

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORA DEL MODELADO 3D DEFENSAS RIBEREÑAS
DEL RÍO CAÑETE; UTILIZANDO DRON Y LA
METODOLOGÍA BIM CAJAMARCA - 2024”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título

profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Alan Hermoza Aguirre

Asesor:

Ing. Julio Christian Quesada Llanto
<https://orcid.org/0000-0003-4366-4926>

Cajamarca - Perú

2024

INFORME DE SIMILITUD

“MEJORA DEL MODELADO 3D DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO CAÑETE; UTILIZANDO DRON Y LA METODOLOGÍA BIM CAJAMARCA - 2024”

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	11 %	1 %	1 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	3 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
3	ohla-group.com Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1 %
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
8	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, quien me brindó la existencia y nutrió mi ser otorgando sabiduría, mis seres queridos, quienes siempre creyeron en mí y me apoyaron incondicionalmente en este trayecto de muchos que nos presenta la vida, y amistades que conllevaron al culmino de esta investigación.

Alan Hermoza.

AGRADECIMIENTO

A mi madre y a mi padre por inculcarme principios para mi formación como persona asimismo con mucho esfuerzo me instruyeron pedagógicamente en este largo camino, y a todos los individuos que contribuyeron con el presente estudio, especialmente a mi asesor por la instrucción y motivación brindada.

Alan Hermoza.

Tabla de contenidos

INFORME DE SIMILITUD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN EJECUTIVO	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	65
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS	82
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Coordenadas de Red Primaria.</i>	50
Tabla 2 <i>Coordenadas de Red Secundaria.</i>	51
Tabla 3 <i>Coordenadas UTM de los Puntos LIM05704 – LIM05705.</i>	55
Tabla 4 <i>Coordenadas recalculadas de la red primaria.</i>	66
Tabla 5 <i>Coordenadas recalculadas de la red secundaria.</i>	67
Tabla 6 <i>Diferencia coordenadas de la red primaria.</i>	68
Tabla 7 <i>Diferencias coordenadas de la red secundaria.</i>	69
Tabla 8 <i>Coordenadas finales para la red primaria.</i>	70
Tabla 9 <i>Coordenadas finales para la red secundaria.</i>	70
Tabla 10 <i>Coordenadas obtenidas de la red terciaria proyecto 1.</i>	72
Tabla 11 <i>Coordenadas obtenidas de la red terciaria segunda parte</i>	76
Tabla 12 <i>Muestra – 95% de confianza</i>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Organigrama Constituido por la empresa OHLA en obra.</i>	13
Figura 2. <i>Análisis FODA de la empresa OHLA.</i>	14
Figura 3. <i>Infraworks en la topografía</i>	21
Figura 4. <i>Dimensiones del BIM.</i>	24
Figura 5. <i>BIM en la topografía</i>	26
Figura 6. <i>Fotogrametría Aérea Tradicional</i>	28
Figura 7. <i>Vehículo Aéreo no Tripulado de Ala Fija.</i>	31
Figura 8. <i>Vehículo Aéreo no Tripulado de Ala Rotatoria.</i>	32
Figura 9. <i>Defensa ribereña de muro enrocado</i>	35
Figura 10. <i>Defensa ribereña con geotextiles</i>	36
Figura 11. <i>Defensa ribereña de muro de concreto</i>	37
Figura 12. <i>Defensa ribereña con muro de gaviones</i>	38
Figura 13. <i>Etapas del Proceso del Estudio a Ejecutar.</i>	43
Figura 14. <i>Esquema – Línea Base Establecida del Estudio.</i>	46
Figura 15. <i>Metodología BIM en el estudio topográfico</i>	48
Figura 16. <i>Ubicación del Proyecto.</i>	49
Figura 17. <i>Red Primaria Existente.</i>	50
Figura 18. <i>Red Secundaria Existente.</i>	51
Figura 19. <i>Equipo de Medición de Línea Base</i>	53
Figura 20. <i>Gráfico del Procesamiento de los Puntos LIM05704 – LIM05705.</i>	54
Figura 21. <i>Distribución de Hitos de la Red Terciaria Parte 1.</i>	56
Figura 22. <i>Distribución de Hitos de la Red Terciaria Parte 2.</i>	56

Figura 23. <i>Distribución de Hitos de la Red Terciaría Parte 3.</i>	57
Figura 24. <i>Distribución de Hitos de la Red Terciaría Parte 4.</i>	57
Figura 25. <i>Gráfico de Nivelación Compuesta.</i>	58
Figura 26. <i>Ejemplo de Planificación de Vuelo.</i>	60
Figura 27. <i>Resultado del modelado 3D</i>	77
Figura 28. <i>Revisión del levantamiento topográfico</i>	78

Ecuación 1 <i>Tolerancia de error de cierre</i>	59
Ecuación 2 <i>Compensación</i>	59

RESUMEN EJECUTIVO

En este estudio se pretende perfeccionar la representación tridimensional utilizando el enfoque BIM en la protección de las riberas del río Cañete. La cuenca enfrenta una serie de riesgos importantes de forma periódica, los cuales se intensifican considerablemente ante la presencia de eventos fluviales. Por tanto, es crucial abordar esta problemática desde una perspectiva investigativa profunda, este estudio analiza cómo mejorar el modelado de las defensas ribereñas para hacerlas más resistentes a eventos climáticos extremos, como los deslizamientos de tierra causados por intensas lluvias que provocan inundaciones. Gracias a la utilización del BIM, se volvieron a calcular los datos de la red geodésica debido a diferencias inaceptables, además, se amplió la red geodésica (red terciaria) y se utilizó el software Infracore para el modelado 3D, lo que permitió obtener una mayor información sobre las características geométricas de las defensas ribereñas a través de levantamientos digitales de manera segura y funcional. Se concluye, al aplicar la metodología BIM en el proyecto de estudio de la defensa ribereña del río Cañete en Lima para el año 2023, se puede utilizar el software Infracore en la topografía digital ratificando este enfoque que es efectivo para la realización de levantamientos digitales de defensas ribereñas, ya que permite trabajar de forma segura, cómoda y estética, además de ser compatible con civil 3D para ofrecer soluciones topográficas.

Palabras Claves: Modelado 3D, BIM, Infracore, defensas ribereñas, Civil 3D

El uso combinado de drones y la metodología BIM está revolucionando la manera en que se lleva a cabo la creación de modelos 3D en el sector de la arquitectura, ingeniería y construcción.

El empleo de drones para recopilar datos geoespaciales y la implementación de la metodología BIM para administrar la información de construcción, están llevando la precisión y la eficiencia a niveles sin precedentes. Un ejemplo de esto es la mejora en el modelado 3D de la defensa ribereña a lo largo del río Cañete, estudio en manos de la empresa Obrascón Huarte Lain S.A, especializada en construcción y promoción de concesiones. Esta empresa se sitúa en el puesto 44° de los mayores contratistas internacionales y es reconocida por expertos en la construcción de hospitales y ferrocarriles.

OHLA se enfoca en tres regiones principales: Estados Unidos, Latinoamérica y Europa. En Madrid, nace OHLA el 6 de julio de 2021, como parte de un grupo global de infraestructuras que busca mejorar su rentabilidad mediante la implementación de proyectos que tengan un impacto positivo en la sociedad. Después de 22 años bajo la marca OHL, la empresa ha experimentado una transformación que se refleja en una nueva imagen corporativa más moderna y adaptable, enfocada en la sostenibilidad y el crecimiento, según declaraciones de su sucursal en Perú, Obrascón Huarte Lain S.A., en el año 2021.

OHLA como **misión** se ha comprometido a generar valor de manera sostenible en términos económicos, sociales y medioambientales, en línea con los intereses de sus inversores, clientes y empleados. En Perú, la sucursal de Obrascón Huarte Lain S.A.

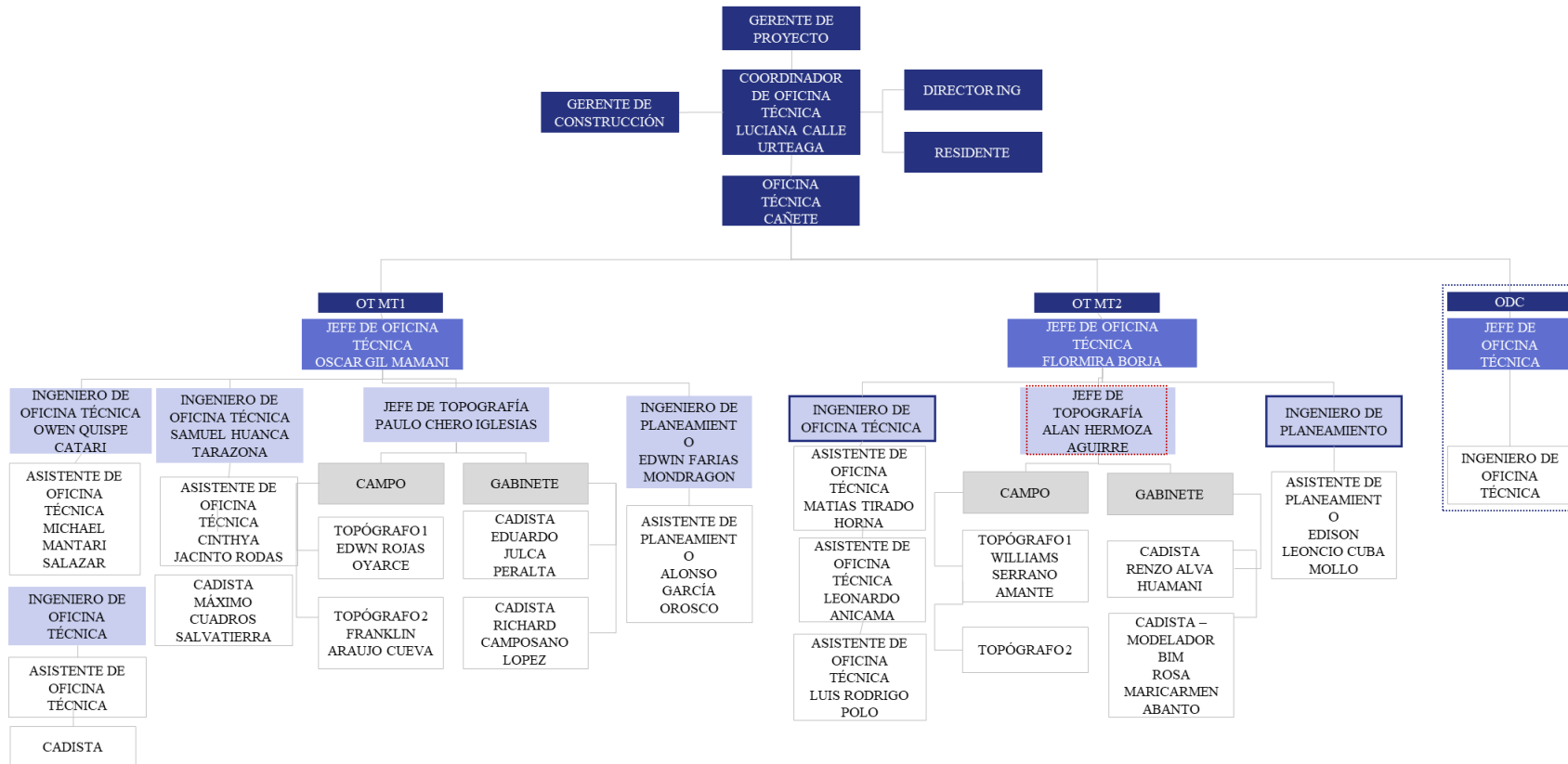
comparte este **propósito** de contribuir al progreso a través de infraestructuras que beneficien a la sociedad.

Una característica destacable de OHLA es su compromiso con sus valores, que se refleja en su capacidad innovadora para crear soluciones de última generación. También se destaca su resiliencia al construir infraestructuras seguras y duraderas, con un enfoque en la sostenibilidad ambiental. OHLA se caracteriza por su responsabilidad en fomentar el progreso social y económico en las comunidades donde opera. Además, se destaca por su talento humano, con más de 10,000 empleados dedicados al servicio de las personas y las infraestructuras, es una empresa calificada, con certificaciones en calidad acogidos a la ISO 9001, cuenta con Certificación en gestión ambiental según ISO 14001, también una Certificación en gestión de seguridad y salud en el trabajo según ISO 45001:2018. Tiene Certificado de Gestión Antisoborno de acuerdo a la ISO 37001, además cuenta con un certificado de gestión de compliance Penal según la norma UNE 19601 y un Certificado de Seguridad Vial según la ISO 39001

Como se menciona OHLA es una empresa líder en su sector, calificada para el cumplimiento de sus funciones y con un alcance bastante amplio pues cuenta con los colaboradores necesarios para lograr sus objetivos.

Se observa en la **Figura 1** la distribución del organigrama empezando desde el Gerente de Proyecto, mi persona se enfoca en oficina técnica de Cañete OT MT2, donde desarrollo como Jefe de Topografía teniendo mi equipo técnico, se detalla a continuación:

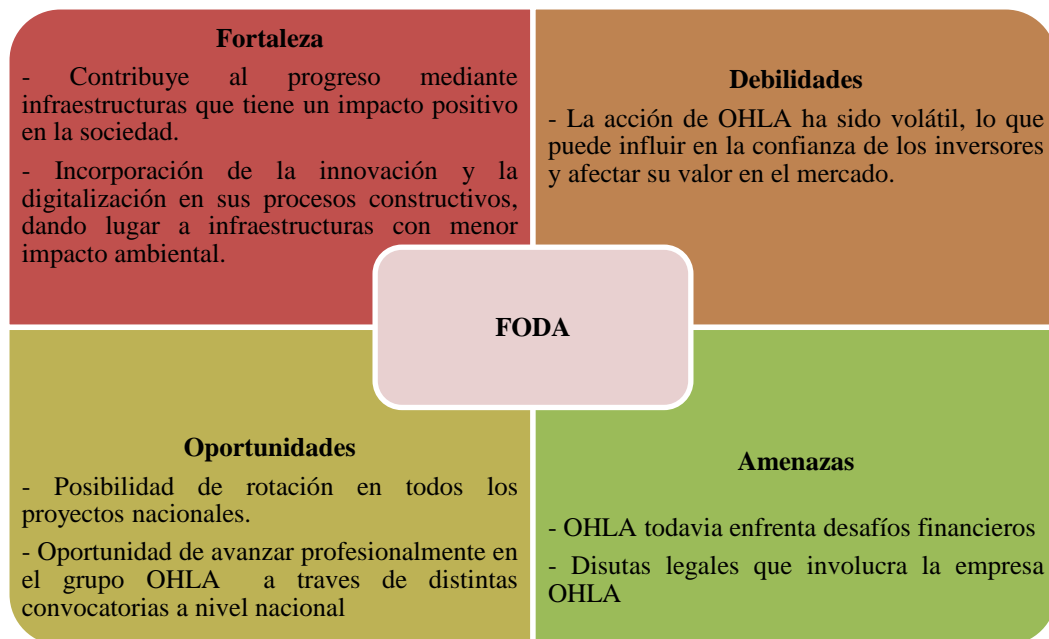
Figura 1. Organigrama Constituido por la empresa OHLA en obra.



Nota: Adaptado de OHLA (2023).

Se muestra el cuadro FODA de la empresa OHLA, información recolectada en el trayecto de la ejecución del estudio, la empresa tiene en claro sus fortalezas y mejora sus debilidades dando oportunidad a personas interesadas en poder trabajar juntos, se presenta en la **Figura 2**.

Figura 2. Análisis FODA de la empresa OHLA.



Entre la multitud de proyectos y mega proyectos llevados por OHLA, resaltan algunas que pueden considerarse emblemáticas por su dimensión, complejidad, innovación técnica y alcance social, de acuerdo a informes presentados por la misma empresa.

El proyecto “EDAR de Lagares. España”: OHLA ha diseñado una modernización y ampliación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Lagares para cumplir con las normativas de vertidos establecidas en la Directiva 91/271/CEE para áreas urbanas con más de 100 000 habitantes. La capacidad de la EDAR se ha aumentado para admitir caudales de hasta 12m³ por segundo y multiplicar por cuatro la capacidad hidráulica de la planta. Además, se ha mejorado el potencial de tratamiento en términos de contaminación, equivalente a 800 000 habitantes.

Prolongación del Túnel Terrassa – Rambla / Can Roca en España: Un

nuevo proyecto realizado por OHLA, en el cual se llevaron a cabo las obras de infraestructura y superestructura del doble túnel, así como la construcción de las estaciones y el intercambiador de Renfe. La estructura incluye 4500 metros de doble túnel de vía única realizado con una tuneladora TBM y revestido con dovelas prefabricadas de hormigón armado.

Tren Interurbano de Toluca en México: En esta obra, OHLA fue responsable de la construcción de la primera sección del sistema de tren que conectará Toluca, la capital del Estado de México, con Ciudad de México, la capital de México. Este tramo de 36,14 km es crucial en el desarrollo del proyecto del ferrocarril Toluca-Ciudad de México.

Ampliación del Puerto de Alicante en España: En este proyecto, se sumarán 30 hectáreas de explanadas a las infraestructuras preexistentes, siendo 16 de ellas completamente urbanizadas y el resto destinadas al almacenamiento de agua. El trabajo incluye la construcción de 1127 metros de dique de abrigo en talud, 442 metros de contradique en talud, 1236 metros de muelles con cajones, 245 metros de atraque tipo ro-ro para ferries, 160000 metros cuadrados de explanada pavimentada y 1986 metros de vía ferroviaria.

Proyecto **Constructivo de Infraestructura Ferroviaria** en la Estación de Huelva en España, se realizaron trabajos para construir la infraestructura ferroviaria en la estación de Huelva, la cual fue inaugurada en 2018. Estos trabajos incluyeron la preparación del terreno, la creación de la zona de vías y andenes para dar servicio a trenes de diferentes longitudes, además de la construcción de un andén técnico.

Además, se construyó un edificio de 1200 m² para los viajeros de acuerdo a los informes presentados.

Puente Instituto de los Lactantes en República Checa, en Olomouc, República Checa, se construyó el puente del Instituto de los Lactantes sobre el río Morava. Es un puente vial que cuenta con una viga de 64,9 metros de longitud y una losa de hormigón suspendida en un arco de acero de doble plano con una altura de 8,8 metros.

Red Vial 4 en Perú, este proyecto tuvo como objetivo mejorar y ampliar la Red Vial 4, que forma parte de la Panamericana Norte, una importante vía que atraviesa la costa peruana. La construcción abarcó un tramo de 263,7 km y fue llevada a cabo por la empresa OHLA.

Hospital Militar de la Reina en Chile, se llevó a cabo la edificación de un nuevo hospital que abarca una extensión de 86350 metros cuadrados y cuenta con capacidad para albergar 330 camas. Además, se incluyen otras áreas como salas de cirugía, espacios complementarios y un helipuerto, entre otros servicios.

Complejo Hidroeléctrico del Colbun-Machicura (Chile), El propósito de este proyecto es aprovechar los recursos hídricos de la zona para la producción de energía. Se ha centrado en la edificación de una serie de presas, embalses y plantas hidroeléctricas en los ríos Colbún y Machicura, con la meta de incrementar la capacidad de generación de energía renovable en Chile y aportar al progreso económico y social de la región. La construcción del complejo hidroeléctrico en 1985 fue destacada como la central de generación más grande en ese momento.

Este trabajo se enfoca en mejorar la representación tridimensional de las estructuras defensivas en las orillas de los ríos utilizando drones. En tiempos recientes, el uso de drones en la cartografía ha aumentado en popularidad debido a la reducción de costos y al avance de programas especializados. Los progresos en el campo de la topografía se centran en la búsqueda de una mayor exactitud y eficacia, lo que ha provocado que los drones se conviertan en la herramienta de elección. Asimismo, la introducción del enfoque del Modelado de Información para la Construcción (BIM) en la mejora del modelado tridimensional de las defensas ribereñas permite una mejor coordinación entre los equipos encargados del diseño y la construcción. Al proveer datos precisos y actualizados a lo largo de todo el proceso de construcción, se disminuye la probabilidad de conflictos. El empleo de BIM ayuda a reducir los errores y defectos, logrando así una mejoría en la calidad de la obra. Asimismo, es crucial resaltar los fundamentos que serán fundamentales en el proyecto:

Metodología BIM en obras civiles

El origen de la terminología BIM es el acrónimo de Building Information Modeling. la implementación de la metodología BIM en proyectos de construcción incrementa de forma notable la eficiencia y eficacia de cada trabajo, eliminando la necesidad de numerosos documentos y evitando la confusión causada por el intercambio de información entre las partes involucradas. Esto ayuda a reducir los malentendidos y la necesidad de verificar y aclarar constantemente los detalles.

