# CONTRATO NO. S-CON-16-2024-X-0

# “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”



Kawsus

CONSULTORÍA Y ASESORÍA

**PROYECTO:**

# “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”

## INFORME DE TOPOGRAFÍA DE DETALLE

**MARZO-2024**

| | |
|---|---|
| Cliente: | **PREFECTURA DEL GUAYAS** |
| Proyecto: | “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.” |
| Documento: | KAW-PGY-INF-TOP-DET-001 |
| Título: | INFORME DE TOPOGRAFÍA DE DETALLE |

| | | |
|---|---|---|
| Preparó: | KAWSUS CIA LTDA. | |
| Preparó: | Ing. Daniel Padrón<br>ASISTENTE TÉCNICO CIVIL | Firmado electrónicamente por: DANIEL ALEJANDRO PADRON ANDRADE |
| Revisó | Ing. Danilo Bustos<br>DIRECTOR DE PROYECTO | Firmado electrónicamente por: CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA |
| Aprobó | Ing. Gabriel Moreira Chocho<br>ADMINISTRADOR DEL CONTRATO | Firmado electrónicamente por: GABRIEL SIMON MOREIRA CHOCHO |

| CONTROL DE CAMBIOS | |
|---|---|
| Rev. 00 | |
| Rev. 00 | |

# ÍNDICE DE CONTENIDOS


1. GENERALIDADES ..... 6
   1.1 Antecedentes ..... 6
   1.2 Ubicación ..... 6
2. OBJETIVOS ..... 8
   2.1 Objetivo General ..... 8
   2.2 Objetivos Específicos ..... 8
3. METODOLOGÍA ..... 8
   3.1 Topografía preliminar ..... 8
      3.1.1 Socialización del tema de topografía con la comunidad ..... 9
      3.1.2 Reconocimiento y desbroce ..... 10
      3.1.3 Condiciones particulares del terreno ..... 10
      3.1.4 Amojonamiento y ubicación de GCPs durante la fase de campo ..... 14
      3.1.5 Mediciones en método de posicionamiento estático ..... 14
      3.1.6 Procesamiento y ajuste de información ..... 24
   3.2 Topografía de detalle ..... 25
      3.2.1 Levantamiento LiDAR de zona de inundación ..... 25
      3.2.2 Monumentación de BMs para topografía de detalle ..... 27
      3.2.3 Monitoreo de BMs ..... 28
      3.2.4 Nivelación topográfica ..... 30
      3.2.5 Levantamiento de franjas topográficas en el eje de la vía ..... 32
      3.2.6 Levantamiento de franjas topográficas para batimetrías en ríos y alcantarillas ..... 34
4. EQUIPOS INSTRUMENTAL GEODÉSICO UTILIZADO ..... 35
   4.1 Equipos GNSS ..... 35
   4.2 Equipos para levantamiento LiDAR ..... 37
      4.2.1 Equipo LiDAR ..... 37
   4.3 Equipos para nivelación ..... 39
5. RESULTADOS ..... 40
   5.1 Red geodésica ..... 40
   5.2 Productos área de inundación y topografía preliminar (LiDAR) ..... 41
   5.3 Topografía de detalle ..... 44
6. CONCLUSIONES ..... 49
7. RECOMENDACIONES ..... 50
8. ANEXOS ..... 51
9. REFERENCIAS ..... 52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ubicación del proyecto. Mojones principales de Red Geodésica en cuadros rojos. 7
Figura 3-1 Metodología enfatizada en el proyecto 9
Figura 3-2 Estación JNEC con Coordenadas Postsísmicas ITRF08. 15
Figura 3-3 Estación GQEC con Coordenadas Postsísmicas ITRF08. 16
Figura 3-4 Ubicación Estaciones JNEC y GQEC (Puntos y Polígonos verdes) con respecto al proyecto (Polígono Rojo). 16
Figura 3-5 Relación entre altura elipsoidal (h) y altura ortométrica (H) 17
Figura 3-6 Ubicación de uno de los mojones en el terreno 19
Figura 3-7 Tiempos de rastreo. 22
Figura 3-8 Vectores generados puntos REGME IGM – Puntos de control primarios. 22
Figura 3-9 Vectores generados Red Geodésica Interna 23
Figura 3-10 Ubicación de los puntos de control para el vuelo en la zona de inundación 26
Figura 3-11. Polígonos de vuelo en zona de inundación 27
Figura 3-12. Esquema de geometría de hitos a construirse 28
Figura 3-13. Segmento de libreta de nivelación en campo 32
Figura 3-14. Planificación de franjas topográficas en el eje de la vía 33
Figura 4-1 Sistema SINO GNSS T300 PLUS 36
Figura 4-2 Sistema SOUTH GNSS GALAXY G1 36
Figura 4-3 Green Valley LIBASE 37
Figura 4-4 Sistema DJI ZENMUSE L1 Fuente: DJI 38
Figura 4-5 SOKKIA SDL30 40
Figura 5-1 Vectores generados Red Geodésica Interna 41
Figura 5-2 Vectores generados Red Geodésica Interna 41
Figura 5-3 Curvas de nivel de topografía LiDAR (1) 42
Figura 5-4 Curvas de nivel de topografía LiDAR (2) 42
Figura 5-5 Curvas de nivel de topografía LiDAR (3) 43
Figura 5-6 Curvas de nivel de topografía LiDAR (4) 43
Figura 5-7 Curvas de nivel de topografía LiDAR (5) 44
Figura 5-8 Ortofotografía de la zona de inundación 45
Figura 5-9. Ubicación de BMs 46
Figura 5-10 Nubes de puntos de franjas topográficas 48
Figura 5-11. Superficie generada con las franjas topográficas levantadas 48

