superpuesto en otro terreno, así como cuando el terreno no respeta los límites de las carreteras.

Dentro del área de Físico Legal se realizaron ubicaciones de terrenos, subdivisiones, afectación de áreas; dichas mediciones se llevaron a cabo con la ayuda de winchas y flexómetros (cuando los terrenos eran pequeños o cuando no tenían visualización desde el cielo) y con dron cuando los terrenos eran extensos y de difícil acceso, la presentación final de los trabajos eran planos según el formato de la empresa y con sus respectivas memorias descriptivas.

2.7. Experiencia Profesional más Significativa

Dentro del área de topografía se desarrollaron levantamientos topográficos con equipo especializado (dron), para lo cual se tuvo que realizar un curso especial de uso y manejo correcto del equipo (dron), en esta área se realizaron trabajos como:

- Diseño geométrico de carreteras y vías terrestres para apertura o restauración de caminos.

- Cálculo de materias primas en la planta general de Condorcocha, Atocongo, Conchan y Pucara para la empresa UNACEM PERÚ S.A.

Dentro del área de topografía se realizaron trabajos resaltantes con la ayuda del dron; por ser trabajos de gran extensión; se realizó el vuelo planificado en el distrito de Tapo (Provincia de Tarma) para llevar a cabo planos de riego tecnificado para los terrenos agrícolas, se realizó la distribución de la red matriz y de redes secundarias, además de la ubicación de accesorios de este proyecto y se presentó un Perfil Técnico.

Actualmente se vienen desarrollando trabajos de levantamientos y cálculo de volúmenes de materias primas en la empresa UNACEM PERÚ S.A - Sede Condorcocha – La Unión Leticia – Tarma – Junín y en Atocongo – Villa María del triunfo – Lima.

Figura 2.

Evidencia de levantamiento topográfico con dron (trabajo en campo)



Nota. Imagen de despegue del dron DJI PHANTOM en la planta cementera de Condorcocha.

3. Problemática

3.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad muchas empresas constructoras requieren de la implementación de nueva tecnología y metodología en el área de topografía para la obtención de planos catastrales, curvas de nivel, cubicación de acopios y levantamientos topográficos en general, de manera rápida y minimizando costos. A su vez, la precisión de los trabajos es más exigente, por ello la obtención de datos precisos en el trabajo nos asegura la satisfacción y fidelidad de los clientes, asegurando el crecimiento empresarial y la oportunidad de realizar trabajos de mayor impacto. Por ello es fundamental que el área de topografía de las empresas siga realizando la constante implementación y actualización para asegurar su excelencia.

Por tal razón, en el Perú muchas empresas están implementando el uso de nuevas tecnologías (drones) que permiten la realización de mediciones más precisas y con menor tiempo de entrega, garantizando un trabajo de calidad. Eso hace que la empresa ahorre tiempo y dinero en el área de topografía.

Los retrasos en las cubicaciones de materias primas para la producción de cemento en la planta cementera de Condorcocha tienen varias causas, entre las cuales tenemos: deficiente uso de métodos y técnicas topográficas por desconocimiento o por equipos descalibrados, por la carencia de personal técnico profesional con competencias para el desarrollo de soluciones y por el difícil acceso al terreno en el cual se trabajará. Esto trae como consecuencias la merma y pérdida de materias primas, la baja productividad de recursos, la necesidad de un mayor número de trabajadores, la pérdida económica y demoras en la entrega de los trabajos. De tal forma este problema se solucionaría con la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK, por ser un equipo

especializado para el uso en la topografía, posibilitando que los datos generados sean precisos, en un corto tiempo y con la disminución de costos.

Un método convencional en el cálculo de la cubicación de materias primas se realizaba con ayuda del GPS Diferencial y la Estación Total para cada acopio o materia prima y esto tomaba demasiado tiempo. Con la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK se busca la reducción de tiempo en campo y obtener la forma real de cada acopio, para finalmente con las propiedades físicas (humedad y densidad) de cada material poder hallar el tonelaje exacto.

Así mismo, diferentes autores nos hablan de la aplicación del dron en topografía entre ellos tenemos a Vertiz (2019), quien manifiesta que en diferentes campos de la ingeniería la implementación de los drones está en aumento por diferentes características como la versatilidad y practicidad ante diferentes circunstancias, eso posibilita que el dron tenga ventaja en comparación a los métodos convencionales, es así que debemos de capacitarnos en el uso de estas y otras nuevas tecnologías y así mejorar y complementar la metodología clásica o convencional.

Por otra parte, Santamaria (2019), considera que en todo el mundo se están implementando novedosas tecnologías que facilitan el trabajo en campo y gabinete, entre ellas sobresale la aplicación del dron que reemplaza a la estación total en los trabajos de levantamiento topográfico, con esta implementación se busca la reducción de tiempo y costo al ejecutarse en cualquier obra o proyecto. El dron en la ingeniería topográfica a nivel mundial es un método relativamente nuevo y que está brindando resultados satisfactorios para las empresas. Además de esto, el dron no solo es un instrumento para la ingeniería puesto que es de gran ayuda para cualquier tipo de trabajo que se realice en cualquier otra área.

Además, Osca y Barreda (2022) manifiestan que la ventaja del dron frente a los métodos tradicionales es la de solucionar problemas prácticos cuando el terreno o área a medir es de difícil acceso y para obtener el volumen de algún material a estudiar. Además, la obtención de datos del vuelo es rápida, eso hace que el dron sea una excelente opción para este tipo de trabajos.

Finalmente, Castro y Pfura (2020) consideran que los drones tienen la capacidad de hacer levantamientos topográficos tomando como base la fotogrametría, lo cual facilita el acceso a áreas difíciles, generando puntos de manera inmediata (nube de puntos densa) y haciendo que el proceso en campo sea menor frente a la estación total digital.

3.2. Determinación del Problema

3.2.1. Problema Principal

¿Cómo implementar el dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023?

3.2.2. Problemas Específicos

¿Cómo implementar el dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión tiempo para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023?

¿Cómo implementar el dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión precisión para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023?

¿Cómo implementar el dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión control para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023?

3.3. Objetivo General

Implementar el dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023.

3.4. Objetivos Específicos

Determinar la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión tiempo para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín 2023.

Determinar la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión precisión para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín 2023.

Determinar la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión control para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín 2023.

3.5. Justificación

Con la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK se obtendrán levantamientos topográficos precisos y de alta calidad que nos permitirán trabajar en el Ortomosaico (para realizar lotizaciones, planos de ubicación, delimitación de terreno, colocación de hitos) y el Modelo digital de Elevaciones (Calculo de volúmenes, modelado en 3D), además de la supervisión de obras y de esta manera se aporta a la empresa D'Armies planos precisos, actuales,

rápidos y con reducido personal de trabajo. Por ello, es relevante mencionar que actualmente existen investigaciones donde se haya implementado este método en el área de topografía (para levantamientos topográficos, supervisión, cálculo de volúmenes), con esta investigación se busca ratificar los resultados obtenidos en estos trabajos.

La investigación tiene como objetivo determinar si la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. mejorará la ubicación de materias primas en la producción de cemento. Las implicancias prácticas de esta investigación es que brindará una solución a los problemas, tomando en cuenta a las dimensiones como precisión, tiempo y control, es decir, según los resultados obtenidos se debe establecer la metodología a seguir en cada problema del tema identificado.

Para el presente proyecto de investigación, se realizaron metodologías propias y vuelos planificados de materias primas de una planta cementera de la localidad, se realizó el vuelo en campo y se procesaron los datos en gabinete haciendo todo este proceso mucho más fácil y en menor tiempo que los métodos tradicionales. El estudio tiene relevancia social porque los principales beneficiados con la investigación serán aquellos investigadores que en el futuro requieran información relevante sobre el tema central. Por consiguiente, todos los datos y resultados obtenidos tienen un respaldo en la experimentación realizada.

El presente estudio está enfocado en la empresa constructora D'Armies S.A.C., específicamente en el área de topografía; se busca aprovechar al máximo el dron DJI Phantom 4 RTK para reducir los gastos de operaciones, tiempo de ejecución y precisión de resultados.

3.6. Alcances y Limitaciones

Hernández (2014), considera que una investigación de enfoque cuantitativo se encarga de recolectar datos para comprobar hipótesis con la finalidad de obtener pautas de comportamientos

con una base de análisis estadístico y medición numérica. Por todos los resultados que se obtendrán del proyecto se sitúa en este enfoque.

Para Ñaupas et al. (2014), la investigación aplicada se encarga de solucionar problemas que están presentes en todos los procesos (producción, circulación, distribución, servicios y consumo de bienes). Tiene 2 denominaciones: la aplicada (porque en base a la investigación fundamental de las ciencias formales donde se formulan hipótesis o problemas de la vida o sociedad), y la tecnológica (porque no es un conocimiento puro como tal, sino que se basa en la tecnología para solucionar algún problema).

El tipo de investigación para el presente trabajo es interviniente; Borja (2012) nos manifiesta que están presentes en el objeto de estudio y una variación en los valores podrán afectar los resultados.

El estudio tiene una medición longitudinal tal como lo explica Hernández (2014) que refiere: son los que presentan datos en un tiempo a través de puntos y periodos, para hacer deducciones respecto al cambio.

En cuanto al diseño a utilizar para este proyecto es un diseño cuasi experimental. Según Hedrick et al. (1993), el diseño cuasi experimental tiene el mismo objetivo de los estudios experimentales, probando la relación de causa entre las variables. Cuando la asignación aleatoria es imposible, los cuasi experimentales nos permiten evaluar el impacto de programa o tratamiento, dependiendo si se llega a definir una base de comparación apropiada.

Una de las principales limitaciones del trabajo son las temporadas de lluvias continuas en la sierra, lo que dificulta la obtención de datos en campo para el dron, también se tiene complicaciones en el caso de la neblina densa que se presente en algunos días de trabajo.

4. Marco Teórico

4.1. Antecedentes Bibliográficos

Vertiz (2019), en su investigación empleó el dron Phantom Pro para un caso de aplicación a la ingeniería de vías terrestres en el cual realizó todos los parámetros y características previo al vuelo, durante y post vuelo. Por lo cual las condiciones mínimas que se deben de considerar en todo el proceso son: normativas vigentes, licencia de manejo del dron, condiciones óptimas del dron, reconocimiento del lugar, condiciones climáticas y zona despejada. Con este estudio práctico se logró reconocer cuales eran los problemas típicos que existen en las intersecciones, de manera rápida y con mayor cantidad de información. Con todo esto, se puede decir que el dron reduce el costo y tiempo en cualquier proyecto, también son portables y nos brinda seguridad de los trabajadores en campo.

Machado y Pertuz (2020), implementaron el uso del dron en zonas de difícil acceso en el cual se presentaban aguas estancadas en Ciénega – Magdalena. Por las condiciones del lugar, el acceso de otros equipos topográficos era riesgoso y no se podía realizar levantamientos precisos lo cual no permitía el desarrollo de la población. El tipo de investigación que emplearon fue no experimental de carácter transversal y recolectaron datos a través de fichas bibliográficas. Los resultados de la investigación manifestaron que el dron tiene ventajas en cuanto al tiempo y la cantidad de trabajadores que realizan el trabajo y la desventaja de presenta en la alta inversión del equipo y los softwares para el procesamiento. En conclusión, el dron se presenta como una de las mejores opciones tecnológicas que pueden ser empleadas en zonas de peligro y de difícil acceso.

Ramos (2020), en su trabajo de investigación analizó la influencia de los drones en cuanto a precisión en trochas carrozables en Sallapanga – Junín en donde actualmente el uso de esta tecnología es escaso, por ello se emplean equipos convencionales para los levantamientos topográficos, lo que limita una visión más certera del relieve topográfico en donde se realiza el estudio. Se realizó una investigación aplicada – experimental. En cuanto a los resultados que obtienen nos permiten apreciar que se cumplen con los parámetros mínimos de precisión (volumétrica, elevación y planta) con lo cual se concluye que, en cuanto a la dimensión de precisión, el dron no presenta ningún inconveniente en cuanto a los resultados esperados.

Rivas y Vilca (2020), realizaron una comparación en cuanto a las dimensiones de tiempo, precisión y costos de operación entre los drones y los métodos convencionales en levantamiento de trochas carrozables en Jauja, Junín. Con la implementación del dron lo que busca es optimizar el registro de datos y captura, gestión de información y convertirlo en formatos gráficos y digitales. El tipo de investigación es aplicativo - descriptivo. Entre los resultados obtenidos con respecto al tiempo que se realizaron los levantamientos en la misma área de trabajo, se observó que con el método tradicional se tardó 7 días y con el dron se tardó 3 días. En cuanto a la precisión, la diferencia entre los 2 métodos aplicados en el presente trabajo en las coordenadas Este, Norte y elevación fueron de 0,05m que son aceptables para este tipo de trabajos. Para los costos operacionales en una carretera que abarca 2 kilómetros, con el método tradicional se gastaría S/12,538.68 y con el dron se gastaría S/ 6,412.12. Por todo lo explicado anteriormente se concluye lo siguiente: tomando en cuentas estas 3 variables en la implementación del dron frente al método convencional en cuanto a tiempo se reduce entre un 50 % a 60 % del trabajo total haciendo el trabajo más ligero, en cuanto a precisión no se encontró mayor diferencia y en costos

de operaciones se obtuvo un 50 % de ahorro haciendo que la metodología alternativa sea más rápida, rentable y precisa para trabajos de topografía.

Peña y Peña (2020), en su trabajo de investigación determinaron el tipo de dron, tipo de sensor, hardware y software para reducir el tiempo de levantamiento de inventario vial superficial en carreteras de bajo volumen, cabe resaltar que actualmente se requiere de demasiado tiempo y personal para este trabajo, además de ser un proceso tedioso y costoso. El estudio del trabajo es mixto – de corte correlacional y explicativo. En cuanto a los resultados se tiene que el dron Phantom 4 Pro es el apropiado, el sensor más recomendado es el CMOS (Sensor de Píxeles Activos), equipo de 10ma generación, RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) de 32 GB, capacidad de 1 TB y el software elegido fue el Agisoft Metashape. En conclusión, si se implementa todo el equipo necesario con las características mínimas para levantamientos con drones se obtiene una reducción del 30% del tiempo en campo.

Zevallos (2021), evaluó el costo, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en comparación con el método tradicional, en la carretera Pillco – Cayran. El trabajo tuvo un enfoque cuantitativo, diseño correlacional y explicativo. Los resultados obtenidos del estudio en el costo entre los dos métodos se tienen que con la estación total se gastó S/ 2,920.00 y con el uso del dron se gastó S/ 1,200.00 (se reduce un 41.74 % de costo); en cuanto a la rapidez obtenida se observó que para la Estación Total se necesitaron 13 horas de trabajo y para el dron se realizaron 3 horas de vuelo en campo y por último en cuanto, a la precisión, se consiguió que ambos métodos arrojan un error de 0,02 mm.

4.2. Bases Teóricas

Puerta (2015) menciona que el dron es un instrumento tecnológico con características similares a un avión y que su nombre original es Unmanned Aerial Vehicle (UAV) que traducido

al español sería vehículo aéreo no tripulado. Además, Mateu (2015) menciona que se presentan 2 tipos de drones: en forma de avión tiene un mejor ahorro de baterías porque pueden hacer planeo y los cuadricópteros que tiene la ventaja de moverse en todas las direcciones y quedarse quietas en el aire.

Serna (2020), define a los drones como una nave aérea que no presenta piloto a bordo, son autónomas porque no requieren ser controladas por la persona encargada en una gran parte del vuelo ya que son preprogramados para una tarea específica antes del despegue de la nave y que los drones de control remoto son operados desde una estación remota. Complementado la idea, Zafra (2018), menciona que son instrumentos utilizados en diferentes áreas de estudio, debido a su facilidad de acceder a diversas zonas, su rapidez de obtener información en campo y no poner en riesgo a ningún trabajador en la toma de datos de campo, no obstante, debe de cumplir normativas para no tener ningún percance a la hora de realizar el vuelo de campo.

Cosola Group S.A.C (2015), nos afirma que el dron DJI Phantom 4 RTK fue creado teniendo en cuenta todos los requisitos de mapeo y topografía que se necesitaban para obtener datos precisos, con una cámara de gran resolución y capacidad para obtener datos RTK (Navegación Cinética Espacial) con precisión en centímetros.

Ortega (2017) y Santamaria y Sanz (2011), definen a la fotogrametría como una técnica o conjunto de procesos que permiten determinar la posición y las dimensiones de objetos a distancia en un determinado espacio, este proceso se hace a partir de 2 o más imágenes interceptadas entre sí, con lo cual se obtienen los modelos digitales de elevaciones.

Complementado las ideas anteriores, Jauregui (2010), nos manifiesta que la fotogrametría es una técnica o método para realizar modelos en 3 dimensiones basadas en imágenes o

fotográficas 2D, de esta manera se obtienen formas geométricas de los objetos, mediante la aplicación de relaciones matemáticas.

Marulanda (2009), nos manifiesta que el concepto de costo muchas veces involucra el reconociendo de sus elementos como la mano de obra, materiales, costos indirectos de fabricación, entre otros, todo lo anterior se debe de agrupar para cumplir un proceso productivo.

Corredor (2015), manifiesta que los levantamientos realizados con drones economizan mucho tiempo de levantamiento en campo para obtener información y los resultados obtenidos del mismo manifiestan buenas precisiones que pueden ser usados y aplicados en diferentes proyectos.

Según Global Mediterránea Geomática (2018), los drones han hecho una revolución en los trabajos de topografía; en primer lugar, por la importancia de los costos que nos brindan; permitiendo que algunos proyectos que no eran viables por su elevado costo ahora sean ejecutados sin ningún problema. Al hablar de costos (económicos o personales) se le suma el tiempo. Para ejemplificar: en levantamientos en terrenos extensos (100 hectáreas) con los métodos tradicionales podríamos tardarnos días o semanas generando costos excesivos mientras que con el dron este trabajo se puede realizar en un solo día, esto generan un avance de gran importancia.

Cabada (2019), afirma que los resultados que se obtuvieron con respecto a los costos de operaciones entre el método convencional y el método alternativo fueron que en un área de 2 km con el método convencional costaría S/ 12,538.68 y con el método alternativo costara S/ 6,412.12, lo cual nos demuestra que el método alternativo resulta más rentable.

Villareal (2015), menciona que los levantamientos topográficos convencionales requieren mayor tiempo y costo de recursos a diferencia de la topografía implementada con dron, por

consiguiente, resulta una forma alternativa considerable para realizar trabajos de grandes extensiones de terreno o con topografía accidentada y de difícil acceso para el personal sin exponerlos a ningún riesgo.

García (2017), afirma que el uso de los drones en infraestructuras ferroviarias, significa una importante reducción de costos y tiempo porque nos permite aplicar un mantenimiento preventivo en las instalaciones.

Aerial Insights (2018), manifiesta que esta tecnología nos permite obtener mayor cantidad de puntos para realizar planimetrías, además de ello nos permite tener un aporte más gráfico y real en comparación a los métodos tradicionales por las cámaras de última generación. Por otro lado, el dron puede acceder a lugares de difícil acceso controlados desde un punto de control, con eso se consigue que el topógrafo y los trabajadores no se pongan en riesgo durante el trabajo por acceder a zonas de difícil acceso por la geografía del terreno, zonas contaminadas y peligrosas.

Jiménez et al. (2019), plantean que es posible que la topografía de métodos tradicionales puede complementarse con el trabajo modelado 3D generado por el dron, con éste se tiene que cambiar su modo de trabajo, no es necesario medir una serie de puntos, se amolda a cualquier área de trabajo y los puntos necesarios se miden cómodamente. Con ello se reduce o elimina el riesgo de volver al campo por fallas en el momento de la medición. Con la toma de datos e información podemos tener un modelado 3D con la ayuda de ArcGIS o Civil 3D.

Turne (1992), define al método de los tetraedros en la aplicación por sistemas de información que se realiza un análisis de elementos finitos, con este método el dominio geométrico se divide en elementos volumétricos simples, especialmente en tetraedros. Sin embargo, no habla del método de subdivisión (subblocking) que es compatible con el software GEOVIA Surpac para hallar el volumen parcial de un material ubicado en un bloque. A su vez,

Casanova (2002), menciona que un mapa topográfico que tiene curvas de nivel nos permite hallar elevaciones o cotas de cualquier punto en el plano, cálculo de pendiente del terreno, estimar volúmenes de relleno y cortes en caso de carreteras, apertura y mantenimiento de vías, entre otros.

Quesada (2015), manifiesta que la técnica de proyección de superficies es usada por sistemas informáticos relacionados principalmente a la ingeniería civil y a la topografía, en este método se proyecta los polígonos del Modelo Digital de Terreno (MDT) hacia un plano inferior o superior, formando sólidos a base de triangulaciones.

Helixnorth (2020), resume los beneficios y las ventajas del dron en los siguientes puntos: con el uso correcto del dron y con los softwares en oficina nos permite obtener un cálculo de volumen preciso y con un nivel de detalles que no se obtiene con los métodos tradicionales, obtenemos imágenes y ortofotos de alta resolución para trabajos a detalles, no pone en riesgo a ningún personal a la hora de ejecutar el trabajo, toma fotos en lugares de difícil acceso por la geografía del terreno y disminuye el costo y tiempo (horas de trabajo) de los levantamientos topográficos.

Hinostroza (2021), nos dice que el cálculo de volumen de materias extraídas de minas de los frentes de excavación era taquimétrico, por lo que se tomaba eran las secciones transversales paralelas en perfiles de oeste a este en las áreas de trabajo donde se realizaban las labores, tomando las condiciones del terreno y el instrumento. Para obtener un trabajo satisfactorio se usaban softwares como: Surfer, Cartomap y AutoCAD Civil 3D.

Gutiérrez (2014), indica que la fotogrametría presenta muchas ventajas en comparación con los levantamientos tradicionales de topografía. El tiempo de trabajo en campo es reducido y se obtienen grandes mediciones de forma indirecta e información visual detallada.

Quispe (2015), afirma que la implementación y uso del dron en los levantamientos topográficos (fotogramétricos) nos indican una reducción de tiempo y costo en la presentación cartográfica (planos).

Campos (2019), nos manifiesta que la implementación del dron nos permite incrementar la productividad para las empresas que ofrecen servicios de topografía, además afirma que el dron permite abarcar miles de hectáreas en una sola jornada de trabajo reduciendo el costo y tiempo, a su vez incrementa la precisión de datos de manera significativa.

Jiménez et al. (2019) afirma que el tiempo a emplear para un método convencional o tradicional fue de 7 días, y con el método no convencional (dron) se desarrolló en 3 días, en un levantamiento topográfico de 2 kilómetros por lo cual se observa que el equipo de metodología alternativa disminuye el tiempo en campo y el procesamiento en gabinete.

Qquelca (2015), nos dice que cualquier levantamiento topográfico está sujeto a errores, para ello divide 3 tipos de errores más comunes que son: error accidental (dada por el método o instrumento), error sistemático y error grosero (motivado por la equivocación). Además, no se debe confundir precisión con exactitud, la primera se puede definir como el número de cifras decimales que representa una determinada magnitud y la segunda se define como la fidelidad en la ejecución de la medida.