Para Chinche y Méndez (2020), El enfoque BIM, también llamado modelado ND o modelo virtual, establece una plataforma colaborativa que facilita la ejecución, producción y evaluación de proyectos a lo largo de todo el proceso de construcción. Esta metodología

combina herramientas tecnológicas y de gestión con el objetivo de simplificar y mejorar la gestión de proyectos constructivos.

Durante el año 2019, en Perú se implementaron gradualmente criterios para la adopción de BIM en proyectos de inversión pública con el D.S. N°289-2019-EF, estableciendo pautas para la incorporación de un nuevo modelo de información digital en todas las etapas de construcción de proyectos públicos. Posteriormente, se aprobó un reglamento que especifica el uso de la metodología colaborativa BIM en obras de inversión pública con el D.U. N° 021-2020, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad, reducir errores, tiempo y costos en la construcción, así como ofrecer edificaciones más amigables con el medio ambiente y transparentes en el uso de recursos. Se estima que para el 2030, el uso generalizado de BIM será obligatorio en todos los proyectos de infraestructura pública, según el MEF Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2023).

En la actualidad, la tecnología BIM nos brinda una nueva perspectiva y enfoque simplificado para los proyectos. Una de las principales ventajas de este sistema es la centralización de todos los elementos del proyecto en una sola base de datos, de la cual se obtiene toda la información necesaria. Con BIM, la generación de los diseños es automatizada y los planos 2D se crean directamente desde el modelo, a través de la asignación de plantas, secciones y elevaciones requeridas, lo que permite una interacción directa y actualización automática en caso de cambios en el modelo.

La visualización 3D, una de las ventajas adicionales de la visualización en 3D es su capacidad para ofrecer una perspectiva más realista y detallada de objetos y espacios, permitiendo a los usuarios explorarlos de una manera más inmersiva y precisa. Esto facilita la toma de decisiones y la comunicación de ideas de manera más efectiva, ya que se pueden visualizar aspectos que de otra forma serían difíciles de apreciar en dos dimensiones. Además, la visualización en 3D permite simular situaciones y escenarios de

una manera más realista, lo que resulta especialmente útil en la visualización de procesos complejos o en la creación de prototipos virtuales antes de pasar a la producción física.

Esto ahorra tiempo y recursos, ya que se pueden identificar y corregir errores antes de que se conviertan en problemas reales. La ventaja adicional de la visualización en 3D se encuentra directamente relacionada con el modelo BIM. Al tener toda la información detallada de los componentes y materiales del proyecto, las visualizaciones en 3D se generan de forma automática y permiten mostrar de manera realista cualquier cambio en los materiales utilizados durante la construcción. Esto nos acerca cada vez más a una representación virtual fiel a la realidad.

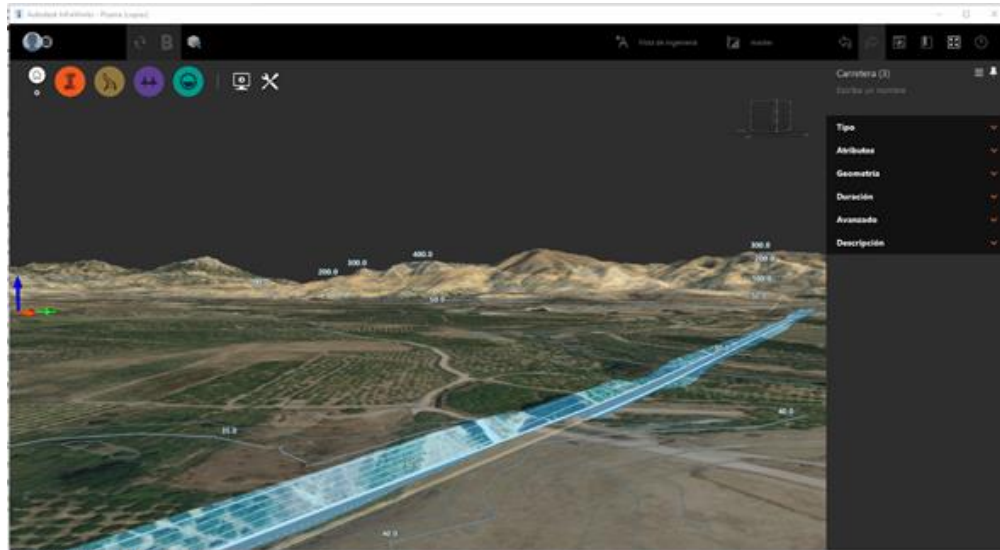
Los softwares BIM Los programas de modelado BIM están mejorando constantemente sus capacidades de visualización, pasando de renderizaciones estáticas tradicionales a recorridos virtuales y visualizaciones de 360°. Las mediciones se generan automáticamente a partir de la información de cada elemento del proyecto, permitiendo obtener no solo sus dimensiones geométricas, sino también su identificación y cantidad de manera precisa. Además, los softwares BIM permiten la coordinación entre los diferentes equipos de diseño y construcción, facilitando la detección de conflictos y errores antes de que se conviertan en problemas costosos durante la construcción. Esto se logra a través de la creación de modelos virtuales en los que se integran todas las disciplinas involucradas en el proyecto, como arquitectura, estructuras, instalaciones, entre otras. Otra ventaja de los softwares BIM es la posibilidad de realizar simulaciones y análisis de rendimiento energético, estructural y de costos, lo que permite optimizar el diseño y tomar decisiones informadas durante todo el ciclo de vida del proyecto, algunos de los programas más utilizados de la metodología BIM son: Autodesk Revit, ArchiCAD, Tekla Structures, Infracore, Navisworks, etc.

El software Infracworks, es una herramienta de diseño asistido por computadora

(CAD) que facilita la modelación, análisis y simulación de diversos proyectos de ingeniería mecánica y topográfica. InfraWorks es un software de modelado de infraestructuras en 3D desarrollado por Autodesk. Permite a los usuarios crear modelos digitales de infraestructuras urbanas, carreteras, puentes, intersecciones, edificios, redes de servicios públicos, paisajes y últimamente usado para estudios topográficos. A través de InfraWorks, los profesionales del diseño de terrenos pueden visualizar, analizar y comunicar de manera eficaz las propuestas de diseño a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto. Esta herramienta es de gran ayuda para ingenieros, diseñadores e inventores, ya que les permite plasmar sus ideas desde la concepción hasta la producción, facilitando la modelación de piezas y conjuntos en 3D, la creación de planos técnicos detallados y la generación de otros datos relacionados con el modelo. Entre sus características destacadas se encuentra su facilidad de uso, una interfaz intuitiva y ordenada, la posibilidad de crear animaciones y visualizaciones a partir de modelos 3D, así como la capacidad de conectar, colaborar y compartir datos CAD con otros dispositivos. Además, Infracworks permite reutilizar diseños y acelerar el proceso de diseño y fabricación.

Un claro ejemplo se observa en la **Figura 3**, en este caso se utilizó Infracworks para crear un modelo tridimensional del terreno, que posteriormente se integró en un modelo BIM para realizar el diseño y la planificación de un proyecto de construcción. Esto permite a los profesionales de la construcción tener una representación precisa y detallada del terreno en el entorno BIM, lo que facilita la toma de decisiones y la colaboración entre los diferentes actores del proyecto. Además, el uso de Infracworks en la topografía de un terreno permite una mayor eficiencia y precisión en la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

Figura 3. Infraworks en la topografía



Nota: Exportación de alineaciones diseñadas en infraworks. Tomado de Isaval, (2021).

La metodología BIM de acuerdo a lo que menciona Chinche Colorado & Méndez Ascate (2020), presenta las siguientes dimensiones BIM:

BIM 3D (modelado tridimensional), El modelado tridimensional BIM 3D es creado utilizando la información recopilada en un modelo 3D, el cual es fundamental para planificar la etapa siguiente. Asimismo, este modelo integra y muestra de forma realista toda la información geométrica del proyecto, esto incluye especificaciones técnicas, materiales, sistemas de construcción, detalles arquitectónicos y estructurales, entre otros aspectos.

BIM (tiempo), El tiempo se integra a la plantilla de diseño BIM para ayudar a definir las distintas etapas del proyecto, calcular su duración, crear modelos de construcción por fases y diseñar el plan de ejecución. Además, la implementación del tiempo en BIM facilita la coordinación entre los diferentes equipos de trabajo, ya que todos los involucrados pueden acceder a la información actualizada en tiempo real y anticipar posibles conflictos de programación. Con la ayuda de la tecnología BIM, es posible crear

modelos de construcción por fases que permiten visualizar el progreso de la obra en cada etapa y realizar ajustes en caso de desviaciones en los plazos. Asimismo, el tiempo en BIM brinda la posibilidad de diseñar un plan de ejecución detallado, en el que se establecen las fechas de inicio y finalización de cada actividad, así como los recursos necesarios para su realización.

BIM (costos), se incluye la gestión y evaluación detallada de los costos de nuestro proyecto, con el fin de maximizar su productividad y beneficios. El uso de BIM en la gestión de costos nos permite tener en cuenta todos los elementos del proyecto, desde la planificación inicial hasta la supervisión de la construcción. Esto nos permite identificar posibles desviaciones de costos de manera oportuna y tomar medidas preventivas para mantener el proyecto dentro del presupuesto establecido. Además, BIM nos brinda la posibilidad de realizar simulaciones y análisis de costos en tiempo real, lo que nos permite tomar decisiones informadas sobre los recursos necesarios y optimizar el uso de los mismos. También nos ayuda a identificar áreas donde se pueden realizar mejoras para reducir costos sin comprometer la calidad del proyecto.

BIM (sostenibilidad), El uso de BIM en sostenibilidad permite a los diseñadores y arquitectos tener en cuenta aspectos como la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles, el ciclo de vida del edificio y su impacto ambiental desde las etapas iniciales del proceso de diseño. Esto ayuda a reducir costos, minimizar desperdicios y optimizar el rendimiento ambiental de un proyecto. Al utilizar BIM para la sostenibilidad, se pueden realizar análisis detallados de la energía consumida, las emisiones de carbono, la huella hídrica y otros aspectos ambientales de un edificio. Esto permite a los diseñadores tomar decisiones informadas que mejoren la eficiencia energética y reduzcan el impacto ambiental de un proyecto. En resumen, el uso de BIM en sostenibilidad es una herramienta poderosa que ayuda a los profesionales del diseño y la construcción a crear edificios más

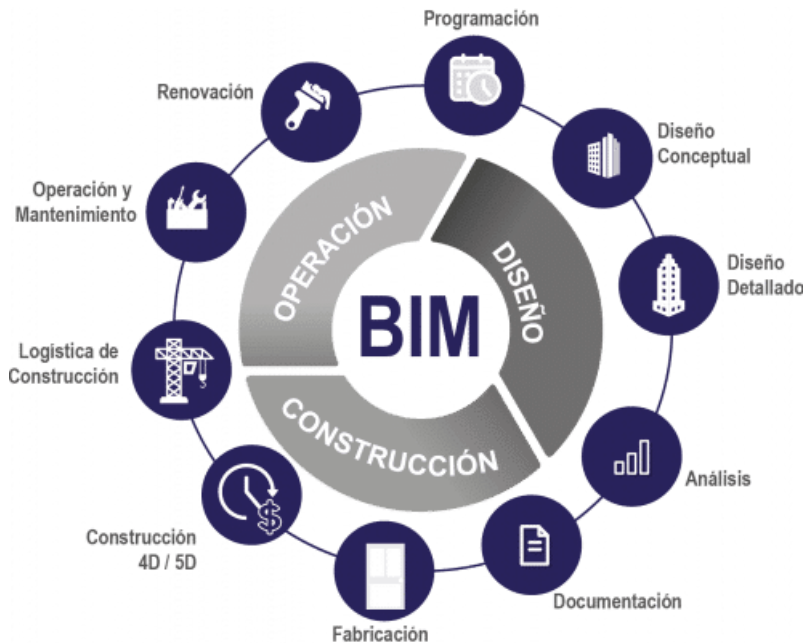
sostenibles, eficientes y respetuosos con el medio ambiente. Esto es fundamental en un mundo donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son cada vez más importantes.

BIM (gestión de operaciones), nos proporciona la capacidad de supervisar de manera más efectiva todas las etapas del proyecto, así como las áreas involucradas. Proporciona control logístico y operacional del proyecto a lo largo de su vida útil, optimizando procesos esenciales a través de inspecciones, reparaciones y mantenimientos. Además, BIM en la gestión de operaciones nos permite visualizar de manera clara y detallada el funcionamiento de un edificio o infraestructura, facilitando la toma de decisiones en tiempo real y minimizando los costos de mantenimiento. Con BIM, se pueden identificar de manera eficiente los activos, planificar y programar el mantenimiento preventivo, gestionar los recursos de manera óptima y mejorar la eficiencia operativa en general. También permite la colaboración entre diferentes equipos y departamentos, lo que ayuda a mejorar la comunicación y coordinación en la gestión de operaciones.

Durante la etapa de construcción, se utiliza el modelo BIM para coordinar la ejecución de las tareas, optimizar los procesos y controlar el avance del proyecto. Una vez finalizada la construcción, se continúa utilizando el modelo BIM para la gestión y operación de la edificación, facilitando el mantenimiento, la gestión de activos y la toma de decisiones a lo largo de su vida útil.

Como se muestra en la **Figura 4**, el ciclo del BIM abarca todas las etapas del proyecto, desde su concepción hasta su mantenimiento, permitiendo una gestión eficiente y colaborativa que mejora la calidad de las construcciones y reduce los costos y tiempos de ejecución. Se detalla a continuación:

Figura 4. Dimensiones del BIM.



Nota: Tomado de Isaval, (2021).

La topografía, juega un papel crucial en la ingeniería civil, ya que su teoría se apoya principalmente en conceptos de geometría plana, geometría espacial, trigonometría y matemáticas, se puede dividir en dos ramas principales: planimetría y altimetría. La implementación de BIM en proyectos de topografía aporta numerosos beneficios a la construcción, especialmente en términos de precisión. Los métodos tradicionales de levantamiento topográfico pueden presentar errores debido a mediciones manuales e interpretación humana. Al incorporar BIM en estos proyectos, se pueden eliminar estos errores y obtener un mayor nivel de precisión.

Asimismo, la topografía es fundamental en la gestión de proyectos en BIM, ya que proporciona información esencial sobre las características físicas de un sitio. Al combinar esta información con BIM, los profesionales pueden crear un modelo detallado y preciso del sitio de construcción, lo que les permite tomar decisiones informadas y anticipar posibles problemas durante el diseño y la planificación, BIM

ofrece múltiples ventajas para las construcciones, en primer lugar, ayuda a mejorar la eficiencia al reducir la cantidad de trabajos y minimizar errores, de igual modo el uso de un modelo 3D detallado permite a los profesionales identificar posibles colisiones, interferencias o fallos en el diseño antes de iniciar la construcción, lo cual ahorra tiempo y recursos.

Por otro lado, la integración de BIM en proyectos de topografía favorece la comunicación y colaboración entre las diferentes disciplinas involucradas en el proceso constructivo. El modelo 3D compartido garantiza que todas las partes interesadas en el proyecto accedan a información precisa y actualizada, lo que disminuye los malentendidos y conflictos. Adicionalmente, la unión de BIM y topografía facilita la realización precisa de mediciones y estimaciones de costos. Las cantidades exactas de materiales pueden obtenerse directamente del modelado BIM, eliminando la necesidad de realizar mediciones y cálculos manuales. Esto agiliza el proceso de estimación y reduce el riesgo de subestimar o sobreestimar los costos del proyecto.

Como se muestra en la **Figura 5** el equipamiento de Trimble, como las estaciones totales, escáneres 3D y GNSS, junto con su software, están preparados para recopilar datos que le facilitan la realización o participación en proyectos de modelado de información de construcción BIM. Además de su equipamiento, Trimble también ofrece software especializado para la gestión de proyectos BIM, como Trimble Connect y Tekla Structures, que permiten visualizar y coordinar modelos BIM, colaborar en tiempo real, analizar la información de construcción y gestionar la información de manera eficiente.

Figura 5. BIM en la topografía

Nota: Tomado de Isaval, (2021).

La planimetría, es una especialidad de la topografía que se enfoca en los procesos y técnicas utilizadas para representar de manera escalada los elementos de un terreno en una superficie plana. En esta disciplina se omiten las características de relieve y altitud para obtener una representación en sentido horizontal. e utiliza principalmente en la elaboración de mapas, planos topográficos, planos de urbanismo, entre otros. Para llevar a cabo este proceso, se utilizan herramientas como el teodolito, la estación total, el nivel topográfico, GPS, entre otros. Uno de los pasos principales en la planimetría es el levantamiento topográfico, que consiste en la medición y ubicación de puntos de interés en el terreno. Estos puntos se representan posteriormente en un plano con coordenadas x e y, en un sistema de referencia cartesiano. Además, se pueden incorporar elementos como curvas de nivel, líneas límites, edificaciones, caminos, entre otros. La planimetría no solo es útil para la representación de terrenos en la elaboración de mapas, sino que también es fundamental en la gestión y planificación de proyectos de ingeniería, urbanismo, arquitectura, entre otros. Gracias

a esta disciplina, es posible analizar y estudiar de forma detallada las características de un terreno, lo que permite una mejor toma de decisiones en la planificación y ejecución de proyectos

La altimetría, se refiere a la medición de la altura en un área específica, y se incluye dentro de la topografía, que es la ciencia encargada de describir detalladamente las superficies. Esta disciplina, también llamada hipsometría, abarca varios métodos y técnicas para determinar y representar la altitud de un lugar. Según menciona Del Rio (2019), uno de los instrumentos más comunes utilizados en la altimetría es el altímetro, que permite medir la altitud de un punto con respecto a un nivel de referencia, generalmente el nivel del mar. Otros métodos utilizados incluyen el uso de GPS, láser o sistemas de radar. La altimetría es especialmente importante en áreas como la geodesia, la cartografía, la climatología, la aviación y la meteorología, donde es crucial conocer con precisión la altitud de un lugar para diversos propósitos.

Además de la altitud, la altimetría también puede incluir la medición de otros parámetros relacionados con la altitud, como la pendiente, la inclinación o la profundidad de un terreno. Estos datos son fundamentales para la elaboración de mapas topográficos, la planificación de rutas y la realización de estudios geológicos o ambientales.

Fotogrametría, Cuenca Granados (2021), menciona que la fotogrametría es un método utilizado para medir dimensiones y posiciones de objetos de forma indirecta, a través de la captura de imágenes aéreas. Este proceso varía según el tipo de imágenes utilizadas, ya sean analógicas o digitales. En corto, la fotogrametría consiste en un conjunto de técnicas y procesos que permiten determinar las dimensiones y forma de un objeto a partir de fotografías.

El propósito del vuelo fotogramétrico consiste en desplazarse sobre el área a una altura y velocidad constantes, mientras se abarca una serie de trayectorias paralelas controladas. Con el fin de evaluar la edificación del terreno, la cámara procederá a tomar fotografías con un desplazamiento significativo durante cada etapa. Asimismo, se llevará a cabo un recubrimiento longitudinal entre los fotogramas adyacentes en dos pasadas consecutivas, que generalmente se llevan a cabo en sentido opuesto, y se establecerá un solape transversal previamente definido, estas fotografías serán posteriormente procesadas para generar un modelo tridimensional del terreno, el cual servirá para realizar mediciones precisas y detalladas de la topografía, la vegetación, las edificaciones y otros elementos presentes en el área. El vuelo fotogramétrico se utiliza en diversos campos como la cartografía, la agricultura, la arquitectura, la gestión del territorio, entre otros, con el objetivo de obtener información detallada y actualizada del terreno de forma rápida y precisa.

En la **Figura 6** nos muestra que cada dron tiene programado su área seleccionada para el estudio fotogramétrico, la importancia del uso de drones y la magnitud de visión es más amplia lo que permite tener mayor exactitud en los cálculos.

Figura 6. *Fotogrametría Aérea Tradicional.*



Existen 3 tipos de fotografía aérea, de acuerdo a lo que menciona Sanchez Vargas

(2017), estos tipos de fotografía se diferencian por el ángulo de inclinación del eje óptico:

Fotografía vertical, las fotografías verticales son aquellas en las que la cámara se acerca a un ángulo de 90 grados, permitiendo solo una ligera inclinación máxima de 3 grados. Este tipo de fotografía suele utilizarse para retratos, paisajes verticales, arquitectura y cualquier otra composición que se adapte mejor a este formato. La fotografía vertical puede ayudar a resaltar la altura de un sujeto o un objeto, así como a crear una sensación de profundidad y verticalidad en la imagen. Algunos consejos para tomar fotografías verticales incluyen prestar atención a la composición, asegurarse de que la línea del horizonte esté nivelada, jugar con las líneas y formas verticales presentes en la escena, y experimentar con diferentes ángulos y perspectivas para lograr una imagen interesante y dinámica.