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1 Socialización en Paraíso de Villao ..... 10
Fotografía 3-2 Condiciones de suelo de difícil acceso a pie ..... 11
Fotografía 3-3 Densidad de vegetación en camino hacia uno de los puntos de control de vuelo ..... 12
Fotografía 3-4 Ingreso en caballo hacia la zona posterior al río ..... 12
Fotografía 3-5 Cruce de un puente peatonal ..... 13
Fotografía 3-6 Ingreso a bosque para localización de uno de los puntos de control de vuelo ..... 13
Fotografía 3-7 Colocación de estaca y cinta de peligro en punto de control. ..... 20
Fotografía 3-8 Toma de Datos GNSS Puntos de control primario VÍA VILLAO – PARAISO ..... 21
Fotografía 3-9 Toma de Datos GNSS punto de control VÍA VILLAO - PARAISO ..... 26
Fotografía 3-10. Hitos construidos en campo ..... 28
Fotografía 3-11. Rastreo con método estático punto KM00 ..... 29
Fotografía 3-12. Rastreo de BMs mediante método RTK ..... 30
Fotografía 3-13. Nivelación en campo ..... 31
Fotografía 3-14. Levantamiento de franjas topográficas ..... 33
Fotografía 3-15. Medición de estructuras hidráulicas menores existentes ..... 35
Fotografía 3-16. Realización de batimetrías en puentes ..... 35
Fotografía 4-1 Dron Matrice 300 ..... 39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Coordenadas Bloque VÍA VILLAO - PARAISO ..... 7
Tabla 3-1 Parámetros del marco de referencia Postsísmico oficial para el Ecuador ..... 14
Tabla 3-2 Parámetros de sistema cartográfico UTM ..... 18
Tabla 3-3 Planificación de Sesiones GNSS ..... 21
Tabla 3-4 Aspectos para la obtención de datos GPS. ..... 23
Tabla 4-1 Resumen de características de equipos empleados. ..... 35
Tabla 4-2 Especificaciones generales ..... 37
Tabla 4-3 Especificaciones del sistema LiDAR ..... 38
Tabla 5-1. Coordenadas de BMs nivelados ..... 46

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Red Geodésica:** Es un conjunto de puntos ubicados en la superficie terrestre en los cuales se determinan su posición (latitud, longitud y elevación) mediante el uso de receptores GPS. a partir de puntos con coordenadas conocidas.

**RINEX:** Son las siglas en ingles de “Receiver INdependent EXchange Format”, lo que podríamos traducir como formato de intercambio de datos GPS

**GPS:** Global Positioning System: (sistema de posicionamiento global): es un sistema global de navegación por satélite (GNSS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo.

**GNSS:** Global navigation satellite system (GNSS) es un término general que describe a cualquier constelación de satélites que provee servicios de posicionamiento y navegación a nivel global o regional.

**MODELO GEOIDAL:** La representación gráfica de un modelo (cuasi-) geoidal se realiza mediante un tipo de altura en específico, para realizar el cálculo de un geoide se recurre al uso de ondulaciones geoidales, las cuales son alturas consideradas a partir de un elipsoide de referencia hasta la superficie modelada o geoide.

**POST-PROCESO:** El receptor/es permanece quieto durante un intervalo de tiempo.

**SESIÓN:** Una sesión es un grupo de datos GPS grabados simultáneamente. Es el conjunto de datos crudos colectados simultáneamente con dos o más receptores durante el curso de un proyecto GPS determinado.

**MDT (Modelo Digital del Terreno):** Representación tridimensional de la superficie del terreno, que muestra las variaciones de elevación y las características topográficas sin incluir la vegetación ni las estructuras construidas por el hombre.

**MDS (Modelo Digital de Superficie):** Representación tridimensional de la superficie del terreno, incluyendo todas las características naturales y construidas sobre el mismo, como vegetación, edificios y otras estructuras.

**Ortofotografía:** Imagen aérea corregida geométricamente de manera que la escala sea uniforme, permitiendo que se pueda medir como si fuera un mapa.

**BM (Benchmark):** Puntos de referencia en un levantamiento geodésico, utilizados como base para las mediciones topográficas y geodésicas.

# 1. GENERALIDADES

## 1.1 Antecedentes

El proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS” representa una medida estratégica para optimizar la infraestructura y la conectividad vial en la provincia del Guayas. Este proyecto está destinado a mejorar la conectividad entre Fátima, Villao y el límite provincial con Manabí, repercutiendo positivamente en la vida de aproximadamente 38,509 personas.

En una fase preliminar del proyecto, se llevó a cabo un levantamiento de una red geodésica y una topografía LiDAR. Este trabajo inicial proporcionó una visión general de la morfología del terreno y estableció una base preliminar para los trabajos de gabinete y campo posteriores. La red geodésica preliminar y la topografía LiDAR permitieron obtener datos precisos del área de interés, fundamentales para las etapas subsecuentes del proyecto.

Se especificará en el presente documento la metodología para cada proceso efectuado detallando los resultados obtenidos en el flujo de trabajo.

## 1.2 Ubicación

El proyecto está ubicado en la provincia de Guayas, desde Fátima hasta el recinto Paraíso de Villao y continúa durante un camino inaccesible para vehículos motorizados, especialmente en invierno, hasta el límite provincial entre Guayas y Manabí.