La Universidad de las Palmas de Gran Canaria (s.f.) define a la precisión como el valor de correspondencia entre diferentes resultados de medida en un mismo tiempo. Esto depende en gran medida de la estabilidad de las condiciones del medio ambiente durante el procedimiento de medida.

González (2015), afirma que es importante la colocación de puntos de apoyo terrestre (marcadores) correctamente distribuidos en toda el área de trabajo. Estos puntos son colocados

con coordenadas a través del RTK. Cuando mejor sea el equipo (cámara de alta resolución) mejor será a la visualización de los puntos de apoyo (marcadores) que pueden llegar a tener una precisión milimétrica pero la precisión final de los proyectos la da el tamaño de pixel del sensor (cámara).

Wolf y Ghilani (2016), nos dicen que los ingenieros hacemos proyectos de edificación, equipos, puente, entre otros se forman con las estimaciones de las cargas que las construcciones deben soportar (5 %) y también se aplican factores de seguridad. Para ello solo puede tolerarse errores extremadamente pequeños en los trabajos topográficos. Por consiguiente, en los levantamientos topográficos debe ser indispensable la precisión en todo el proceso (operaciones manuales y cálculo).

Wingtra (2017), plantea que es posible reconocer que un dron de topografía brindaría un enorme potencial a los profesionales y topógrafos, con esto es posible hacer levantamientos topográficos de la misma calidad que los que se realizaban a través de métodos tradicionales (alta precisión) en una mínima fracción de tiempo y con eso se puede reducir los costos de levantamiento y el volumen de trabajo en el área designada.

Miñano et al. (2012), dice que los principales beneficios y ventajas que tiene la metodología fotogramétrica es la rapidez de la obtención de fotos a partir de las cuales se puede obtener información métrica, así como la precisión y exactitud de dicha información. El programa Pthotomodeler nos permite la creación de modelo en 3D precisos en cualquier estructura a partir de conjunto de fotos (Ortomosaico) y reducir el número de medidas de control.

De la misma manera, Campos (2019), menciona que las características de los drones permiten tener un control de obras con la aplicación de topografía clásica y la fotogrametría, reduciendo los inconvenientes generados, con estas características permiten a la supervisión de

obras lo siguiente: datos precisos, vuelos repetitivos, solo procesar lo necesario, sin pérdida, control visual, datos continuos, costos bajos y posibilidad de gestión interna.

Pacheco (2017), nos da un concepto de control de proyectos con respecto a la implementación del dron. Los métodos tradicionales suelen ser costosos y de periodos largos de tiempo. Con el uso del dron se obtienen planos catastrales y modelamiento en 3D. Con la toma de estas fotos se puede conseguir un sólido (Ortomosaico), modelos digitales de elevaciones, modelamiento en 3D, nubes de puntos densas, entre otros; con esta información nos permite evaluar el daño y los cambios que se puede hacer en un proyecto a corto, mediano o largo plazo y de esta manera ejecutar acciones de mitigación de impactos y de protección.

García (2017), asegura que la aplicación de vehículos no tripulados para el control de carreteras, nace con el objetivo de prestar servicio de vigilancia del tráfico en lugares lejanos de las redes de carreteras. A medida que los vehículos no tripulados van incorporando nuevos sistemas (cámaras y radares de alta resolución) permiten capturar a las infracciones en diversos tramos y con esto se obtendrá un rendimiento económico a través de sanciones.

Cruz y Gutiérrez (2019), nos hablan de los actuales métodos de inspección en campo para la detección de la calidad de las vías son demasiados lentos, además requieren de muchos personales y son costosos. Haciendo una comparación con la implementación del dron este trabajo resulta tener un bajo costo, mínima cantidad de personal, más rápido y hacer procesos repetitivos.

4.3. Definición de Términos Básicos:

Drones: son vehículos aéreos no tripulados que surgen para facilitar el trabajo en cuanto a tiempo y costo, existen diversos tipos de dron, pero el más apropiado para el uso en la topografía

es el dron DJI Phantom 4 RTK porque su centro base es punto GNSS a través de la estación móvil RTK 2.

Fotogrametría: técnica en la cual se recolectan datos de campo (fotos e imágenes) en 2D para que después del procesamiento se obtengan modelados en 3D (modelo digital de elevaciones) en el cual se detalla de forma exacta y real todos los detalles del terreno.

Costo con Dron: los costos en el área de topografía involucran 3 principios básicos (mano de obra, equipos y materiales) para el inicio de cualquier trabajo. Con la implementación del dron se reducen en un 40 % a 50% de los costos de operaciones tanto en campo como en gabinete.

Riesgo con Dron: La metodología alternativa (dron) nos brinda la ventaja de no poner en riesgo a los trabajadores y topógrafos en la toma de datos porque desde una estación remota puede llegar a tomar datos de zonas de difícil acceso, áreas contaminadas, entre otros.

Cubicación de materias primas: para la cubicación se usan diferentes métodos de aplicados, pero todos con el mismo fin, el cálculo de una superficie base en comparación a la forma del acopio, con ayuda de la nube de puntos se genera curvas de nivel para poder hallar dichos volúmenes.

Tiempo con Dron: el tiempo es un factor fundamental en la mayoría de empresas para su crecimiento, con la implementación del dron se reduce el tiempo en campo de la toma de información, además se obtiene la forma del terreno real y con un número reducido de trabajadores en el área de trabajo.

Precisión con dron: La precisión es la magnitud con respecto a la cantidad, en topografía la precisión debe ser mínima, se busca una precisión milimétrica con cualquier metodología

aplicada, los datos adquiridos en campo deber ser trabajados de manera correcta en gabinete para llegar a conseguir la precisión deseada.

Control con Dron: El control que se hace a un proyecto (inspección en todos los procesos) garantiza la ejecución con éxito de los proyectos, este control debe de ser preciso y rápido para solucionar cualquier inconveniente durante el proceso, se busca que el costo de control sea reducido.

5. Propuesta de Solución

El cálculo de cubicación de materias primas en la planta cementera de Condorcocha se venía realizando con la ayuda de estación total y GPS Diferencial lo cual generaba retrasos al momento de entregar los informes. Dichos retrasos se generaban en campo por la ubicación y gran cantidad de acopios que presentaba la fábrica. Cabe mencionar que cada acopio debía de ser tomado en cuenta para no tener problemas a la hora de la cubicación. Adicionalmente el levantamiento en campo requeriría contar con aproximadamente 6 trabajadores lo cual generaría costos de personal excesivo. También, las condiciones climáticas (lluvias) en la localidad llevarían a que no se pudiera realizar el levantamiento en áreas a cielo abierto.

Otro punto de vital importancia es que durante el tiempo de levantamiento de acopios de la fábrica se tenía que detener la extracción y producción del material elegido por lo cual la empresa cementera perdería horas de trabajo durante esos levantamientos y esto traía como consecuencia pérdidas económicas para la fábrica. También se tenían algunos incidentes en campo con los trabajadores por la forma de los acopios (pendientes pronunciadas). A su vez la precisión de los volúmenes de acopio no era exacta, porque los trabajadores tenían que estacionarse en los montículos de manera directa lo cual hacía que la toma de puntos no fuera la correcta dependiendo de la densidad de cada material.

Todo lo mencionado en los párrafos anteriores hacían que el método tradicional no sea apto para la cubicación de materias primas. Es así que el dron DJI Phantom 4 RTK se presenta como la mejor alternativa para este trabajo, ya que por las características del mismo nos permiten tener curvas de nivel de cada acopio en un tiempo reducido en comparación al método tradicional, también disminuye el costo de operaciones y no pone en riesgo la vida de ningún

trabajador. En cuanto a la precisión de los volúmenes se obtienen errores mínimos porque el dron permite observar la forma real de cada acopio sin estar en contacto directo de cada montículo.

Además de todos los beneficios en campo, se debe tener en cuenta que el trabajo en gabinete era más rápido puesto que por los programas especializados para el procesamiento de fotos nos permitía tener un conjunto de puntos (nube de puntos densa), que posterior generaban curvas de nivel y con estos se podía hacer la diferencia de superficie (terreno y forma de acopio).

5.1. Metodología de la Solución

La metodología de solución para el presente trabajo se centró en el dron DJI Phantom 4 RTK con el objetivo de reducir el costo, tiempo y obtener datos precisos del levantamiento topográfico.

El dron DJI Phantom 4 RTK es un dron especializado para el área de topografía por los componentes que presenta y por la funcionalidad del mismo, es un dron ligero y de fácil manipulación, presenta un control con diversos vuelos (Fotogrametría simple, doble, lineal, etc.) y se puede conectar a una estación móvil 2 (RTK).

Figura 3.

Dron DJI Phantom 4 RTK



Nota. Reproducida de DJIPhantom4RTK -1, DJI Enterprise latam (<https://www.djiofficial.la/producto/phantom4-rtk/>).

El vuelo del Dron (2020), enlista las partes que presenta el dron DJI Phantom 4 RTK y son las siguientes:

- Dron DJI Phantom 4 RTK.
- Control remoto
- Cuatro pares de hélices
- Batería inteligente DJI
- Cargador para Baterías DJI
- Tarjeta Micro SD de 16 GB
- Cable de corriente, cable Micro USB y cables USB OTG.
- Maletín de transporte
- Abrazadera del estabilizador.
- Antena de referencia D-RTK 2
- Licencia anual de Pix4D Mapper.

Figura 4.

Componentes del dron DJI Phantom 4 RTK



Nota. Reproducida de Phantom 4 RTK SE – Combo + Mobile Station DDJI Arenales, de DJI Arenales (<https://prizmadrones.pe/tienda/fotogrametria-topografia/phantom-4-series/phantom-4-rtk-combo-mobile-station/>)

A su vez, El vuelo del Dron (2020), nos brinda las características que presentan el dron, y son las siguientes:

- Drones para realizar trabajos de topografía de alta precisión.
- Módulo de posicionamiento RTK.
- Planificación de vuelos manual y automático
- Cámara con sensor CMOS Exmor R de 1" y 20Mp.
- Rango de alcance de 7 km.
- Velocidad máxima de 58 km/h.
- Tiempo de vuelo de 30 minutos.
- Mayor precisión con la antena DJI D-RTK2
- Resolución de video 4K
- Evita obstáculos en cuatro direcciones.
- Dimensiones 196 x 289.5 x 289.5mm

Figura 5.

Características del dron DJI Phantom 4 RTK



Nota. Reproducida de Phantom 4 RK Launched Globaly today: DJI's Ultimate Mapping Solution, de dronlife, 2018 (<https://dronelife.com/2018/10/15/phantom-4-rtk-launched-globally-today-djis-ultimate-mapping-solution/>)

Adicional a todo los beneficios y conocimiento del dron se le suma la estación móvil 2 (DJI D-RTK2) que complementado con el dron nos permite tener una precisión milimétrica de trabajo. La principal ventaja que nos brinda es que nos permite estacionarnos sobre un punto de control conocido con coordenadas en Este, Norte y elevación para tener la ubicación real vuelo y con eso se evitar poner los puntos de control en toda el área a volar lo cual resultaba tedioso y requería mucho tiempo en campo.

Figura 6.

Estación móvil (DJI RTK2)



Nota. Adaptada de Estación móvil D-RTK 2 y MG-1P/S Phantom 4 RTK, de FPdrons (<http://www.fpdrones.com/spanish/Products/D-RTK-2-mobile-station-and-MG-1P-S-Phantom-4-RTK.html>).

La implementación del dron DJI Phantom 4 RTK y la estación móvil (DJI RTK2) es la metodología que se amolda al tipo de trabajo que se pretende realizar, porque su precisión es milimétrica, el tiempo de vuelo es corto, el personal a ejecutar el trabajo es reducido y los costos generados son mínimos.

Figura 7.

Dron DJI Phantom 4 RTK y estación móvil



Nota. Reproducida de DJI- PHANTOM 4 RTK SE, de Soluciones Topografía y geospaciales (<https://bmprensa.cl/producto/phantom-4-rtk-se/>)

5.2. Desarrollo de la Solución

Para el desarrollo de la solución se tendrá en cuenta 3 etapas las cuales son: la ubicación del proyecto y los requerimientos para el mismo, el trabajo en campo y el trabajo en gabinete.

5.2.1. Ubicación del Proyecto y Requerimientos

Para esta primera parte se tendrán en cuenta las características del proyecto que se realizó para hacer un reconocimiento del área de trabajo y los requerimientos necesarios para poder ingresar a la fábrica y la movilidad que se tendrá dentro y fuera de la misma, lo cual se detallará a continuación:

Ubicación geométrica y accesibilidad:

La planta cementera de UNACEM PERÚ S.A. – Sede Condorcocha, se encuentra ubicado en el distrito de La Unión Leticia, Provincia de Tarma, Departamento de Junín, con una altitud promedio de 3900 m s.n.m., con coordenadas centrales.

A la planta se puede acceder por carretera desde la ciudad de Lima, a través de la ruta: Lima – Tarma La unión Leticia – Planta Condorcocha, con un recorrido total acumulado de aproximadamente 259 kilómetros. O a través de la ruta alterna del desvío de Caripa ubicado en la carretera La Oroya – Cerro de Pasco, desde donde se accede a la planta Condorcocha.

Tabla 1.

Ruta y distancia al área de la planta

Ruta	Vía	Distancia (Km)
Lima – Tarma	Carretera asfaltada	237
Tarma – La Unión Leticia	Carretera asfaltada	13.5
La Unión Leticia - Condorcocha	Carretera afirmada	8.5
Total		259

Nota. Distancia y ruta a seguir para llegar a la fábrica UNACEM PERÚ S.A. - Sede Condorcocha.

Figura 8.

Ubicación geográfica de UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Ubicación en planta de la fábrica UNACEM PERÚ S.A., en donde se puede apreciar la mayoría de materias primas que se cubirán con ayuda del dron DJI Phantom 4 RTK.

Personal y Equipo Utilizado:

Se contó con personal técnico especializado en trabajos de topografía superficial.

Los trabajos se realizaron con 01 brigada de campo, compuesto por 01 Ing. Coordinador y 02 especialistas en dron Phantom 4 RTK.

En gestión de Seguridad y Medio Ambiente, el personal de D'ARMIES S.A.C., se encuentra capacitado sobre las Normas y Disposiciones vigentes de acuerdo al D.S. N° 024-

2016- EM y su modificatoria D.S N° 023-2017 – EM, que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.

La relación de personal de campo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Relación del personal

Cargo	Nombres	Cant.	Compañía
Ing. Coordinador	Henry Alexander Guerrero de Armero	1	D'ARMIES S.A.C.
Topógrafo - dron	Jonsh Brehily Ricaldi Esteban	1	D'ARMIES S.A.C.
Topógrafo - dron	Cristian Alberto Astete Pérez	1	D'ARMIES S.A.C.

Nota. Relación de trabajadores que se requiere para el cálculo de volúmenes de materias primas con dron.

Equipos utilizados en el proyecto:

Los equipos que se utilizaron para el proyecto fueron el dron DJI Phantom 4 RTK y D-RTK 2 GNSS (Estación móvil). También El vuelo de dron nos describe todas las partes del dron los cuales son:

- Dron Phantom 4 RTK
- Control remoto con pantalla
- 4 pares de hélices
- 2 baterías inteligentes de vuelo
- Adaptador de corriente
- Cable de alimentación
- Cargador portátil de 65W
- Batería inteligente para control remoto WB37

- Gimbal (Carcán)
- Tarjeta microSD
- Cable USB-C OTG
- Tarjeta de conexión Wireless
- Maletín de transporte.

Equipo de cómputo:

- 01 computadora portátil ASUS ROG Zephyrus G15 (2022), CORE I9, Windows 10 Home.
- 01 computadora portátil TOSHIBA, CORE I7.

Movilidad:

- 01 camioneta 4x2.

5.2.2. Trabajo en Campo

Para esta segunda parte se tendrá en cuenta todos los procesos en campo después de hacer el reconocimiento de área de trabajo, todas las condiciones mínimas para que el dron pueda despegar de manera correcta y todos los procesos previos al vuelo.

Calibración de brújula en el dron Phantom 4 RTK

Guía Drones (2023), define los procedimientos para calibrar la brújula de Phantom 4 RTK:

- Elegir un área abierta en el exterior para realizar la calibración de la brújula Phantom 4.
- Retirar las hélices antes de iniciar la calibración de la brújula.
- Tocar la barra de estado de la aeronave en la aplicación DJI Go 4 y seleccione “Calibrar”.
- Aparece un mensaje emergente pidiéndole que pulse “Iniciar la calibración de la brújula”.
- A continuación, una ventana emergente le mostrará cómo sujetar el Phantom 4 para calibrar la brújula.
- Sostener el avión en posición horizontal y gire 360 grados.

- Los indicadores de estado del Phantom 4 mostrarán una luz verde sólida si tienen éxito
- Mantener el avión en posición vertical, con la nariz hacia abajo.
- Luego gírelo 360 grados alrededor del eje central.
- Una vez más, las luces indicadoras de estado se iluminarán de color verde si la calibración de la brújula se realiza correctamente.

Figura 9.

Calibración de brújula del dron Phantom 4 RTK



Nota. Reproducida de Guía Drones, 2023 para calibrar la brújula en el Dron Phantom 4 para arreglar problemas de vuelo (<https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-la-brújula-en-el-dron-phantom-4-para-arreglar-problemas-de-vuelo/>).

Reconocimiento

Antes del trabajo en campo se realizó un reconocimiento de la zona de levantamiento topográfico conjuntamente con el Supervisor de UNACEM PERÚ S.A. - Sede Condorcocha, para conocer la ubicación de los stocks, el nombre de los materiales almacenados y las vías de acceso hacia la zona de levantamiento topográfico.

También se realizó el reconocimiento de los Puntos de Control GPS, que fueron proporcionados por UNACEM PERÚ S.A. - Sede Condorcocha, a partir del cual se realizó el levantamiento topográfico, los materiales almacenados están conformados por Carbón, Yeso, Clinker, Puzolana, Caliza, Arcilla, Sílice, Óxidos y Bauxita.

Puntos de control GPS utilizados

De acuerdo a lo indicado por el cliente se utilizaron como puntos de referencia para el levantamiento los Puntos de la Red GPS de UNACEM PERÚ S.A., los cuales se encuentran monumentos mediante hitos de cemento con un fierro al centro de hitos y que tiene una rosca en la parte superior en la cual se fija la antena RTK.

Los Puntos de Control GPS, utilizados en el levantamiento se encuentran en el Sistema WGS – 84, sistema que utilizado por UNACEM PERÚ S.A., para sus trabajos topográficos. Las coordenadas y elevaciones de los puntos bases GPS utilizados para el levantamiento se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.*Coordenadas UTM WGS84*

Punto	Coordenadas UTM WGS84		
	Norte	Este	Elevación
Cerro Palo	8741964.509	414359.906	3943.199
Santa Ana	8743015.148	414933.142	4128.321
FA-01	8742081.862	415012.311	3888.892
FA-02	8742321.133	414970.715	3906.073
CP-03	8741465.669	414706.473	4138.428

Nota. Coordenadas UTM WGS84 dentro de la fábrica que se utilizara para estacionar el RTK en un punto conocido.

Sistema de levantamiento con RTK

Para el presente trabajo se utilizó el dron Phantom 4 RTK y el GPS Diferencial, el cual consta de un Punto Base de referencia (proporcionado por UNACEM PERÚ S.A.) en el cual se instaló el RTK.

Mediante este sistema se realizó el levantamiento de los materiales almacenados en Planta Condorcocha, este sistema permite realizar mediciones en forma rápida y precisa utilizando solo un punto de Estación, desde el cual se puede realizar mediciones hasta un radio de 1 km² con una precisión centimetrada en coordenadas y elevación.

Levamiento topográfico

Teniendo como base de referencia los puntos de la Red GPS de UNACEM PERÚ S.A., se procedió a realizar el levantamiento de los materiales almacenados en las diferentes zonas de levantamiento de acuerdo al cronograma establecido por el cliente.

Procesamiento de la información:

Para el procesamiento de la información del vuelo del dron se necesitará los siguientes softwares:

- Agisoft Metashape Profesional: programa que se empleará para obtener los modelos digitales de elevaciones, nube de puntos, modelado 3D, Ortomosaico.
- CloudCompare: software que sirve para la reducción de puntos y la delimitación del terreno para la elaboración de curvas de nivel.
- ArcGIS Pro: programa usado para la elaboración de superficie base y superficie de material, donde se delimitará el material y se obtendrá 2 superficies por acopio para luego ser comparadas.
- Civil 3D: en donde se realizará el cálculo de volumen de material con ayuda de la superficie o nube de puntos dependiendo de la ubicación del material.

Una vez explicada la metodología y los aspectos generales de la solución del problema se procede a verificar los trabajos de campo y gabinete que se explicará de manera detallada a continuación.

Los datos que se obtuvieron del vuelo del dron fueron los siguientes:

Tabla 4.

Datos previo al vuelo

Datos provenientes del dron	
Tiempo de vuelo	13 minutos y 40 segundos
Área de vuelo	109,334.87 metros cuadrados
Área de vuelo (Ha)	10,9 hectáreas
Satélites de RTK	24 satélites
Cantidad de fotos	329 fotos

Nota. Datos obtenidos del mando del dron previo al vuelo donde se detalla el tiempo y área de vuelo, cantidad de fotos y el número de satélites para el despegue.

Para realizar este trabajo se necesitó de 2 personas, para la ejecución del vuelo 1 piloto y 1 para el apoyo en el despegue, previo al vuelo se demoró entre 10 a 15 minutos estacionar el RTK en alguna coordenada UTM.

Figura 10.

Área del vuelo del dron



Nota. Ortomosaico de primer vuelo realizado en la fábrica donde se aprecian algunas materias primas (carbón, Clinker, puzolana, oxido, arcilla).

5.2.3. Trabajo de Gabinete

Para este último proceso se explicó todo el procedimiento que se realiza en gabinete para conseguir en primer lugar el Ortomosaico y posterior el cálculo de volúmenes.

Procesos realizados en el Software Agisoft Metashape

Para obtener el Ortomosaico se harán todos los procesos en el programa Agisoft Metashape para ello se ingresa todas las fotos obtenidas en el vuelo.

Figura 11.

Fotos insertadas en el programa

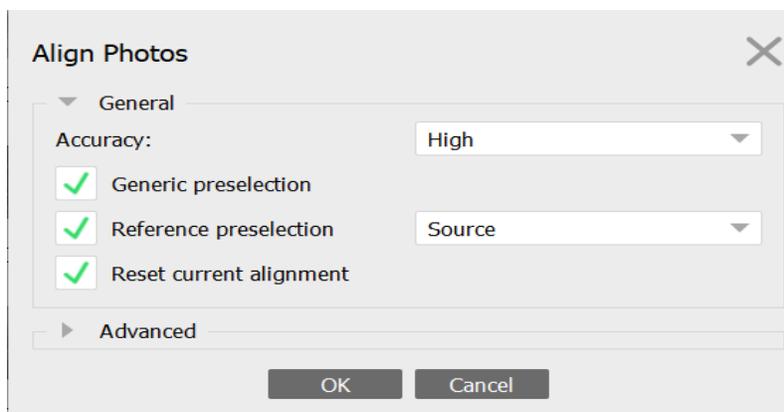


Nota. Se muestra todas las imágenes cargadas en el programa Agisoft Metashape.