Fotografía oblicua, una fotografía oblicua se refiere a aquellas imágenes en las que la cámara se encuentra inclinada más de 3 grados o no muestra el horizonte en su composición. Estas fotografías suelen tener un ángulo más dinámico y pueden transmitir una sensación de movimiento o inestabilidad. También pueden ser utilizadas para crear efectos artísticos o para captar detalles que de otra manera no serían visibles. La fotografía oblicua puede ser una técnica interesante para experimentar con diferentes puntos de vista y composiciones inusuales.

Fotografía panorámica, Una fotografía panorámica es aquella que captura el horizonte con un ángulo extendido, también conocida como fotografía de gran tamaño. Estas fotografías son ideales para capturar paisajes amplios y escenas urbanas detalladas. Para lograr una buena fotografía panorámica, es importante tener en cuenta la composición y la exposición adecuada, así como útil utilizar un trípode para mantener la cámara estable durante la toma. Además, es recomendable utilizar un

objetivo gran angular o un lente especializado en fotografía panorámica para capturar la mayor cantidad de detalle y amplitud en la imagen. También es importante ser paciente y tomarse el tiempo necesario para capturar la escena en su totalidad.

El levantamiento fotogramétrico, el proceso implica tomar fotografías desde una altura específica utilizando una cámara de alta precisión, con un tiempo de exposición rápido y obturadores eficientes. Posteriormente, las imágenes se procesan con un software de restitución fotogramétrica (analógica, analítica o digital). Durante esta fase, se genera una representación en 3D del terreno, la cual se orienta y escala para colocarla en su posición y tamaño correctos en el espacio según Medrano Sullca & Zuñiga Hurtado, (2022).

“Es necesario planificar adecuadamente las capturas de fotografías aéreas al iniciar un proyecto fotogramétrico o de fotointerpretación para asegurar la precisión del producto final” (Medrano Sullca & Zuñiga Hurtado, 2022).

Entre los requisitos para la fotogrametría tradicional se encuentran: asegurar la cobertura total del terreno en cada foto, establecer la distancia entre líneas de vuelo, determinar el avance entre cada foto, definir la cantidad de líneas de vuelo, calcular la extensión en kilómetros lineales, estimar el número de fotos necesarias, determinar la cantidad de metros de película, calcular el tiempo de vuelo, calcular la altura de vuelo y programar la hora fotogramétrica.

Para poder realizar los levantamientos fotogramétricos es necesario utilizar vehículos aéreos, tenemos:

Vehículos Aéreos no Tripulados: De acuerdo con Cuenca Granados (2021), los drones son dispositivos aéreos compactos capaces de llevar sensores para realizar fotogrametría. Estos pueden ser clasificados en dos tipos: los de alas fijas, que se asemejan a aviones comerciales, y los de ala rotatoria, como cuadricópteros o

hexacópteros que cuentan con seis rotores. Estos drones pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones, como la agricultura de precisión, inspección de infraestructuras, seguridad y vigilancia, cartografía y topografía, entre otros. Gracias a su capacidad de vuelo autónomo y su capacidad para llevar diferentes sensores, los drones pueden proporcionar datos detallados y precisos de áreas específicas de interés de manera eficiente y económica. Además, los drones pueden operar en áreas de difícil acceso o peligrosas para los seres humanos, lo que los hace especialmente útiles en situaciones de emergencia o catástrofes naturales. Sin embargo, el uso de drones también plantea desafíos en términos de regulación y privacidad, ya que pueden ser utilizados de manera invasiva o para actividades ilegales. Es importante que se establezcan normativas claras para el uso de drones y que se respeten los derechos y la privacidad de las personas.

El dron de Ala fija no requiere grandes cantidades de energía para su suspensión, son ideales para tareas vigilancia y monitoreo. Además, los drones de ala fija pueden llevar a cabo misiones de larga duración gracias a su eficiencia energética y la posibilidad de ser recargados en vuelo, como se muestra en la **Figura 7**, es el tipo de dron de costos más elevado.

Figura 7. Vehículo Aéreo no Tripulado de Ala Fija.



Nota: Tomado de Medrano Sullca & Zuñiga Hurtado, (2022)

La **Figura 8** nos muestra el tipo de dron más conocido, los drones de ala rotatoria suelen ser más duraderos y robustos, lo que los hace capaces de resistir condiciones climáticas adversas y operar en entornos hostiles. Esto los convierte en una herramienta indispensable para investigaciones y estudios de ingeniería por la maniobrabilidad y versatilidad.

Figura 8. *Vehículo Aéreo no Tripulado de Ala Rotatoria.*



Nota: Tomado de Puerta Colorado, (2020).

Los drones, impulsados por motores de explosión o reacción, pueden mantener un vuelo controlado y sostenido, y son utilizados tanto en aplicaciones militares como civiles. En poco tiempo, han transformado la industria audiovisual al permitir capturar imágenes de manera innovadora que antes era imposible con métodos tradicionales, además de ser de gran utilidad en labores de topografía.

Según Lajara Dolera (2020), un dron topográfico común puede mapear 100 hectáreas de terreno en un día, aunque hay modelos más sofisticados que pueden cubrir hasta 5 000 hectáreas diarias sin dificultad.

En el pasado, los drones eran pilotados de manera remota, pero ahora se ha introducido el control autónomo. Debido a esto, existen dos tipos diferentes: drones que

son controlados a través de programación de vuelo a distancia, sin la necesidad de guiarse por un piloto humano en tierra, sino más bien por sus propios sensores integrados en sus sistemas, y otros que se manipulan de forma remota, lo que requiere la presencia de un técnico humano.

El factor más importante a tener en cuenta es la seguridad al utilizar drones en la topografía. Gracias a esta tecnología, el topógrafo no tiene que exponerse a lugares peligrosos al transportar la estación, lo que reduce considerablemente los riesgos asociados a este tipo de trabajo. Además, los drones permiten acceder a zonas inaccesibles para una persona, como acantilados o áreas boscosas, lo que proporciona una mejor comprensión del terreno y sus alrededores. Esto se traduce en la captura de un mayor número de puntos para la elaboración de planimetrías, ya que las cámaras de última generación de los drones ofrecen una mayor cantidad de información gráfica en comparación con los métodos tradicionales de levantamiento topográfico. Asimismo, las imágenes capturadas por los drones son mucho más detalladas en términos de color, lo que resulta en una mayor resolución y realismo del terreno. Por último, el uso de drones en la topografía ha supuesto una reducción significativa de costos, ya que lo que antes representaba un gasto considerable para una empresa, ahora se ha visto reducido hasta en un 70% gracias a esta tecnología, según Del Rio (2019).

Marco referencial al uso de drones

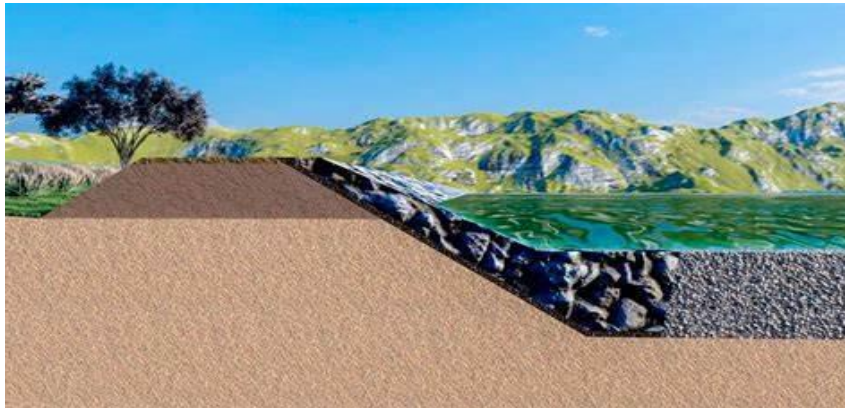
Ley 30740, Ley que regula el uso y las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), norma que denomina a los drones como RPA O RPAS (remotely piloted aircraft) el cual no requiere de permisos ni de licencias si es que el equipo no supera los 2 kg de peso según Ley N°30740 (2019).

Tipos de defensas ribereñas

Defensa ribereña de muros enrocados, en relación a defensas ribereñas con muros enrocados tenemos a Mesias Tello & Urbano Luis (2023), mencionan que la construcción de defensas ribereñas con muros enrocados dependerá en gran medida de las características geológicas del lugar, considerando estas características para la edificación de dichas defensas. El uso de este tipo de estructuras en ríos, lagos y lagunas ayuda a prevenir problemas naturales como la socavación, inundaciones y erosión causadas por lluvias intensas que generan crecidas. Estas estructuras se construyen colocando estratégicamente rocas o piedras en la ribera para fortalecerla contra la acción del agua, es importante tener en cuenta aspectos como la pendiente de la ribera, el tipo de suelo, la velocidad y caudal del agua, así como la presencia de vegetación en la zona. Estos factores influirán en el diseño y la construcción de los muros enrocados, garantizando su estabilidad y efectividad en la protección de la ribera. Así mismo, es fundamental realizar un estudio detallado del comportamiento hidrológico y fluvial del lugar, para determinar la altura, inclinación y dimensiones de los muros enrocados. También se debe considerar la posibilidad de integrar otras técnicas de protección ribereña, como la revegetación de taludes o la instalación de sistemas de drenaje.

Se aprecia el tipo de defensa ribereña enrocado en la **Figura 9** en todo el margen del río, lo cual es beneficioso como refuerzo contra la erosión y desembalses por precipitaciones fluviales extremos. Animación sacada del programa Revit.

Figura 9. Defensa ribereña de muro enrocado



Nota: Animación sacada del programa Revit

Defensas ribereñas construida con geotextiles, una de las técnicas utilizadas para proteger las orillas de los ríos y cuerpos de agua es la construcción de defensas ribereñas con geotextiles, ya que estos materiales permeables fortalecen el suelo, previenen la erosión y tienen propiedades mecánicas e hidráulicas que refuerzan la resistencia del suelo y reducen la erosión. Además, fortalecen la capacidad de carga de las estructuras, convirtiéndose en un elemento importante en zonas ribereñas.

Estos geotextiles se colocan en capas sobre el suelo de la ribera y se cubren con material granular como grava, piedras o tierra para crear una capa protectora que impide la erosión causada por el agua y el viento. Además, estos materiales permiten el drenaje adecuado del agua, evitando la acumulación y el desgaste del suelo. La instalación de defensas ribereñas con geotextiles es una técnica eficaz y sostenible para proteger las orillas de los ríos y cuerpos de agua, ya que no solo evita la erosión y la pérdida de suelo, sino que también promueve la vegetación en la zona, creando un hábitat natural para la fauna local.

Así mismo, esta técnica es más económica y fácil de instalar que otras opciones tradicionales como se aprecia en la **Figura 10**, lo que la hace una alternativa accesible para comunidades locales y autoridades encargadas de la gestión de recursos hídricos.

Figura 10. Defensa ribereña con geotextiles



Nota: Tomado de Mesias Tello, L. E., & Urbano Luis, E. B. (2023)

Defensa ribereña de muro de concreto, se edifica utilizando una estructura de concreto que asegura la resistencia, durabilidad y capacidad de carga óptima del muro, al mismo tiempo que extiende la vida útil de la zona protegida. Este tipo de defensa ribereña es muy utilizada en lugares donde la erosión y la fuerza del agua pueden afectar de manera significativa la estabilidad de la orilla. La construcción de este muro de concreto se realiza de forma meticulosa y precisa, asegurando que cada parte del muro esté correctamente colocada y unida para garantizar su resistencia y durabilidad. Por otro lado, este tipo de defensa ribereña puede ser diseñada de acuerdo a las necesidades específicas del lugar, considerando factores como el nivel de agua, la velocidad del flujo, la erosión del terreno, entre otros. De esta forma, se logra una protección efectiva y duradera adaptada a las condiciones del entorno.

La construcción de una defensa ribereña de muro de concreto como se muestra en la **Figura 11** requiere de la participación de ingenieros especializados y profesionales con experiencia en este tipo de proyectos, garantizando así la calidad y seguridad de la

estructura. Además, es importante seguir un mantenimiento regular para asegurar la integridad del muro y prevenir posibles daños a largo plazo.

Figura 11. Defensa ribereña de muro de concreto



Nota: Tomado de Mesias Tello, L. E., & Urbano Luis, E. B. (2023)

Defensa ribereña de muro de gaviones, la efectividad de los gaviones en la construcción de defensas depende de las propiedades mecánicas de la estructura, que se basa en la resistencia de las rocas contenidas en ellos. Estos elementos crean una estructura duradera y sólida, convirtiéndose en una solución efectiva para estabilizar las orillas de ríos y arroyos. Además de su resistencia mecánica, los gaviones también permiten la filtración de agua, lo que evita la acumulación de presión detrás de la estructura y reduce el riesgo de erosión. Su flexibilidad y capacidad para adaptarse a terrenos irregulares los hace ideales para proteger las riberas de forma eficaz y económica. La instalación de gaviones es relativamente sencilla y no requiere de maquinaria pesada, lo que reduce los costos y el tiempo de construcción.

Además, su diseño permeable permite que la vegetación se desarrolle en ellos, se demuestra en la **Figura 12**, lo que contribuye a la estabilización del suelo y a la integración de la estructura en el entorno natural.

Figura 12. *Defensa ribereña con muro de gaviones*



Nota: Tomado de Mesias Tello, L. E., & Urbano Luis, E. B. (2023)

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

En el año 1999, la sucursal peruana de la empresa Obrascon Huarte Lain S.A comenzó sus operaciones en el país. Inicialmente se enfocaron en la construcción de carreteras, logrando establecerse en este sector. Posteriormente, ampliaron sus actividades al sector minero y de edificaciones. En la actualidad, la empresa OHLA tiene 3500 empleados en Perú, según su perfil de LinkedIn. Esta información fue crucial para que pudiera postularme al puesto de trabajo que ofrecían.

Por medio del anuncio de convocatoria en LinkedIn a nivel nacional, postulé para el cargo de jefe de Topografía el 10 de julio de 2023, donde solicitaban documento Curricular y una breve presentación en video, a continuación, comencé armar mi C.V con lo solicitado por la empresa: documento en formato (pdf) y video (mp4), envié todo adjunto al correo solicitado con un mensaje indicando mis habilidades destacando el profesionalismo, responsabilidad con la capacidad de trabajar en equipo. Así fue que ellos se contactaron conmigo a través de un correo electrónico indicando los procesos correspondientes a la convocatoria, en primer lugar, pasé entrevista por RR. HH, pasando a la segunda entrevista técnica de ingeniería donde hubo examen de conocimiento, al pasar estas dos entrevistas según el proceso me informaron para realizar examen médico, así mismo, pasé una capacitación en temas de salud y seguridad SSOMA.

Mis actividades empezaron el día 15 de agosto del 2023, donde existe un equipo integrador con personas involucradas en el proyecto, teniendo como superior al jefe de Oficina Técnica la Ing. Flomira Borja así mismo mi persona como jefe de Topografía me conformaron un equipo de trabajo, donde estuvo el topógrafo Williams Serrano como trabajo de campo y en gabinete estuvo el cadista Renzo Alva junto a la cadista modelador BIM Rosa Maricarmen Abanto. Dicha área de topografía trabaja en coordinación con las áreas de planeamiento y la oficina técnica.

Como primera actividad de cada día laboral, iniciamos la jornada a las 7:00 am, yo representando la oficina técnica juntamente con el personal SSOMA y personal obrero realizamos una reunión de seguridad para revisar los procedimientos de trabajo del día, identificar posibles riesgos y establecer medidas preventivas, continuando con el llenado del Análisis Seguro de Trabajo (ATS) ya que es de crucial importancia, seguidamente se coordinó el cumplimiento de metodología BIM con el seguimiento de cada fase en el proceso de los trabajos realizados, así como el uso del software Infracore en gabinete. También revisamos el plan de trabajo y nos aseguramos de que todos los trabajadores estén familiarizados con sus roles y responsabilidades, una vez que hemos finalizado la reunión de seguridad, nos dirigimos al área de trabajo designada para realizar una inspección visual de las condiciones del sitio. Verificamos que el área esté limpia, organizada y segura para trabajar, y que no haya riesgos inminentes que puedan poner en peligro la seguridad de los trabajadores, después de la inspección, procedemos a realizar las actividades programadas para el día, siguiendo estrictamente los procedimientos de trabajo y utilizando los equipos de protección personal necesarios. Durante la jornada laboral, nos mantenemos atentos a posibles riesgos y tomamos medidas inmediatas para prevenir accidentes o incidentes, al finalizar la jornada laboral, realizamos una reunión de cierre para evaluar el trabajo realizado, identificar oportunidades de mejora y planificar las actividades para el día siguiente. Nos aseguramos de que todas las áreas de labores estén limpias y seguras antes de retirarnos.

Mis funciones designadas de mayor trascendencia es supervisar y apoyar las labores de topografía, como la verificación de los equipos topográficos calibrados, procedí con la revisión de los certificados los cuales comprendían las empresas, Leica geosystems con calibración Blue, también tenemos a Topocad Servicios Generales EIRL calibración conforme procedimiento DIN18723 (ISO12857), Asimismo, INGTOP SAC, Isetek SA.

Teniendo los equipos en perfectas condiciones se procedió al trabajo de campo que son levantamientos topográficos, replanteos de obras en ingeniería, como procesar datos GNSS de la red plan integral, lo cual el Instituto Geográfico Nacional la subdirección de certificaciones nos brindó el certificado luego de revisar el procesamiento de punto geodésico y calidad del resultado mediante la ampliación de la red geodésica (red terciaria), continuando con mis actividades verifiqué los trabajos de batimetría y revisión de los trabajos de fotogrametría, permitiendo procesar los datos en gabinete para el modelado 3D de manera correcta. Por otro lado, al tener los datos en campo realizados por topógrafos, se procedió según las fases de la metodología BIM con el trabajo en gabinete, que está conformado por 01 cadista el Ing. Renzo Alva y 01 modelador BIM la Ing. Rosa Abanto los cuales participaron en el diseño y modelado 3D de la defensa ribereña del río Cañete, modelado con gran detalle y preciso que permitió visualizar y simular todas las etapas del estudio de manera virtual, optimizando recursos y tiempos de ejecución. La coordinación entre el personal de campo y gabinete fue fundamental para lograr un resultado final exitoso y de alta calidad.