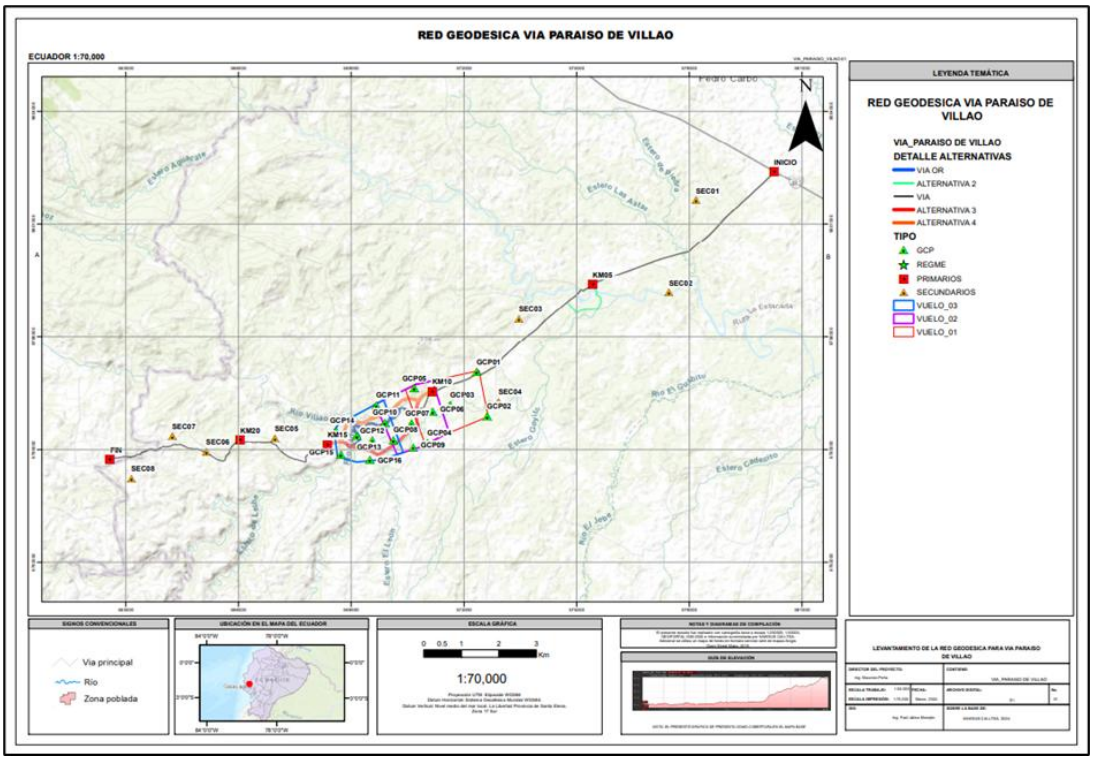



*Figura 1-1 Ubicación del proyecto. Mojones principales de Red Geodésica en cuadros rojos.*
*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

La Red Geodésica generada para La VÍA VILLAO - PARAISO se enmarca en las coordenadas UTM WGS84 Zona 17 Sur

*Tabla 1-1 Coordenadas Bloque VÍA VILLAO - PARAISO*

| VÍA VILLAO | | |
|---|---|---|
| **VÉRTICE** | **X** | **Y** |
| Km 00 | 580261.0 | 9802389.0 |
| Km 05 | 575437.9 | 9799381.3 |
| Km 10 | 571166.6 | 9796544.4 |
| Km 15 | 568378.0 | 9795113.4 |
| Km 20 | 566053.7 | 9795240.3 |
| Km 22 | 562585.0 | 9794729.0 |

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

En el diseño de la Red Geodésica, se han utilizado los datos recolectados en los puntos de control de la VÍA VILLAO – PARAISO.

# 2. OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo General

- Generar una topografía detallada para los diseños definitivos del proyecto

## 2.2 Objetivos Específicos

- Levantamiento de red geodésica para topografía preliminar
- Levantamiento LiDAR para zona de inundación.
- Identificar y materializar puntos de control geodésicos (BM's) en el área de estudio utilizando técnicas de rastreo estático y RTK.
- Llevar a cabo la nivelación de la zona utilizando los puntos de referencia establecidos, y realizar un levantamiento topográfico detallado de las franjas requeridas.
- Realizar levantamientos batimétricos en cuerpos de agua dentro del área de estudio, utilizando los puntos de referencia geodésicos.

# 3. METODOLOGÍA

## 3.1 Topografía preliminar

Una red geodésica es la materialización para determinar cuestiones geodésicas, topográficas y cartográficas a la hora de desarrollar un proyecto de ingeniería tales como elección del sistema geodésico de referencia, elección del sistema de proyección cartográfica, implantación y observación de una red de precisión, metodología de observación e instrumentación a utilizar para finalmente establecer una estrategia de cálculo y compensación de las observaciones realizadas (Velasco et al., 2014).

En la presente sección se describen los trabajos de campo y gabinete ejecutados para la determinación de los 6 puntos primarios de la Red Geodésica para el levantamiento topográfico preliminar para proyecto. Estos puntos, se encuentran enlazados a la Red Geodésica Oficial del IGM en base a la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador (REGME), a través de las estaciones Paján (JNEC) y Guayaquil (GQEC) mediante el método de posicionamiento GNSS estático diferencial, utilizando el protocolo de Fiscalización para redes geodésicas catastrales del Instituto Geográfico Militar (Instituto Geográfico Militar, 2019).

En el siguiente flujograma (Figura 3-1) se exponen las fases del proceso de manera general para llegar al producto preliminar solicitado:

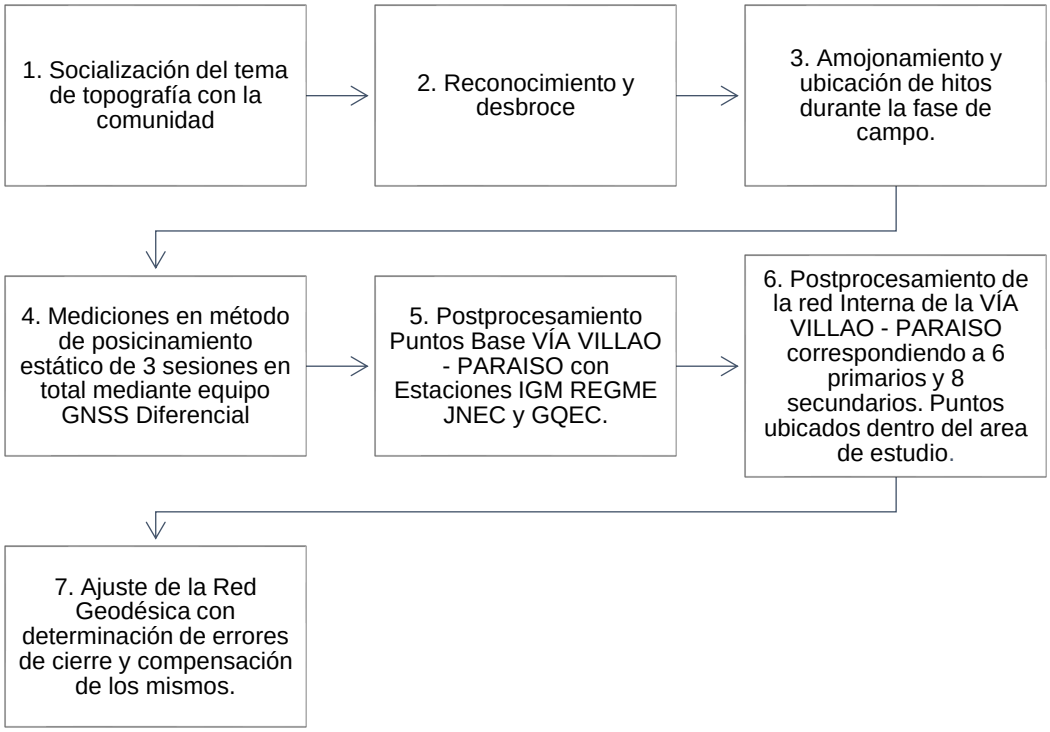



*Figura 3-1 Metodología enfatizada en el proyecto*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.1.1 Socialización del tema de topografía con la comunidad