Continuando con el proceso se procede a orientar las fotos en un nivel de calidad alto para tener mayor grado de precisión.

Figura 12.

Alineamiento de fotografías



Nota. Interfaz de alineamiento de fotos con niveles (bajo, medio, alto y muy alto).

Luego de realizar el alineamiento de fotos se procede a crear las nubes de puntos densa y dependiendo de la ubicación del acopio o de la saturación de maquinarias o vegetación se procese a clasificar los puntos.

Figura 13.

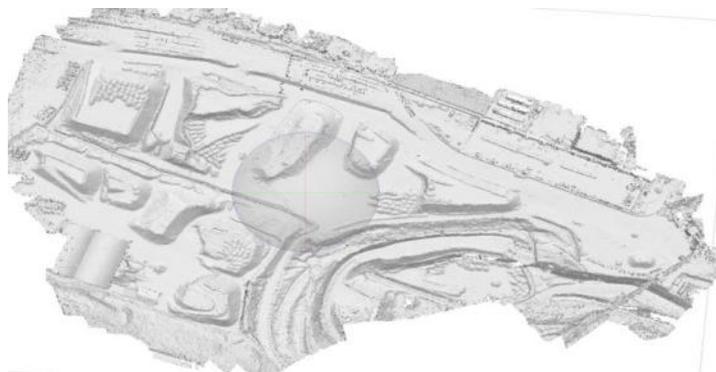
Nube de puntos densa



Nota. Nube de puntos densa de área de vuelo planificado con del dron.

Figura 14.

Clasificación de puntos de terreno

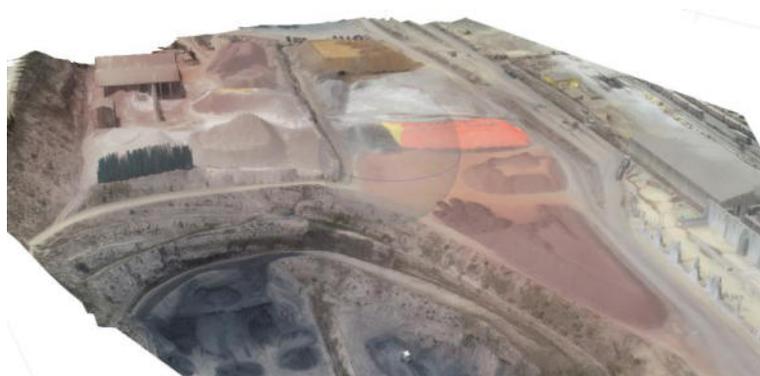


Nota. Clasificación de puntos de terreno donde se encuentran ubicados los acopios de materias primas.

Con las nubes generadas se procesa a crear la malla y la textura que nos servirán para obtener el modelo en 3D del área del terreno en el cual se está trabajando, con el modelado se obtiene la forma real del terreno en 3 dimensiones para el control y ubicación de cada material en un tiempo y lugar determinado.

Figura 15.

Modelado 3D del terreno

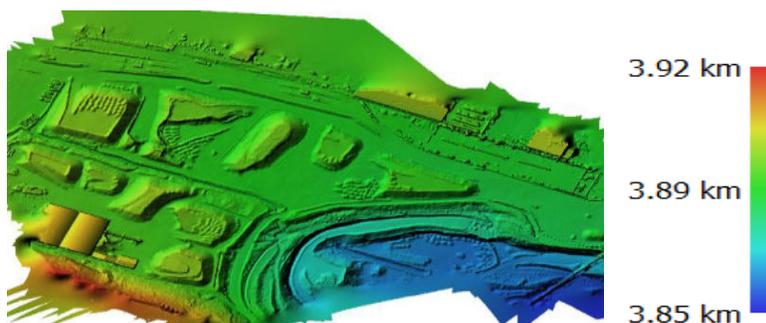


Nota. Modelado en 3D del área de vuelo donde se pueden apreciar materias primas (puzolana, arcilla, yeso, oxido).

Además de la obtención del modelado 3D la nube de puntos densa nos ayuda a la generación de Modelo digital de elevaciones donde cada color representa un nivel de altura del terreno desde azul (punto más bajo) hasta el rojo (punto más alto).

Figura 16.

Modelo Digital de Elevaciones



Nota. Modelo digital de elevaciones done el color rojo es el punto más alto y el color azul es el punto más bajo.

Para terminar con todo el procesamiento se obtiene el Ortomosaico u ortofoto. Los productos exportados de todo este proceso será los puntos de terreno, el modelo digital de elevaciones y el ortomosaico.

Figura 17.

Ortomosaico del terreno

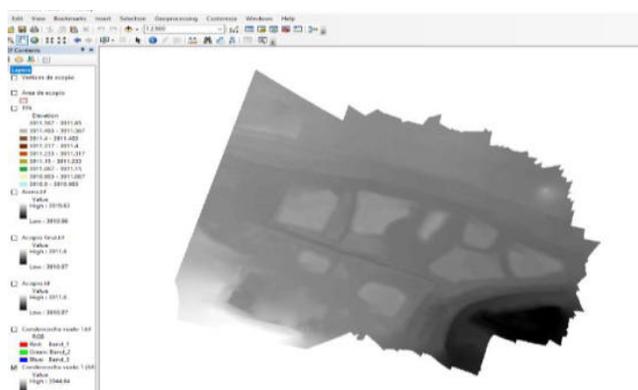


Nota. Ortofoto final en el cual se delimitará los acopios de las materias primas.

Una vez finalizado todos los procesos anteriores y con la exportación de los productos mencionados se comienza a utilizar el programa ArcGIS para lo cual se cargará en el programa el modelo digital de elevaciones (para hallar la superficie del material) y el ortomosaico (para la delimitación del material).

Figura 18.

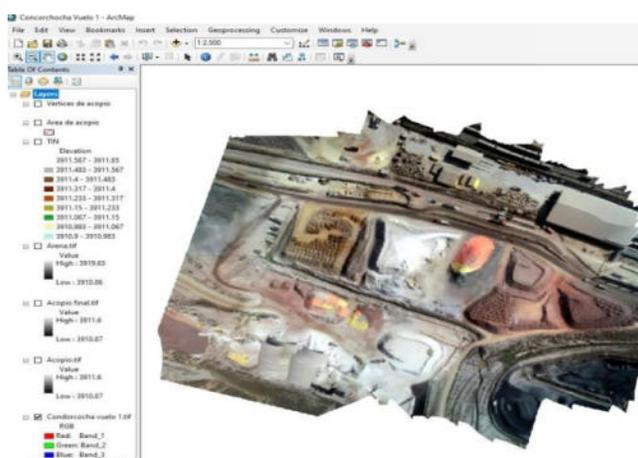
Modelo digital de elevaciones en ArcGIS



Nota. Modelo Digital de elevaciones en ArcGIS para hacer comparación de superficies.

Figura 19.

Ortomosaico en ArcGIS

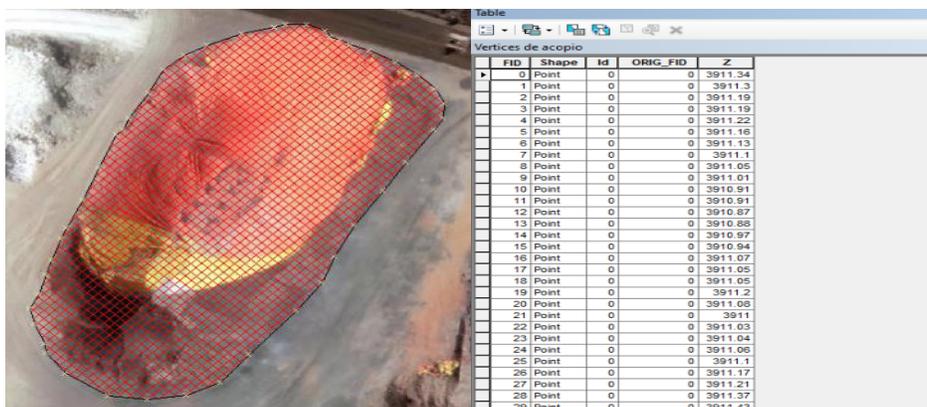


Nota. Ortomosaico cargado encima del Modelo digital de elevaciones en el programa ArcGIS.

Con los 2 modelos se delimitar el área de acopio del material y se obtiene una tabla de vértices con datos en z para hallar la altura de cada vértice.

Figura 20.

Delimitación del área de acopio y obtención de elevaciones

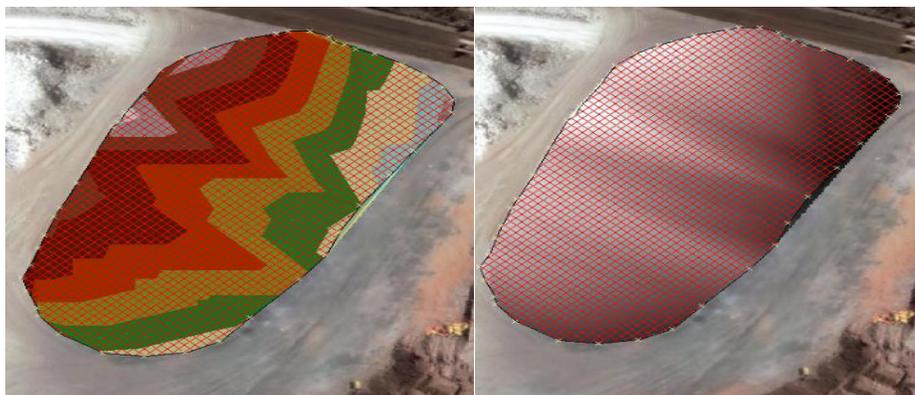


Nota. Ortomosaico cargado encima del Modelo digital de elevaciones en el programa ArcGIS.

Con la base de vértice se crean modelos en formato tif el cual tiene como origen la delimitación del material para ser exportado.

Figura 21.

Delimitación de acopio y base de acopio



Nota. Volúmenes delimitados en modelo TIN y delimitación con extensión tif.

Se corregirá la delimitación de acopio en modelo tif en base al área de acopio y se extraerá el material de acopio en base al modelo digital de elevaciones

Con todos los pasos realizados se exportará los siguientes modelos en formato tif.

- Base de acopio final. tif
- Material determinado. tif

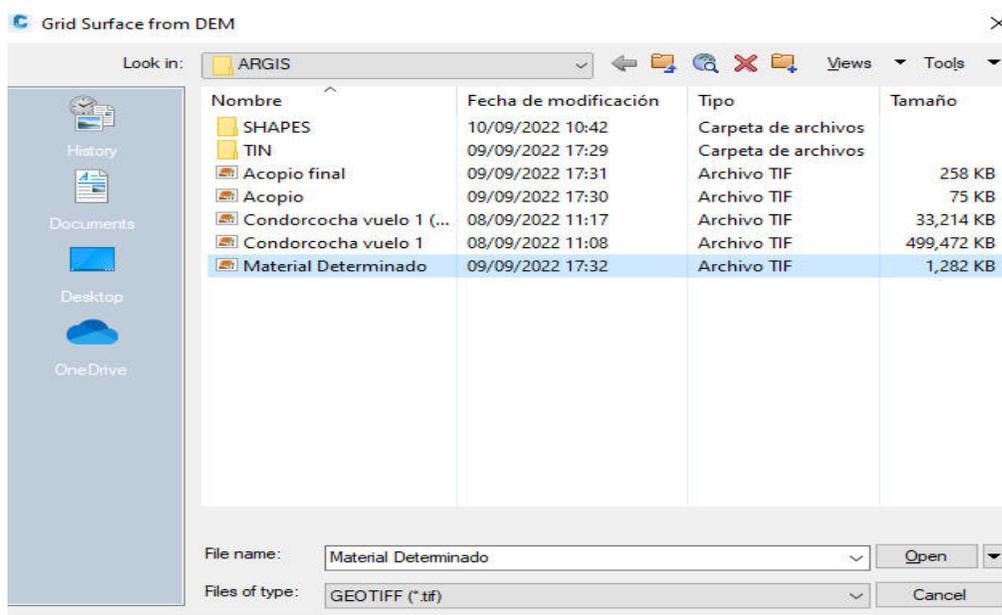
Con estos 2 modelos se continúa el proceso en el programa Civil 3D.

Se abre el programa Civil 3D y se geolocaliza el programa en el cuadrante 18S.

Posterior se crea la superficie de la base de acopio se la siguiente manera: 1. Surface, 2. Definición de material., 3. Cargar el DME.

Figura 22.

Carpeta obtenida del trabajo en ArcGIS



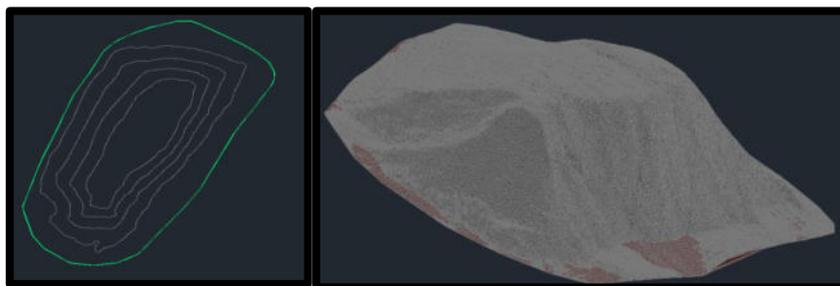
Nota. Carpeta con todos los productos obtenidos por el programa ArcGIS.

Para cargar el material determinado se hace el mismo procedimiento de la base y se cargar el DME (Material determinado).

Una vez realizado los pasos de abrirá se obtiene el área de acopio en función del material determinado.

Figura 23.

Base de material y modelado 3D en Civil

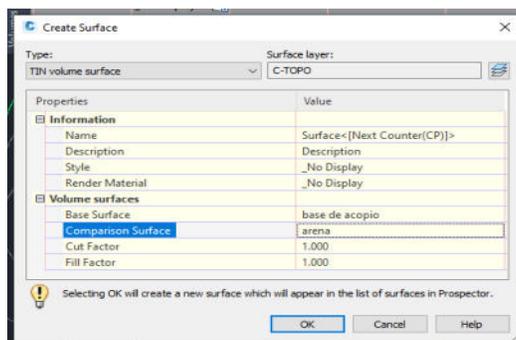


Nota. Curvas de nivel del material procesado y el modelado en 3D en vista conceptual

Con este modelo en 3D se realiza el último paso para determinar el volumen para lo cual se tiene que realizar la comparación del modelo de la base de acopio con el modelo de la determinación de material de la siguiente manera:

Figura 24.

Configuración de superficie a comparar



Nota. Interfaz del Civil 3D en el cual se compara las superficies de la base y el acopio con un factor de 1,00.

Obtención de datos:

Luego de realizar todos los pasos anteriores se puede hallar el volumen de cada material teniendo en cuenta la ubicación y el tipo de material a calcular.

Dependiendo de la ubicación del material y la base de cada material se procede a realizar el trabajo con la nube de puntos densas para ellos se sigue los siguientes pasos:

- Para el procesamiento y cálculo del volumen requerido necesitamos el Ortomosaico en extensión .tif así también como los puntos exportados, ambos datos proceden del Software Metashape.
- Los puntos exportados de la nube de puntos serán reducidos en el programa CloudCompare para tener solo los puntos necesarios para ser exportado y posterior creación de curvas de nube.
- Para posteriormente realizar el cálculo del acopio mediante el software Civil 3D
- Es muy importante iniciar el trabajo con la geolocalización del software.

Figura 25.

Puntos del terreno

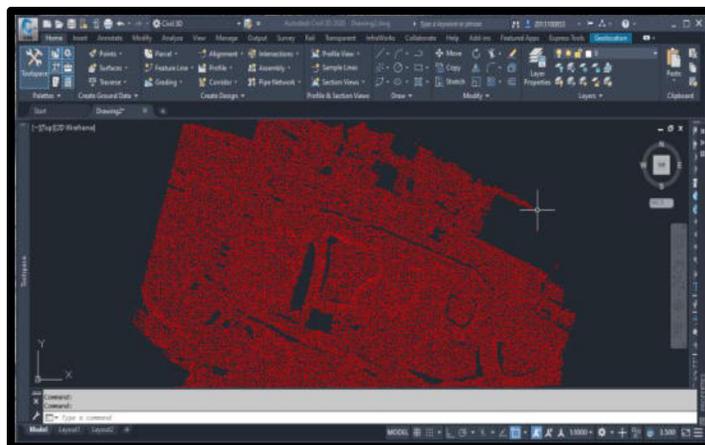
ID	Este	Norte	Elevación
414215.82	8742119.38	3948.35	
414217.36	8742117.34	3948.28	
414213.44	8742123.54	3948.58	
414216.49	8742123.85	3939.93	
414213.59	8742117.69	3948.88	
414212.48	8742124.61	3948.33	
414218.48	8742124.59	3938.75	
414214.48	8742118.92	3948.45	
414215.85	8742115.18	3948.93	
414218.88	8742112.18	3948.13	
414215.88	8742109.23	3948.82	
414216.94	8742111.88	3948.87	
414218.24	8742109.16	3939.96	
414218.33	8742114.67	3948.65	
414212.97	8742114.32	3948.38	
414212.18	8742112.13	3948.88	
414212.78	8742109.87	3948.11	
414216.54	8742111.18	3948.28	
414219.63	8742108.94	3939.82	
414218.69	8742106.91	3948.62	
414216.64	8742107.33	3948.56	
414214.48	8742107.62	3948.47	

Nota. Puntos del terreno con coordenadas Este, Norte y Elevación.

Se carga todos los puntos de terreno en el programa Civil 3D y posterior se carga el Ortomosaico para hacer la delimitación del acopio, con los puntos se genera las curvas de nivel.

Figura 26.

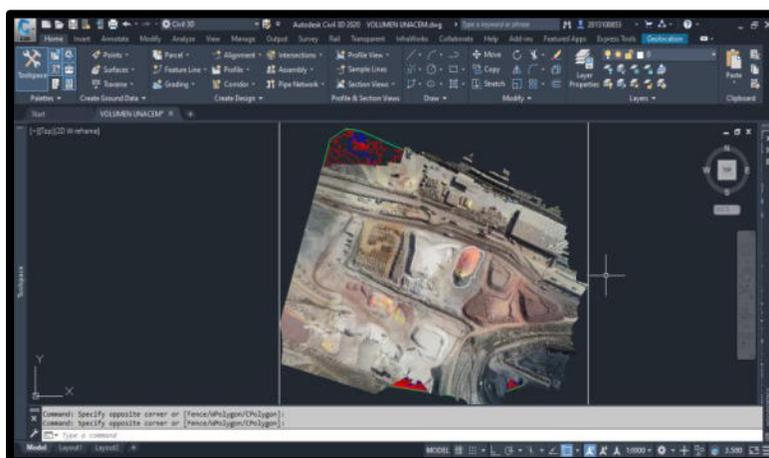
Puntos de terreno cargados al Civil 3D



Nota. Puntos del terreno exportados al civil 3D para crear las curvas de nivel.

Figura 27.

Delimitación de acopio con ayuda de Ortomosaico



Nota. Ortomosaico cargado delante de las curvas de nivel en donde se delimita el material escogido.

Usando las herramientas que nos proporciona el programa Civil 3D se procede a calcular el volumen, este segundo método es recomendado para los materiales que tengan base por debajo de suelo natural (por el tema de acumulación del material) y en los lugares donde el acopio tenga un talud o está cerca del terreno natural en donde no se puede delimitar de manera correcta el volumen del material. Todo lo detallado en los párrafos anteriores nos ayudan a calcular el volumen en un tiempo reducido, disminuimos costos, tenemos un control del material, alta precisión y sin poner en riesgo la vida de ningún personal por acceder a zonas de alto riesgo.

5.3. Factibilidad Técnica – Operativa

En la factibilidad técnica se describirá todos los requisitos técnicos, infraestructura y tecnológicos que son necesarios para la aplicación del dron para la cubicación de materias primas. Dentro de estos se tienen los equipos a utilizarse, el más importante y fundamental para este trabajo es el dron DJI Phantom 4 RTK porque en este se centra la solución del problema y se elige este dron por la precisión que tiene en sus levantamientos topográficos.

Figura 28.

Características del dron Phantom 4 RTK



Nota. Reproducido de Cartografía de nueva generación, RME geoespacial, 2023 (<https://rmsgeoespacial.com/producto/phantom-4-rtk-dji-drone/>).

Además, es necesario el complemento de una estación móvil (RTK) el cual nos brindará el posicionamiento en tiempo real y nos permitirá una ubicación precisa de cada material, con este instrumento se corrige el tema de precisión, exactamente en el tema de elevación.

Figura 29.

Estación móvil (RTK)



Nota. Reproducido de Compatibilidad sin complicaciones con la estación móvil D-RTK 2, RME geoespacial, 2023 (<https://rmsgeoespacial.com/producto/phantom-4-rtk-dji-drone/>)

Una herramienta que también se debe tomar en cuenta son los marcadores visuales que se deben elaborar, estos son cuadrados de madera de 50cm x 50 cm. para ser visualizadas durante el vuelo, los más recomendable es que sea de colores rojo y blanco para el fácil reconocimiento en el terreno.

Figura 30.

Marcadores visuales en el terreno



Nota. Adaptada de What is a Ground Control Point? Robota elevate excellence, Antonio Liska, 2022 (<https://www.robota.us/post/what-is-a-ground-control-point>).

Por último, para los equipos y herramientas de campo se tiene que contar con un GPS diferencial para poder obtener todas las coordenadas de cada marcador y así poder estacionar el RTK en el marcador con las coordenadas precisas y correctas.

Figura 31.

GPS diferencial



Nota. Reproducido de GPS Diferencial Viva GS08 Leica, ENLACE3G (<https://enlace3g.com/gps-diferencial/gps-diferencial-leica/gps-diferencial-viva-gs08-leica-detail.html>).

Para el trabajo en oficina y el procesamiento de fotografías se necesita un equipo de cómputo con un procesador Intel Core I9 para que el proceso sea rápido y acortar los tiempos de cálculos de los volúmenes.

Figura 32.

Equipo de cómputo necesario.



Nota. Laptop con procesador I9 con la que se realizaran el trabajo en gabinete.

Tabla 5.

Características del equipo de computo

Marca	Asus
Fabricante	ASUSTek COMPUTER INC.
Procesador	AMD Ryzen 9 5900HX with Radeon Graphics 3.30 GHz
Memoria RAM	32.0 GB (31.4 GB utilizable)
Id. Del dispositivo	AB9152DD-BA97-482F-8A7C-3A1BED16F040
Id. Del producto	00325-82189-53368-AAOEM
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
Edición	Windows 10 Home
Versión	22H2

Nota. Detalle del equipo utilizado para el trabajo (modelo, procesador, memoria, disco duro, pantalla).