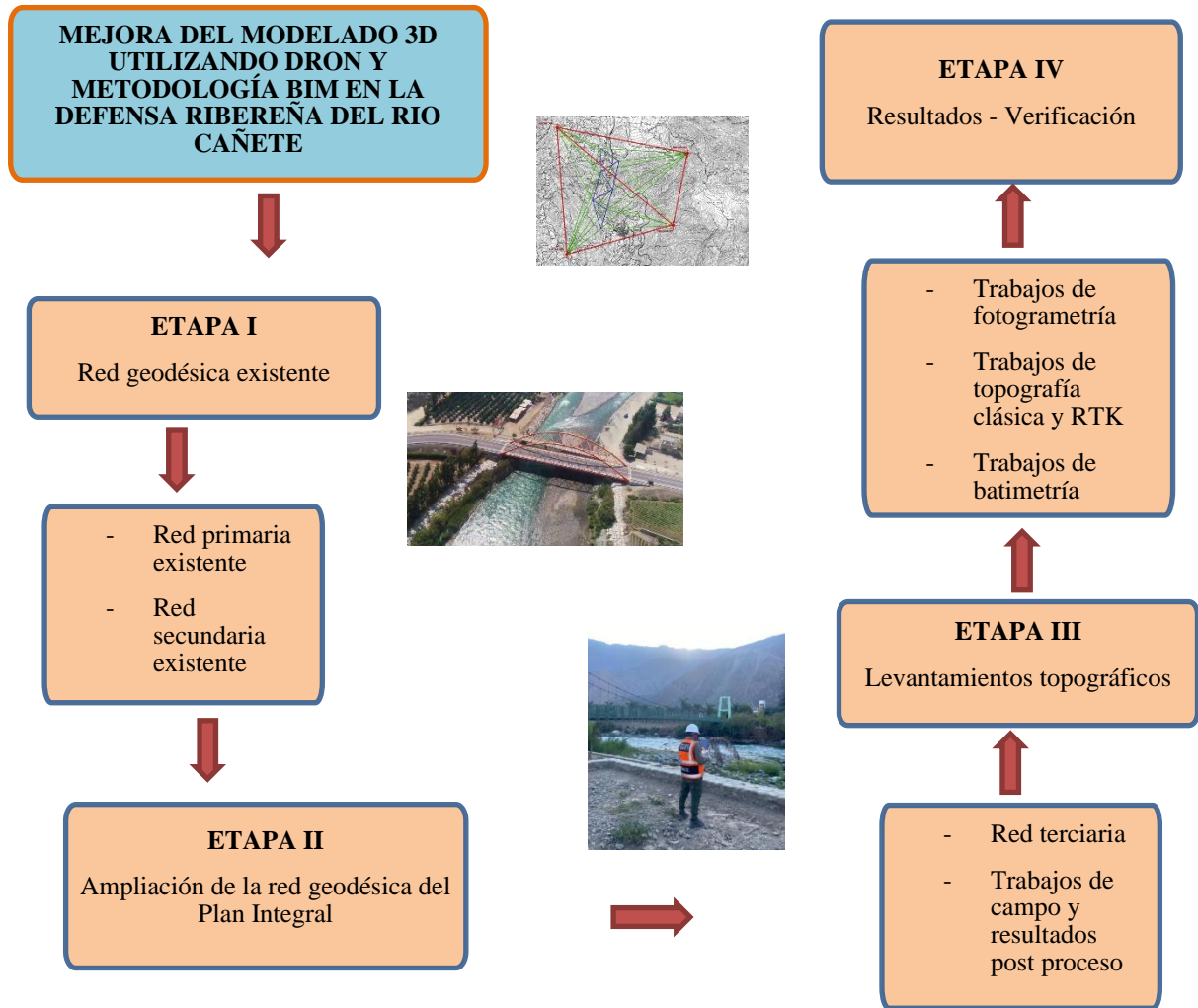
Una vez verificados todos los datos y planos topográficos, se procedió a la realización de ajustes necesarios en el modelo BIM, teniendo en cuenta las correcciones indicadas por la Ing. Flomira Borja encargada de la Oficina Técnica, de esta manera, se logró garantizar la precisión y calidad de la información obtenida a partir de las mediciones topográficas realizadas en el terreno. La implementación de la metodología BIM en este proceso permitió agilizar el trabajo, minimizar errores y facilitar la comunicación entre los diferentes equipos involucrados en el proyecto. Además, nos permitió tener una visión más completa y detallada de la obra, lo que facilitó la toma de decisiones y la planificación de las actividades a realizar. En resumen, la verificación de las mediciones topográficas junto con la implementación de la metodología BIM nos permitió asegurar la calidad y precisión

de la información recopilada, garantizando así el éxito del proyecto de ingeniería en el que estábamos trabajando.

Incluso asistí técnicamente en las visitas de inspectores de obras, mi persona al estar a cargo del área topográfica, soy el responsable de mostrar los avances de manera periódica, y realizar los trabajos bajo el cumplimiento del marco normativo de la Norma Técnica Geodésica y las Especificaciones Técnicas para la producción de mapas topográficos. Además, cuento con una sólida formación académica en topografía y geodesia, lo que me ha permitido desarrollar un enfoque riguroso y preciso en mi trabajo. Soy capaz de realizar levantamientos topográficos con precisión y eficiencia, utilizando tecnología de punta como estaciones totales, GPS y software de diseño topográfico. Mi experiencia en el campo de la topografía me ha permitido participar activamente en el control y seguimiento de obras, así como en la elaboración de documentos técnicos necesarios para la correcta ejecución y finalización del estudio. Soy una persona comprometida con mi trabajo y siempre busco la manera de mejorar mis habilidades y conocimientos en el área.

Las etapas del estudio se dividieron en 4 como se muestra en la **Figura 13** lo cual la primera etapa consistió en la verificación de las redes existentes, en la segunda es la ampliación de la red geodésica para tener una mayor precisión en nuestros resultados, por otro lado, la etapa III son los levantamientos topográficos requeridos para este estudio y por último la verificación de resultados, se detalla en el grafico siguiente:

Figura 13. Etapas del Proceso del Estudio a Ejecutar.



Nota: Elaboración Propia (2024).

Cada año, la cuenca del Río Cañete en Perú enfrenta una serie de peligros que se vuelven aún más graves cuando ocurre algún fenómeno fluvial. Estos riesgos merecen una investigación detallada, ya que esta región, que está densamente poblada y posee una gran cantidad de recursos naturales económicos, se ve amenazada por eventos como inundaciones, deslizamientos y movimientos sísmicos. El continuo desarrollo urbano en la zona resalta la importancia de evaluar y fortalecer las defensas existentes para mejorar su capacidad de resistencia frente a fenómenos naturales extremos.

La administración sostenible de los recursos naturales en la cuenca es esencial para reducir los riesgos naturales. La erosión del suelo y las acumulaciones causadas por la tala de árboles y la agricultura no sustentable pueden empeorar las inundaciones. Por lo tanto, se necesitan estrategias completas que fomenten un uso responsable del suelo y prácticas agrícolas sostenibles para proteger el equilibrio ambiental y disminuir los peligros de desastres. Este esfuerzo comienza con la mejora de las defensas ribereñas a través de modelado 3D. Además, es crucial mejorar la resistencia de las estructuras de defensa ribereña existentes en la cuenca del Río Cañete, utilizando la metodología BIM desde los estudios preliminares para garantizar una ejecución efectiva del proyecto de defensas ribereñas. Esto permitirá una mejor coordinación entre los equipos de diseño y construcción, reduciendo posibles conflictos al proporcionar información precisa y actualizada. El BIM ayuda a reducir errores y defectos, lo cual resulta en una mayor calidad de construcción. Este estudio se enfoca en mejorar el modelado de las defensas ribereñas, ya que estas no están preparadas para eventos climáticos extremos como los deslizamientos de tierra causados por fuertes lluvias que provocaron inundaciones.

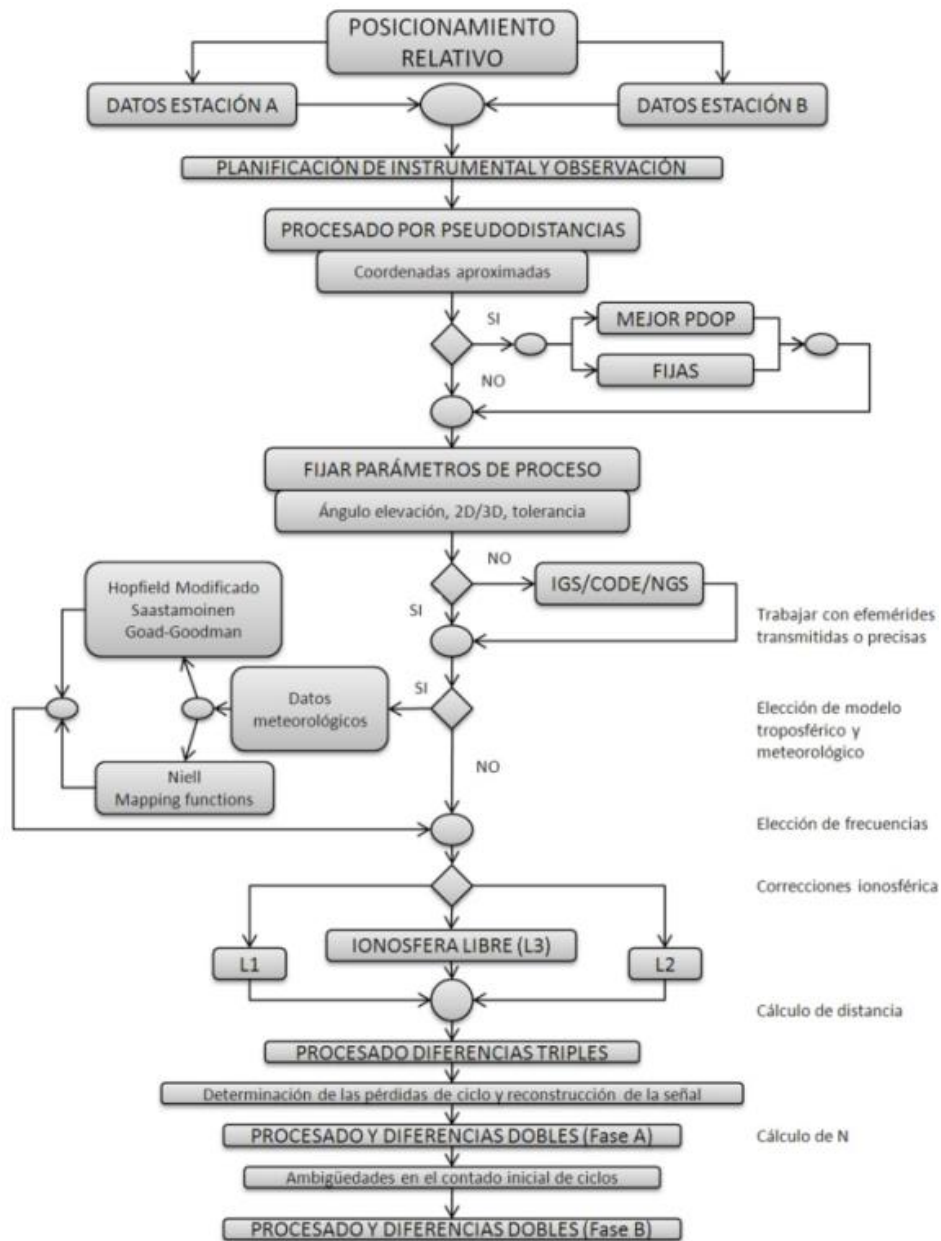
Lo que se va a desarrollar es exponer los trabajos de topografía necesarios para crear los expedientes técnicos del proyecto de "Entrega de las Defensas Ribereñas del río Cañete". Asimismo, los alcances establecidos a realizar son los estudios aplicando la metodología BIM en la mejora del modelado de las defensas ribereñas del río Cañete, por otro lado realizar la verificación de la red geodésica existente de la cuenca del Río Cañete, establecida en los estudios técnicos del Plan Integral redactado por el PSI, continuando con los objetivos específicos se realizará el cálculo de las observaciones GNSS disponibles en los entregables de los estudios técnicos de topografía a fin de corroborar la consistencia de la red geodésica establecida, en el caso de obtener resultados no consistentes, se

aprovechará el cálculo anterior mencionado para establecer las coordenadas definitivas de la red geodésica del proyecto, ya que son la base para la ampliación de esta red hacia las zonas específicas de actuación (red terciaria), como último objetivo, describir las metodologías realizadas en la ampliación de la red geodésica y en los levantamientos topográficos, de detalle necesarios para el desarrollo del proyecto.

Se comenzó el proyecto utilizando un enfoque de Proceso de Línea base, el cual sugiero implementar la metodología BIM desde el inicio del estudio. Esta metodología ha revolucionado la manera en que los profesionales del área de topografía, planifican y llevan a cabo proyectos, al integrarla en los estudios topográficos se logran mejores resultados y mayor precisión en las obras. Algunos del software utilizados para este fin son Trimble Business Center versión 5.2, así como los programas de Autodesk como Civil 3D e Infracore para el modelado en 3D y análisis visual.

En la **Figura 14** se muestra el esquema establecido del proceso de línea base del estudio, dicho esquema se modificará sin alterar las actividades programadas, implementando la metodología BIM.

Figura 14. Esquema – Línea Base Establecida del Estudio.



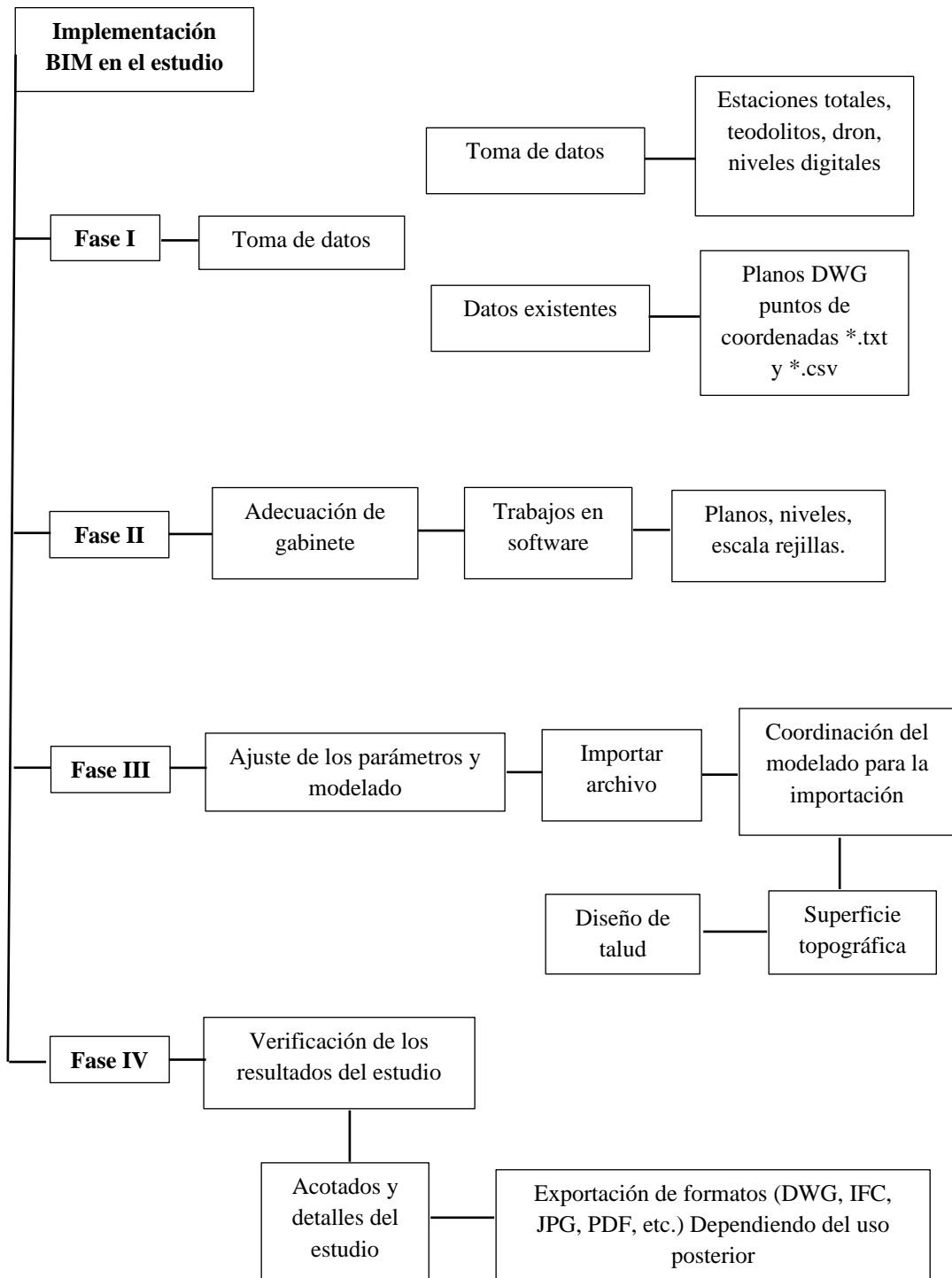
Nota: Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Para el estudio básico topográfico se adecuó el proceso de línea base siguiendo la metodología BIM, procedí en realizar un esquema aplicando la metodología BIM en topografía lo cual se dividió en 4 fases, que son: toma de datos, siguiendo con la configuración de los ambientes de trabajo que viene a ser la ejecución de software, luego ajustes paramétricos que son la importaciones de archivos y como última fase la publicación de resultados que viene ser la exportación de la información del estudio topográfico.

Cada una de estas fases requiere de un proceso detallado y metódico para asegurar la precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos. En la fase de toma de datos, es fundamental realizar un levantamiento minucioso del terreno utilizando equipos topográficos de alta precisión. Posteriormente, en la configuración de los ambientes de trabajo se deben establecer las coordenadas y referencias necesarias para la correcta interpretación de los datos, en la fase de ajustes paramétricos, se deben importar los archivos generados durante el proceso de toma de datos y realizar las correcciones necesarias para eliminar posibles errores. Finalmente, en la fase de publicación de resultados, se exporta la información obtenida en formato compatible con otros programas o sistemas de información geográfica.

La aplicación de la metodología BIM en el estudio topográfico como se muestra en la **Figura 15** permite una mayor eficiencia en la gestión de datos, así como una mayor precisión en la interpretación de los mismos. Además, facilita la colaboración entre los diferentes actores involucrados en el proceso de diseño y construcción de un proyecto, mejorando la comunicación y la toma de decisiones.

Figura 15. Metodología BIM en el estudio topográfico



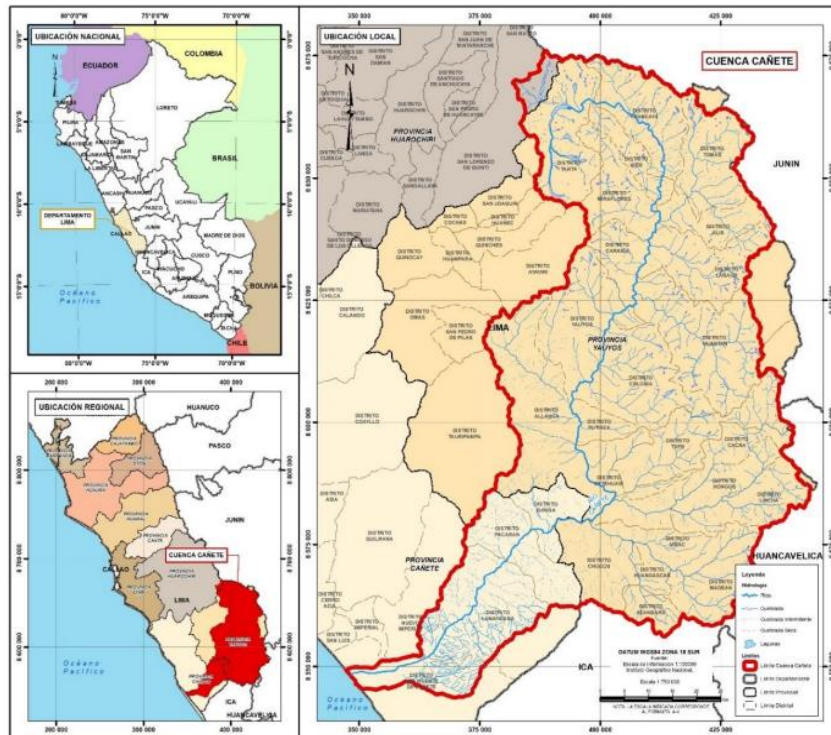
Nota: En la fase III recomiendo el uso de software InfraWorks con el personal cadista modelador. Elaboración propia (2024).

Ubicación política

El estudio del área abarca la cuenca hidrográfica del río Cañete, incluyendo los distritos de Nuevo Imperial, Lunahuaná y San Vicente, que se encuentran en el departamento de Lima. La cuenca del río Cañete tiene su origen en la cordillera Occidental de los Andes, debido a los deshielos y a las precipitaciones. Esta cuenca abarca cinco distritos de la provincia de Cañete y veintitrés distritos de la provincia de Yauyos.

En la **Figura 16** se muestra los límites de la cuenca incluyen al norte la cuenca del río Mantaro, al este la cuenca de la Quebrada Topará, al sur y al oeste la cuenca del río Omas y el Océano Pacífico, respectivamente.

Figura 16. *Ubicación del Proyecto.*



Nota: Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

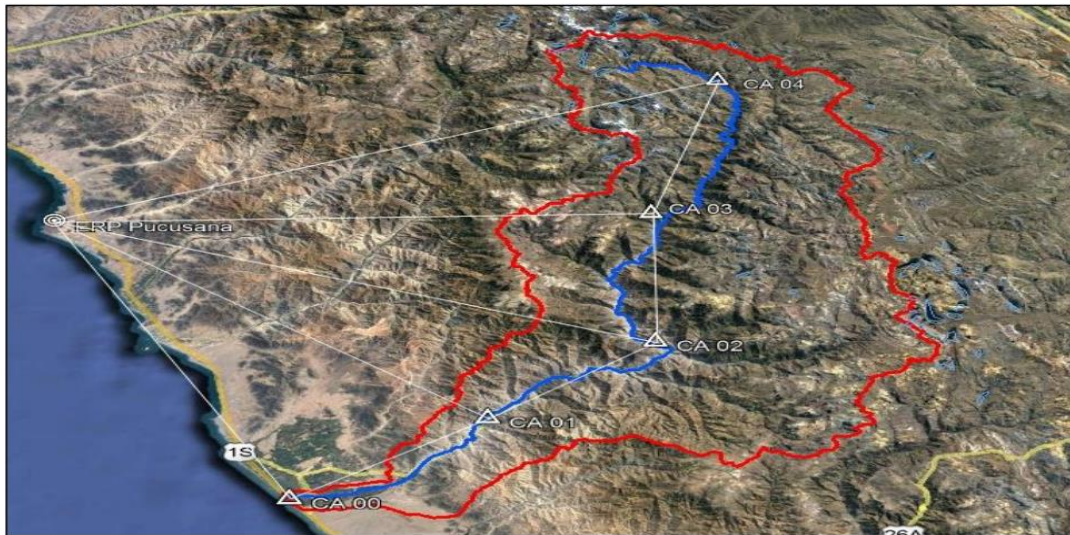
Se realizaron labores de levantamiento topográfico en la zona del río Cañete, incluyendo sus alrededores y su cauce, desde su desembocadura en el Océano Pacífico

hasta Paullo. La investigación abarca un tramo de 31 kilómetros, ofreciendo información valiosa para futuros proyectos y planificaciones en la región.