Durante la estancia en el sitio y la ejecución de las diferentes tareas en ubicaciones estratégicas, se llevó a cabo un proceso de socialización con la comunidad local. El primer día de actividades, el domingo 10 de marzo de 2024, se estableció comunicación con el presidente de la comunidad de Paraíso, el Sr. Modesto Salazar, a quien se le brindó información detallada sobre la variedad de trabajos a realizar. Esta comunicación se realizó a través de una radio que es de uso común entre los habitantes de la comunidad. Además, se estableció contacto con todos los residentes disponibles en ese momento.

El día 16 de marzo de 2024, se llevó a cabo una reunión con el presidente de la Asociación de Producción Agropecuaria Las Vegas Tecnológico (ASOPAVET), el Ing. Holger Mera. Durante esta reunión, que tuvo una duración aproximada de una hora, se discutieron diversos temas junto con miembros de la comunidad. Se informó sobre el estado de la vía y sus potenciales beneficios, recibiendo una respuesta positiva por parte de todos los presentes. Durante las conversaciones con la población, se pudo constatar el deseo de contar con esta vía durante varios años, lo que se reflejó en su colaboración en aspectos como el alquiler de caballos, entre otros servicios. En la Fotografía 3-1 se presenta la reunión del equipo técnico de Kawsus con algunos habitantes de Villao.



*Fotografía 3-1 Socialización en Paraíso de Villao*
*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Además, durante recorridos a caballo hasta el límite provincial, se pudo interactuar con algunos de los habitantes del área directamente afectada. A través de la radio, se difundió información a toda la zona sobre la visita programada para este mes por parte del equipo técnico de Kawsus, con el propósito de explorar la región y realizar las distintas actividades de topografía.

### 3.1.2 Reconocimiento y desbroce

Inicialmente se ingresó a cada punto ubicado en el esquema tentativo y tomando en cuenta la seguridad, obstrucciones naturales antrópicas cercanas y de ser necesario se reubicó el mismo a una zona cercana de la ubicación inicial. Al ingresar a cada punto se realizó un desbroce y adecuación de la zona de construcción del punto de control para garantizar la visibilidad de este.

### 3.1.3 Condiciones particulares del terreno

A lo largo del terreno, se identificaron diversas dificultades en el acceso a los puntos de red. Desde el eje vial, el acceso es factible hasta el kilómetro 12, siempre y cuando no haya precipitaciones intensas que incrementen el nivel de los cruces de ríos y obstaculicen el transporte vehicular. Más allá del kilómetro 12, el camino se vuelve completamente intransitable para vehículos debido al estado lodoso y deteriorado del suelo, causado por el tránsito de ganado.

La población local generalmente se desplaza en motocicletas hasta aproximadamente el kilómetro 15. A partir de este punto, existen tramos donde los vehículos pueden

transitar, pero la presencia de lodo hace imposible el paso. Además, esta área enfrenta dos problemas adicionales: durante las lluvias intensas, se genera un exceso de lodo que dificulta el paso de caballos, mientras que, en días secos, el suelo adopta una consistencia similar al estado plástico, creando un efecto de succión que dificulta el avance de los caballos y personas.

Es importante destacar que, durante la temporada de verano, los caminos suelen ser viables para el tráfico vehicular, conforme al eje vial existente. Sin embargo, para acceder a puntos secundarios, la falta de senderos claros, el crecimiento excesivo de vegetación y la presencia de animales como serpientes han requerido la apertura de trochas. El suelo lodoso también dificulta la caminata, ya que genera un efecto de succión en los pies.

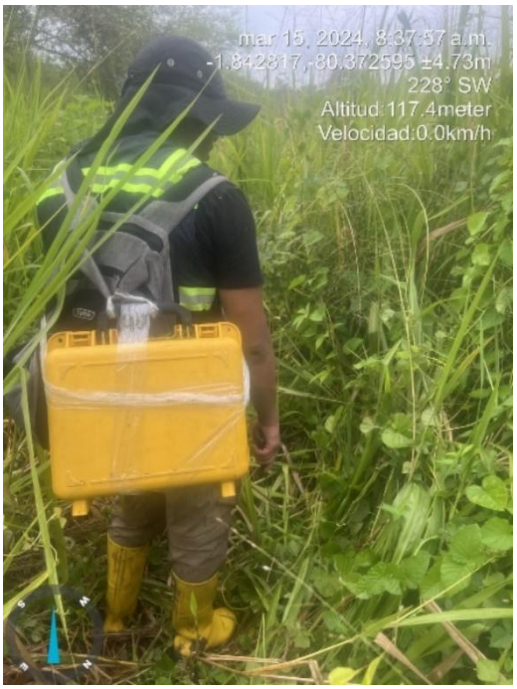
Además de estas dificultades, se deben enfrentar desafíos adicionales como la carga de equipos, el cruce de ríos en condiciones bajas o mediante puentes colgantes en ciertos puntos, así como el atravesamiento de pantanos, lodazales y vegetación espinosa, lo que requiere precaución y un paso seguro. Las caminatas a pie de hasta 5 km son comunes para llegar a ciertos puntos secundarios y puntos de vuelo, lo que añade un elemento adicional de dificultad logística como se indica en las fotografías: Fotografía 3-2, Fotografía 3-3, Fotografía 3-4, Fotografía 3-5 y Fotografía 3-6.

Por último, los altos niveles de radiación y/o nubosidad pueden interferir con la conexión de los equipos RTK.



*Fotografía 3-2 Condiciones de suelo de difícil acceso a pie*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*




*Fotografía 3-3 Densidad de vegetación en camino hacia uno de los puntos de control de vuelo*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*



*Fotografía 3-4 Ingreso en caballo hacia la zona posterior al río*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*




*Fotografía 3-5 Cruce de un puente peatonal*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*




*Fotografía 3-6 Ingreso a bosque para localización de uno de los puntos de control de vuelo*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.1.4 Amojonamiento y ubicación de GCPs durante la fase de campo

Se estableció la colocación de 6 mojones con características normadas para los puntos primarios y se colocó estacas en los puntos de control secundarios.