Por su parte, los softwares necesarios para el procesamiento de información que se necesitan adquirir son:

- *Metashape Agisoft 10.8*: paquete de software en el cual se procesará las fotos para obtener el Ortomosaico, los modelos digitales de elevaciones y el modelado en 3D.
- *CloudCompare*: paquete de software en el cual se exportan los puntos para luego ser reducidos y borrar los que no son necesarios.
- *ArcGIS*: sistema que permite tener las superficies de terreno cortados o delimitados en el material a calcular y posterior exportación al Civil 3D
- *AutoCAD Civil 3D*: sistema en el cual se calcula los volúmenes exportando puntos o superficies y comparando la base con la superficie del material.

Finalmente, en cuanto a la infraestructura se necesitaría una oficina con su respectivo mobiliario (escritorio, mesas) equipado (impresora), con internet y para el transporte de la oficina al área de trabajo se necesitaría el alquiler de una camioneta 4x2 equipada con los requerimientos de la empresa cementera.

Al planeamiento de oficina antes de salir a campo se debe realizar un ckecklist (Equipo del dron, baterías, RTK, memoria, GPS diferencial, etc.), una vez llegado al campo se debe planificar el vuelo (clima adecuado, baterías completas, posicionamiento RTK, etc.) durante el vuelo (hacer un seguimiento visual a la aeronave y al mando para no tener ningún inconveniente en la toma de datos y si hay algún problema durante el vuelo, se debe retornar el aeronave al punto de origen y reiniciar el vuelo) y posterior al vuelo (guardar el aeronave correctamente para evitar la descalibración del mismo).

En cuanto a la factibilidad operativa se determinará la operación de la empresa, el personal requerido y la estructura organizacional. La empresa cuenta con un piloto con licencia para

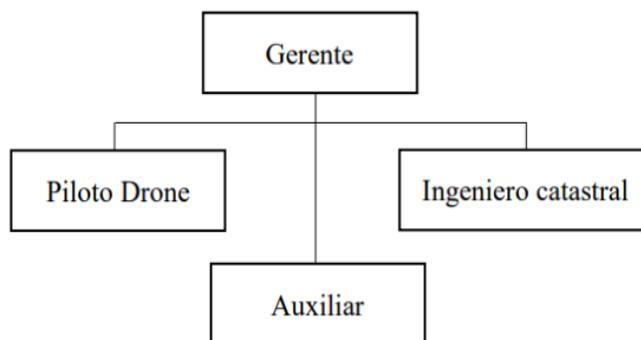
drones lo cual es necesario para poder brindar servicios de topografía con dron. Además de eso se debe considerar los siguientes personales:

- Gerente: el cual se encarga de la gestión comercial y administrativa de la empresa, también apoya en el procesamiento de imágenes y la entrega final al cliente.
- Piloto del dron: se encarga de planificar el vuelo del dron y es el que se encarga en campo de brindar soluciones en caso de presentarse cualquier inconveniente a la hora de volar (calibración, conexión del mando y la nave).
- Auxiliar: persona que apoya al piloto, debe contar con conocimiento de volado de nave, ayudar con el seguimiento visual de la nave, apoyar a la hora del aterrizaje de la nave, guardado correcto del dron y traslado de las cosas.
- Ingeniero catastral: se encarga de la elaboración de los planos a escala requerida, procesamiento en oficina y elaboración del informe final.

Teniendo en cuenta todos los personales requeridos para el trabajo se realiza una estructura organizacional del área de topografía encabezada por el gerente, luego se encuentra el piloto de dron con el ingeniero catastral y en la parte inferior el auxiliar de apoyo.

Figura 33.

Estructura organizacional del área



Nota. Organigrama del área de topografía de la empresa constructora D'Armies S.A.C.

Con esto cargos se hace la tabla de cargos y funciones detallada a continuación:

Tabla 6.

Cargos y funciones del personal

Cargo	Funciones
Gerente	Planear, organizar, dirigir y controlar las operaciones de: transporte, mantenimiento, seguridad. Planear y manejar el presupuesto y mantenimiento y en campo. Preparar los informes y los permisos para el ingreso a la fábrica. Participar en el apoyo de procesamiento de imágenes.
Piloto	Pilotar el dron para la toma de imágenes. Dirigir las actividades durante el vuelo. Entrenar a nuevos pilotos en la utilización del dron. Monitorear el funcionamiento y la operación de la nave durante el vuelo. Instruir a los auxiliares en los procedimientos y técnicas de vuelo.
Ingeniero catastral	Analizar, coordinar, calcular, diseñar los levantamientos producidos en campo. Supervisar la preparación de datos. Calcular los volúmenes de material con la nube de puntos obtenida el vuelo.
Auxiliar de apoyo	Asistir en el desarrollo del proyecto tanto en campo y oficina. Visualizar la nave durante el vuelo. Trasladar los equipos en el campo. Capacitarse en el uso y vuelo del dron para estar preparado en cualquier inconveniente en campo.

Nota. Funciones de cada integrante del organigrama interno del área de topografía.

5.4. Cuadro de Inversión

Para realizar el cuadro de inversión se debía tener en consideración que la empresa D`Armies S.A.C ya contaba con dron DJI Phantom 4 RTK con anterioridad, de esta manera la aeronave no tendría ningún costo en esta investigación. También contaba con un equipo de cómputo Intel Core i9 apta para el procesamiento de datos del vuelo.

Los gastos producidos serán en un tiempo de 1 mes de trabajo:

Tabla 7.*Cuadro de inversión para la implementación*

Inversión	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Calibración y mantenimiento del dron DJI Phantom 4 RTK (cada 3 meses o según el tiempo de vuelo realizado)	1	Unidad	S/ 240.00	S/ 240.00
Capacitaciones de personales para utilizar el dron	2	Unidad	S/ 400.00	S/ 800.00
Alquiler de un GPS Diferencial	8	Hora	S/ 40.00	S/ 320.00
Computadora Asus Gamer I9	1	Unidad	S/ 9,000.00	S/ 9,000.00
Servicio técnico e instalación de programas	1	Global	S/ 200.00	S/ 200.00
Alquiler de camioneta	7	Dia	S/ 250.00	S/ 1,750.00
Salarios de personal	3	Mes	S/ 2,000.00	S/ 6,000.00
Gastos en oficina (papelería, impresiones, útiles de escritorio, etc.)	1	Global	S/ 200.00	S/ 200.00
Exámenes médicos, seguro de vida, pruebas COVID	1	Global	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00
Arriendo de oficina	1	Mes	S/ 200.00	S/ 200.00
Servicios de electricidad	1	Mes	S/ 50.00	S/ 50.00
Servicio de internet	1	Mes	S/ 80.00	S/ 80.00
Viáticos de personal	1	Global	S/ 350.00	S/ 350.00
Total				S/ 22,190.00

Nota. Gastos generados por la empresa constructora para el trabajo de cubicación de materias primas.

En la tabla anterior se explica en forma detallada todos los gastos que produjeron la implementación del dron para en el cálculo de cubicación, con lo cual se puede sacar un balance general de la ganancia que se obtendrá con el trabajo ejecutado.

6. Análisis de Resultados

6.1. Análisis Costos – Beneficio

Para elaborar un análisis costo-beneficio se realiza una matriz donde se pueden identificar las dimensiones de las variables de investigación y como la tecnología del dron y su implementación ayuda a solventar este impacto en el proyecto.

Tabla 8.

Cuadro de análisis costo beneficio

Criterio de evaluación	Impacto dentro del proyecto	Beneficio - Solución
Riesgo de toma de datos en campo	Alto	Los drones nos permiten no poner en riesgo la vida del personal de trabajo puesto que no es necesario de llegar un lugar de difícil acceso por la geografía del terreno, ni a lugares contaminados ya que cuando se planifica el vuelo se puede llegar a dichos lugares de forma indirecta.
Costo de desarrollo de proyecto	Alto	Con la implementación de dron se requiere un número reducido de trabajadores para ejecutar el trabajo, esos generan menores egresos a la empresa y la ganancia incrementa.
Tiempo de toma de datos en campo	Alto	El tiempo que se reduce con el dron es uno de los aspectos más relevante de su implementación, puesto que reduce en un 60 a 70% el tiempo de toma de datos en campo. Eso hace que en donde se ejecuta el trabajo el proceso de producción no para ni se detiene por un tiempo prolongado.
Control de información	Alto	La implementación del dron para el control de materiales extraídos en un día y tiempo determinado es excelente para la empresa a la cual le brindarán servicios de topografía porque se puede ver el terreno en forma real y abarcar grandes extensiones en minutos
Precisión de la información	Alto	Los drones nos generan datos con un mínimo margen de error porque con la ayuda del RTK (estación móvil 2) nos ubica en tiempo real en el área de trabajo y nos brindan una precisión milimétrica y sin la necesidad de tener marcadores en el área de vuelo

Nota. Cuadro de costo – beneficio dividido en criterios de riesgo, costo, control y precisión que nos ofrece la implementación del dron.

Todo este trabajo tenía una ganancia de S/ 45,000.00 soles que se pagaría al momento de entregar el informe el cual se presentaba de manera detallada y con las características físicas de cada material (densidad y humedad), como se observó en la tabla de inversión la empresa constructora D'Armies S.A.C. generó gastos en total de S/ 22,190.00, se debe tener en cuenta que para el trabajo se tenía que comprar de un equipo de cómputo con procesador I9 (el cual será un gasto único que servirá para posteriores trabajos en el mismo rubro).

Como se puede ver, la ganancia neta generada en 1 mes de trabajo en la empresa constructora es de S/ 22,810.00 el cual en porcentaje de ganancia es de 49.30 % con lo cual el dron resulta una solución eficiente para este tipo de trabajo, además que la empresa cementera no paró la producción por mucho tiempo durante la toma de datos, porque el vuelo demora entre 20 a 30 minutos (dependiendo de la extensión del mismo).

También cabe resaltar que el trabajo que se ejecutará en la empresa cementera de la región se hará de manera trimestral, lo cual hace que el proyecto en cuanto a factibilidad económica resulte rentable.

En la Tabla 9 que se muestra a continuación, se explica el trabajo de cubicación que fueron ejecutados, por parte de la empresa D'Armies y por la empresa S.G. Pirámide E.I.R.L. de la localidad de Tarma con un cronograma establecido por la empresa UNACEM PERÚ S.A. - Sede Condorcocha.

Tabla 9.*Informe de cubicación por Entidades*

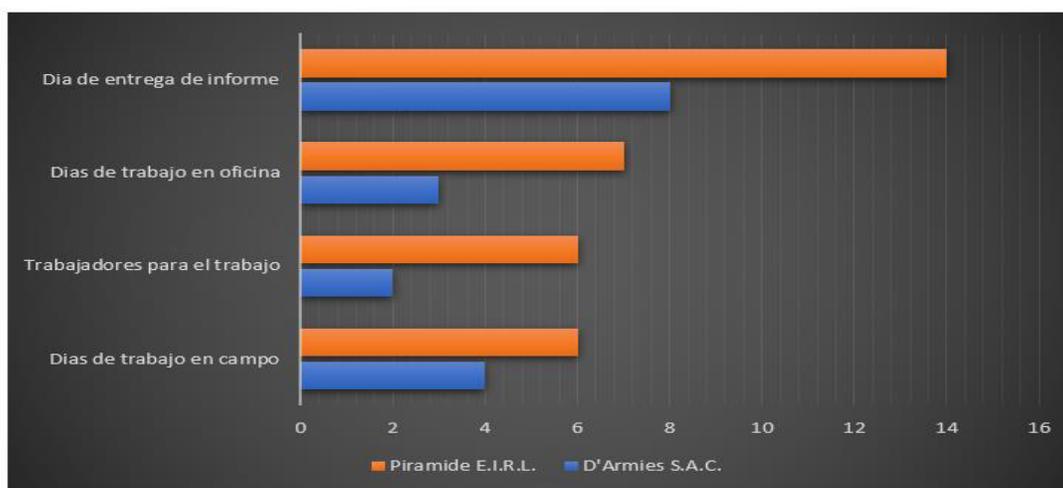
Cálculo de cubicación	Entidad Ejecutora
Materias primas (Caliza, Yeso, Arcilla, Carbón nacional e importado, óxidos, puzolana y bauxita) materiales procesados (Clinker tipo I y tipo V) 2021	Servicios generales Pirámide E.I.R. L
Materias primas (Caliza, Yeso, Arcilla, Carbón nacional e importado, óxidos, puzolana y bauxita) materiales procesados (Clinker tipo I y tipo V) 2022	Empresa Constructora D'Armies S.A.C.

Nota. Entidades que realizaron el trabajo de cubicación de volúmenes con anterioridad.

En base a los trabajos ejecutados en diferentes tiempos se tiene información de días de entrega de informe, número de trabajadores, trabajo en campo y gabinete el cual se podrá comparar ambos métodos puesto que, S.G. Pirámide E.I.R.L. trabajó con el método tradicional y D'Armies trabajó con el método alternativo (dron).

Figura 34.

Cuadro comparativo de levantamientos topográficos según características del trabajo a ejecutarse



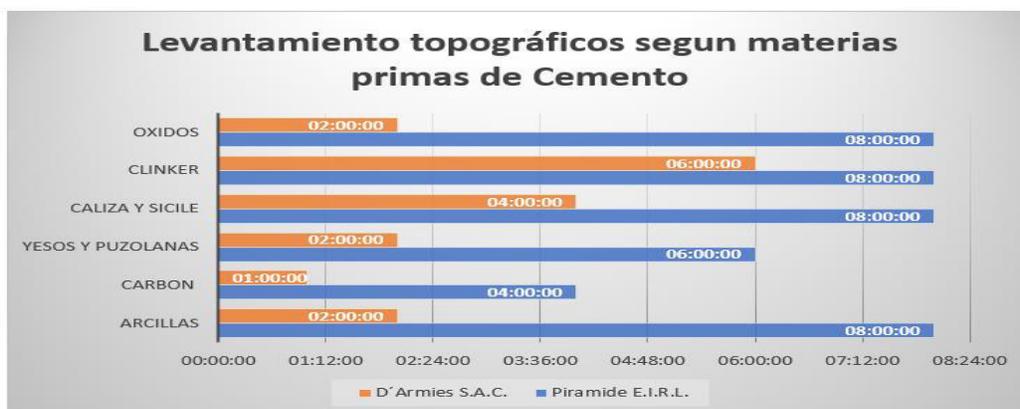
Nota. Adaptado con información de los estudios topográficos de entrega de informe de ambas empresas.

En la figura anterior se compara el mismo trabajo ejecutado en años diferentes por la empresa Pirámide E.I.R.L. (2021) y la empresa D'Armies S.A.C. (2022) en donde se observa que la entrega del informe en la empresa en la que se desarrolla la implementación del dron fue de 8 días mientras que con el método tradicional se realizó en 14 días con lo cual se reduce un 40 % de tiempo de entrega del informe. Otro punto importante es el número de trabajadores que necesitaron ambas empresas, D'Armies necesitó de 2 personales que desarrollaron el trabajo de campo en 4 días y 3 días de trabajo en oficina. Mientras que para la empresa Pirámide se necesitaron 6 trabajadores que realizaron el mismo trabajo, para lo cual se requería de 6 días de trabajo en campo y 7 días en oficina. Como se puede interpretar de la figura, la implementación del dron para el cálculo de volúmenes resulta beneficioso tanto en tiempo de trabajo como en número de trabajadores que se necesitó para realizar el cálculo de cubicación en la empresa de UNACEM PERÚ S.A. - Sede Condorcocha.

Para obtener los resultados de la implementación del dron para mejorar la cubicación de materias primas en cuando a la dimensión tiempo, se detallará en la siguiente figura:

Figura 35.

Levantamientos topográficos según materias primas en la empresa UNACEM PERÚ S.A.

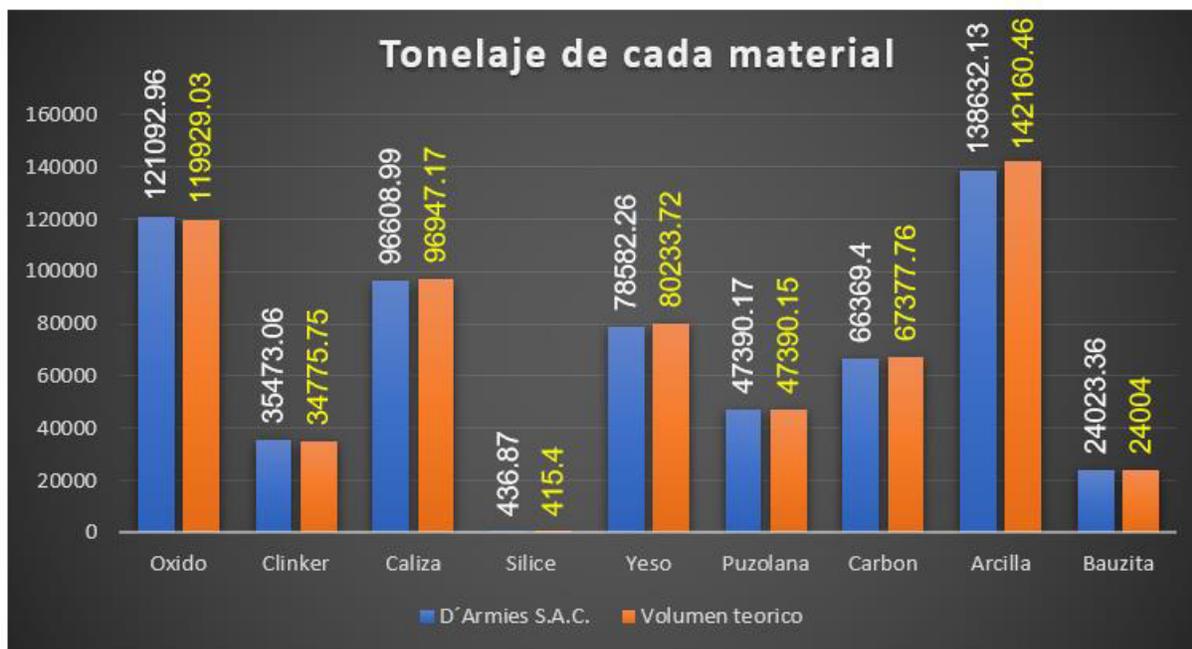


Nota. Adaptado con información de los estudios topográficos en cuanto al tiempo de ambas empresas.

En la figura 35 se realizó un análisis comparativo de las horas trabajadas en campo por ambas empresas que ejecutaron el trabajo, en la figura se puede visualizar cada material y las horas necesarias para poder hacer el levantamiento de dichos materiales. El primer material analizado es el óxido que se encontraba distribuido por toda la empresa para lo cual el dron tuvo que realizar 3 vuelos de distintos puntos lo que tomó 2 horas de trabajo con el uso de 2 baterías, mientras que con el método tradicional se necesitaron 8 horas (1 día de trabajo). Para el Clinker (material procesado) el tiempo en ambas metodologías es similar porque se realizó el levantamiento de partes techadas en el cual el dron se vuelve obsoleto, pero se redujo en 2 horas el tiempo por el material que se encontraba a cielo abierto. Para el tema de calizas y sílice con el dron se necesitó 4 horas de trabajo por la extensión del terreno en la cual se trabajó y para el método tradicional se empleó 1 día de trabajo (8 horas). Lo mismo pasó para los materiales de yeso, puzolana, carbón y arcilla como se puede ver en la figura, el tiempo de levantamiento entre ambos métodos es considerable. Si sumamos todas las horas de trabajo de ambos métodos se tiene: para la implementación con el dron se necesitó en total 17 horas de trabajo mientras que para el método convencional se requerido de 42 horas de trabajo. Con estos datos es posible concluir que con la implementación del dron se reduce más del 50% de horas de trabajo en campo, lo cual es de suma importancia para los objetivos de la empresa.

Figura 36.

Comparación de volúmenes reales y teóricos



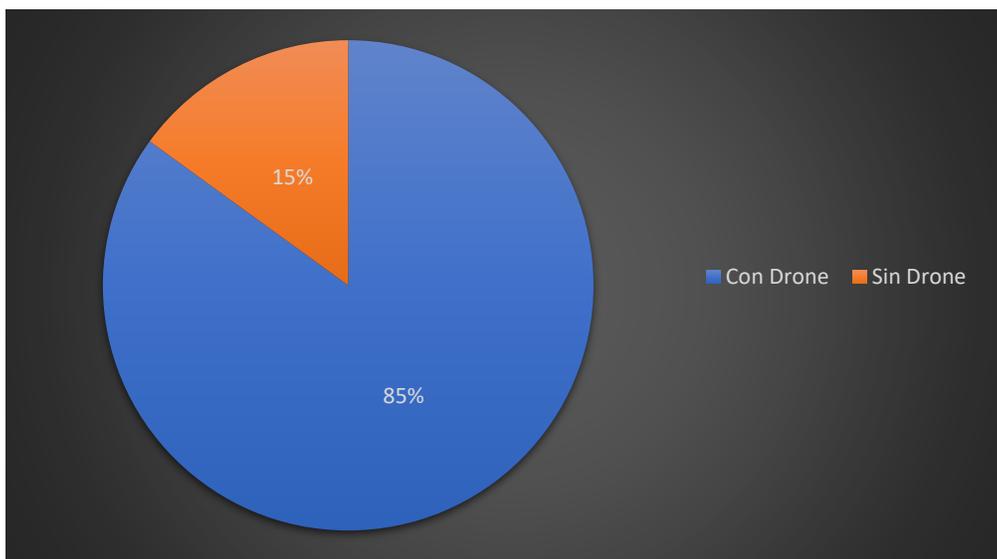
Nota. Adaptado con información de los estudios topográficos de ambas empresas para la precisión por medio de un control real y teórico.

En la figura 36 se realizó un cuadro comparativo entre los resultados reales calculados por parte de la empresa D'Armies S.A.C. con los resultados teóricos internos que manejan la empresa UNACEM PERÚ S.A. lo cual se obtenían por número de volquetes que cargan y descargan periódicamente y también de la extracción y producción de las materias primas. Para este punto se manifestó que la diferencia entre ambos resultados no debería pasar el 5% (positivo o negativo) y que los volúmenes estén en unidades de toneladas para lo cual se tuvo que multiplicar el volumen en m^3 x la densidad y la humedad de cada material y con esta premisa se obtuvieron los siguientes resultados: en el material de óxido el volumen real fue de 121,092.96 Tns. y el teórico fue de 119,929.03 Tns. obteniendo una desviación de 1%, en cuanto al Clinker

que es un material procesado se halló para el volumen real un total de 35,473.06 Tns. y para el teórico se obtuvo un total de 34,775.75 Tns. en donde se determinó una desviación de 2%, el siguiente material analizado es la caliza en donde el volumen real fue de 96,608.99 Tns y el Teórico fue de 96,947.17 Tns. lo cual representa una desviación de 0%, mientras que para sílice se obtuvo una desviación del 5% (porcentaje máximo) en donde el volumen real fue de 436.87 Tns. y el Teórico fue de 415.30, en cuanto al material de yeso en la fábrica se obtuvo un volumen real de 78,582.26 Tns. y el teórico fue de 80,233.72 Tns. el cual nos da una desviación del 2%, para puzolana la desviación fue del 0% comparando los resultados reales (47390.17 Tns) y los teóricos (47,390.15 Tns.), para el carbón se tuvo que realizar un trabajo más minucioso en campo puesto que se encontraron mezclas en los acopios (porcentajes de carbón de diferentes tipos) para ellos se halló que en el volumen teórico tenía un total de 67,377.76 Tns. y para el volumen real de 66,396.4 Tns. con una desviación de 1%, lo mismo pasa con la arcilla por las mezclas encontradas para lo cual este material presentaba una desviación de 2% en donde el volumen real era de 138,632.13 Tns. y el volumen teórico fue de 142,160.46, por último, para el material Bautiza que es un material de poco movimiento en la fábrica se obtuvo una desviación de 0% comparando los volúmenes reales (24,023.36 Tns) y el volumen teórico (24,004.00 Tns.). Como se puede analizar todos los volúmenes hallados están dentro del margen permisible por la fábrica, dependiendo de la cantidad y la visualización del material se obtiene un margen mínimo, otro punto a tener en cuenta es la humedad y densidad correcta de cada material y también se debe de tener mucho cuidado con los materiales mezclados (arcilla y carbón) para lo cual se debe inspeccionar en campo y preguntar a los trabajadores responsables de dichos materiales cual es la proporción de cada material y cuáles son las ubicaciones exactas de los acopios mezclados.