Red geodésica existe del plan integral de la cuenca

En un primer paso, se procede a la verificación de la red geodésica actual como se observa en la **Figura 17** de acuerdo al informe técnico del plan integral, lo que revela la presencia de una red primaria compuesta por 05 puntos de referencia, dicho punto se observa en la **Tabla 1**.

Figura 17. Red Primaria Existente.



Nota: Se muestra la red primaria existente de red geodésica. Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA (2023).

Tabla 1
Coordenadas de Red Primaria.

Nom bre	Coordenadas Geográficas						HAE (m)	UTM Zona 185		Cota EGM2008 (m)
	Latitud			Longitud				Este (m)	Norte (m)	
	°	'	“	°	'	“				
CA00	-	7	53.14267	-	23	53.98545	27.242	348429.872	8547909.763	3.025
		13				76				
CA01	-	57	12.85816	-	8	19.97496	554.684	376467.808	85677723.36	524.363
		13				76				
CA02	-	48	27.59502	-	53	37.82005	1255.233	4022993.221	8583965.945	1221.207
		13				76				
CA03	-	27	22.12566	-	52	35.01634	2511.345	404756.632	8622848.678	2477.337
		13				76				
CA04	-	7	18.02777	-	49	21.27665	3872.492	410492.572	8659856.865	3839.930
		13	3			76				

LI04	-	28	54.58832	-	47	50.64540	40.324	304661.648	8619503.241	16.081
		13				76				

Nota: Elaboración propia, adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

En la **Figura 18** se aprecia una red secundaria que consta de 12 puntos de referencia, cuyos puntos son demostrados en la **Tabla 2**.

Figura 18. Red Secundaria Existente.



Nota: Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Tabla 2
Coordenadas de Red Secundaria.

Nombre	Coordenadas Geográficas						HAE (m)	UTM Zona 185		Cota EGM 2008 (m)
	Latitud			Longitud				Este (m)	Norte (m)	
	°	'	“	°	'	“				
CPS_01	-	7	34.80642	-	23	36.98708	50.232	348938.660	8548476.013	25.902
CPS_02	-	7	27.80587	-	21	35.87576	76.786	352584.785	8548711.023	51.969
CPS_02A	-	7	15.90436	-	19	59.81049	109.358	355475.862	8549092.153	84.114
CPS_02B	-	6	55.97605	-	18	41.77484	138.779	357822.737	8549716.785	113.129
CPS_03	-	5	51.78409	-	15	38.94403	207.317	363318.927	8551717.159	180.603
CPS_04	-	2	24.60422	-	12	53.69497	308.330	368265.227	8558107.090	280.188
CPS_05	-	1	43.15469	-	11	41.75865	337.348	370426.229	8559390.891	308.730
CPS_06	-	0	14.15077	-	9	47.56792	432.152	373853.709	8562141.423	402.718
CPS_07	-	57	1.32146	-	8	29.86853	531.027	376168.096	8568076.481	500.717

CPS_0	-	55	19.63381	-	6	17.39676	611.236	380146.488	8571218.214	580.139
8		13				76				
CPS_0	-	51	41.03306	-	3	17.32731	720.565	385545.619	8577957.129	688.423
9		13				76				
CPS_1	-	51	28.39155	-	1	11.83247	858.179	389326.960	8578360.755	825.664
0		13				76				

Nota: adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Se revisó el informe técnico del perfil visto como factible, no contiene información GNSS nativa, lo que significa que se deben realizar mediciones en el terreno para confirmar la exactitud de los datos existentes. Se ha elegido el método de levantamiento estático de acuerdo con las normativas geodésicas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y las especificaciones para el posicionamiento geodésico estático relativo utilizando receptores GNSS.

Se llevó a cabo una operación de levantamiento estático en la que se instalaron receptores en dos puntos específicos, uno llamado "Referencia" y otro denominado "Móvil", ubicados en extremos opuestos de una línea base. Las mediciones se realizaron de forma simultánea y sincronizada en ambas estaciones. La duración de la toma de datos puede variar según diversos factores, como la distancia de la línea, la cantidad de satélites disponibles y la geometría del área (Dilución de la Precisión o DOP). Una vez finalizada la recopilación de datos, los receptores se apagaron y el receptor móvil se desplazó para medir la siguiente línea base, dando inicio nuevamente al proceso de medición. En el sistema red secundario, los puntos en uso que fueron examinados a través de un levantamiento estático son: CPS 01, CPS 02B, CPS 03, CPS 04, CPS 06, CPS 09 y CPS 10.

Durante la operación de medición en la red secundaria, se emplearon receptores de la marca Trimble, en concreto el modelo R8s como se presenta la **Figura 19**, equipo que se adapta a la estación total, para asegurar la exactitud y la uniformidad de la información recolectada.

Figura 19. *Equipo de Medición de Línea Base.*



Es fundamental disponer de datos exactos y fiables sobre las coordenadas de los puntos de control y su margen de error. Por ello se observó la GNSS estática, que llevan a cabo mediciones precisas de código y fase portadora al mismo tiempo en al menos dos receptores. En el contexto de redes GNSS, el cálculo y la compensación se basaron en las observaciones GNSS, siendo común la necesidad de mediciones adicionales para asegurar la exactitud y la confiabilidad de los resultados.

El enfoque de mínimos cuadrados nos ayudó a alcanzar el mejor resultado posible utilizando los datos observados. A través de análisis estadísticos, podemos detectar y corregir errores importantes, lo que nos permite evaluar la exactitud y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Antes de proceder con el ajuste de mínimos cuadrados en la red, es fundamental realizar el procesamiento de las líneas base disponibles utilizando las observaciones registradas en los archivos originales de los receptores GNSS. Estos datos son obtenidos de los entregables recibidos del estudio de viabilidad y la campaña de medición de la red Secundaria. La información incluye tanto la Red Primaria, que está formada por 6 archivos

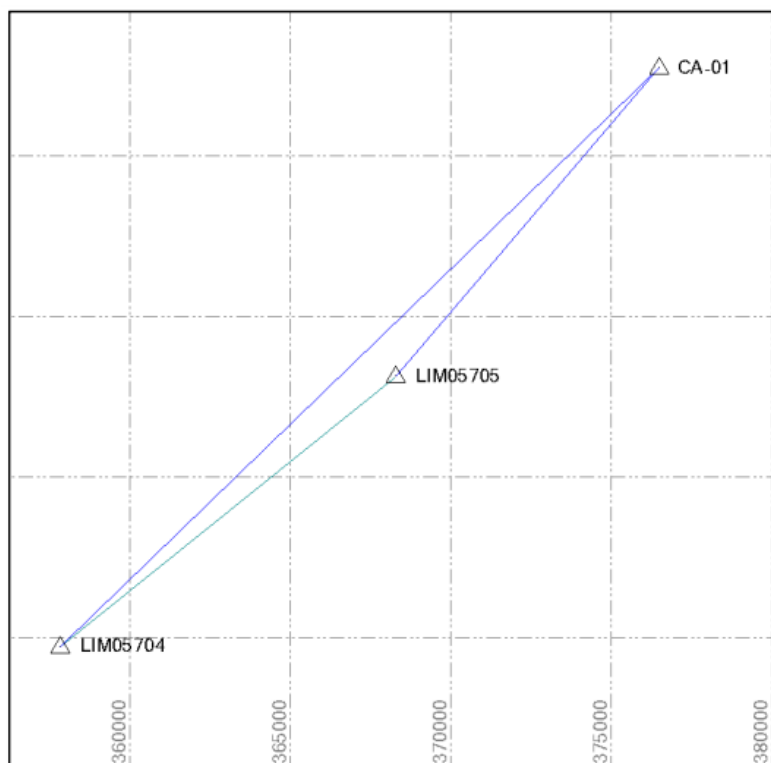
en formato *tps (Topcon) y RINEX, correspondientes a los 5 puntos de control de la red Primaria y a la Estación de Rastreo Permanente (ERP). Asimismo, se proporciona la Red Secundaria, que consta de 10 archivos en formato *T02 (Trimble) y RINEX, relacionados con los 7 puntos de control de la red Secundaria y los 3 puntos de apoyo de la red Primaria.

Ampliación de la red geodésica del plan integral (red primaria)

Dado que la red geodésica del perfil no cumple con los requisitos de ajuste y no incluye puntos certificados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), se decidió recalcular la red geodésica Primaria y Secundaria. Se solicitó los códigos para dos puntos geodésicos, siendo el primero LIM05704 y el segundo LIM05705 como se aprecia la

Figura 20.

Figura 20. Gráfico del Procesamiento de los Puntos LIM05704 – LIM05705.



Nota: Puntos solicitados al Instituto Geográfico. Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Los códigos geodésicos estuvieron constituidos por distancia norte, distancia este y elevación, los cuales se presentan en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Coordenadas UTM de los Puntos LIM05704 – LIM05705.

Nombre	Distancia al norte de cuadrícula (m)	Distancia al este de cuadrícula (m)	Elevación
IC05	8484233.971	370824.163	36.411
LIM05704	8549719.797	357824.821	113.105
LIM05705	8558110.663	368266.679	280.491

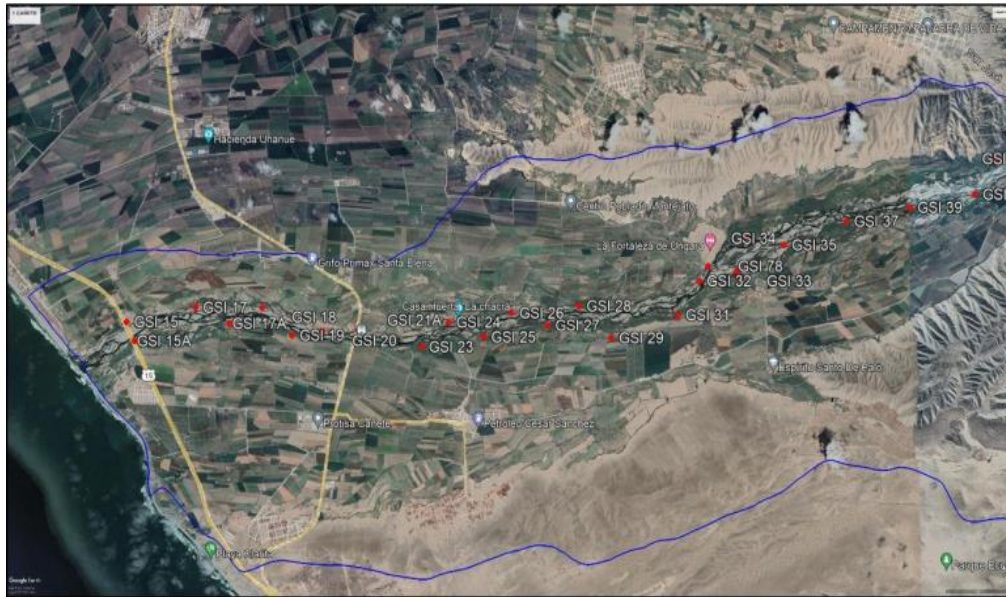
Nota: Adaptado de OHLA, (2023).

Ampliación de la red geodésica del plan integral (Red Terciaria)

Es necesario ampliar la red geodésica actual para cumplir con la tarea de georreferenciar las obras definidas. Por ello se levantaron puntos de control C conectados a la red geodésica del proyecto y distribuidos a intervalos de 500 metros, permitiendo así realizar levantamientos detallados y replanteos futuros. Además, se recomienda la implementación de tecnologías de posicionamiento satelital como el GNSS (Sistema de Navegación Global por Satélite) para mejorar la exactitud de los levantamientos y replanteos, así como la utilización de equipos de topografía de alta precisión. La ampliación de la red geodésica y la implementación de tecnologías avanzadas permitirán georreferenciar las obras de forma más eficiente y precisa, garantizando la correcta ubicación y alineación de las estructuras y componentes, así como facilitando la supervisión y control de los trabajos de construcción.

En la **Figura 21** nos detalla los puntos empezando desde la costa, desembocadura del río Cañete, asimismo se continua agua arriba.

Figura 21. Distribución de Hitos de la Red Terciaria Parte 1.



Nota: Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Para la parte 2 nos muestra los puntos de la ampliación aguas arriba como nos detalla la **Figura 22**.

Figura 22. Distribución de Hitos de la Red Terciaria Parte 2.



Nota: Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Asimismo, la **Figura 23** y **Figura 24** nos muestra los puntos de la ampliación de la cuenca del río Cañete en zona montañosa.

Figura 23. *Distribución de Hitos de la Red Terciaria Parte 3.*



Nota: Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Figura 24. *Distribución de Hitos de la Red Terciaria Parte 4.*



Nota: Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

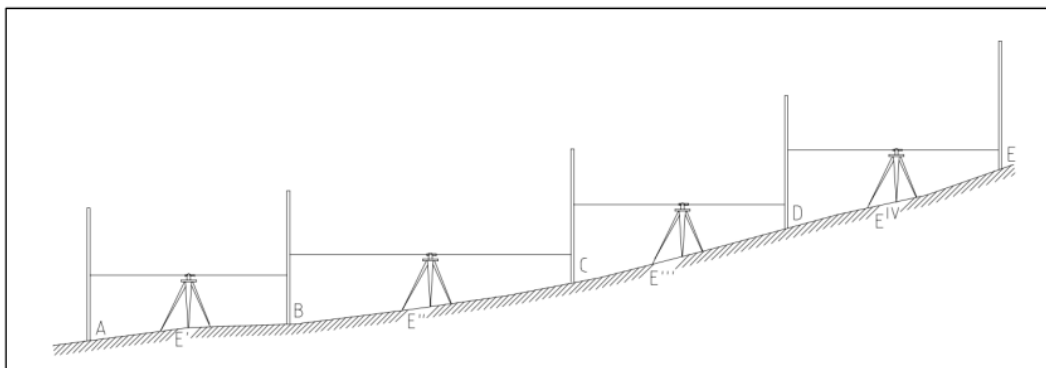
La metodología empleada para determinar la ubicación de los puntos de la red Terciaria es el levantamiento estático siguiendo las directrices técnicas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en cuanto al posicionamiento geodésico estático relativo utilizando receptores del sistema de navegación global por satélite (GNSS).

Finalmente, se llevaron a cabo los trabajos de nivelación geométrica de los puntos establecidos en la red Terciaria con el objetivo de obtener los desniveles entre los puntos con precisión, según las normas técnicas del Instituto Geográfico Nacional.

Durante la medición de la red terciaria, se emplearon equipos de la marca Leica, específicamente el modelo GX1230 para los receptores GNSS y el modelo SPRINTER para el nivel automático.

Se utilizó el método de nivelación compuesta para calcular el desnivel entre dos puntos como se observa en la **Figura 25**, mediante el encadenamiento del método de nivelación simple de punto medio. Se realizaron dobles nivelaciones de ida y vuelta para garantizar la precisión y evitar errores no tolerables.

Figura 25. *Gráfico de Nivelación Compuesta.*



Nota: El desnivel se obtiene repitiendo una nivelación simple y trasladando el equipo de posición, la nivelación se va recorriendo por la mejor ruta hasta el punto final.

Cálculo de nivelación geométrica, después de comparar los desniveles calculados con los valores de cota en los extremos de la línea, se calcula el error de cierre altimétrico. Este error debe ser inferior a la tolerancia especificada en el pliego de condiciones y al número de kilómetros de la línea (K) según la normativa geodésica para los puntos de orden C. El error hay que compararlo con un valor (tolerancia) que nos indica si el error es admisible.

El valor de la tolerancia está en función de las características del nivel y de la longitud de la línea de nivelación como muestra la **Ecuación 1**. Nosotros tomaremos el valor de la tolerancia expresada en mm, K viene ser la distancia recorrido.

Ecuación 1 Tolerancia de error de cierre

$$T = 7 \text{ mm} \sqrt{K}$$

Cumplida esta condición, se procedió a efectuar la compensación, en la que se ha adoptado el criterio de proporcional a los desniveles parciales, Si el error es menor que la tolerancia se procede a la compensación que se muestra en la **Ecuación 2**; si no hay que localizar el error o comenzar el trabajo de nuevo

Ecuación 2 Compensación

$$C_n^{n+1} = \frac{-e}{\sum H_n^{n+1}} H_n^{n+1}$$

Levantamiento Topográficos

En esta investigación se describen las diferentes técnicas de levantamiento topográfico empleadas, en este caso se utilizó un dron (UAV) para obtener la información detallada necesaria para llevar a cabo los diseños incluidos en este proyecto. En el caso de este proyecto, el dron fue equipado con una cámara de alta resolución que permitió obtener imágenes detalladas de la superficie del terreno. Estas imágenes fueron procesadas utilizando software de fotogrametría como para generar modelos tridimensionales precisos del terreno. Además del dron, se emplearon técnicas tradicionales de levantamiento topográfico, como la estación total y el GPS. Estas técnicas permitieron obtener puntos de control precisos que fueron utilizados para georreferenciar las imágenes obtenidas con el dron. La combinación de estas distintas técnicas de levantamiento topográfico permitió

obtener una información detallada y precisa del terreno, que fue fundamental para la realización de los diseños de las infraestructuras incluidas en el proyecto.

Trabajo de fotogrametría, se llevaron a cabo trabajos fotogramétricos con el objetivo de obtener ortomosaicos y nubes de puntos densas que servirán como base cartográfica del proyecto. En estas labores se siguieron las siguientes etapas: planificación del vuelo fotogramétrico en la que se establecen en gabinete las rutas de vuelo para asegurar la cobertura de las zonas a cartografiar con los parámetros de precisión adecuados y solapes frontales y laterales del 75% y 60% respectivamente, así como la orientación absoluta del vuelo fotogramétrico, en la que se determinan en campo los puntos de apoyo fotogramétrico para la georreferenciación. Una vez colocados estos puntos, se procede con el vuelo fotogramétrico, utilizando técnicas de posicionamiento GNSS RTK para el levantamiento de los puntos de apoyo, en concordancia con la red geodésica del proyecto.

Para el uso del Dron en estudios topográficos, con anterioridad se define los puntos de posicionamiento utilizando GNSS RTK, como se muestra en la **Figura 26**, existe un área ya planificada para el estudio

Figura 26. Ejemplo de Planificación de Vuelo.



Trabajos de topografía clásica y RTK, estos trabajos engloban todos los

levantamientos topográficos realizados utilizando estación total y receptores GNSS con técnicas RTK (Real Time Kinematic), con el objetivo de obtener cartografía detallada. Los levantamientos tuvieron en cuenta todos los elementos relevantes en el terreno o de interés por su naturaleza. En términos generales, se trabajó en la elaboración de planos a escala 1:500, respetando el principio de límite de percepción visual ($0.2 \text{ mm} * N$). En dichos planos a esta escala, se representaron los elementos cuyas dimensiones superan los 20 cm. Esta tecnología facilitó la realización de trabajos de topografía en entornos de difícil acceso o en zonas de gran extensión, agilizando los procesos de levantamiento y reduciendo los tiempos de trabajo, los trabajos de topografía clásica y RTK realizados permitieron obtener información detallada y precisa del terreno, siendo de gran utilidad para la toma de decisiones en proyectos de ingeniería, construcción, urbanismo, medio ambiente, entre otros campos.

- Técnicas clásicas (Estación Total), después de identificar las coordenadas de la red principal en el sistema de coordenadas seleccionado para el proyecto, el siguiente paso implica examinar los puntos específicos en la red detallada mediante el método de radiación, el cual implica medir las coordenadas polares de los puntos en el terreno que se pretenden ubicar. Para llevar a cabo este proceso, se utilizó una estación total para establecer la dirección y la distancia desde un punto de referencia de la red principal hacia el punto a ubicar. Este punto de referencia puede ser una estación de medición previamente establecida en la red principal. Una vez establecidas las coordenadas polares del punto a ubicar, se procede a marcarlo en el terreno con estacas o pintura para su posterior utilización en la ejecución del proyecto. Es importante asegurarse de

que la medición sea precisa y exacta para evitar errores en la construcción o instalación de elementos en el terreno.