Debido al difícil acceso de algunos puntos de control, se procedió a modificar la ubicación de los mismos, tomando en cuenta que se cumpla con la triangulación y distribución adecuada.

Los factores para el cambio de su ubicación fueron:

- Baja accesibilidad.
- Alta cobertura vegetal primaria.
- Zonas pantanosas.
- Zonas con poca señal GPS.

Considerando estos factores, se procedió a seleccionar 6 primarios y 8 secundarios de La VÍA VILLAO – PARAISO.

El resto de los puntos de control (GCP) por fuera de la red geodésica, fueron ubicados con el uso de la metodología RTK, y aprobados en sitio en cuanto a su ubicación, materialización y posterior medición de una coordenada con GPS Diferencial Geodésico (Precisión de 0.50 m).

### 3.1.5 Mediciones en método de posicionamiento estático

#### 3.1.5.1 Marco geodésico de referencia horizontal

De acuerdo con la resolución No. IGM-2016-005-e-1, el marco geodésico de referencia horizontal utilizado en este proyecto es el materializado por la REGME en su mediante ITRF2008, época 2016.44 (datum SIRGAS-ECUADOR), coordenadas post-sísmicas (IGM, 2016).

En términos prácticos se consideran equivalentes los sistemas ITRF2008 y WGS84; así como sus elipsoides de referencia GRS80 y WGS84, respectivamente como se menciona en la resolución No. 2019-037-IGM-JUR (IGM, 2019).

La Tabla 3-1, detalla los parámetros utilizados por el marco geodésico de referencia horizontal utilizado para la construcción la red geodésica del proyecto.

*Tabla 3-1 Parámetros del marco de referencia Postsísmico oficial para el Ecuador*

*Fuente: Resolución IGM-2016-005-e-1*

| | |
|---|---|
| **DATUM GEOCÉNTRICO** | ITRF2008 (WGS84) |
| **ÉPOCA DE REFERENCIA** | 2016,43 (7 de junio de 2016) |
| **ELIPSOIDE DE REFERENCIA** | GRS80 (WGS84) |
| **SEMIEJE MAYOR** | 6378137 |
| **ACHATAMIENTO POLAR** | 1/298.257222101 |
| **SEMANA GPS** | 1900 (DOY 157 - 163) |

Las estaciones REGME utilizadas para el ajuste de la red interna de la VÍA VILLAO - PARAISO son JNEC (Figura 3-2) y GQEC (Figura 3-3) con sus respectivas coordenadas postsísmicas.



**Coordenadas ITRF2008:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Latitud.....:** | 1° 33' 08.7209" S | **X.....:** | 1060551.772 m. |
| **Longitud.....:** | 80° 25' 30.5142" W | **Y.....:** | -6287135.913 m. |
| **Altitud elipsoidal:** | 147.046 m. | **Z.....:** | -171641.394 m. |
| **Este UTM.....:** | 563944.966 m. | **Altitud sobre el nivel medio del mar:** | |
| **Norte UTM.....:** | 9828401.560 m. | | |
| **Zona.....:** | 17 Sur | **Época de referencia:** | 2016.4 |

*Figura 3-2 Estación JNEC con Coordenadas Postsísmicas ITRF08.*

*Fuente: IGM*



| Coordenadas ITRF2008: | | | |
|---|---|---|---|
| Latitud.....: | 2° 10' 02.5873" S | X.....: | 1120058.127 m. |
| Longitud.....: | 79° 52' 43.2367" W | Y.....: | -6274444.466 m. |
| Altitud elipsoidal: | 27.284 m. | Z.....: | -239602.095 m. |
| Este UTM.....: | 624694.515 m. | Altitud sobre el nivel medio del mar: | |
| Norte UTM.....: | 9760391.497m. | | |
| Zona.....: | 17 Sur | Época de referencia: | 2016.4 |

*Figura 3-3 Estación GQEC con Coordenadas Postsísmicas ITRF08.*

*Fuente: IGM*

Estas estaciones fueron consideradas en vista de que son las que se encuentran más próximas y disponibles a la zona del proyecto (Figura 3-4).

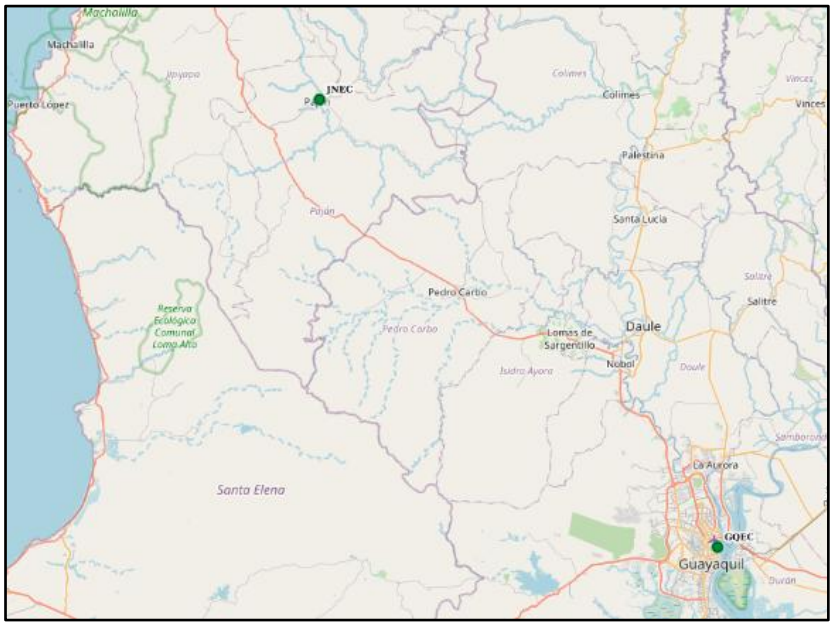



*Figura 3-4 Ubicación Estaciones JNEC y GQEC (Puntos y Polígonos verdes) con respecto al proyecto (Polígono Rojo).*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.1.5.2 Marco geodésico de referencia vertical

En Ecuador todas las alturas deben estar referidas al nivel medio del mar, materializado por las placas de control vertical generadas a partir de la nivelación geométrica y trigonométrica desde el mareógrafo de la Libertad. Sin embargo, existen otras posibilidades a parte de la nivelación, las cuales permiten tener un aproximado de la referencia vertical mediante la utilización de modelos geoidales y su relación con la altura elipsoidal (Figura 3-5).