Figura 37.

Control de toda la Fabrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Adaptado el control visual que tiene el dron en la planta cementera

En la figura 37 se detalla el control que se realizó con el dron para visualizar los movimientos de los materiales, la extracción y producción, el trabajo que se está avanzando, todo esto con la ayuda de vuelos repetitivos del dron lo cual abarco el 85 % de total la fábrica en minutos de vuelo. Pero hay un 15 % de la fábrica que no se puede visualizar con los vuelos porque son materias primas techadas, estas materias primas son el Clinker y la puzolana que por sus propiedades físicas y el clima se deben de conversar de esta manera para evitar perdida de material por culpa del viento producido en la zona en donde se debe hacer una inspección tradicional. Como se puede analizar, el dron ayuda a tener un control de gran parte de la fábrica en minutos y sin tener que estar físicamente en cada material, dicho control lo puede hacer una persona programando un vuelo planificado desde cualquier punto de la fábrica ahorrando tiempo y sin necesidad de contar con una camioneta para recorrer toda la fábrica de la empresa UNACEM PERÚ S.A. - Sede Condorcocha.

7. Aportes más Destacables a la Empresa

Con la implementación de la metodología alternativa (dron) se buscaba beneficios para la empresa, entre los cuales destacan los siguientes resultados:

- Se implementó una nueva tecnología para el cálculo de volúmenes, desde el pre vuelo hasta los resultados finales, se creó un módulo específicamente para topografía con dron el cual detalla paso a paso todos los procesos. Todos estos datos sirven de precedente para posteriores trabajos.
- Se brindó asesorías a todo el personal sobre el manejo del dron (vuelo planificado y vuelo manual) para tener conocimientos básicos sobre el dron.
- Se realizó el tiempo de trabajo en campo de manera rápida y con gastos operativos y de traslado menores a los realizados con los métodos convencionales.
- Se realizó un formato para cada vuelo de dron donde se detalla puntos previos al vuelo (clima, lugar, cliente, tipo de vuelo, fecha), durante vuelo (número de satélites, fotos, videos) y después del vuelo.
- Con la metodología del dron se evitó poner en riesgo la vida de los trabajadores porque no necesitamos llegar a puntos de difícil acceso para realizar el cálculo del volumen, ya que con el Ortomosaico creado a partir de las fotos no se necesitaba llegar a esos lugares físicamente.
- Con la rapidez que se realiza el levantamiento topográfico en campo se permitió que la empresa cementera no pare por un tiempo extenso su producción, lo cual representa una ganancia para ellos, y es así que cumplimos con las expectativas de la empresa cementera.

- Se mejoró el área de topografía en su totalidad porque con este trabajo se compraron equipos (GPS Diferencial, Laptop i9), además de eso se consolidó al área como una parte fundamental de la empresa.
- Se logró obtener un beneficio económico alto porque los gastos en campo se disminuyeron y se necesitó menos trabajadores, además de eso se consiguió un contrato trimestral con la planta productora de cemento (por 1 año y dependiendo de los trabajos presentados con una extensión de 5 años) lo cual brinda estabilidad económica para la empresa durante todo este tiempo.

Como se puede analizar todos los aportes realizados para la empresa con la implementación del dron, se puede destacar que es un trabajo con mejoras continuas y de larga duración y que brinda beneficios económicos, operativos y un menor tiempo para realizar los trabajos en campo.

Desde que se llegó a la empresa constructora D'Armies S.A.C. (alrededor del inicio del 2020) se fueron desarrollando diversas áreas en la empresa de manera rotativa y los aportes personales que se brindaron a la constructora fueron los siguientes:

- Respeto y puntualidad a los horarios de trabajo.
- Rapidez y eficacia al realizar y entregar los trabajos designados en las diferentes áreas de la empresa, y si hay alguna corrección o modificación en el trabajo se realiza de manera inmediata para evitar la insatisfacción de los clientes.
- Buen trato con los clientes asignados en el área de trabajo, creando confianza y fidelidad entre los clientes y la empresa.
- Compañerismo y empatía con los colegas de trabajo cuando tienen algún inconveniente o duda al realizar trabajos en oficina y campo.

- Compartir conocimiento y experiencias adquiridas con los nuevos integrantes del área de topografía, ya que por el tener incremento de trabajos en el área se requirió de nuestros trabajadores.
- Crear un buen ambiente laboral lo cual hace que exista confianza y apoyo mutuo entre todos los integrantes del área de producción de la empresa lo cual logra una mejor productividad y excelencia en los trabajos a realizar.
- Fidelidad a la empresa ya que todo tipo de problemas se manejan dentro de la empresa, además que la información de los trabajos solo se comparte con la autorización del área de gerencia de la empresa.
- Compromiso con la empresa puesto que si hay trabajos pendientes por entregar no quedamos horas fuera del horario de trabajo con la coordinación respectiva con el área de gerencia para poder terminar dichos trabajos a tiempo y no perder ninguna oportunidad de trabajo.
- Participar y brindar ideas en conjunto con todas las jerarquías de la empresa cuando se inicie un nuevo proyecto para una correcta coordinación y división de trabajos para poder obtener los resultados esperados.

8. Conclusiones

Se implementó el dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023. Según Consola Group S.A.C (2015), nos dice que el dron DJI Phantom 4 RTK fue creado teniendo en cuentas todos los requisitos que mapeo y topografía necesitaba para obtener datos precisos, con una cámara de alta resolución y la capacidad de obtener datos RTK con precisión centimétrico. Además, Vertiz (2019), analizó un ejemplo práctico del dron aplicado a la ingeniería de vías terrestres con lo cual indica que el dron nos da muchos beneficios para el entorno en el cual se desempeña (especialmente en la topografía). Esto genera una reducción de costos y tiempo en cualquier proyecto o trabajo, además nos genera cantidad de información que si son manejados de manera correcta nos da resultados precisos, a su vez nos aporta seguridad en trabajo de alto riesgo para los trabajadores y nos genera información en tiempo real del área de trabajo. Por lo tanto, se concluye que la aplicación del dron para el cálculo de volúmenes resulta beneficioso en muchos aspectos (tiempo, costo, seguridad, precisión) respaldado por las tesis o trabajos anteriores y por la experiencia propia durante la ejecución de trabajo realizado y como aporte adicional en el presente trabajo se realizó el proceso detallado de todos los pasos realizados en campo y gabinete para tener un modelo a la aplicación del dron en la topografía específicamente para la cubicación de materia primas el cual servirá para futuros trabajos iguales o similares.

Se determinó la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión tiempo para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023 Jiménez et al. (2019), nos

dice que el tiempo a emplear para un método convencional o tradicional fue de 7 días, y con el método alternativo (dron) se desarrolló en 3 días de trabajo, en un levantamiento topográfico de 2 kilómetros por lo cual se observa que el equipo de metodología alternativa (dron) disminuye el tiempo de toma de datos en campo y nos da más tiempo en gabinete para realizar el informe final. Según Rivas y Vilca (2020), determinaron la diferencia de tiempo, precisión y costo operacionales entre el Método Convencional y Método Alternativo (dron) para el levantamiento topográfico de una trocha carrozable en Junín con lo cual afirman que tomando en cuenta estas 3 variables en la implementación del dron frente al método convencional en cuanto a tiempo se reduce entre un 50 % a 60 % del trabajo total haciendo el trabajo más ligero, en cuanto a precisión no se encontró mayor diferencia porque ambos cumple con los estándares mínimos de precisión y en costos de operaciones se obtuvo un 50 % de ahorro haciendo que la metodología del dron sea más rápida, rentable y precisa para trabajo de topográfica. Con toda la información anterior se llegó a la conclusión que la metodología alternativa (dron) en cuanto a la variable tiempo tiene una gran ventaja puesto que nos permite realizar el trabajo de manera rápida, reduciendo el trabajo de campo en porcentajes altamente satisfactorios, lo cual hace que la implementación del dron con respecto al tiempo sea viable para el proyecto.

Además, nos permitió determinar la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión y precisión para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023. Por lo tanto, González (2015), nos indica que es importante la colocación de puntos de apoyo terrestre (marcadores) correctamente distribuidos en toda el área de trabajo (un área de 1km de terreno se necesita entre 20 a 30 marcadores visuales distribuidos en toda el área). Cuando mejor sea el equipo (cámara de alta resolución) mejor será a la visualización de los puntos de apoyo

que pueden llegar a tener una precisión milimétrica, pero la precisión final de los proyectos la da el tamaño de pixel del sensor (cámara). También Ramos (2020), analizó como influyen los levantamientos topográficos con equipos no convencionales en los parámetros de precisión para las trochas carrozables en Sapallanga por lo cual afirman que las diferencias entre los tipos de levantamientos en el lugar de estudio en cuanto a la precisión, se dividen en 3 aspectos: precisión volumétrica (el dron tiene ventaja con respecto a la estación total teniendo en cuenta los taludes y la base del material), precisión elevación (que para el caso del dron se consigue con la móvil 2 RTK pues es ubicada en un punto con coordenadas conocidas y de ahí transmite la información a las fotos tomadas durante el vuelo) y precisión planta (en este y norte se tiene un error tolerable). La precisión es muy importante en la topografía, con la implementación del dron DJI PHANTOM 4 RTK el uso de marcadores se vuelve limitado y nulo (trabajo que requería de tiempo y era tedioso) ya que cuando la Estación móvil 2 (RTK) es estacionado en un punto en el cual se conoce sus coordenadas, este enlaza todas las fotos tomadas en vuelo desde ese punto haciendo que el levantamiento sea preciso para este tipo de trabajos. Es por eso que el dron (DJI PHANTOM 4 RTK) es de vital importancia para el trabajo de cálculo de cubicación de materias primas de la producción de cemento.

Por último, se determinó la implementación del dron DJI Phantom 4 RTK en el área de topografía de la Constructora D'Armies S.A.C. según la dimensión control para mejorar la cubicación de materias primas en la producción de cemento – Tarma, Junín, 2023. Para Campos (2015), las características de los drones permiten tener un control de obras con la aplicación de topografía clásica y la fotogrametría, reduciendo los inconvenientes generados, con estas características permiten a la supervisión de obras lo siguiente: vuelos repetitivos, precisión de datos, procesar lo necesario, control visual, sin riesgo ni pérdidas, bajos costos y posibilidad de

gestión interna. Además, Peña y Peña (2020), determinaron el sistema de aeronaves pilotadas remotamente, el tipo de dron, el tipo de sensor, el hardware y software para reducir el tiempo del levantamiento de inventario vial superficial en carreteras de bajo volumen y nos manifiesta que para el tema de control y monitoreo el dron que cumple con todas las características para este trabajo es el Phantom 4 Pro, el sensor más recomendado es el CMOS, el equipo de cómputo debe tener las características de 1^oma generación, memoria RAM de 32 GB, capacidad de 1 TB y disco duro sólido y el software elegido fue el Agisoft Metashape y con todo este equipamiento se logró reducir en un 30 % el tiempo recorrido para el levantamiento para tener un monitoreo de diversos tramos de la carretera estudiada. En conclusión, el control y monitoreo que se realiza con el dron en los proyectos puede ser más rápido y repetitivo, ya que los datos tomados (fotos y videos) se hace en tramos de larga extensión, pero sin incrementar trabajadores a la hora de la inspección, además de eso no se interrumpe los trabajos planificados por parte de la ejecución. Es por eso que la Implementación del dron DJI PHAMTON 4 RTK con respecto a esta dimensión de control resulta viable y efectivo para ambas partes (supervisión y ejecución), lo cual representará un beneficio alto para la empresa en la cual se desarrolla el presente trabajo.

9. Recomendaciones

Para poder implementar el dron de forma efectiva y eficaz para la empresa D´Armies S.A.C. se debe tener más capacitaciones y especializaciones para todo el personal de topografía, con lo cual se abarcarían todos los beneficios que presenta el dron y no solo aplicarlos a este tipo de trabajos sino también a otros trabajos por los diversos vuelos que presenta la aeronave, porque cada vuelo tiene una función determinada el cual actualmente es poco conocida. Además, es recomendable hacer el mantenimiento del dron cada 3 meses o dependiendo del uso que se le da el dron (no exceder las 6 horas de vuelo total) para no tener error en los levantamientos realizados, tener mucho cuidado con todos los inconvenientes producidos durante el vuelo (viento, clima, señal) y actuar de manera rápida para no tener ningún incidente del dron durante la toma de datos en campo. Por último, se debe de especializar a los trabajadores del área de topografía sobre los programas utilizados para el proceso, para así disminuir el trabajo a los encargados del vuelo para estar procesando las imágenes mientras se hacen los otros vuelos planificados para el día de trabajo.

Para hacer el trabajo en campo más rápido es recomendable hacer una inspección visual del área de trabajo previo a la toma de datos del dron y con esto hacer un cronograma de actividades en el cual se detalla las materias primas que se volarán día con día. Cuando se tiene este cronograma se puede ir planificando los vuelos en oficina, para que cuando se llegue a campo se pueda cargar el vuelo planificado y así volar el área determinada de manera inmediata, también es recomendable implementar por lo menos 4 baterías para el dron para evitar proceso de carga de dichas baterías lo cual nos quitaría horas de trabajo y no podríamos avanzar y poder terminar todos los vuelos planificados previamente. Es recomendable que el tiempo de vuelo del

dron de manera continua sea de 40 minutos y tener un descanso de 30 minutos para no sobrecalentar la aeronave, durante este tiempo de descanso se puede ir descargando la información del vuelo para que se comience con el procesamiento de fotos.

Para tener una mayor precisión y que los datos obtenidos tenga un error milimétrico es recomendable contar con un GPS Diferencial (para el actual trabajo se tuvo que alquilar este equipo lo cual nos quitaba tiempo y resultaba costoso). Con el GPS Diferencial se tiene que conseguir coordenadas (Este, Norte y Elevación) en puntos donde se puede estacionar el RTK teniendo en cuenta la extensión del terreno a volar, estos puntos serán la base para realizar todo el levantamiento. Adicional a estos, se debe de crear marcadores visuales con un punto centro en el cual se marcará las coordenadas. Estas coordenadas serán ingresadas al mando y se conseguirá la estación real del RTK. Otro punto a tener en cuenta para la precisión es que el dron no debe volar cuando la neblina es demasiado espesa lo cual puede generar un error visual al momento de procesar las fotos. Por último, para los acopios de materias primas donde se presentan taludes o desniveles se debe tener en cuenta el nivel de piso real el cual debe ser proporcionado por la empresa en donde se efectuará el trabajo, y de ser el caso realizar otro tipo de procesamiento en gabinete y conseguir resultados precisos.

En cuanto al control y supervisión de materias primas de la producción de cemento se debe de contar con un plano general de la ubicación de los materiales antes del vuelo, en este plano se debe de detallar el día y la hora en el cual se realizó la toma de datos, también debe presentar los nombres de cada material y sus respectivos códigos lo cual facilitará el reconocimiento de los materiales. Con el vuelo realizado del dron se obtendrá la posición de los materiales en tiempo real y si se movieran con el pasar de los días. Otro aspecto importante es que al momento de la inspección se debe de evitar la descarga de material puesto que además de crear polvo no nos

permitiría tener un control exacto, por lo cual se recomienda informar a los trabajadores de la empresa cementera para que estén por los minutos de vuelo y no tener problemas e inconvenientes, también se debe de alejar las maquinarias de los acopios para que no suban el volumen del material al momento de ser calculado. Por último, es recomendable enviar el Ortomosaico y el video a la empresa cementera para que observen el control diario o semanal que se hace con la implementación del dron.

10. Referencias Bibliográficas

- Aerial Insights. (2018). Topografía con drones: qué es y cómo realizarla. Obtenido de <https://www.aerial-insights.co/blog/topografia-con-drones>
- Borja Suárez, M. (2012). Metodología de la Investigación Científica para ingenieros. Chiclayo.
- Cabada Quiliche, J. J. (2019). *Evaluación de precisión y costo en un levantamiento topográfico con estación total y aeronave pilotada remotamente (RPA-DRON) en el centro poblado Cashapampa - Cajamarca 2018*. [Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte]. Cajamarca.
- Campos, H. (2019). Droness en la Topografía. Obtenido de <https://hcrtopo.wixsite.com/stcr/post/drones-en-la-topograf%C3%ADa>
- Casanova Matera, L. (2002). Topografía plana. Mérida: Universidad de Los Andes - Facultad de Ingeniería - Departamento de Vías.
- Castro Diaz, J. H., y Pfura Monterola, E. (2020). *Uso del dron como alternativa para reducir el tiempo de levantamiento topográfico en minería*. [Tesis de pregrado. Universidad Tecnológica del Perú].
- Cosola Group S.A.C. (2015). Drone DJI PHANTOM 4 PRO RTK + Mobile STATION. <https://cosola.com/portal/index.php/productos/drones/31-drones/348-drone-dji-phantom-4pro-rtk>.
- Corredor Daza, J. G. (2015). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá-río frío*. [Tesis de pregrado. Universidad Militar Nueva Granada]. Colombia.

- Cruz y Gutiérrez (2019) *Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT)*. Universidad de Costa Rica Vol.8 <https://revistas.ucr.ac.cr/>
- El vuelo del Dron (2020), Dron DJI Phantom 4 RTK. <https://elvuelodeldrone.com/drones-profesionales/drones-industriales/drone-dji-phantom-4-rtk/>
- García Garcías I. (2017). Estudio sobre vehículos aéreos no tripulados y sus aplicaciones.
- Global Mediterránea Geomática. (2018). Drones y topografía, la combinación perfecta. Obtenido de <https://www.globalmediterranea.es/drones-topografiala-combinacionperfecta>
- González, P. (2015). Levantamiento mediante GPS. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4651/pfc5890.pdf>
- Guía Drones (2023), Calibrar la brújula en el dron Phantom 4 para arreglar problemas de vuelo. <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-la-brujula-en-el-dron-phantom-4-para-arreglar-problemas-de-vuelo/>.
- Gutiérrez, P. J. (2014). Fotogrametría.
- Hedrick, E., Bickman, L. y Rob J. (1993) *Applied research design. A practical guide* Newbury Park, CA: Sage.
- Helixnorth. (2020). Drones para topografía. Obtenido de Dron con el que controlas la topografía: <https://helixnorth.com/topografia>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6a edición.
- Hinostroza Quijada, P. S. (2021). *Evaluación de errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial*. [Tesis de pregrado. Universidad Peruana Los Andes]. Perú
- Jauregui, I. (2010). *Introducción a la Fotometría*. Venezuela

- Jiménez Calero, N. M., Magaña Monge, A. O. y Soriano Melgar, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos*. [Tesis de pregrado. Universidad de El Salvador]. El Salvador.
- Machado Pardo M. y Pertuz Plata J. (2020). *Análisis de la utilización de drones para el levantamiento topográfico en sitios habitados donde se presentan aguas estancadas en el municipio de Ciénega Magdalena*. [Tesis de pregrado. Universidad Cooperativa de Colombia]. Colombia.
- Matías, R. (2020). *Aplicación de un dron para mejorar los procesos productivos en Minera Chinalco Perú S.A., Morococha 2020*. [Tesis de pregrado. Universidad Continental]. Huancayo, Perú.
- Marulanda, O. (2009). *Costos y presupuestos*. Medellín: Segunda edición.
- Miñano I., Fernández F., Casaban B. (2012), *PRINCIPIOS DE FOTOGRAMETRIA*.
- Ñaupas, Mejía, Novo y Villagómez (2014): *metodología de la investigación científica y asesoramiento de tesis*.
- Ortega, D. (2017). *¿TOPOGRÁFICO?, ¿CÓMO NOS PUEDEN AYUDAR LOS DRONES EN UN LEVANTAMIENTO? droneproducciones*
- Osca Mellado, M. y Barreda Yabar, R. V. (2022). *Aplicación de dron para elaborar modelos digitales en frente de minado, Unidad Minera Las Bambas*.
- Pacheco Prado, D. (2017). *Drones en espacios urbanos: Caso de estudio en parques, jardines y patrimonio edificado de Cuenca*.

- Peña Carbajal E. y Peña Carbajal L. (2020). *Propuesta de levantamiento y tipos de fallas asistido por el sistema de aeronaves pilotadas remotamente (RPAS) para intervenir en carreteras de bajo volumen en Lima provincias*. [Tesis de pregrado. Universidad Ricardo Palma].
- Puerta Colorado, C. A. (2015). Tecnología dron en levantamientos topográficos.
- Hilario Tacca, Q. (2015). *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano]. Perú
- Quesada, E., Suarez, D. y Quintana, C. (2015) Métodos de cálculo de volumen en modelos de bloques utilizando dominios. Havana: Geoinfo. Junio - 2015.
- Ramos Flores, L. E. (2020). *Parámetros de precisión en levantamientos topográficos con equipos no convencionales en trochas carrozables, Sapallanga Junín*. [Tesis de pregrado. Universidad Peruana Los Andes]. Junin.
- Rivas Arias, C. J., & Vilca Canchapoma, D. D. (2020). *Análisis comparativo del método convencional y método alternativos R.P.A.S. para el levantamiento topográfico de una trocha carrozable en Jauja Junín, 2020*. [Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo]. Lima.
- Santamaria Sandoval, J. O. (2019). *Comparación técnica económica utilizando dron y estación total para el diseño geométrico de carreteras, centro poblado Cruz del Médano, Morrope*. [Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo]. Lima.
- Santamaría, J. y Sanz, T. (2015). MANUAL DE PRACTICAS DE TOPOGRAFIAS. Rioja: Universidad.
- Serna Zapata, L. F. (2020). Registro y control de aeronaves no tripuladas en Colombia.