Se realizó varias mediciones de control para verificar la precisión de los datos obtenidos y corregir posibles errores en caso de ser necesario. Además, se llevó un registro detallado recomendado por la metodología BIM, de todas las mediciones realizadas para mantener un control adecuado de la información.

Una vez finalizado este proceso de radiación de puntos, se estará listo para dar inicio a la ejecución del proyecto utilizando las coordenadas establecidas como referencia para la ubicación de elementos en el terreno.

- Técnica RTK (GNSS), con la observación del relieve del terreno nos permitió, usar la metodología de GPS con observaciones en tiempo real (RTK). Estas observaciones en tiempo real no son un método de posicionamiento en sí mismo, sino que se utilizaron para calcular las líneas base derivadas de posiciones diferenciales. Esta metodología implicó la colocación de una estación fija de referencia estática y otra estación móvil en los puntos del terreno que se midieron. Para utilizar este método, es necesario inicializar el equipo y calcular los parámetros de la línea base que conecta la estación móvil con la estación de referencia. Una vez realizada esta operación, se observaron los valores de las ambigüedades, lo que redujo el número de incógnitas a tres (X, Y, Z del equipo móvil) y permitió resolver el sistema con menos información y un menor tiempo de observación.

Trabajos de batimetría, la batimetría implicó la creación de un modelo digital de elevaciones detallado del río, proporcionando información sobre la profundidad del lecho del agua. Para lograr esto, se empleó métodos clásicos como la Estación Total para realizar trabajos topográficos en secciones transversales del río cada 20 metros. Una vez

recopilados todos los datos, se procesaron y se generaron mapas tridimensionales que mostraban la topografía del lecho del río con gran detalle. Esto permitió a los investigadores y planificadores identificar áreas de mayor profundidad, zonas de sedimentación, y posibles obstáculos en el lecho del río.

La información obtenida a través de la batimetría resultó ser de gran utilidad para diversas aplicaciones, como la gestión de recursos hídricos, la planificación de obras de infraestructura, y en este caso la prevención de desastres naturales como inundaciones. Además, este modelo digital de elevaciones del río permitió tener una mejor comprensión de la dinámica fluvial y contribuyó a la conservación del ecosistema acuático.

Verificación del levantamiento topográfico

La última fase del estudio me presento junto con mi personal técnico el topógrafo de campo Williams Serrano, el cadista Renzo Alva y el modelador BIM la Ing. Rosa Abanto acompañado con mi superior, la Ing. Flomira Borja de oficina técnica, todo el equipo mencionado se comenzó a verificar los datos topográficos recopilados en relación con los puntos de control de la red geodésica reevaluada en comparación con los datos recopilados por OHLA para el proyecto, asimismo, planos que representa la forma gráfica de todas las mediciones, curvas de nivel, imágenes 3D y simulación para la correcta interpretación dicha verificación de resultados, esta última fase del estudio se llevó a cabo por la implementación de la metodología BIM (Ver figura 10), donde se empezó con la exportación de todos los archivos del estudio (DWG, IFC, JPG, PDF, MP4), archivos fundamentales para el desarrollo del proyecto en acciones posteriores

Una vez completada esta etapa, se procedió a la presentación de los resultados ante la entidad, mostrando los avances y mejoras realizadas en el proyecto. La entidad quedó satisfecha con los resultados obtenidos y con la implementación de la metodología BIM en el proceso de estudio. En resumen, la última fase del estudio se desarrolló de manera

exitosa gracias al trabajo en equipo y la dedicación de todo el personal técnico

involucrado. La implementación de la metodología BIM permitió una mayor eficiencia en el proceso de verificación de los datos y en la presentación de los resultados

En este capítulo se describirán los resultados de los objetivos establecidos en el estudio, así como la verificación según la metodología BIM en esta sección. Es esencial contar con información exacta y fiable sobre las coordenadas y la incertidumbre de los puntos de control. La observación estática GNSS implica la toma precisa de medidas de código y fase portadora en varios receptores al mismo tiempo. En el caso de redes GNSS, el cálculo y la compensación se basarán en observaciones GNSS, y se requerirán observaciones redundantes para realizar la compensación. Las coordenadas de la red geodésica se determinarán utilizando observaciones GNSS o topográficas. Al hablar de compensación, buscamos ofrecer la mejor solución posible con los datos disponibles, manteniendo la calidad del trabajo y proporcionando precisión con cierta confiabilidad.

Se utilizó el método de ajuste por mínimos cuadrados de la versión 5.2 del software de procesos del Centro de negocios Trimble, que sigue la metodología BIM para alcanzar el objetivo deseado. Este método busca minimizar los residuos cuadrados para encontrar la solución óptima. A través de este enfoque, podemos garantizar un resultado de alta calidad y precisión. Además, se realizaron pruebas estadísticas para evaluar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos a través del software de cálculo de redes GNSS mencionado.

Red Primaria

Se muestra los datos recalculados en la **Tabla 4** de la red primaria, resultados con mayor exactitud en comparación a lo planificado de la red geodésica

Tabla 4

Coordenadas recalculadas de la red primaria.

Nombre	Coordenadas Geográficas						HAE (m)	UTM zona 18s		Cota EGM 2008 (m)
	Latitud			Longitud				Este (m)	Norte (m)	
	°	'	“	°	'	“				
CA00	-	7	53.13943	-	23	53.98445	27.215	348429.902	85477909.863	2.999
		13				76				
CA01	-	57	12.85595	-	8	19.97532	555.031	376467.797	8567723.428	524.710
		12				76				
CA02	-	48	27.59390	-	53	37.82153	1256.001	402993.176	8583965.979	1221.975
		12				75				
CA03	-	27	22.12592	-	52	35.01732	2512.792	404756.602	8622848.670	2478.784
		12				75				
CA04	-	7	18.03168	-	49	21.27823	3874.925	410492.524	8659856.743	3842.363
		12				75				
LI04	-	28	54.58832	-	47	50.64540	40.324	304661.648	8619503.241	16.081
		12				76				

Nota: Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023)

Se muestra los datos recalculados de la red secundaria en la **Tabla 5**, resultados con

mayor exactitud en comparación a lo planificado de la red geodésica

Red Secundaria

Tabla 5

Coordenadas recalculadas de la red secundaria.

Nombre	Coordenadas Geográficas						HAE (m)	UTM zona 18s		Cota EGM 2008 (m)
	Latitud			Longitud				Este (m)	Norte (m)	
	°	'	“	°	'	“				
CPS01	-	7	34.80277	-76	23	36.98604	50.223	348938.691	8548476.125	25.893
										13
CPS02B	-	6	55.97296	-76	18	41.77453	138.853	357822.746	8549716.880	113.203
										13
CPS03	-	5	51.78110	-76	15	38.94388	207.494	363318.931	8551717.251	180.780
										13
CPS04	-	2	24.60252	-76	12	53.69436	308.465	368265.245	8558107.142	280.322
										13
CPS06	-	0	14.14825	-76	9	47.56821	432.423	373853.700	8562141.501	402.989
										13
CPS09	-	51	41.03102	-76	3	17.32793	721.061	385545.600	8577957.191	688.919
										12
CPS10	-	51	28.38854	-76	1	11.83376	858.815	389326.921	8578360.847	826.300
										12

Nota: Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Comparación de resultados

Diferencias de los datos recalculados de la red primaria con los datos establecidos de la red geodésica se muestra en la **Tabla 6**, esto permite identificar posibles errores o discrepancias en la información obtenida de ambas redes y corregirlas si es necesario, asimismo, la Tabla 7 con la red secundaria

Tabla 6

Diferencia coordenadas de la red primaria.

Nombre	Diferencias Coordenadas Geográficas						Diferencias as HAE (m)	Diferencias UTM zona 18s		Diferencias Cota EGM 2008 (m)
	Latitud			Longitud				Este (m)	Norte (m)	
	°	'	“	°	'	“				
CA00	0	0	-0.00324	0	0	-0.00100	-0.027	0.30	0.100	-0.26
CA01	0	0	-0.00221	0	0	0.00036	0.347	-0.011	0.068	0.347
CA02	0	0	-0.001112	0	0	0.00148	0.768	-0.045	0.034	0.768
CA03	0	0	0.00026	0	0	0.00098	1.447	-0.030	-0.008	1.447
CA04	0	0	0.00395	0	0	0.00158	2.433	-0.048	-0.122	2.433
LI04	0	0	0.00000	0	0	0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000

Nota: Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023)

Por otro lado, la **Tabla 7** representa las diferencias entre los datos recalculados de la red secundaria y los datos establecidos de la red geodésica, lo cual también es importante para garantizar la precisión y la fiabilidad de los datos obtenidos. Estas comparaciones son fundamentales en el trabajo de topografía y geodesia para asegurar la calidad de los resultados obtenidos y poder corregir cualquier error que pueda surgir durante el proceso de medición y cálculo de las coordenadas geodésicas.

Tabla 7

Diferencias coordenadas de la red secundaria.

Nombre	Diferencias Coordenadas Geográficas						Diferencias	Diferencias UTM zona		Diferencias
	Latitud			Longitud			HAE	18s		Cota EGM
	°	'	“	°	'	“	(m)	Este	Norte	2008 (m)
							(m)	(m)		
CPS01	0	0	-0.00365	0	0	-0.00104	-0.009	0.031	0.112	-0.009
CPS02B	0	0	-0.00309	0	0	-0.00031	0.074	0.009	0.095	0.074
CPS03	0	0	-0.00299	0	0	-0.00015	0.177	0.004	0.092	0.177
CPS04	0	0	-0.00170	0	0	-0.00061	0.135	0.018	0.052	0.134
CPS06	0	0	-0.00252	0	0	0.00029	0.271	-0.009	0.078	0.271
CPS09	0	0	-0.00204	0	0	0.00062	0.496	-0.019	0.062	0.496
CPS10	0	0	-0.00301	0	0	0.00129	0.636	-0.039	0.092	0.636

Nota: Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023)

Se puede decir con seguridad que la precisión de la red geodésica del perfil considerado viable no es suficiente, ya que las discrepancias encontradas no son aceptables tras el análisis de los datos GNSS. El equipo técnico de OHLA - TYPESA utilizaron el cálculo más reciente de la red, el cual demuestra la fiabilidad de los datos mediante resultados positivos en el examen estadístico Chi cuadrado. Esto confirmó que los datos espaciales se ajustan al nuevo cálculo de la red y garantizan la precisión necesaria para llevar a cabo los levantamientos.

Las coordenadas de la red primaria y secundaria de la nueva red geodésica se muestran a continuación en la **Tabla 8** y **Tabla 9**, y al existir las condiciones se realizó la ampliación de la red (red terciaria) y se estableció una georreferenciación adecuada de las actividades.

Tabla 8

Coordenadas finales para la red primaria.

Nombre	Coordenadas Geográficas						HAE (m)	UTM zona 18s		Cota EGM 2008 (m)
	Latitud			Longitud				Este (m)	Norte (m)	
	°	′	″	°	′	″				
CA00	-	7	53.13943	-	23	53.98445	27.215	348429.902	85477909.863	2.999
		13				76				
CA01	-	57	12.85595	-	8	19.97532	555.031	376467.797	8567723.428	524.710
		12				76				
CA02	-	48	27.59390	-	53	37.82153	1256.001	402993.176	8583965.979	1221.975
		12				75				
CA03	-	27	22.12592	-	52	35.01732	2512.792	404756.602	8622848.670	2478.784
		12				75				
CA04	-	7	18.03168	-	49	21.27823	3874.925	410492.524	8659856.743	3842.363
		12				75				
LI04	-	28	54.58832	-	47	50.64540	40.324	304661.648	8619503.241	16.081
		12				76				

Nota: Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023)

Tabla 9

Coordenadas finales para la red secundaria.

Nombre	Coordenadas Geográficas						HAE (m)	UTM zona 18s		Cota EGM 2008 (m)
	Latitud			Longitud				Este (m)	Norte (m)	
	°	′	″	°	′	″				
CPS01	-	7	34.80277	-76	23	36.98604	50.223	348938.691	8548476.125	25.893
		13								
CPS02B	-	6	55.97296	-76	18	41.77453	138.853	357822.746	8549716.880	113.203
		13								
CPS03	-	5	51.78110	-76	15	38.94388	207.494	363318.931	8551717.251	180.780
		13								

CPS04	-	2	24.60252	-76	12	53.69436	308.465	368265.245	8558107.142	280.322
										13
CPS06	-	0	14.14825	-76	9	47.56821	432.423	373853.700	8562141.501	402.989
										13
CPS09	-	51	41.03102	-76	3	17.32793	721.061	385545.600	8577957.191	688.919
										12
CPS10	-	51	28.38854	-76	1	11.83376	858.815	389326.921	8578360.847	826.300
										12

Nota: Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023)

Se utilizó el método de ajuste por mínimos cuadrados a través del software Trimble Business Center versión 5.2 para lograr la ampliación de la red terciaria. Este método busca minimizar los residuos cuadrados para encontrar la solución óptima. Antes de realizar el ajuste, es importante procesar las líneas base disponibles a partir de las observaciones registradas en los archivos nativos de los receptores GNSS obtenidos durante la campaña de medición de la red terciaria. Una vez procesadas las líneas base, se realizó los ajustes para mejorar la precisión de la red terciaria. Esto puede implicó la eliminación de puntos atípicos, la optimización de la distribución de puntos de control y la estimación de parámetros como las coordenadas de los puntos de control y los modelos de corrección atmosférica.

La **Tabla 10** nos muestra las coordenadas obtenidas de la red terciaria, al ser extenso se dividió en dos partes para el estudio.

Tabla 10

Coordenadas obtenidas de la red terciaria parte 1.

Nombre	Coordenadas Geográficas						HAE (m)	UTM zona 18s		Cota nivel (m)
	Latitud			Longitud				Este (m)	Norte (m)	
	°	'	“	°	'	“				
GSI 15	-	7	22.34124	-	23	41.69750	35.853	348794.686	85548858.245	11.539
						76				
GSI 15A						76				
GSI 17	-	7	31.17088	-	23	37.67884	48.693	348917.210	8548587.607	24.370
						76				
GSI 17A						76				
GSI 18	-	7	15.61656	-	23	6.10459	46.392	349864.458	8549070.778	21.903
						76				
GSI 18A						76				
GSI 19	-	7	23.08691	-	22	48.50102	51.776	350396.860	8548844.143	27.236
						76				
GSI 19A						76				
GSI 20	-	7	15.71252	-	22	31.77541	57.178	350899.326	8549073.485	32.552
						76				
GSI 20A						76				
GSI 21	-	7	28.59169	-	22	16.24438	67.677	351369.205	8548680.297	43.022
						76				
GSI 21A						76				
GSI 22	-	7	26.67407	-	22	0.70602	69.461	351836.828	8548741.758	44.757
						76				
GSI 22A						76				
GSI 23	-	7	25.96234	-	21	42.62179	75.559	352381.321	8548766.572	50.742
						76				
GSI 23A						76				
GSI 24	-	7	33.88711	-	21	9.80374	83.170	353370.950	8548528.389	58.212
						76				
GSI 24A						76				
GSI 25	-	7	22.47702	-	20	55.74231	88.799	353792.534	8548881.248	63.751
						76				
GSI 25A						76				
GSI 26	-	7	29.33337	-	20	37.86043	93.763	354332.172	8548673.451	68.633
						76				
GSI 26A						76				

“MEJORA DEL MODELADO 3D DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO CAÑETE;
UTILIZANDO DRON Y LA METODOLOGÍA BIM CAJAMARCA - 2024

GSI 26	-	7	18.16058	-	20	23.48495	99.858	354763.266	8549019.052	74.674
		13								76
GSI 27	-	7	23.91704	-	20	5.05978	105.145	355319.080	8548845.118	79.884
		13								76
GSI 28	-	7	14.93136	-	19	49.03563	110.140	355800.192	8549123.762	84.786
		13								76
GSI 29	-	7	29.70672	-	19	32.48271	121.578	356301.073	8548672.396	96.201
		13								76
GSI 31	-	7	19.12417	-	18	58.54595	127.778	357321.372	8549002.907	102.256
		13								76
GSI 32	-	7	3.37376	-	18	47.74515	133.819	357644.119	8549488.548	108.212
		13								76
GSI 33	-	6	59.00954	-	18	28.58269	139.348	358220.511	8549625.639	113.638
		13								76
GSI 34	-	6	43.68374	-	18	23.86386	144.601	358360.184	850097.274	118.805
		13								76
GSI 35	-	6	46.77188	-	18	4.39707	150.097	358946.936	8550005.416	124.240
		13								76
GSI 37	-	6	35.83822	-	17	32.79498	164.431	359896.942	8550346.249	138.386
		13								76
GSI 39	-	6	29.46971	-	17	0.63871	175.910	360864.371	8550546.863	149.666
		13								76
GSI 41	-	6	23.47656	-	16	27.68074	188.478	361856.013	8550736.032	162.059
		13								76
GSI 42	-	6	7.10112	-	16	16.55810	192.135	362188.456	8551240.863	165.598
		13								76
GSI 43	-	6	8.91603	-	15	57.35285	197.409	362767.138	8551188.002	170.762
		13								76

“MEJORA DEL MODELADO 3D DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO CAÑETE;
UTILIZANDO DRON Y LA METODOLOGÍA BIM CAJAMARCA - 2024

GSI 44	-	5	55.40689	-	15	45.54392	203.664	363120.712	8551604.852	176.944
		13				76				
GSI 45	-	5	58.38074	-	15	27.01586	211.301	363679.180	8551516.264	184.490
		13				76				
GSI 47	-	5	40.12281	-	14	58.69978	220.912	364529.204	8552081.473	193.900
		13				76				
GSI 48	-	5	16.86509	-	14	54.01311	227.744	364666.829	8552796.768	200.658
		13				76				
GSI 49	-	5	17.63517	-	14	31.07502	233.006	365357.803	8552776.508	205.797
		13				76				
GSI 50	-	4	59.613	-	14	28.93188	239.176	365419.634	8553330.556	211.923
		13				76				
GSI 51	-	4	52.02458	-	14	10.92785	245.257	365960.756	8553566.367	217.898
		13				76				
GSI 52	-	4	34.58483	-	14	8.74074	251.583	366024.014	8554102.526	224.161
		13				76				
GSI 53	-	4	25.43198	-	13	51.95788	257.396	366528.142	8554386.209	229.831
		13				76				
GSI 54	-	4	3.99294	-	13	59.51190	275.185	366297.408	8555043.817	247.624
		13				76				
GSI 56	-	3	36.15336	-	13	41.76907	293.239	366845.761	8555901.869	265.522
		13				76				
GSI 57	-	3	24.54319	-	13	24.82278	287.017	367336.416	855620.971	259.184
		13				76				
GSI 58	-	3	4.01959	-	13	32.79599	303.669	367093.200	8556890.396	275.818
		13				76				
GSI 60	-	2	39.30068	-	13	9.39748	299.394	367794.375	8557653.277	271.343
		13				76				

“MEJORA DEL MODELADO 3D DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO CAÑETE;
UTILIZANDO DRON Y LA METODOLOGÍA BIM CAJAMARCA - 2024

GSI	-	2	24.23827	-	12	54.04462	308.010	368254.640	8558118.283	279.855
61A	13									76
GSI 62	-	2	14.644899	-	12	45.61149	312.555	368507.272	8558414.125	284.326
	13									76
GSI 64	-	1	59.29829	-	12	14.84854	323.935	369431.743	8558890.180	295.515
	13									76
GSI 65	-	1	55.67905	-	12	1.79346	327.657	369824.497	8559003.241	299.168
	13									76
GSI 66	-	1	45.38657	-	11	50.64331	334.521	370158.901	8559321.057	305.938
	13									76
GSI	-	1	43.48136	-	11	42.23671	338.470	370411.875	8559380.786	309.836
66A	13									76
GSI 70	-	1	31.61503	-	11	4.19844	377.426	371556.079	8559750.738	348.604
	13									76
GSI 72	-	1	15.22835	-	11	1.21172	356.274	371643.710	8560254.627	327.465
	13									76
GSI 73	-	1	5.86763	-	10	47.72886	363.203	372048.559	8560544.117	334.227
	13									76
GSI 74	-	0	59.13528	-	10	34.75463	401.669	372438.466	8560752.775	372.643
	13									76
GSI	-	0	55.64877	-	10	18.16316	375.814	372937.813	8560862.202	346.681
75A	13									76
GSI 76	-	0	473.25789	-	10	14.74223	407.583	373039.121	8561243.377	378.398
	13									76
GSI 77	-	0	35.39659	-	10	3.86253	387.425	373365.784	8561486.415	358.115
	13									76
GSI 78	-	6	56.54012	-	18	43.16462	137.248	357780.973	8549699.236	111.595
	13									76