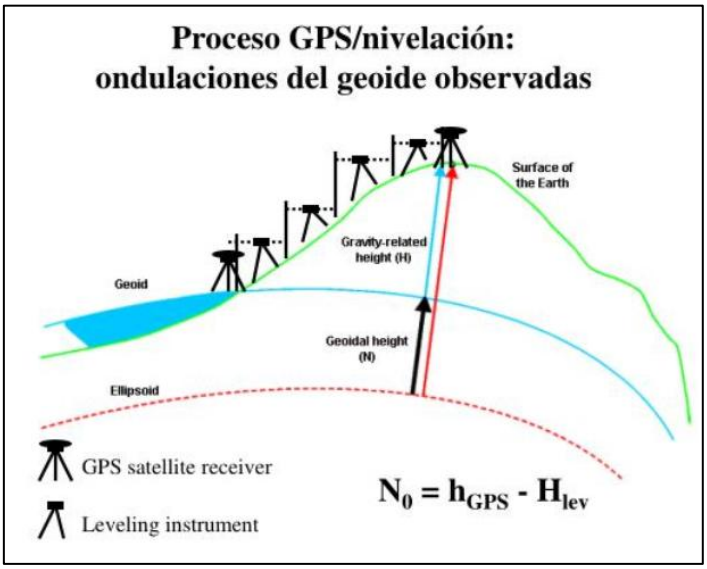



*Figura 3-5 Relación entre altura elipsoidal (h) y altura ortométrica (H)*

*Fuente: The Iberian Gravimetric Geoid, 2005*

Se mencionó por parte del administrador de contrato durante las reuniones previas a inicios del proyecto (KOM), que existía una red geodésica como parte de inicio de la sísmica Llumpak 2013 (Área Pindo y Palanda), la cual debía ser evaluada y verificada para determinar qué tipo de modelo geoidal utilizó para la determinación de sus alturas ortométricas y posible utilización dentro de la determinación de las coordenadas de la red geodésica. Sin embargo, se mencionó en el KOM que considerando que los hitos de la sísmica Llumpak se encontraban fuera del área de acción de la VÍA VILLAO - PARAISO, y siendo de un año anterior al evento sísmico de 2016, no se podría extrapolar el modelo geoidal de esa sísmica para determinar las alturas ortométricas de la VÍA VILLAO - PARAISO.

De esta manera en este proyecto se utilizaron las alturas elipsoidales generadas en el posicionamiento GNSS y el modelo geopotencial EGM96 para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar o alturas ortométricas, mediante la siguiente ecuación:

$$H = h - \eta$$

Donde:

h es la altura elipsoidal obtenida mediante posicionamiento GPS,

H es la altura sobre el nivel medio del mar,

ŋ es la ondulación geoidal del modelo geopotencial EGM96 con un desarrollo armónico del potencial perturbador hasta el grado y orden igual a 360 (n=m=360).

### 3.1.5.3 Sistema cartográfico de representación

El sistema de representación cartográfica utilizado en este proyecto es la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), determinado bajo los siguientes parámetros:

*Tabla 3-2 Parámetros de sistema cartográfico UTM*

*Fuente: Spatial Reference EPSG 32717, 1995*

| PARÁMETROS | REFERENCIAS |
|---|---|
| **Coordenadas** | (Este y Norte - metros) |
| **Elipsoide de Referencia** | Mundial |
| **Datum** | World Geodetic System 1984 (WGS84) |
| **Proyección Cartográfica** | Universal Transversa de Mercator UTM |
| **Zona Cartográfica** | Zona 17 Sur |
| **Meridiano Central** | W -81° 00´ 00´´ |
| **Factor de escala** | 0.9996 |
| **Origen de las latitudes** | N 00° 00´ 00´´ |
| **Falso Este** | 500000 m |
| **Falso Norte** | 10000000 m |

### 3.1.5.4 Diseño de red

Para el diseño de la red geodésica de la VÍA VILLAO - PARAISO, se consideró los requerimientos estipulados dentro de los términos de referencia y del contrato, donde se menciona:

- Con base en los mojones construidos definir 6 puntos de control primarios y 8 secundarios a ser usados en la red geodésica interna.

Se ha buscado que los 6 mojones cubran en su mayoría la extensión de la vía, teniendo en cuenta los parámetros técnicos cartográficos mencionados en los literales 3.1.5.1, 3.1.5.2 y 3.1.5.3 necesarios para definir el sistema de coordenadas y alta precisión de la red geodésica.

En cuanto al resto de puntos de control que no forman parte de la red, estos servirán de puntos geodésicos de precisión realizado con equipo diferencial para otros fines a futuro en la operación de la vía o de la misma manera podrían formar en un futuro cuando sus condiciones cambien como parte de un nuevo ajuste de la red geodésica.

### 3.1.5.5 Reconocimiento y materialización de puntos de control geodésico

Durante la fase de campo se realizó la materialización de los puntos de control primarios y secundarios, de los cuales se tomaron 6 primarios y 8 secundarios para la elaboración de la red geodésica. Para este objetivo se tomó en cuenta 6 puntos de control primario ubicados a lo largo de la vía VILLAO - PARAISO y 8 secundarios colocados para la triangulación con lo puntos primarios. Adicional, se buscó cumplir en lo posible con las siguientes características indispensables para la elaboración de una red geodésica con

la aprobación en la construcción in situ por parte del equipo de fiscalización de la prefectura ciudadana del Guayas:

- Cielo despejado sobre los 10° - 15° desde el horizonte.
- Evitar la existencia de superficies reflectantes a menos de 50 metros del vértice, tales como espejos de agua, techos planos metálicos o recubiertos de materiales reflectantes.
- Fácil accesibilidad y perduración en el tiempo.
- Evitar la presencia cercana de líneas de transmisión de energía de alta tensión o antenas de equipos de comunicación.
- Evitar en lo posible terrenos susceptibles a erosión, deslizamientos, hundimientos o inundaciones.
- Autorización de los dueños de los predios, en el caso de ubicar los puntos en propiedad privada.