- Turner, K. (1992) Three-dimensional modeling with geoscientific information systems. Estados Unidos: Springer Science & Business Media, 1992, 463 pp. ISBN-10: 9401051283
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (s.f.) Tema 1: La estadística Topográfica.
<http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/26/26701/tema1.pdf>
- Vertiz Torres, M. A. (2019). *Implementación de Vant (Vehículos Aéreos no Tripulados) “Drones” en la ingeniería de vías terrestres*. [Trabajo de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de México]. México
- Villareal, J. (2015). *Análisis de la precisión de levantamiento topográficos mediante el empleo de vehículo no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control*. Universidad Católica de Loja, Loja, Ecuador. [Tesis de pregrado. Universidad Técnica Particular de Loja]. Ecuador.
- WINGTRA. (2017). Topografía & SIG. Obtenido de <https://wingtra.com/es/topografia-sig>
- Wolf, P.R., y Ghilani, C.D. (2016). Topografía 14ª edición. Ciudad de México: Alfaomega grupo editor, S.A. de C.V., México.
- Zafra Granados Y. (2018). Manual para el postproceso de imágenes obtenidas a partir de una aeronave tripulada remotamente (DRONE) en los softwares Agisoft photoscan y Pix4d.
- Zevallos Estrada, M. O. (2021). *Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en la carretera Pillco Marca distrito de Cayran 2019*. [Tesis de pregrado. Universidad de Huánuco]. Perú.

11. Anexos

Figura 38.

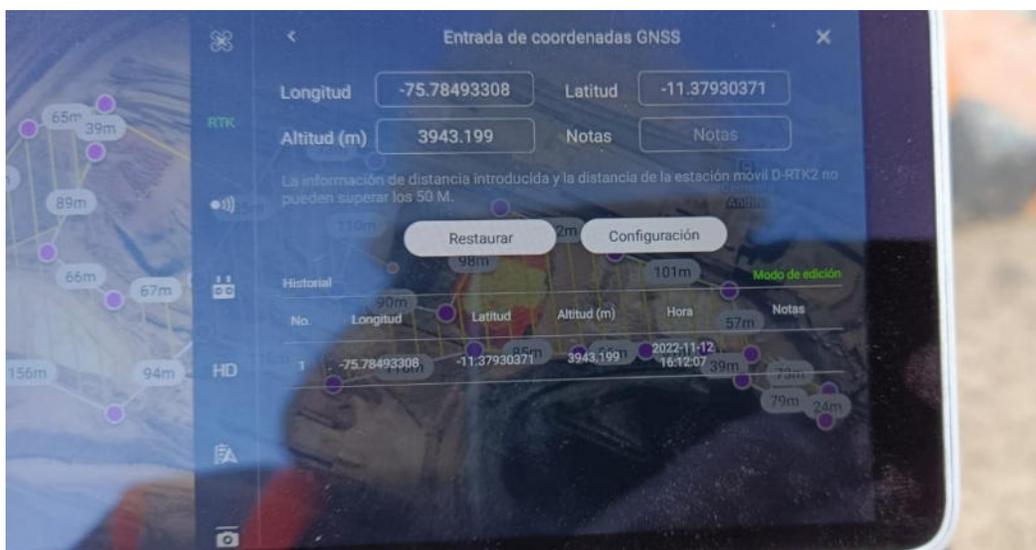
Configuración de la altura de vuelo en el mando



Nota. Control del dron en el cual se delimita el área de vuelo y el tipo de vuelo planificado que se usara.

Figura 39.

Coordenadas introducidas al control



Nota. En la figura se aprecia la colocación de las coordenadas conocidas en la cual se estaciona el RTK.

Figura 40.

Plano de ubicación de materiales de la fábrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Plano físico de levantamiento anterior donde se observa la ubicación de las materias primas.

Figura 41.

Ubicación del RTK en punto conocido de la fábrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Estación móvil (RTK) ubicado en un punto con coordenadas conocidas en la plataforma

3940.

Figura 42.

Formato interno de control de vuelos del dron.

   	
Numero de vuelo:	
Cliente:	Hora:
Ubicación:	Fecha:
Responsable (s):	
Tipo de Vuelo:	
<input type="checkbox"/> Planeado <input type="checkbox"/> Manual	
Datos de Vuelo:	
<input type="checkbox"/> N° Satelites con RTK _____	<input type="checkbox"/> Tiempo de Vuelo _____
<input type="checkbox"/> Área de Vuelo _____	<input type="checkbox"/> Número de Imágenes _____
<input type="checkbox"/> Altura de Vuelo _____	<input type="checkbox"/> Tipo de Vuelo _____
<input type="checkbox"/> Tasa de superposición _____	<input type="checkbox"/> Nombre de vuelo: _____
<input type="checkbox"/> Antena cerca: _____	<input type="checkbox"/> Otros: _____
Datos previos RTK:	
<input type="checkbox"/> Coordenadas _____	Altura de instrumento: 1.80 m
Coordenadas geodesicas	Coordenadas UTM
Longitud: _____	Este: _____
Latitud: _____	Norte: _____
Altura (z): _____	Altura (z) mas instrum.: _____
Lotitud: _____	Este: _____
Lalitud: _____	Norte: _____
Altura (z): _____	Altura (z) mas instrum.: _____
Datos previos (DRONE):	
Calibracion IMU	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Calibracion brujula	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Observaciones en General:	

Firma del Encargado:	

Nota. Formato elaborado por la empresa D´Armies S.AC. para el control de los vuelos del dron.

Figura 43.

Resumen de volúmenes parte 1



CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA

1. RESUMEN DE CLINKER - CONDORCOCHA

1.1. CLINKER

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Clinker tipo v	30/12/2022	11:30 a.m.	13,949.11
Clinker Atocongo	30/12/2022	1:48 p.m.	179
Clinker andino	30/12/2022	1:48 p.m.	176.9
Clinker Cancha de Clinker	30/12/2022	10.35 a.m.	7,313.41
Clinker Cancha Conchan	30/12/2022	10.35 a.m.	429.00
Clinker cancha techado polvillo	30/12/2022	1:20 p.m.	123.24

CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA

2. RESUMEN DE CALIZA - CONDORCOCHA

2.1. CALIZA

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Stock Pile Alta	3/12/2022	12:05 p.m.	25090.6
Stock Pile Baja	3/12/2022	12:40 p.m.	6623.35
Stock Reserva Caliza Alta	3/12/2022	03:00 p.m.	10248.19
Stock Reserva Caliza Baja	3/12/2022	3:58 p.m.	10333.34
Caliza tipo V	3/12/2022	4:40 p.m.	5015.00
Stock Caliza Atocongo 1	3/12/2022	9:27 a.m.	11793.54
Stock Caliza Atocongo 2	3/12/2022	10:55 p.m.	26175.07
Caliza baja reserva (plataforma)	3/12/2022	4:39 p.m.	2468.04
Caliza alta reserva (plataforma)	3/12/2022	4:39 p.m.	862.32
Caliza alta tolva crudos	3/12/2022	1:17 p.m.	503.36
Caliza baja tolva crudos	3/12/2022	01:50 p.m.	994.96



CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA

3. RESUMEN DE CARBON / SILICE

3.1. CARBON

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Carbón mezcla final 1	1/12/2022	9:45 a.m.	560.43
Carbón mezcla final 2	1/12/2022	9:45 a.m.	543.8
Carbón mezcla final 3	1/12/2022	9:45 a.m.	353.16
Carbón mezcla final 4	1/12/2022	9:45 a.m.	712.32
Carbón mezcla final 5	1/12/2022	9:45 a.m.	597.89
Carbón Stock terceros ext. Planta (cancha antigua)	1/12/2022	9:45 a.m.	707.82
Carbón premezclado Pampahuay 1	1/12/2022	9:45 a.m.	167.33
Carbón premezclado Pampahuay 2	1/12/2022	9:45 a.m.	458.29
Carbón premezclado Pampahuay 3	1/12/2022	9:45 a.m.	601.77
Carbón Stock Pampahuay	1/12/2022	9:45 a.m.	15,417.00
Stock ABC Terceros	1/12/2022	9:45 a.m.	4,299.08
Premezclado ABC Chancado 1	1/12/2022	9:45 a.m.	991.41
Premezclado ABC Chancado 2	1/12/2022	9:45 a.m.	966.91
Premezclado ABC Chancado 3	1/12/2022	9:45 a.m.	970.58
Premezclado ABC Chancado 4	1/12/2022	9:45 a.m.	1013.17
Premezclado ABC Chancado 5	1/12/2022	9:45 a.m.	975.66
Premezclado ABC Chancado Recuperado	1/12/2022	9:45 a.m.	815.28
Carbón nacional	1/12/2022	11:52 a.m.	718.58
Carbón Importado	1/12/2022	11:52 a.m.	34,791.42

3.2. SILICE

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Silice	1/12/2022	4:39 p.m.	280.10

Nota. Resumen de volúmenes de materias primas (Clinker, caliza, carbón y sílice).

Figura 44.*Resumen de volúmenes parte 2*

ISO 37001
LL-C (Certification)

**CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA****4. RESUMEN ARCILLA****4.1. ARCILLA**

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Arcilla	2/12/2022	12:17 p.m.	1324.63
Arcilla ferrosa 1	2/12/2022	12:17 p.m.	15,233.48
Arcilla ferrosa 2	2/12/2022	12:17 p.m.	8,586.63
Arcilla baja ley 1	2/12/2022	12:17 p.m.	8,312.79
Arcilla baja ley 2	2/12/2022	12:17 p.m.	4,060.31
Arcilla chancada (laguna de patos)	2/12/2022	13:02 p.m.	31,158.73
Arcilla chancada tolva (debajo de puzolana)	2/12/2022	11:49 a.m.	20,563.88
Arcilla Interno	2/12/2022	16:50 p.m.	1225.34
Arcilla tolva crudos II	2/12/2022	16:58 P.m.	164.95
Arcilla tolva crudos IV	2/12/2022	17:00 p.m.	217.12

CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA**5. RESUMEN YESO****5.2. YESO**

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Yeso terceros 1	2/12/2022	12:17 p.m.	13,735.31
Yeso propio 1	2/12/2022	12:17 p.m.	3,702.34
Yeso preparado 1	2/12/2022	12:17 p.m.	11,202.40
Yeso preparado 2	2/12/2022	12:17 p.m.	8,783.96
Yeso preparado 3	2/12/2022	12:17 p.m.	520.24
Yeso propio 2	2/12/2022	11:49 a.m.	6,816.22
Yeso terceros 2	2/12/2022	11:49 a.m.	2,896.62
Yeso Hienas (mala)	2/12/2022	11:49 a.m.	2,234.67
Yeso Dunas (Pisco)	2/12/2022	11:49 a.m.	787.77

Nota. Resumen de volúmenes de materias primas (yeso y arcilla).

Figura 45.*Resumen de volúmenes parte 3*

ISO 37001
LL-C (Certification)



CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA

6. RESUMEN OXIDO / BAUXITA

6.1. OXIDO

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Caliza oxidada	2/12/2022	11:49 a.m.	18,208.62
Oxido tipo V (1)	2/12/2022	12:17 p.m.	2361.89
Oxido tipo I (1)	2/12/2022	12:17 p.m.	36215.51
Oxido tipo V (2)	2/12/2022	15:32 p.m.	7,086.45
Oxido plataforma	2/12/2022	15:32 p.m.	3,505.27
Oxido tipo B (laguna de patos)	2/12/2022	13:02 p.m.	8539.22
Oxido externo stock 2 (costado de bauxita)	2/12/2022	13:45 p.m.	235.42
Oxido interno	2/12/2022	16:50 p.m.	384.35
Tolva de crudos II	2/12/2022	16:58 p.m.	96.51
Tolva de crudos IV	2/12/2022	17:00 p.m.	71.52

6.2. BAUXITA

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Bauxita	2/12/2022	13:45 p.m.	16610.91

CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA

7. RESUMEN PUZOLANA

7.1. PUZOLANA

STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)
Puzolana preparada 1	4/12/2022	12:17 p.m.	10,540.51
Puzolana América	4/12/2022	11:49 a.m.	22377.36
Puzolana preparada 2 - techada	4/12/2022	8:24 a.m.	5293.16

Nota. Resumen de volúmenes de materias primas (oxido, bauxita y puzolana).

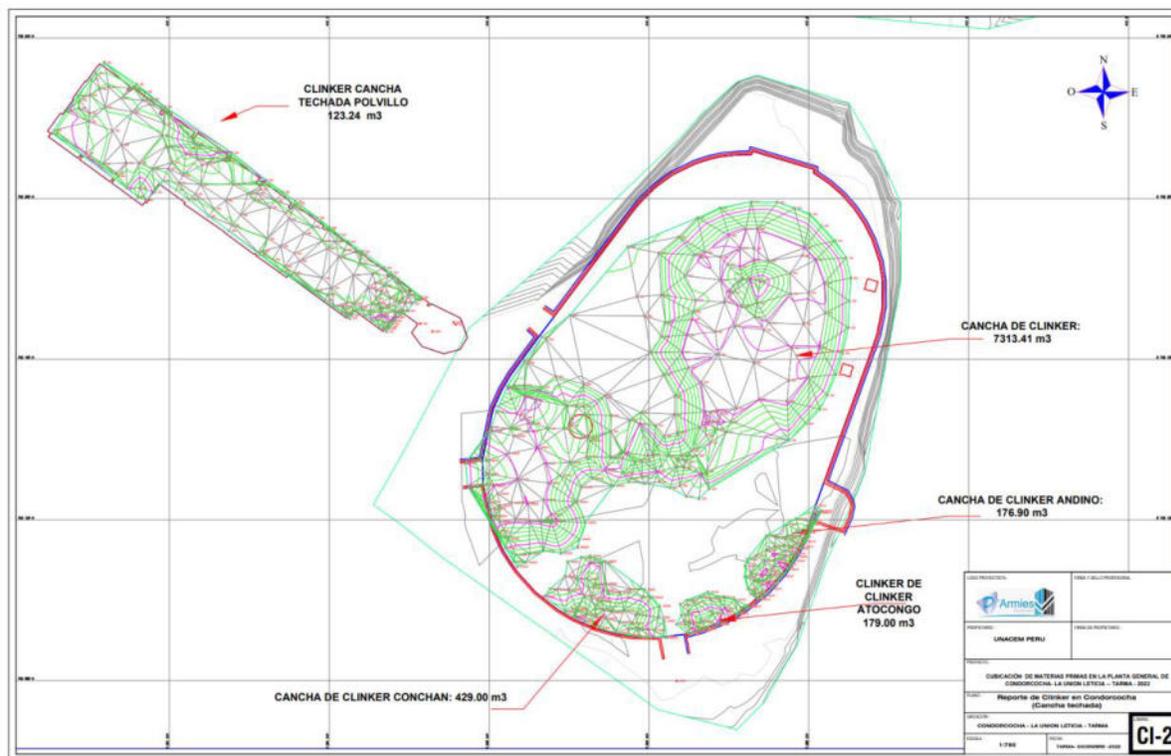
Figura 46.*Resumen de volúmenes parte 4*

1. RESUMEN DE CARBON			
1.1. CARBON			
STOCK	TOTAL	70 % PAMPAHUAY	30% TERCEROS
Carbon nacional	718.58	503.01	215.57
Carbon mezcla final 1	560.43	392.30	168.13
Carbon mezcla final 2	543.8	380.66	163.14
Carbon mezcla final 3	353.16	247.21	105.95
Carbon mezcla final 4	712.32	498.62	213.70
Carbon mezcla final 5	597.89	418.52	179.37
	TOTAL	2440.33	1045.85
STOCK	TOTAL		
Carbon premezclado Pampahuay 1	167.33		
Carbon premezclado Pampahuay 2	458.29		
Carbon premezclado Pampahuay 3	601.77		
TOTAL	1227.39		
1. RESUMEN DE ARCILLA			
1.1. ARCILLA			
STOCK	TOTAL	40 % FERROSA	60% NORMAL
Arcilla chancada tolva (debajo de puzolana)	20,563.88	8225.55	12338.33
Arcilla ferrosa 2	8,586.63	3434.65	5151.98
Arcilla Interno	1225.34	490.14	735.20
Arcilla tolva crudos II	164.95	65.98	98.97
Arcilla tolva crudos IV	217.12	86.85	130.27
	TOTAL	12303.17	18454.75

Nota. Resumen de volúmenes de materias primas mezclado por lo cual se calcula el porcentaje para ser sumado al material correspondiente.

Figura 47.

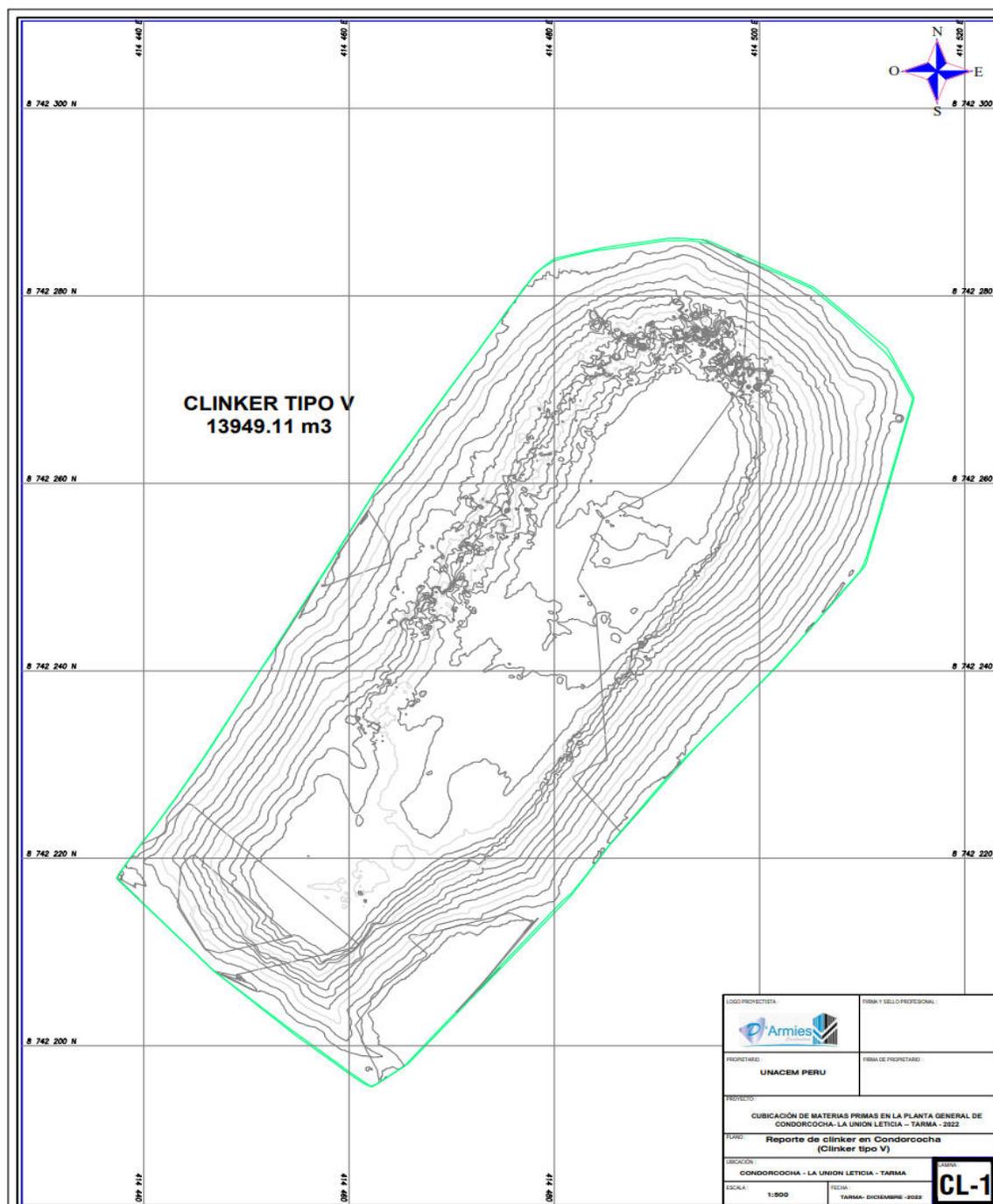
Plano de volumen de Clinker en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Plano del material Clinker donde se visualiza la forma, nombre y el volumen de cada acopio.

Figura 48.

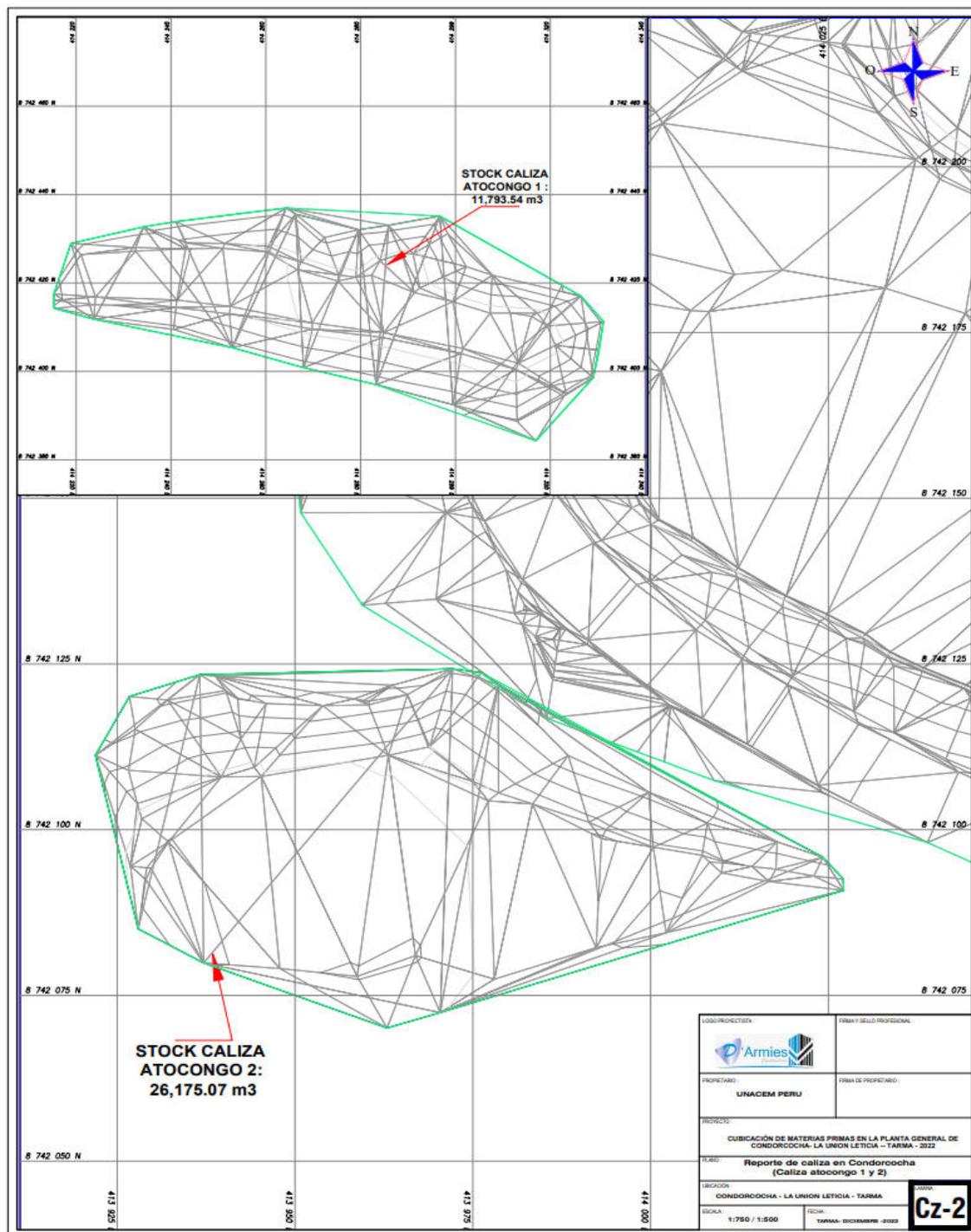
Plano de volumen de Clinker en la fábrica UNACEM PERÚ S.A. (1).