Nota: Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023)

La **Tabla 11** nos indica la segunda parte de las coordenadas de la red terciaria,

dichos puntos son muestras de la **Figura 21, Figura 22, Figura 23y Figura 24.**

Tabla 11

Coordenadas obtenidas de la red terciaria segunda parte

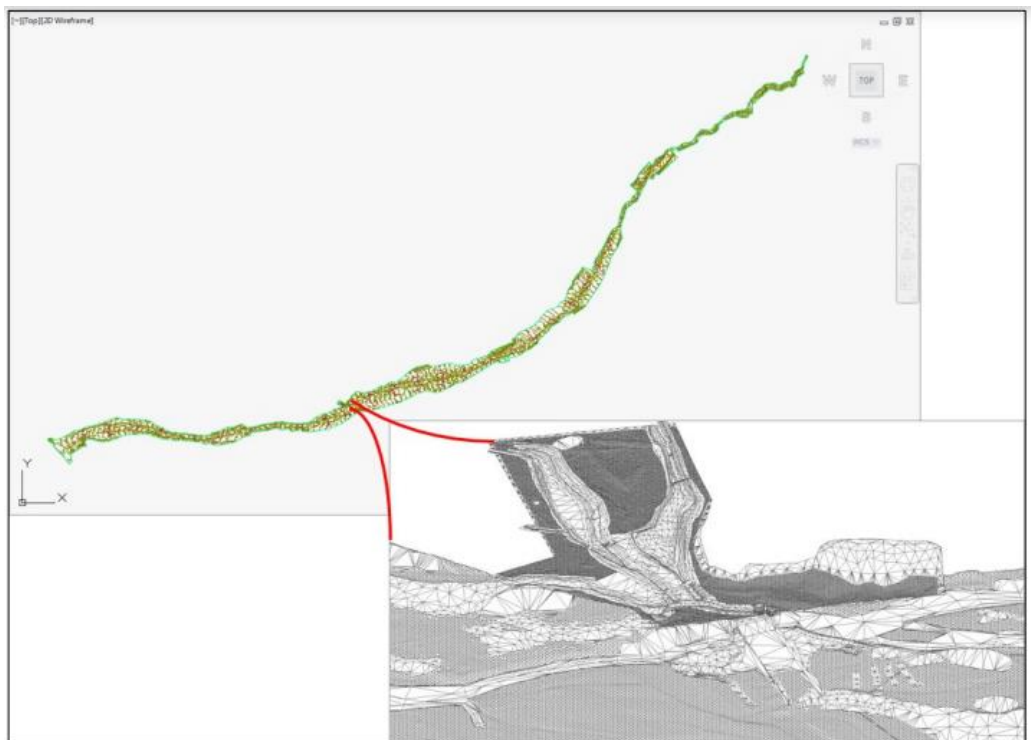
Nombre	Coordenadas Geográficas						HAE	UTM zona 18s		Cota Nivel (m)
	Latitud			Longitud			(m)	Este	Norte	
	°	′	″	°	′	″	(m)	(m)	(m)	
GSI 01	-	0	31.12126	-76	9	38.26280	467.643	374136.428	8567621.299	438.200
										13
GSI 03	-	0	8.92757	-76	9	54.52522	411.608	373643.367	8562300.943	382.197
										13
GSI 04	-	57	5.99147	-76	8	8.85593	584.318	376801.926	8567935.821	553.944
										12
GSI 05	-	57	0.88624	-76	8	21.69723	549.619	376414.270	8568090.951	519.265
										12
GSI 07	-	55	20.41003	-76	6	17.01919	609.592	380157.970	8571194.415	578.495
										12
GSI 80	-	55	25.01414	-76	6	34.97333	578.302	379617.498	8571050.622	547.276
										12
GSI 80A	-	55	26.55213	-76	6	33.55384	578.078	379660.482	8571003.555	547.046
										12
GSI 09	-	51	58.61438	-76	1	18.77663	790.667	389121.322	8577431.404	758.164
										12
GSI 11	-	51	25.17833	-76	1	14.58286	868.331	389243.661	8478459.144	835.852
										12
GSI 12	-	51	8.56324	-76	1	3.23682	911.507	389583.660	85789770.955	878.981
										12

Nota: Se muestra los datos de la ampliación de la red (Red terciaría) de la segunda parte. Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023).

Con el fin de llevar a cabo el levantamiento topográfico y modelado 3D, se empleó el programa Infracworks de fácil exportación al civil 3D, para procesar las imágenes y los puntos de control recolectados en terreno. Esto implica desde la calibración interna de las imágenes capturadas hasta la orientación absoluta del modelo digital resultante. Se ha utilizado una combinación de técnicas de aerofotogrametría (mediante vuelo de dron UAV) para áreas sin cuerpos de agua, y método convencional (levante con Estación Total) para la zona del río y cuerpos de agua. La información base se proporcionó a través de un archivo XML correspondiente a la superficie TIN del Civil 3D.

Dado que el software HEC-RAS no es compatible con superficies TIN, se exportó en formato ráster Geo TIFF con una resolución de píxeles de 0.5 m y correctamente georreferenciada en el Datum WGS 84 y proyección UTM zona 18S, el resultado se muestra en la **Figura 27**.

Figura 27. Resultado del modelado 3D



Nota: Elaborado con los softwares CIVIL 3D e Infracworks. Tomado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023)

Finalmente, se llevó a cabo la verificación de los datos topográficos como se observa en la **Figura 28**, levantados en comparación con los puntos de control de la red geodésica recalculada por OHLA para el proyecto. Los resultados de la verificación mostraron una alta precisión en la coincidencia de los datos topográficos con los puntos de control de la red geodésica. Esto garantiza que la información recopilada en el terreno sea precisa y fiable para el diseño y la construcción del proyecto.

Figura 28. Revisión del levantamiento topográfico

PUNTOS	ESTE	NORTE	COTA		Δ COTA	$(\Delta \text{COTA})^2$	$\Delta \text{COTA}-\mu$	$(\Delta \text{COTA}-\mu)^2$
			ORTOMETRICA / NIVELADA	LEVANTAMIENTO				
CPS-02B	357,822.746	8,549,716.880	113.203	113.117	-0.086	0.00739600	-0.02783333	0.00077469
GSI-33	358,220.511	8,549,625.639	113.638	113.462	-0.176	0.03097600	-0.11783333	0.01388469
GSI-34	358,360.184	8,550,097.274	118.804	118.651	-0.153	0.02340900	-0.09483333	0.00899336
GSI-35	358,946.936	8,550,005.416	124.240	124.163	-0.077	0.00592900	-0.01883333	0.00035469
GSI-37	359,896.942	8,550,346.249	138.386	138.329	-0.057	0.00324900	0.00116667	0.00000136
GSI-39	360,864.371	8,550,546.863	149.666	149.965	0.299	0.08940100	0.35716667	0.12756803
GSI-41	361,856.013	8,550,736.032	162.058	161.983	-0.075	0.00562500	-0.01683333	0.00028336
GSI-42	362,188.456	8,551,240.863	165.598	165.561	-0.037	0.00136900	0.02116667	0.00044803
GSI-43	362,767.138	8,551,188.002	170.762	170.682	-0.080	0.00640000	-0.02183333	0.00047669
GSI-44	363,120.712	8,551,604.852	176.944	176.996	0.052	0.00270400	0.11016667	0.01213669
CPS-03	363,318.931	8,551,717.251	180.780	180.536	-0.244	0.05953600	-0.18583333	0.03453403
GSI-45	363,679.180	8,551,516.264	184.490	184.426	-0.064	0.00409600	-0.00583333	0.00003403
Σ					-0.698	0.24009000		0.19948967

Nota: Adaptado de “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete” OHLA, (2023)

Se determinó que la precisión es de 14.14 cm como se muestra en la **Tabla 12**, cumpliendo así con los estándares de precisión tanto nacionales como internacionales.

Tabla 12

Muestra – 95% de confianza

Variabes	Valor	Unidades	Norma ASPRS	Cumple
n	12	PTO	-	-
μ	-0.058166667	m	-	-
σ	0.134667777829	m	-	-
ECM	0.0200075	m	-	-
RMSE	0.1414	m	0.294	CUMPLE

Nota: Al 95% de confianza según la norma ASPRS si cumple. Con una precisión de 14 cm. Aproximadamente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En primera instancia se concluye que la implementación de la metodología BIM en el estudio permite utilizar software como Infracore para la topografía digital de la defensa ribereña del río Cañete, en Lima -2023. Esto confirma que los levantamientos digitales de defensas ribereñas son funcionales, seguros, cómodos y estéticamente compatibles con Civil 3D, que ofrece soluciones topográficas.
- En segunda instancia se concluye que la red geodésica no era precisa al verificar, por lo que se replantearon los cálculos y se ajustó la red utilizando el método de mínimos cuadrados a través del software Trimble Business Center Versión 5.2. Los resultados del test estadístico Chi cuadrado mostraron que los datos espaciales estaban en armonía con el nuevo cálculo de red y tienen precisiones óptimas. Además, se amplió la red geodésica terciaria para mejorar la precisión y confiabilidad de las mediciones de ubicación geográfica.
- En tercera instancia se concluye, la técnica utilizada para medir y ubicar los puntos de la red terciaria es el levantamiento estático según la norma técnica geodésica del Instituto Geográfico Nacional (IGN) para el posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global (GNSS). Además, siguiendo la secuencia de la metodología BIM, se realizaron trabajos de nivelación geométrica y nivelación compuesta, en cuanto al levantamiento topográfico, se utilizó un vuelo fotogramétrico con dron para capturar imágenes y puntos de apoyo en el área de estudio. Los datos fueron procesados con los programas Infracore y Civil 3D de Autodesk de fácil acoplamiento a la metodología BIM, desde la orientación interna de las imágenes hasta la orientación absoluta del modelo digital.

Las nubes de puntos resultantes fueron filtradas para eliminar la distorsión y obtener un modelo digital preciso. Estos softwares facilitan el trabajo interdisciplinario en el estudio topográfico, permitiendo la generación de informes, planos y visualizaciones en 3D, lo que mejora la calidad de los diseños y reduce los plazos de ejecución con un impacto tecnológico y económico positivo.

Recomendaciones

Las recomendaciones fueron brindadas a la oficina técnica para continuar con la metodología BIM en las siguientes etapas del proyecto:

- En primera instancia se recomienda que; en todos los levantamientos digitales realizados con Infracore, se sugiere la utilización de levantamientos terrestres para mejorar la precisión de los resultados, para proyectos de menor envergadura, es necesario establecer al menos tres puntos de control, mientras que, para proyectos más grandes, la cantidad dependerá de la extensión del terreno. Es fundamental planificar detalladamente la recolección de datos con el software, considerar cuidadosamente la resolución de las imágenes satelitales y planificar el itinerario con antelación.
- En segunda instancia se recomienda que; en futuras investigaciones de estudios topográficos, es recomendable contar con herramientas adecuadas del software y realizar un reconocimiento de campo para identificar los errores tolerables al aplicar la topografía digital, que presenta ciertas limitaciones que varían según el proyecto en cuestión.
- En tercera instancia se recomienda; además, la implementación de más softwares civiles en la metodología BIM y el uso de equipos de última tecnología como GPS

Diferencial y drones, lo que podría agilizar el tiempo y reducir los costos de los estudios topográficos.

REFERENCIAS

- Chávarria Arévalo, E. (2018). *“LA METODOLOGÍA BIM PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO DE LA CARRETERA LURICOCHA-PACCHANCCA, AYACUCHO 2018”*. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22807>
- Chenta Perez, D., & Jorge Paredes, M. (2021). *“Diseño de muro de gaviones aplicando metodología Bim para la estabilización del talud inferior de la carretera FBT Km 664+260 al Km 664+490, Picota - 2021”*. Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84162>
- Chinche Colorado, K., & Méndez Ascate, Y. (2020). *Diseño Estructural con Metodología BIM de un Pabellón de 3 Niveles de la I.E. N°89541, Distrito Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Ancash*. Universidad Cesar Vallejo, Tujillo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52679>
- Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica. (2020). *Topografía y Cartografía*. Madrid. Obtenido de <https://www.coigt.com/noticia/1604>
- Cuenca Granados, B. (2021). *“ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO - ECONÓMICO ENTRE EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO AEROFOTOGRAFAMÉTRICO USANDO DRONES Y EL MÉTODO TRADICIONAL CON ESTACIÓN TOTAL”*. Universidad Peruana del Centro, Huancayo. Obtenido de <file:///C:/Users/hp/Downloads/TESIS%20-%20BRUS%20CUENCA%20GRANADOS.pdf>

Del Castillo Acho, S., & Cruzado Alberca, V. (2021). “*Diseño de drenaje pluvial en la*

localidad de las Palmas utilizando la metodología BIM, para mejorar el

escurrimiento superficial, Tarapoto 2021”. Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto.

Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98371>

Del Rio, E. S. (2019). Levantamientos topográfico con drones. *Revista Ciencia, Ingeniería*

y Desarrollo Tec Lerdo .

Isaval. (2021). *Isaval*. Obtenido de <https://www.isaval.es/isaval-partipa-en-la-jornada->

[tecnica-bim-clave-en-certificaciones-de-construccion-sostenible-y-saludable-iicv/](https://www.isaval.es/isaval-partipa-en-la-jornada-)

Lajara Dolera, A. (2020). *PROYECTO FINAL DE CARRERA: LEVANTAMIENTO*

TOPOGRÁFICO Y MODELADO 3D DEL MUSEO SALZILLO E IGLESIA DE

JESUS. Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia. Obtenido de

<https://repositorio.upct.es/handle/10317/4880>

Lopez Aching, A. J. (2023). “*MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL PLAN*

DE CIERRE DETALLADO DEFINITIVO TOTAL DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

METALMECANICA”. Universidad Privada del Norte, Lima. Obtenido de

<file://Lopez%20Aching,%20Anthony%20Joel.pdf>

Medrano Sullca, G., & Zuñiga Hurtado, C. (2022). *Levantamiento topográfico con*

estación total para la calibración de productos obtenidos con vuelo de dron, caso

saneamiento básico Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura. Universidad

Ricardo Palma, Lima. Obtenido de

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6121>

Mesias Tello, L. E., & Urbano Luis, E. B. (2023). *Evaluación de los tipos de defensa ribereña según sus características a lo largo de la cuenca del río Cañete.*

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/670189>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2023). *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.* Obtenido de <https://www.gob.pe/vivienda>

OBRASCÓN HUARTE LAIN S.A. SUCURSAL DEL PERÚ. (2021). *OBRASCÓN HUARTE LAIN S.A. SUCURSAL DEL PERÚ.* Obtenido de https://www.emis.com/php/company-profile/PE/Obrascon_Huarte_Lain_SA_Suc_del_Peru_es_3398675.html

OHLA. (2023). *Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Cañete.* Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fofi5.mef.gob.pe%2Finvierte%2Fgeneral%2FdownloadArchivo%3FidArchivo%3Df7378bf3-9468-4fd0-8aae-94a67425ad86.pdf&psig=AOvVaw0gNa8aYVOwT-jqoZ80hIvm&ust=1709998303134000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0C>

Puerta Colorado, C. (2020). *TECNOLOGÍA DRONE EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.* ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES - ESING, Bogotá. Obtenido de file:///C:/Users/hp/Downloads/TECNOLOGIA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOG.pdf

Sanchez Vargas, I. (2017). “*DETERMINAR EL GRADO DE CONFIABILIDAD DEL
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON EN LA PLAZA SAN LUIS-
2017*”. Universidad Cesar Vallejo, Nuevo Chimbote.

Santana, D. R., & Espinoza-Fraire. (2019). Levantamientos Topográficos con Drones.
Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo, 15-20.

Torres Esquivel, C. (2023). *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE DRONES EN EL
INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO PARA EL LEVANTAMIENTO DE
INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA DE SITIOS INESTABLES*. Fundación
Universitaria Los Libertadores, Bogotá. Obtenido de
file:///C:/Users/hp/Downloads/Torres_Carlos_2023.pdf

ANEXO N° 1. Panel fotográfico

Medición línea base (equipo Trimble modelo R8s)



Monumento de concreto – Red terciaria



Equipo marca Leica modelo GX1230



Trabajos de fotogrametría



Medición con GPS base móvil y batimetría con estación total



ANEXO N° 2. Solicitud de códigos puntos geodésicos



SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS


RELLENAR LOS SIGUIENTES DATOS:

PERSONA NATURAL/JURÍDICA RESPONSABLE DE LOS TRABAJOS DE POSICIONAMIENTO GNSS	CONSORCIO CUENCA DEL PACÍFICO
TELÉFONO Y/O CELULAR	Tel: 01-2549518 Cel: 978728420
CORREO ELECTRÓNICO	cuencas.surtopografos@gmail.com
CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS	DOS (02)

Datos del Punto Geodésico 01	
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO	"C"
DEPARTAMENTO(*)	LIMA
PROVINCIA(**)	CAÑETE
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 01 (*)	LIM05704

Datos del Punto Geodésico 02	
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO	"C"
DEPARTAMENTO(*)	LIMA
PROVINCIA(**)	CAÑETE
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 02 (*)	LIM05705

FIRMA, POSTFIRMA Y SELLO DE LA PERSONA NATURAL/JURÍDICA RESPONSABLE	 <p>ROXANA BLAGOS YENESA CHIRPIAY ESPECIALISTA DE TOPOGRAFÍA C.I.P. N° 20008</p>
---	--

FIRMA Y SELLO DE LA SUB DIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES	 <p>YAZMIN TICLLAS GOZAR PERSONAL CAS Sub Dirección de Certificaciones 19/04/2022</p>
--	--

(*) Esta codificación no define límites políticos administrativos

(**) Tener precaución de indicar correctamente la provincia y departamento en los que se realizará el levantamiento. En caso de que el código no perteneciera a la provincia y/o departamento en el que se realizaron los trabajos, no se podrá proceder con la certificación.

AVISO!

1. Enviar la solicitud del código obligatoriamente en formato excel (Ejemplo: ".xlsx".xls) al correo comercializacion@ign.gob.pe, de lo contrario su solicitud no podrá admitida y respondida.

2. El código asignado por el Instituto Geográfico Nacional tendrá validez por un tiempo no mayor a 6 meses para su certificación, ello contempla la correspondiente aprobación de la subsanación en caso de encontrar observaciones. El no cumplimiento de lo dispuesto conllevará a la anulación y asignación de dichos códigos a otros proyectos.

HOJA DE DATOS

Sistema Trimble R8 GNSS

Principales Características

Un receptor **configurable** que puede **ampliarse** a medida que cambian sus necesidades

Disponibles en las siguientes configuraciones: **posprocesamiento, solo base, solo móvil, o base y móvil**

Rastreo de satélites avanzado con **tecnología Trimble 360**

Incluye **chips Trimble Maxwell 6** con 440 canales

Se integra fácilmente con las estaciones totales Trimble serie S y el sistema móvil para la adquisición de imágenes Trimble V10 Imaging Rover

Aplicaciones intuitivas de **software de campo Trimble Access** y **software de oficina Trimble Business Center**

UN RECEPTOR CONFIGURADO SEGÚN SUS NECESIDADES ACTUALES Y AMPLIABLE EN EL FUTURO

Durante más de 30 años, Trimble ha fijado las normas de la tecnología de posicionamiento y continúa subiendo el listón. En vez de brindarle un sistema preconfigurado, el Trimble® R8s le proporciona solo las características y beneficios que usted necesita en un sistema ampliable y flexible. Nunca ha sido tan fácil diseñar un sistema a la medida de sus necesidades.

El Trimble R8s se integra fácilmente con las estaciones totales Trimble serie S y el innovador Trimble V10 Imaging Rover. Cree una solución completa combinando el receptor Trimble R8s con un controlador de Trimble que ejecute el software de campo Trimble Access™, y el software de oficina Trimble Business Center.

Configure y Amplíe con Facilidad

Con el Trimble R8s, es fácil y sencillo diseñar un receptor que se adecúe a las necesidades particulares de su trabajo. Elija la configuración que mejor se adapte a sus necesidades, ya sea posprocesamiento, base, móvil, o una combinación de funciones de receptor base y móvil. Una vez seleccionada la configuración deseada, podrá agregar opciones individuales adicionales para ampliar las prestaciones de su receptor.

El Trimble R8s es lo último en cuanto a opciones de ampliación se refiere. El Trimble R8s podrá adaptarse a medida que cambien sus necesidades. Simplemente agréguele la funcionalidad deseada cuando la necesite.