La materialización de los puntos que conforman la red geodésica se realizó a través de hitos de hormigón, para la construcción de la monumentación se excava un hueco circular de aproximadamente 15 cm de diámetro a una profundidad de 30 cm. Posteriormente se coloca, se asegura y nivela el cilindro de hormigón en los puntos principales y secundarios en el terreno, tal como se presenta en la Figura 3-6.




*Figura 3-6 Ubicación de uno de los mojones en el terreno*
*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Para realizar marcas claramente identificables para los puntos de control para el vuelo de dron, se colocaron cintas de peligro en forma de equis cubriendo una estaca, tal como se presenta en la Fotografía 3-7.




*Fotografía 3-7 Colocación de estaca y cinta de peligro en punto de control.*
*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.1.5.6 Medición GNSS de puntos de control geodésico

Para la determinación de las mediciones GNSS de los 6 puntos primarios de la Red Geodésica Interna de la VÍA VILLAO - PARAISO, se realizó el método de posicionamiento satelital estático diferencial con postproceso (Instituto Geográfico Militar, 2006). La observación de los puntos de la red fue determinada considerando las especificaciones técnicas del IGM para lo que corresponde a tiempos de vectores entre bases (Instituto Geográfico Militar, 2019), así se determinaron 4 sesiones (Tabla 4) con 5 equipos receptores GNSS diferencial multifrecuencia midiendo en simultáneo, acorde al cronograma aprobado por la administración de contrato y fiscalización por parte de la Prefectura Ciudadana del Guayas.

Considerando las sesiones GNSS (Tabla 3-3) y con el objeto de poder anexar toda la red a la REGME IGM, se consideraron dos etapas de procesamiento:

- En la primera etapa, se determinaron dos puntos de control, VÍA VILLAO - PARAISO, a partir de las estaciones “JNEC” y “GQEC” de la REGME, a través

de dos sesiones GPS (GNSS) independientes, utilizando 4 receptores GPS-GNSS doble frecuencia L1/L2 (dos estaciones de la REGME y dos equipos GPS GNSS, de tal forma que se garantice la obtención de la suficiente información para el ajuste final de los vectores generados.

*Tabla 3-3 Planificación de Sesiones GNSS*

| **Red Geodésica** | | | |
|---|---|---|---|
| **Sesión 1 (11/03/2024) - Sesión 3 (13/03/2024)** | | | |
| Hito | Inicio | Fin | Equipo GNSS |
| Km00 | 10:00 | 16:30 | GPS 1 |
| Km05 | 10:00 | 13:30 | GPS 2 |
| Km10 | 10:00 | 13:30 | GPS 3 |
| Km15 | 09:00 | 13:30 | GPS 4 |
| Km20 | 09:00 | 13:30 | GPS 5 |
| **Sesión 2 (12/03/2024) - Sesión 4 (14/03/2024)** | | | |
| Hito | Inicio | Fin | Equipo GNSS |
| Km10 | 09:00 | 16:30 | GPS 1 |
| Km15 | 09:00 | 14:30 | GPS 2 |
| Km20 | 13:00 | 16:30 | GPS 3 |
| Km22 | 14:00 | 17:00 | GPS 4 |
| **Sesión 5 (15/03/2024) - Sesión 6 (16/03/2024)** | | | |
| Hito | Inicio | Fin | Equipo GNSS |
| Km10 | 09:00 | 16:30 | GPS 1 |
| Km15 | 09:00 | 14:30 | GPS 2 |

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*




*Fotografía 3-8 Toma de Datos GNSS Puntos de control primario VÍA VILLAO – PARAISO.*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

- Considerando los parámetros técnicos requeridos por el IGM para el tiempo de

recepción en función a la distancia de la línea base de los vectores en las sesiones GPS GNSS, estos están en su línea base más extrema a una distancia de 35 km para la estación JNEC y de 62 km para estación GQEC, así se debería considerar por lo menos un tiempo de rastreo de 3:00 horas. Sin embargo, estos fueron rastreados por un tiempo de duración de hasta 8:00 horas (Figura 3-7).

| Tiempo de Observación GPS | | | |
|---|---|---|---|
| **Distancia (km)** | **Minutos** | **Horas** | **Minutos** |
| 10 | 50 | 0 | 50 |
| 20 | 70 | 1 | 10 |
| 30 | 90 | 1 | 30 |
| 40 | 110 | 1 | 50 |
| 50 | 130 | 2 | 10 |
| 60 | 150 | 2 | 30 |
| 70 | 170 | 2 | 50 |
| 80 | 190 | 3 | 10 |
| 90 | 210 | 3 | 30 |
| 100 | 230 | 3 | 50 |
| 120 | 270 | 4 | 30 |
| 140 | 310 | 5 | 10 |
| 160 | 350 | 5 | 50 |
| 180 | 390 | 6 | 30 |
| 200 | 430 | 7 | 10 |

La fórmula para calcular el tiempo de observación GPS = 30minutos + (2minutos * Distancia en km)