Nota. Plano del material Clinker donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 49.

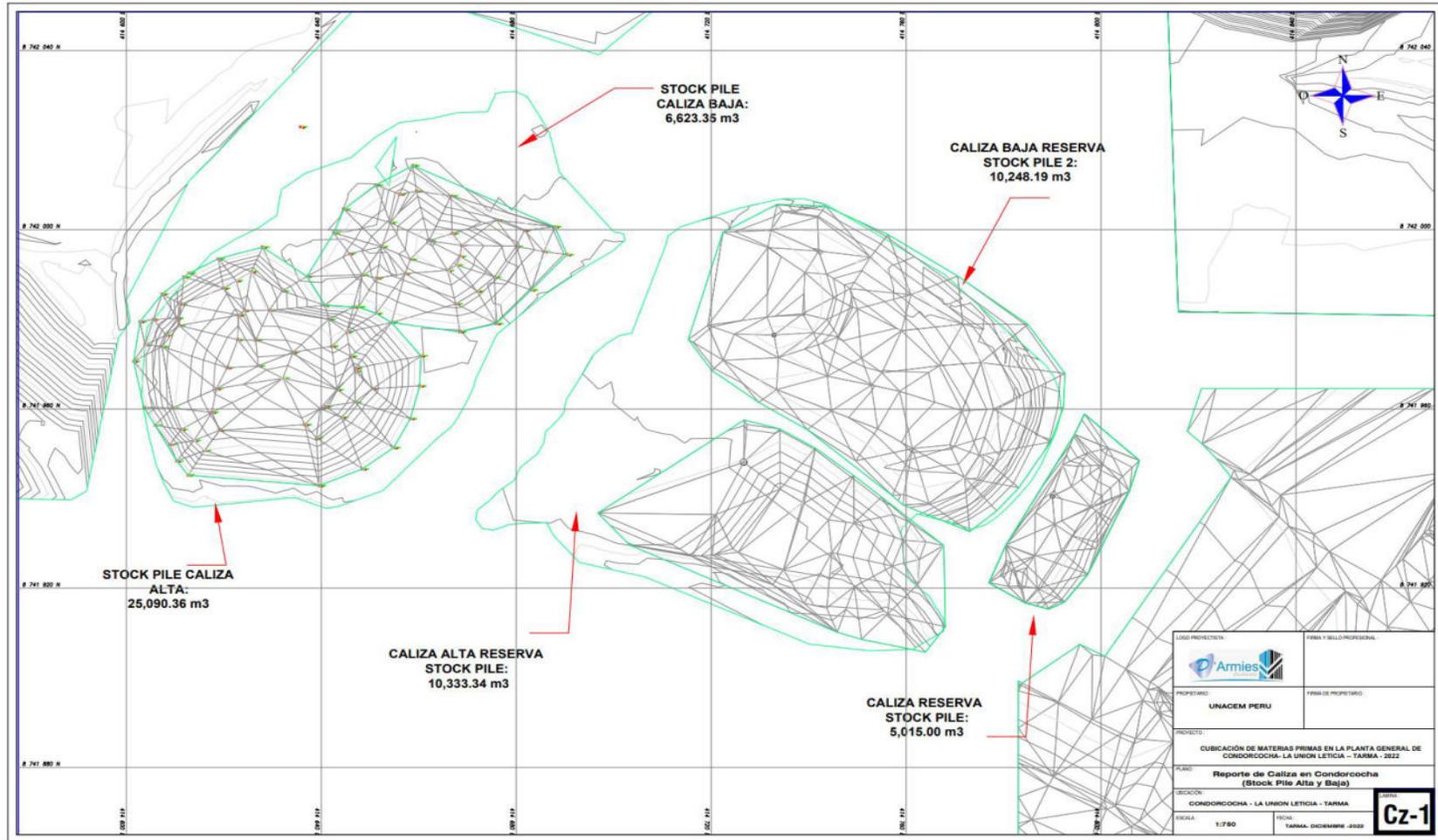
Plano de volumen de Caliza en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Plano del material Caliza donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 50.

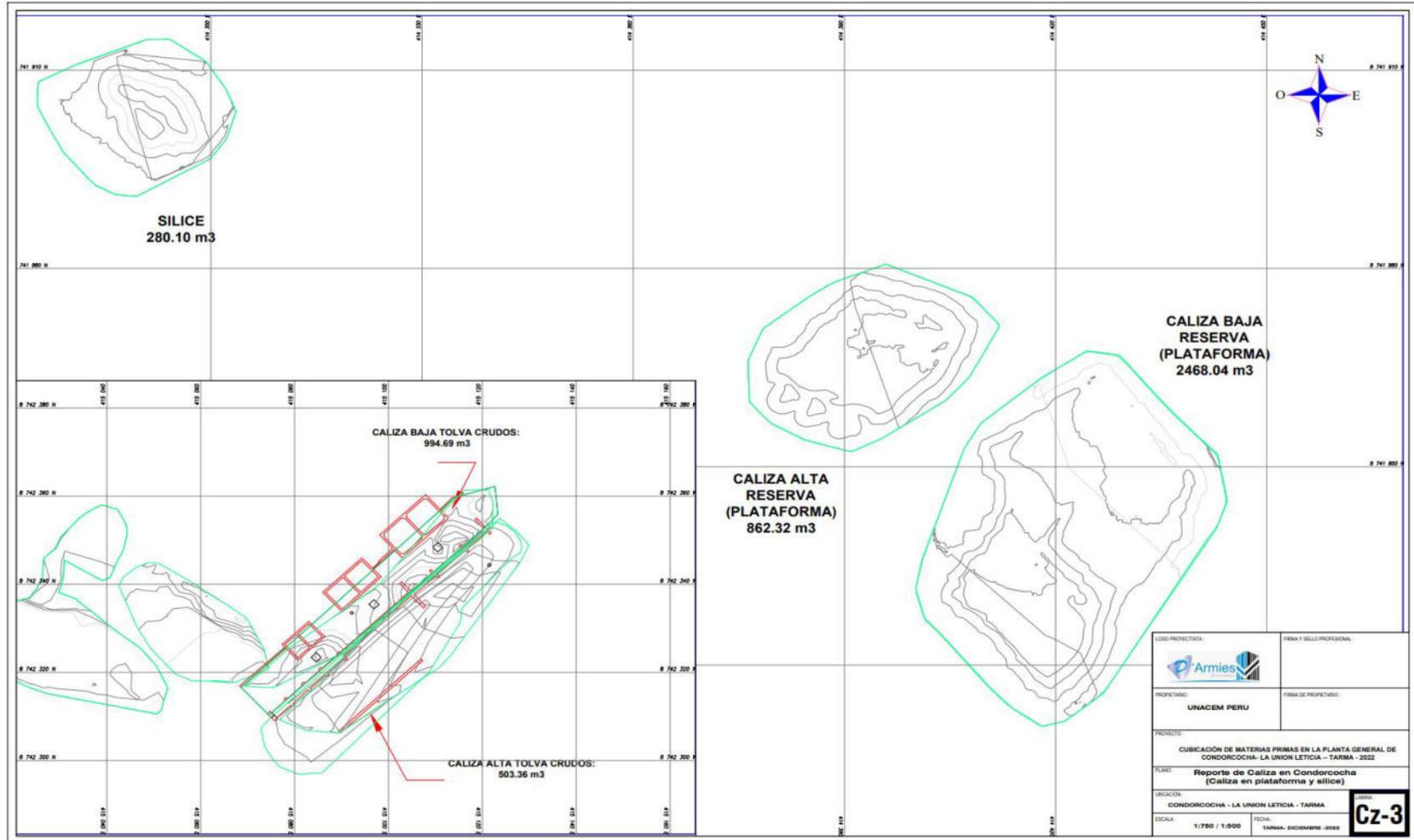
Plano de volumen de Caliza en la fábrica UNACEM PERÚ S.A. (1).



Nota. Plano del material Caliza donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 51.

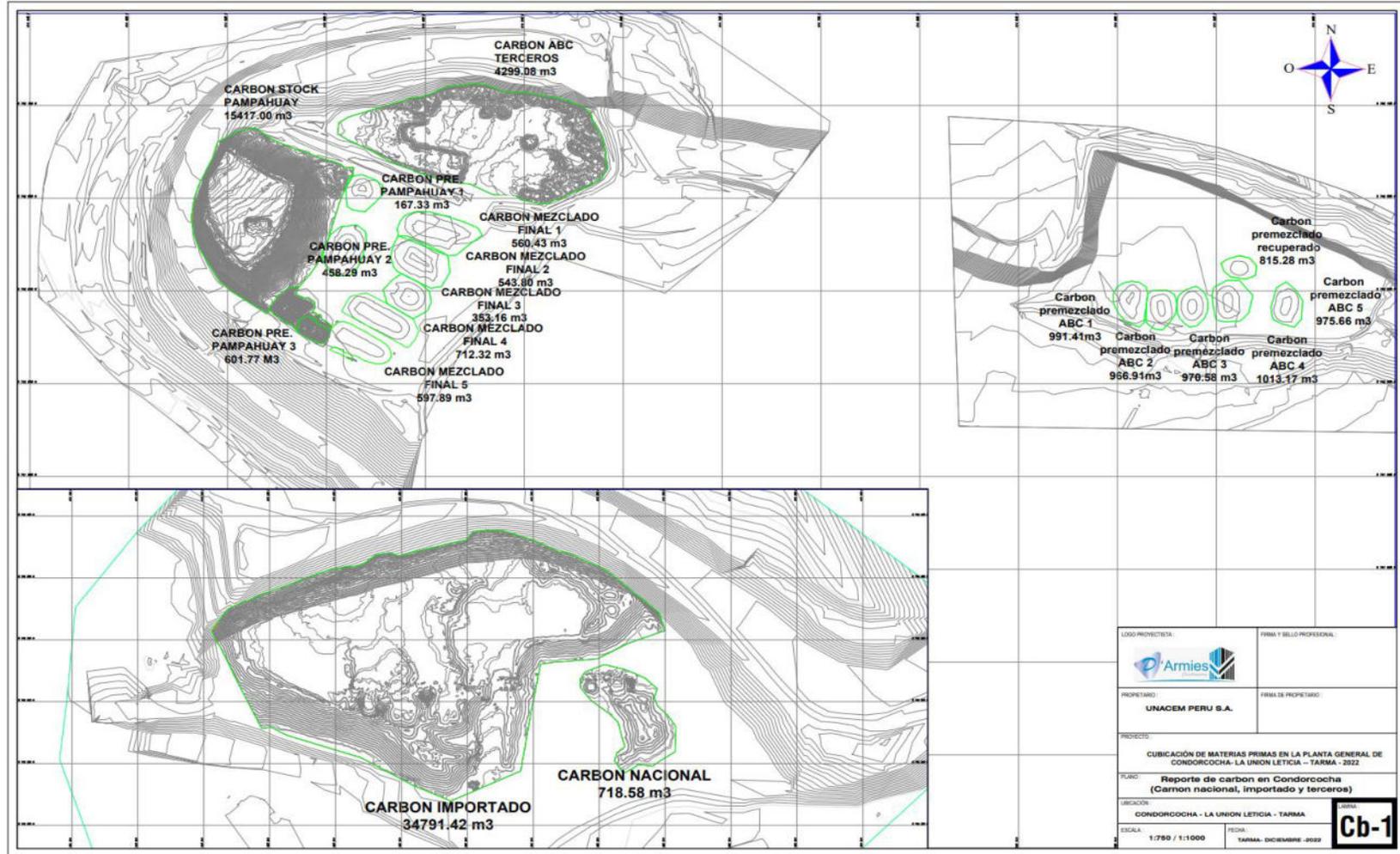
Plano de volumen de Caliza en la fábrica UNACEM PERÚ S.A. (2).



Nota. Plano del material Caliza donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 52.

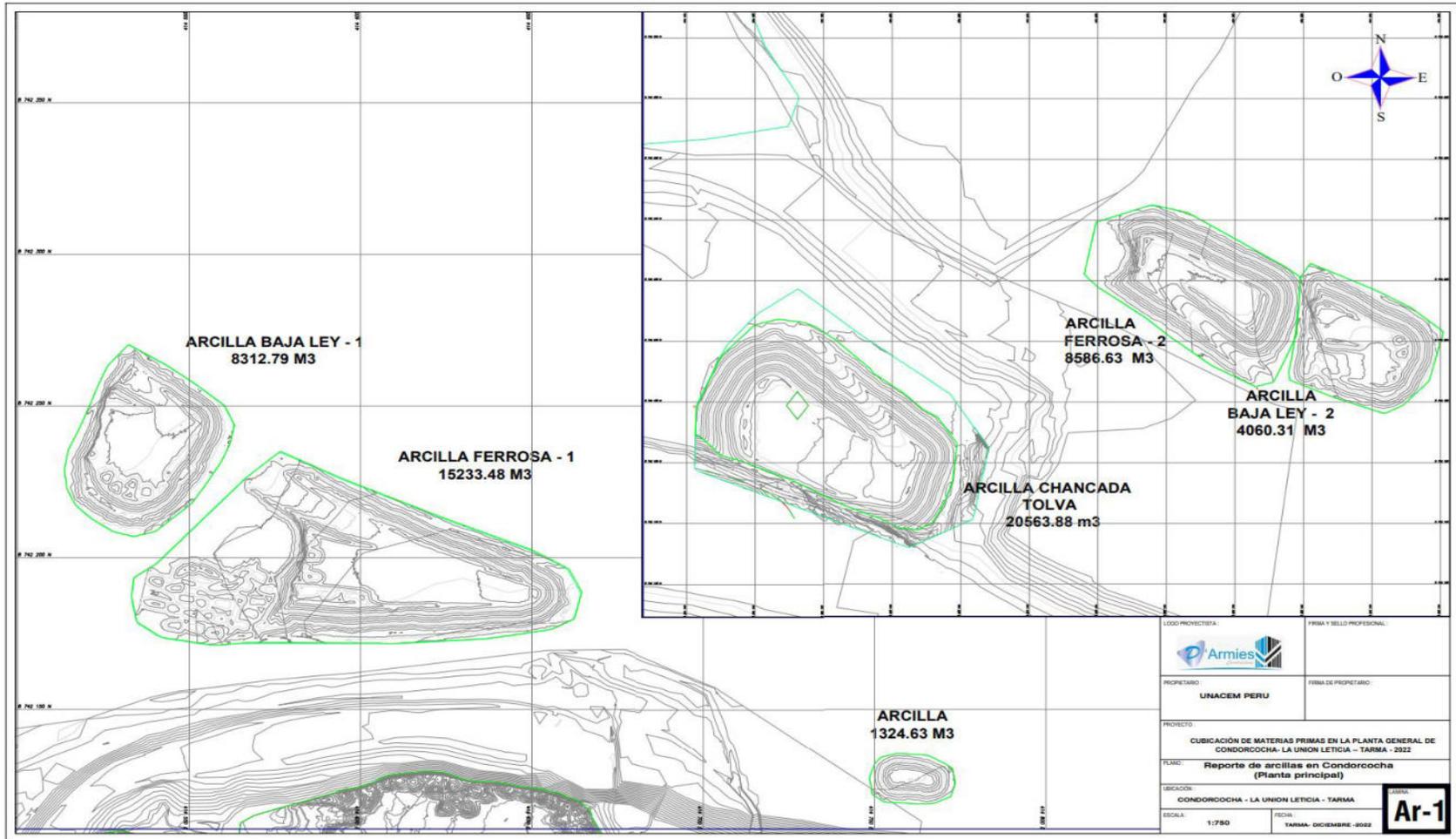
Plano de volumen de Carbón en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Plano del material Carbón donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 53.

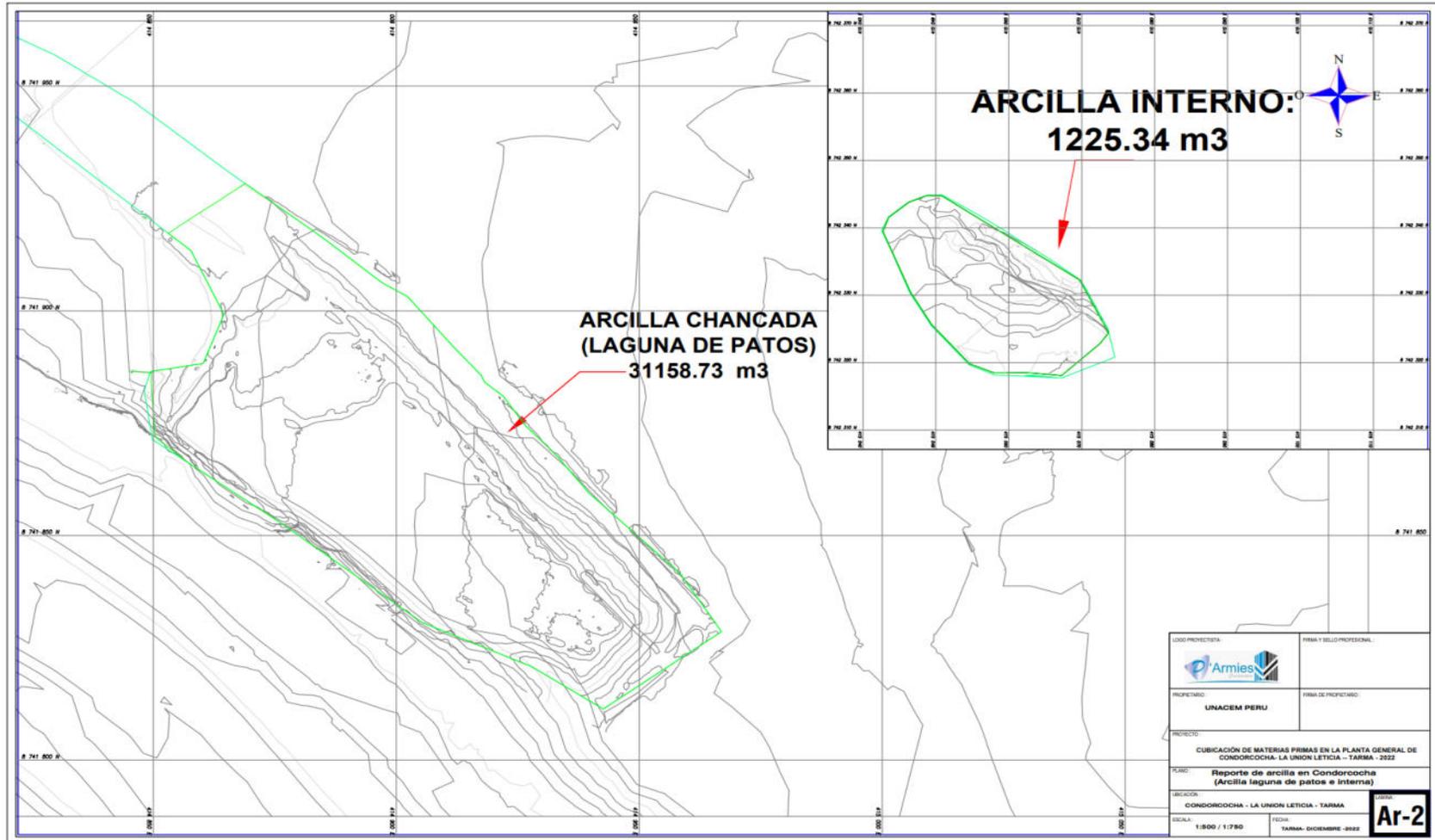
Plano de volumen de Arcilla en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Plano del material arcilla donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 54.

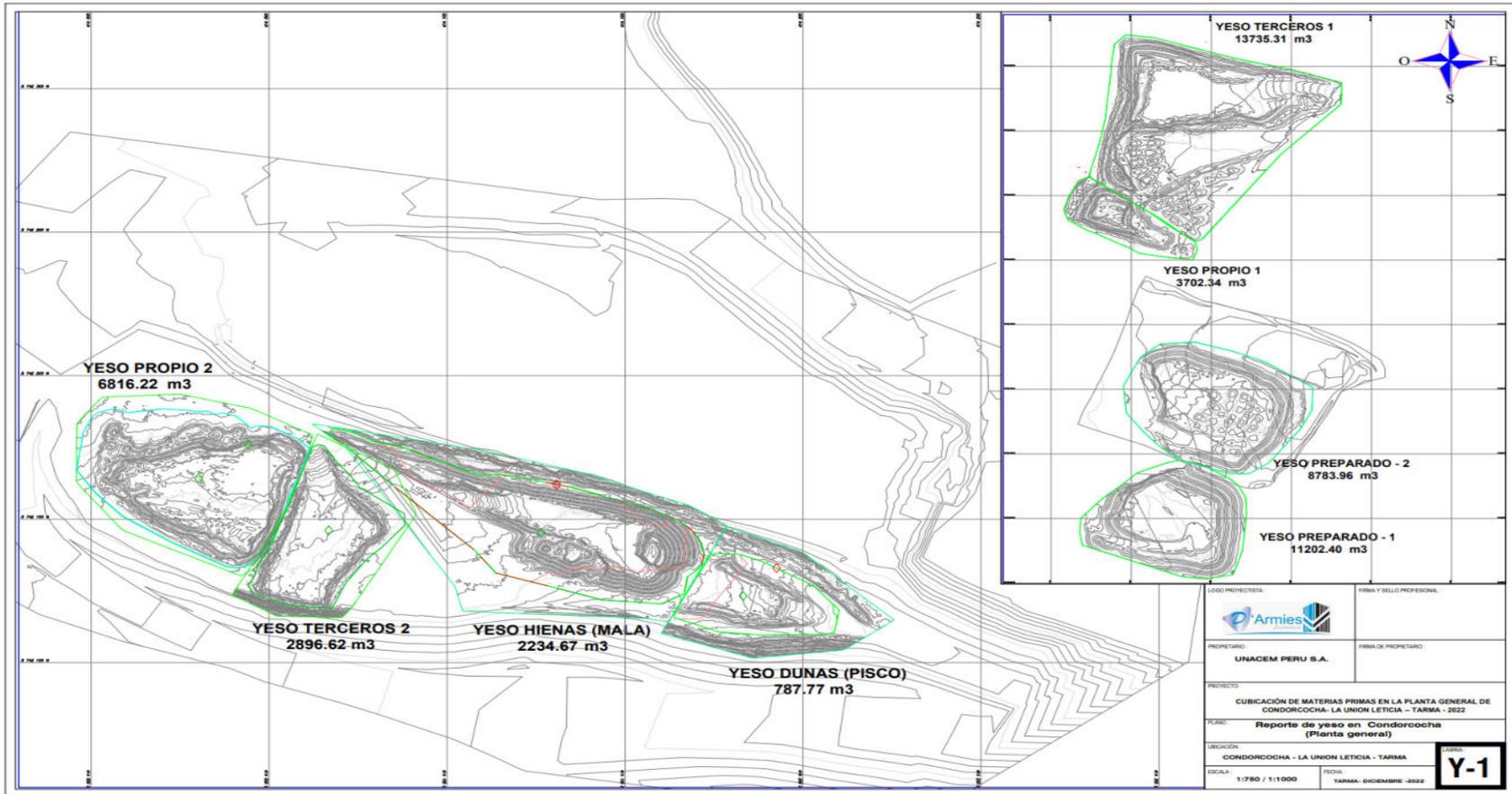
Plano de volumen de Arcilla en la fábrica UNACEM PERÚ S.A. (1).