Tecnología Trimble 360

Todos los receptores Trimble R8s van equipados con la potente tecnología de rastreo de satélites Trimble 360, la cual es compatible con las señales de todas las constelaciones existentes y planeadas y con todos los sistemas de ampliación. La tecnología Trimble 360 permite al receptor móvil GNSS extender su alcance y llegar a ubicaciones que antes eran inaccesibles a causa de una vegetación moderada u otros obstáculos. Esto se logra aprovechando señales de satélite adicionales.

El Trimble R8s incluye dos chips Maxwell™ 6 y 440 canales GNSS integrados. Capaz de rastrear un rango completo de sistemas satelitales, incluyendo GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou y QZSS. Si esto se suma al protocolo de comunicación CMRx, que brinda una compresión de correcciones sin precedente, usted conseguirá

el rendimiento de posicionamiento más confiable en una inversión que seguirá siendo productiva en un futuro a largo plazo.

Opciones de Comunicación y Acceso Remoto por Web UI

El receptor Trimble R8s GNSS brinda opciones de comunicación de datos integradas incluyendo la radio UHF de banda ancha o el módem celular 3G.

La exclusiva tecnología Web UI de Trimble elimina la necesidad de tener que desplazarse para hacer un control rutinario de los receptores de la estación base. Solo tiene que evaluar la condición y el estado de los receptores base y configurarlos remotamente desde la oficina. E incluso puede descargar datos brutos GNSS a través de Web UI para el posprocesamiento, y ahorrarse viajes adicionales al campo.

La Solución Completa

Cree una solución de campo líder de la industria combinando el receptor Trimble R8s GNSS con un potente controlador de Trimble cargado con el software de campo de fácil uso Trimble Access.

El software de campo Trimble Access brinda las características y funciones que simplifican su trabajo diario. Los módulos de flujos de trabajo simplificados, tales como Carreteras, Control, Minas, y Túneles guían a las cuadrillas topográficas por los tipos de proyectos comunes y permiten que hagan el trabajo más rápido. Las empresas topográficas también pueden implementar flujos de trabajo únicos aprovechando la capacidad de personalización que brinda el kit para desarrollo de software Trimble Access Software Development Kit (SDK).

De regreso en la oficina, Trimble Business Center le permite verificar, procesar y ajustar sus datos con confianza. Independientemente de la solución Trimble que use en el campo, podrá confiar en el software de oficina Trimble Business Center para generar resultados líderes de la industria.

Aplicación Móvil de Trimble: Una Nueva Manera de Capturar Datos Brutos GNSS Rápidamente

La aplicación Trimble DL Android brinda una interfaz móvil, simple y de fácil uso para capturar datos brutos GNSS estáticos para posprocesamiento, sin necesidad de tener que usar un controlador Trimble ni el software de campo Trimble Access. Esta aplicación gratuita puede obtenerse de la tienda Google Play Store y funciona en las tabletas y teléfonos inteligentes de Android.



HOJA DE DATOS

Sistema Trimble R8s GNSS

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO¹

- Mediciones**
- Chip GNSS topográfico personalizado Trimble Maxwell 6 avanzado con 440 canales
 - Asegura la inversión futura a largo plazo con el rastreo Trimble 360
 - Correlador múltiple de alta precisión para medidas de pseudodistancia GNSS
 - Sin filtrado, datos de medidas de pseudodistancia sin suavizado, para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una correlación de dominio de bajo tiempo y respuesta de alta dinámica
 - Medidas de fase portadora GNSS de muy bajo ruido con una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
 - Las razones señal-ruido se señalan en dB-Hz
 - Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
 - Las señales de satélite actuales se rastrean simultáneamente:
 - GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5
 - GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3
 - SBAS: L1C/A, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5)
 - Galileo: E1, E5A, E5B
 - BeiDou (COMPASS): B1, B2
 - SBAS: QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN
 - Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, y 20 Hz

RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO²

Posicionamiento GNSS diferencial de código

Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ³	típico <5 m 3DRMS

Medición GNSS estática

Estática de alta precisión

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

Estática y Estática Rápida

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

Medición GNSS cinemática con posprocesamiento (PPK)

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

Medición cinemática en tiempo real

Línea base simple de menos de 30 km

Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS

RTK de red⁴

Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS

Tempo de inicialización⁵: Típico de <8 segundos
 Confiabilidad en la inicialización⁶: Típica de >99,9%

1 Basado en la configuración del receptor Trimble R8s GNSS
 2 La precisión y confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías tales como errores por trayectoria múltiple, obstáculos, geometría satelital y condiciones atmosféricas. Las especificaciones establecidas recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de errores por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y tenga una configuración óptima de la constelación GNSS, asimismo se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para realizar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 30 km requieren datos de efemérides precisos y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática.
 3 Depende del funcionamiento del sistema WAAS.
 4 Los valores PPM de la red RTK se refieren a la estación base física más próxima.
 5 Puede verse afectado por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la inicialización se controla continuamente para asegurar la más alta calidad.
 6 El receptor funcionará normalmente a -40° C, las baterías internas a -20° C y el módem celular interno opcional a -40° C.
 7 Rastreo de satélites GPS, GLONASS y SBAS.
 8 Varía según la temperatura y la velocidad de transmisión de datos inalámbricos. Al usar un receptor y una radio interna en modo de transmisión, se recomienda usar una batería externa de 6 Ah o superior. Los tiempos de funcionamiento especificados en una batería interna para la opción de recepción por telefonía móvil son en modo GSM CSD (datos por conmutación de circuitos) o GPS PSD (datos por conmutación de paquetes).
 9 Varía según el terreno y las condiciones de operación.
 10 Las autorizaciones para los instrumentos con tecnología Bluetooth son específicas a cada país.

HARDWARE

- Especificaciones físicas**
- Dimensiones: 19 cm x 10,4 cm con los conectores incluidos
 Peso: 1,52 kg con batería interna, radio interna, y antena 3,81 kg con los componentes de arriba más el jalón, el controlador y la radio interna
- Temperatura de funcionamiento⁸: -40° C a +65° C (-40° F a +149° F)
 Temperatura de almacenamiento: -40° C a +75° C (-40° F a +167° F)
 Humedad: 100%, con condensación
 Protección contra la intrusión de agua y partículas: IP67 A prueba de polvo, protegido al sumergirse temporalmente a una profundidad de 1 m
 Golpes y vibraciones: Ha sido probado y cumple con los siguientes estándares medioambientales:
 Golpes: Apagado: ha sido diseñado para resistir caídas de hasta 2 m sobre hormigón. Encendido: de diente de sierra hasta 40 G, 10 msec
 Vibraciones: MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

- Entrada de alimentación externa de 11 a 24 V DC con protección contra sobretensión en el puerto 1 (Lemo de 7 pines)
- Batería de ion litio recargable, extraíble de 7,4 V, 2,8 Ah
- El consumo de potencia es de <3,2 W en modo móvil RTK con radio interna y Bluetooth[®] en uso⁹
- Tiempo de funcionamiento con batería interna⁸:
 - Opción de solo recepción de 450 MHz: 5,0 horas
 - Opción de recepción/transmisión de 450 MHz (0,5 W): 2,5 horas
 - Opción de recepción móvil: 4,0 horas

COMUNICACIONES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

- Serial: Serial de 3 cables (Lemo de 7 pines) en Puerto 1. Serie RS-232 completo en el puerto 2 (Dsub de 9 pines)
- Módem de radio¹: receptor/transmisor de banda ancha de 450 MHz, sellado, totalmente integrado, con un rango de frecuencia de 403 MHz a 473 MHz, compatible con los protocolos de radio Trimble, Pacific Crest, y SATEL:
 - Potencia de transmisión: 0,5 W
 - Alcance: 3-5 km típico / 10 km óptimo⁹
- Celular¹: opción de módem GSM/GPRS/EDGE/UMTS/HSPA+ interno completamente integrado y hermético. Compatible con datos por conmutación de circuitos (CSD) y datos por conmutación de paquetes. Operación global:
 - UMTS/HSPA+ pentabanda (850/900, 900, 1900, y 2100 MHz)
 - GSM/CSD y GPRS/EDGE cuatribanda (850, 900, 1800, y 1900 MHz)
- Bluetooth: puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado (Bluetooth)¹⁰
- Dispositivos de comunicación externos para correcciones soportadas en los puertos seriales y Bluetooth
- Almacenamiento de datos: Memoria interna de 56 MB, 960 horas de observables no procesados (aprox. 1,4 MB/día), en función del registro de datos de 14 satélites a intervalos de 15 segundos

Formatos de datos

- Entrada y salida de CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
- Salida de 23 mensajes NMEA, salida de mensajes GSOF, RT17 y RT27, compatible con BINEX y portadora suavizada

WebUI

- Ofrece una sencilla configuración, operación, estado y transferencia de datos
- Accesible por serial y Bluetooth

Controladores de Trimble compatibles¹

- Trimble TSC3, Trimble Slate, Trimble CU, robusta Trimble Tablet PC

CERTIFICACIÓN

Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), Secciones 15.247 y 90; ICES-003, RSS-210 y RSS-119; CE Mark; C-Tick; Bluetooth EPL



Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

© 2015, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble y el logo del Globo terráqueo y el Triángulo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Accx, Maxwell, WEB UI, y VRS son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. La marca con la palabra Bluetooth y los logos son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y todo uso de dichas marcas por parte de Trimble Navigation Limited es bajo licencia. Android y Google Play son marcas comerciales de Google Inc. Todas las otras marcas comerciales son propiedad de sus respectivos titulares. NP.022516-130-ESP (04/15)



AMÉRICA DEL NORTE

Trimble Navigation Limited
 10368 Westmoor Dr
 Westminster CO 80021
 ESTADOS UNIDOS

EUROPA

Trimble Germany GmbH
 Am Prime Parc 11
 65479 Raunheim
 ALEMANIA

ASIA-PACÍFICO

Trimble Navigation
 Singapore Pty Limited
 80 Marine Parade Road
 #22-06, Parkway Parade
 Singapore 449269
 SINGAPUR



ANEXO N° 4. Especificaciones técnicas del equipo GX1230

Especificaciones Técnicas GPS1200+

Para Estaciones de Referencia por favor diríjase a las especificaciones técnicas del receptor serie GRX1200+ (746097)

Descripción Resumida

	GX1230+ GNSS/ ATX1230+ GNSS	GX1220+ GNSS/ Compass ¹¹	GX1230+	GX1220+	GX1210+
Tipo de receptor	Receptor Geodésico, para tiempo real RTK, de Triple-frecuencia, GPS/GLONASS, Galileo/Compass ¹¹	Receptor Geodésico, de Triple-frecuencia, GPS/GLONASS, Galileo/Compass ¹¹	Receptor Geodésico, para tiempo real RTK, de Doble-frecuencia, Solo GPS, actualizable a versión GNSS	Receptor Geodésico, de Doble-frecuencia, solo GPS, actualizable a versión GNSS	Receptor Topográfico de Mono-frecuencia, solo GPS
Sumario de modos de medición y aplicaciones	Estático, Estático Rápido, Cinemático, OTF, L1/L2/L5, E1/E5a/E5b/Alt-BOC, Compass ¹¹ , Código, Fase Tiempo Real RTK, Post Proceso, DGPS/RTCM estándar. Aplicaciones topográficas, geodésicas y RTK	Estático, Estático Rápido, Cinemático, OTF, L1/L2/L5, E1/E5a/E5b/Alt-BOC, Compass ¹¹ , Código, Fase, Post Proceso, DGPS/RTCM opcional. Aplicaciones topográficas y geodésicas	Estático, Estático Rápido, Cinemático, OTF, L1+L2, Código, Fase RTK, Post Proceso, DGPS/RTCM estándar. Aplicaciones topográficas, geodésicas y Tiempo Real RTK	Estático, Estático Rápido, Cinemático, OTF, L1 + L2, código, Fase Post proceso, DGPS/RTCM Opcional. Aplicaciones topográficas y geodésicas	Estático, Cinemático L1, código, Fase DGPS/RTCM opcional. Aplicaciones topográficas y de GIS
Actualización a GX1230+ GNSS	-	Si	Si	Si	Si

Componentes del Sistema

Receiver

	GX1230+ GNSS / GX1220+ GNSS / ATX1230+ GNSS	GX1230+	GX1220+	GX1210+
Tecnología del receptor	SmartTrack+ integrado Tecnología SmartTrack mejorada para todas las señales GNSS.	SmartTrack - patentado. Filtros elípticos discretos. Discrete elliptical filters. Rápida captación. Fuerte señal. Bajo ruido. Excelente seguimiento, incluso con pocos satélites y en condiciones adversas. Resistente a las interferencias.		
L5 habilitado	Si	No	No	No
Galileo habilitado	Si	No	No	No
Preparado para L5 y Galileo	Si	No	No	No
No. of channels	120 Canales L1/L2/L5 GPS L1/L2 GLONASS E1/E5a/E5b/Alt-BOC Galileo, Compass, 4 SBAS ⇒ GX1220+ GNSS (con opción DGPS)	16 L1 + 16 L2 GPS 4 SBAS	16 L1 + 16 L2 GPS 4 SBAS (con opción DGPS)	16 L1 4 SBAS (con opción DGPS)
L1 measurements (GPS)	Fase portadora de onda completa. Código C/A con técnica de correlación estrecha	Fase portadora de onda completa. Código C/A con técnica de correlación estrecha	Fase portadora de onda completa. Código C/A con técnica de correlación estrecha	Fase portadora de onda completa. Código C/A con técnica de correlación estrecha
L2 measurements (GPS)	Fase portadora de onda completa con AS desactivado o en código C/A P2/código P auxiliar bajo AS. Funciona igual con AS activado o desactivado.	Fase portadora de onda completa con AS desactivado o en código C/A P2/código P auxiliar bajo AS. Funciona igual con AS activado o desactivado.	Fase portadora de onda completa con AS desactivado o en código C/A P2/código P auxiliar bajo AS. Funciona igual con AS activado o desactivado.	No
Medición con L5 (GPS)	Portadora de fase de longitud de onda completa, Código	No	No	No

¹¹ La señal Compass no está definida completamente, hasta entonces, se han efectuado test de rastreo de señal con los receptores GPS1200+ en entornos de pruebas adecuados. Debido a que puede haber cambios en la estructura de la señal, Leica Geosystems no puede garantizar la total compatibilidad con Compass.

**“MEJORA DEL MODELADO 3D DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO CAÑETE;
UTILIZANDO DRON Y LA METODOLOGÍA BIM CAJAMARCA - 2024**

L1 measurements (GLONASS)	Fase portadora de onda completa, Código C/A con técnica de correlación estrecha	No	No	No
L2 measurements (GLONASS)	Fase portadora de onda completa, Código C/A con técnica de correlación estrecha	No	No	No
Medición con E1/E5a/E5b (Galileo)	Portadora de fase de longitud de onda completa, Código	No	No	No
Medición con Alt-BOC (Galileo)	Portadora de fase de longitud de onda completa, Código usando Alt-BOC	No	No	No
Mediciones independientes	Mediciones totalmente independientes de Código y Fase para todas las frecuencias	Medidas independientes en código y fase en L1 y L2.	Medidas independientes en código y fase en L1 y L2.	Medidas independientes en código y fase en L1.
Tiempo hasta primera medición tras encendido	Tipicamente 30 segs	Tipicamente 30 segs	Tipicamente 30 segs	Tipicamente 30 segs

Alojamiento del receptor

	ATX1230+ GNSS	GX1230+ GNSS/ GX1220+ GNSS / GX1230+ / GX1220+ / GX1210+
LED indicadores de estado	3: Batería, seguimiento, Bluetooth	3: para batería, seguimiento, memoria
Puertos	1 RS232 puerto clip-on 1 puerto USB/RS232 1 puerto Bluetooth	4 puertos RS232 1 puerto de solo alimentación 1 puerto TNC para antena 1 puerto PPS, 2 Eventos opcionales
Voltaje suministrado	Nominal 12V DC	Nominal 12V DC
Consumo	Rango de 10.5-28V DC Tipicamente 1.8W, 150mA	Range 10.5-28V DC Tipicamente 3.2W, 270mA
Dimensiones	186mm x 89mm	0.212m x 0.166m x 0.079m (Las dimensiones son para la carcasa sin conectores)
Peso, solo receptor	1.12kg	1.2kg

Antenas GNSS

	GX1230+ GNSS / GX1220+ GNSS	GX1220+ / GX1230+	GX1210+
Antena topográfica estándar	AX1203+ GNSS, L1/L2/L5 GPS, GLONASS/Galileo/Compass SmartTrack+	AX1203+ GNSS, L1/L2/L5 GPS, GLONASS/Galileo/Compass SmartTrack+	AX1201, L1 SmartTrack
Plano de tierra	Plano de tierra incorporado	Plano de tierra incorporado	Plano de tierra incorporado
Dimensiones (diámetro x altura)	170mm x 62mm	170mm x 62mm	170mm x 62mm
Peso	0.44kg	0.44kg	0.44kg
Ganancia	29±3 dbi	29±3 dbi	habitualmente 27 dbi
Antena Choke-ring	AR25 choke-ring GPS/GLONASS Galileo/Compass	AT504 choke-ring, L1/L2 GPS/GLONASS	No
Diseño	Dome Margolin, JPL	Dome Margolin, JPL	
Cúpula de protección	opcional	opcional	
Dimensiones: diámetro x ht	380mm x 200mm (antena)	380mm x 140mm (antena)	
Peso	7.6kg (antena)	4.3kg (antena)	
Ganancia	40 dbi típica	27 dbi típica	

ATX1230+ GNSS	
Antena topográfica estándar	ATX1230+ GNSS, L1/L2/L5 GPS, GLONASS/Galileo/ Compass SmartTrack+
Plano de tierra	Plano de tierra incorporado
Dimensiones (diámetro x altura)	186mm x 89mm
Peso	1,12kg
Ganancia	habitualmente 27 dbi

Terminal

Para receptores: ATX1230+ GNSS GX1230+ GNSS / GX1230+ GX1220+ GNSS / GX1220+ GX1210+	
Tipo	RX1210T (con pantalla táctil) para la serie GX1200+ RX1250 (con pantalla táctil), RX1250c (con pantalla táctil y display a color) para ATX1230+ GNSS
Display	¼ VGA, opcional monocromo o color, capacidad de gráficos, iluminación
Character Set	Máximo 256 caracteres, caracteres ASCII extendidos
Pantalla táctil (RX1210T solo)	Cristal con una película endurecida.
Teclado	Todo alfanumérico (62 teclas), 12 teclas de función, 6 teclas configurables, iluminación.
Peso del Terminal	RX1210 0.48kg RX1250 0.75kg incl. batería interna GEB211
Pesos totales del sistema	SmartRover 2.74kg (todo en el bastón) GX1200+ Rover 4.15kg (todo en el bastón) GX1200+ Rover 1.80kg (peso en el bastón en configuración de mochila)

Precisiones en la medición y la posición

	ATX1230+ GNSS GX1230+ GNSS / GX1230+	GX1220+ GNSS / GX1220+	GX1210+
Nota Importante:	La precisión de las mediciones, de la posición y de la altura dependen de varios factores, como son: número de satélites, geometría, tiempo de observación, precisión de las efemérides, condiciones ionosféricas, multipath, etc. Se asumen los factores citados como normales y en condiciones favorables. Los tiempos pueden no ser exactamente los expuestos. Los tiempos requeridos dependen de varios factores como son: número de satélites, geometría, condiciones ionosféricas, multipath, etc. GPS y GLONASS pueden aumentar el rendimiento y la precisión hasta un 30% respecto a solo GPS. La constelación completa Galileo y L5 GPS incrementará la disponibilidad y precisión en la medición. Las siguientes precisiones, dadas como Error Medio Cuadrático , están basadas en medidas procesadas usando LGO y mediciones en tiempo real.		

Precisión de las mediciones en código y fase (independientemente de si el AS está activado / desactivado)

	ATX1230+ GNSS GX1230+ GNSS / GX1230+	GX1220+ GNSS / GX1220+	GX1210+
Fase en onda portadora L1	0.2mm emc	0.2mm emc	0.2mm emc
Fase en onda portadora L2	0.2mm emc	0.2mm emc	
Portadora de Fase en L5	*		
Portadora de Fase en E1/E5a/E5b	*		
Portadora de Fase en Alt-BOC	*		
Código (pseudodistancia)L1	2cm emc	2cm emc	2cm emc
Código (pseudodistancia)L2	2cm emc	2cm emc	
Código (pseudorange) en L5	*		
Código (pseudorange) en E1/E5a/E5b	*		
Código (pseudorange) en Alt-BOC	*		

* valores estimados similares a L1. Los valores fianles serán determinados despues de que se haya estimado el (IOC) la capacidad operativa inicial.