Nota. Plano del material arcilla donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 55.

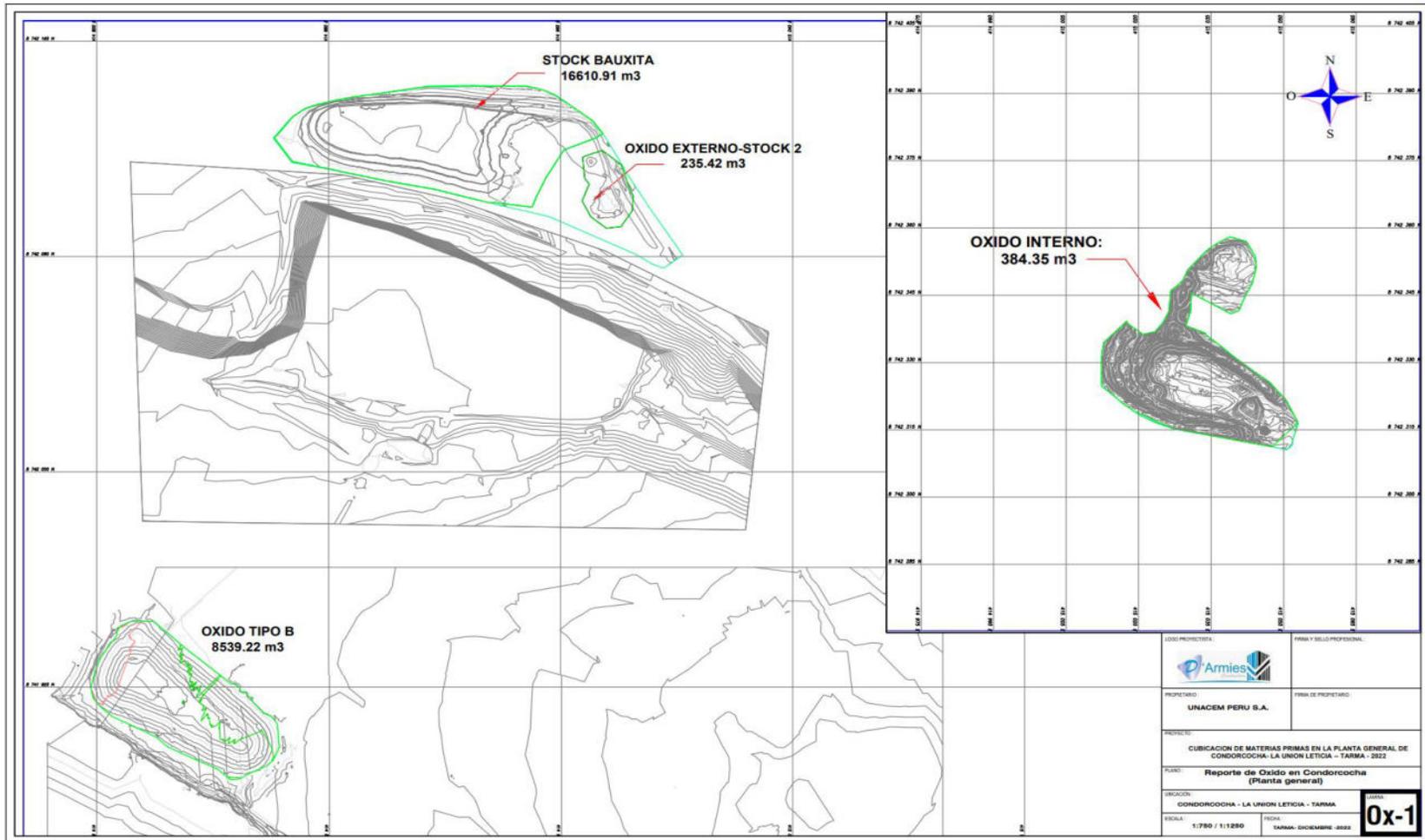
Plano de volumen de yeso en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Plano del material yeso donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 56.

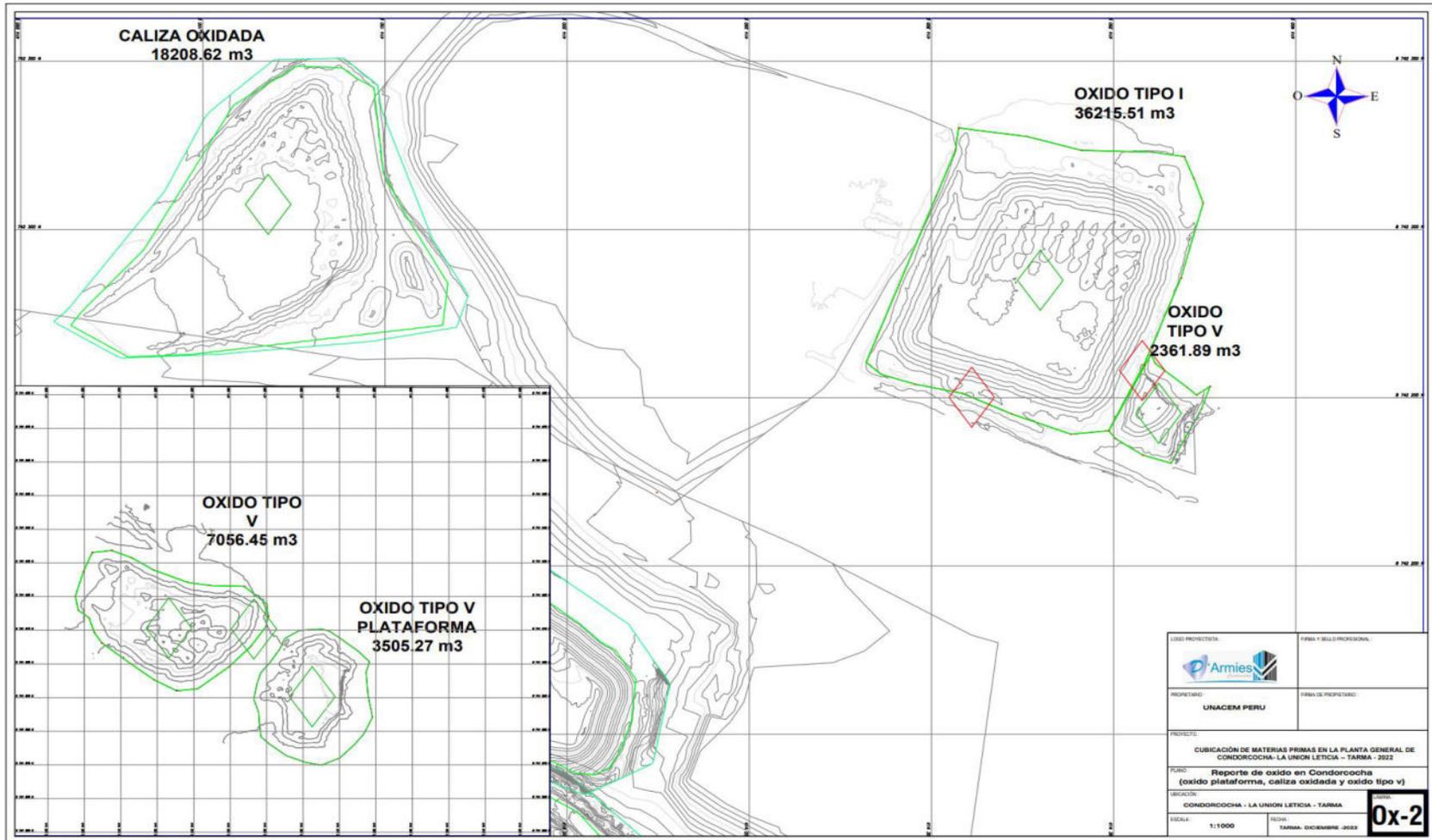
Plano de volumen de oxido en la fábrica UNACEM PERÚ S.A.



Nota. Plano del material oxido donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 57.

Plano de volumen de oxido en la fábrica UNACEM PERÚ S.A (1).



Nota. Plano del material oxido donde se visualiza la forma, nombre y el volumen del acopio.

Figura 58.

Resumen general de cálculo de volúmenes parte 1

CUADRO DE RESUMEN - CONGORCOCHA													
1. RESUMEN DE CLINKER - CONGORCOCHA													
1.1. CLINKER													
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION			
14-0000042	Clinker tipo v	30/12/2022	11:30 a.m.	13,949.11	1.60	1.00	22,318.58	12,877.00	419.82	2%			
14-0000040	Clinker Atocongo	30/12/2022	1:48 p.m.	179	1.60	1.00	286.40						
14-0000040	Clinker andino	30/12/2022	1:48 p.m.	176.9	1.60	1.00	283.04						
14-0000040	Clinker Cancha de Clinker	30/12/2022	10:35 a.m.	7,313.41	1.60	1.00	11,701.46						
14-0000040	Clinker Cancha Conchan	30/12/2022	10:35 a.m.	429.00	1.60	1.00	686.40						
14-0000040	Clinker cancha techado polvillo	30/12/2022	1:20 p.m.	123.24	1.60	1.00	197.18						
							35,473.06	34,775.75	697.30	2%			
CUADRO DE RESUMEN - CONGORCOCHA													
2. RESUMEN DE CALIZA - CONGORCOCHA													
2.1. CALIZA													
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION			
14-0000009	Stock Reserva Caliza Alta	03/12/2022	03:00 p.m.	10248.19	1.60	0.9717	15933.07	18,391.67	-335.35	2%			
14-0000009	Caliza alta reserva (plataforma)	03/12/2022	4:39 p.m.	862.32	1.60	0.9717	1340.67						
14-0000009	Caliza alta tolva crudos	03/12/2022	1:17 p.m.	503.36	1.60	0.9717	782.58						
14-0000010	Stock Pile Alta	03/12/2022	12:05 p.m.	25090.6	1.60	0.9717	39008.86				39029.00	-20.14	0%
14-0000012	Stock Reserva Caliza Baja	03/12/2022	3:58 p.m.	10333.34	1.60	0.9717	16065.45						
14-0000012	Caliza tipo V	03/12/2022	4:40 p.m.	5015.00	1.60	0.9717	7796.92				29,048.50	197.87	-1%
14-0000012	Caliza baja reserva (plataforma)	03/12/2022	4:39 p.m.	2468.04	1.60	0.9717	3837.11						
14-0000012	Caliza baja tolva crudos	03/12/2022	01:50 p.m.	994.96	1.60	0.9717	1546.88						
14-0000013	Stock Pile Baja	03/12/2022	12:40 p.m.	6623.35	1.60	0.9717	10297.45	10478.00	-180.55	2%			
							96608.99	96947.17	-338.18	0%			
CUADRO DE RESUMEN - CONGORCOCHA													
3. RESUMEN DE CARBON / SILICE													
3.1. CARBON													
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION			
06-0000004	Carbon Stock Pampahuay	01/12/2022	9:45 a.m.	17,857.33	1.07	0.9707	18547.49	19024.53	-477.03	3%			
06-0000005	Carbon Stock terceros ext. Planta (cancha antigua)	01/12/2022	9:45 a.m.	707.82	1.07	0.9478	717.83						
06-0000005	Carbon premezclado total	02/12/2022	9:45 a.m.	1227.39	1.07	0.9478	1244.75	8020.08	-636.95	8%			
06-0000005	Stock ABC Terceros	01/12/2022	9:45 a.m.	5,344.93	1.07	0.9478	5420.54						
14-0000112	Premezclado ABC Chancado 1	01/12/2022	9:45 a.m.	991.41	1.07	0.9478	1005.43	6204.00	-389.89	6%			
14-0000112	Premezclado ABC Chancado 2	01/12/2022	9:45 a.m.	966.91	1.07	0.9478	980.59						
14-0000112	Premezclado ABC Chancado 3	01/12/2022	9:45 a.m.	970.58	1.07	0.9478	984.31						
14-0000112	Premezclado ABC Chancado 4	01/12/2022	9:45 a.m.	1013.17	1.07	0.9478	1027.50						
14-0000112	Premezclado ABC Chancado 5	01/12/2022	9:45 a.m.	975.66	1.07	0.9478	989.46						
14-0000112	Premezclado ABC Chancado Recuperado	01/12/2022	9:45 a.m.	815.28	1.07	0.9478	826.81						
06-0000003	Carbon Importado	01/12/2022	11:52 a.m.	34,791.42	1.07	0.9301	34624.66	34129.16	495.50	1%			
							66369.40	67377.76	-1008.37	1%			
3.2. SILICE													
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION			
14-00000066	Silice	01/12/2022	4:39 p.m.	280.10	1.60	0.9748	436.87	415.40	21.47	5%			

Nota. Hoja de resumen de las materias primas donde se aprecia el volumen en Tns (resultado del volumen en m³ x peso específico x factor de humedad), además se aprecia la desviación de cada material que debe ser a menor o igual a 5 %.

Figura 59.

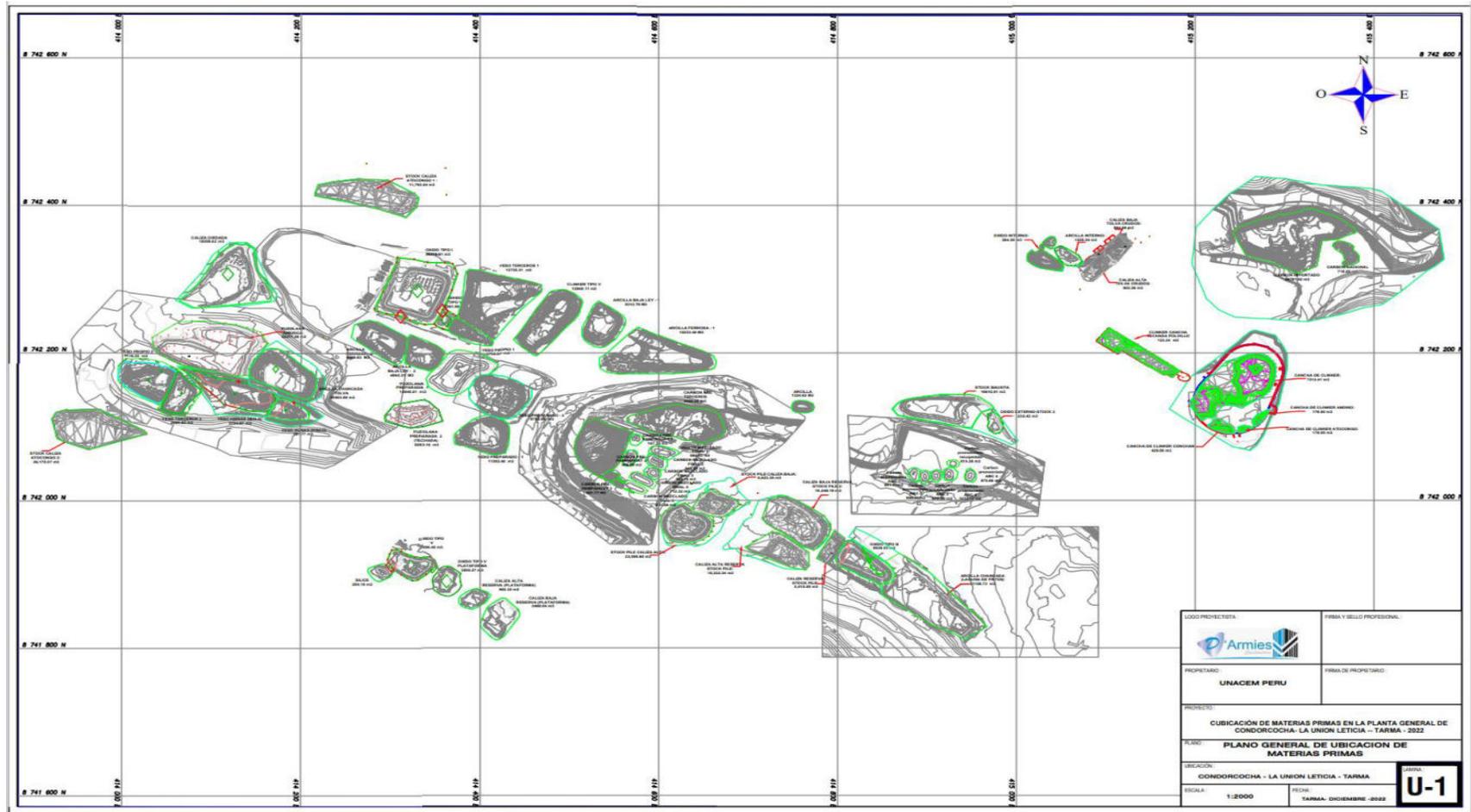
Resumen general de cálculo de volúmenes parte 2

4. RESUMEN ARCILLA										
4.1. ARCILLA										
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION
07-00001677	Arcilla ferrosa 1	02/12/2022	12:17 p.m.	15,233.48	1.60	0.9289	22640.61	24394.26	-1753.66	7%
14-00000004	Arcilla ferrosa fina (40 % del total)	02/12/2022	12:17 p.m.	12,303.17	1.60	0.9281	18269.71	17420.00	849.71	5%
07-00001553	Arcilla baja ley 1	02/12/2022	12:17 p.m.	8,312.79	1.60	0.9653	12838.94	13491.27	-652.33	5%
14-00000301	Arcilla baja ley 2	02/12/2022	12:17 p.m.	4,060.31	1.60	0.9469	6151.53			
14-00000301	Arcilla	02/12/2022	12:17 p.m.	1324.63	1.60	0.9469	2006.87	8375.00	-216.60	3%
07-00000002	Arcilla chancada (laguna de patos)	02/12/2022	13:02 p.m.	31,158.73	1.60	0.9653	48124.04	49871.75	-1747.71	4%
14-00000006	Acilla terceros fina (60% del total)	02/12/2022	12:17 p.m.	18,454.75	1.60	0.9686	28600.44	28608.18	-7.74	0%
							138632.13	142160.46	-3528.33	2%
CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA										
5. RESUMEN YESO										
5.2. YESO										
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION
07-00000026	Yeso terceros 1	02/12/2022	12:17 p.m.	13,735.31	1.60	0.9950	21866.61			
07-00000026	Yeso terceros 2	02/12/2022	11:49 a.m.	2,896.62	1.60	0.9950	4611.42	26778.74	-300.71	1%
14-00000070	Yeso preparado 1	02/12/2022	12:17 p.m.	11,202.40	1.60	0.9860	17672.91			
14-00000070	Yeso preparado 2	02/12/2022	12:17 p.m.	8,783.96	1.60	0.9860	13857.58	33483.98	-1132.77	3%
14-00000070	Yeso preparado 3	02/12/2022	12:17 p.m.	520.24	1.60	0.9860	820.73			
14-00000072	Yeso propio 2	02/12/2022	11:49 a.m.	6,816.22	1.60	0.8890	9695.39			
14-00000072	Yeso propio 1	02/12/2022	12:17 p.m.	3,702.34	1.60	0.8890	5266.21	15321.00	-359.40	2%
14-00000069	Yeso Hienas (mala)	02/12/2022	11:49 a.m.	2,234.67	1.60	0.9908	3542.58	3363.00	179.58	5%
14-00000068	Yeso Dunas (Pisco)	02/12/2022	11:49 a.m.	787.77	1.60	0.9908	1248.84	1287.00	-38.16	3%
							78582.26	80233.72	-1651.46	2%
CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA										
6. RESUMEN OXIDO / BAUXITA										
6.1. OXIDO										
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION
14-00000039	Caliza oxidada	02/12/2022	11:49 a.m.	18,208.62	1.77	0.8810	28393.98	28313.00	80.98	0%
07-00000028	Oxido tipo I (1)	02/12/2022	12:17 p.m.	36215.51	1.77	0.8980	57563.10	56500.03	1063.08	2%
07-00000031	Oxido tipo V (1)	02/12/2022	12:17 p.m.	2361.89	1.77	0.8810	3683.06			
07-00000031	Oxido tipo V (2)	02/12/2022	15:32 p.m.	7,086.45	1.77	0.8810	11050.40	20136.00	63.47	0%
07-00000031	Oxido plataforma	02/12/2022	15:32 p.m.	3,505.27	1.77	0.8810	5466.01			
14-00000059	Oxido tipo B (laguna de patos)	02/12/2022	13:02 p.m.	8539.22	1.77	0.9039	13661.92	13663.00	-1.08	0%
14-00000058	Oxido externo stock 2 (costado de bauxita)	02/12/2022	13:45 p.m.	235.42	1.77	0.9140	380.86			
14-00000058	Oxido interno	02/12/2022	16:50 p.m.	384.35	1.77	0.9140	621.79			
14-00000058	Tolva de crudos II	02/12/2022	16:58 p.m.	96.51	1.77	0.9140	156.13	1317.00	-42.51	3%
14-00000058	Tolva de crudos IV	02/12/2022	17:00 p.m.	71.52	1.77	0.9140	115.70			
							121092.96	119929.03	1163.93	1%
6.2. BAUXITA										
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION
07-00001503	Bauxita	02/12/2022	13:45 p.m.	16610.91	1.60	0.9039	24023.36	24004.00	19.36	0%
CUADRO DE RESUMEN - CONDORCOCHA										
7. RESUMEN PUZOLANA										
7.1. PUZOLANA										
CODIGO	STOCK	FECHA	HORA	VOLUMEN (m3)	PES.ESP.	FACT.HUM.	VOLUMEN (Tns)	TEORICO	DIFERENCIA	DESVIACION
14-00000062	Puzolana preparada 1	04/12/2022	12:17 p.m.	10,540.51	1.40	0.8970	13236.77			
14-00000062	Puzolana preparada 2 - techada	04/12/2022	8:24 a.m.	5293.16	1.40	0.8970	6647.15	19673.50	210.42	1%
07-00000027	Puzolana America	04/12/2022	11:49 a.m.	22377.36	1.40	0.8760	27506.25	27716.65	-210.40	1%
							47390.17	47390.15	0.03	0%

Nota. Hoja de resumen de las materias primas donde se aprecia el volumen en Tns (resultado del volumen en m³ x peso específico x factor de humedad), además se aprecia la desviación de cada material que debe ser a menor o igual a 5 %.

Figura 60.

Plano general de la planta de UNACEM PERÚ S.A. - Sede Condorcocha.



Nota. Plano general de todas las materias primas dentro de la fábrica donde se aprecia cada acopio con sus características (nombre, ubicación y volumen).