*Figura 3-7 Tiempos de rastreo.*

*Fuente: IGM*

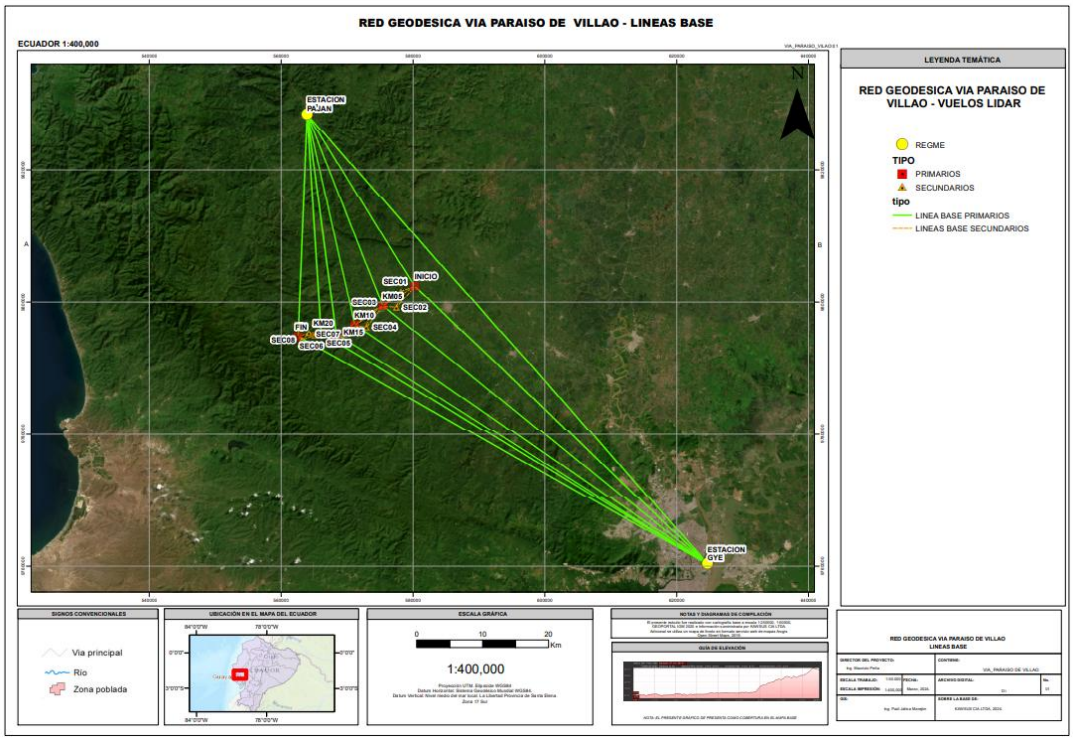



*Figura 3-8 Vectores generados puntos REGME IGM – Puntos de control primarios*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

- Posteriormente se realizó una segunda etapa donde se determinaron los otros 8 vértices de la red interna de la vía, desde los puntos determinados en la primera etapa, a través de sesiones satelitales independientes de mínimo 50 minutos cada una, utilizando 5 receptores GNSS, de tal manera que se garanticen la obtención de la suficiente información para el ajuste final de los vectores de la red geodésica observada. En total se realizaron 4 sesiones de observación acorde a la Tabla 3-3. De la misma manera, considerando los parámetros técnicos requeridos por el IGM para el tiempo de recepción en función a la distancia de la línea base de los vectores en las sesiones GPS GNSS, estos están en su línea base más extrema a una distancia de 40 km, así se debería considerar por lo menos un tiempo de rastreo de 1:50 horas. Sin embargo, estos fueron rastreados por un tiempo de duración de 2:00 horas como mínimo respectivamente.

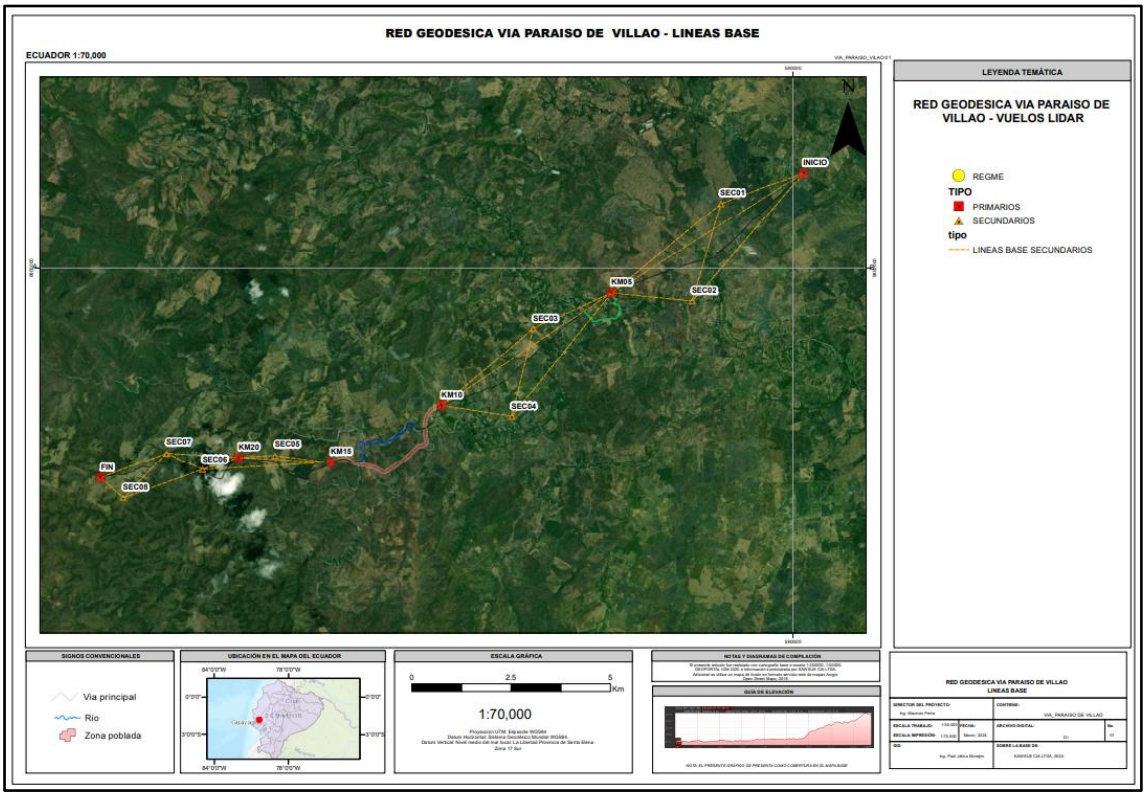



*Figura 3-9 Vectores generados Red Geodésica Interna*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

En la fase de observación GPS GNSS se tomaron en cuenta los siguientes aspectos (Tabla 3-4):

*Tabla 3-4 Aspectos para la obtención de datos GPS.*

| | |
|---|---|
| **Ángulo de enmascaramiento** | 10° |

| | |
|---|---|
| **Nº satélites mínimos enganchados** | 5 |
| **PDOP** | < 6 |
| **Intervalo de grabación** | 1 seg. |
| **Tipo de posicionamiento** | Estático diferencial |
| **Tiempo de observación** | de 1 a 8 horas |

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Cabe recalcar también que se consideraron ciertos aspectos importantes para la medición de cada una de las sesiones GPS GNSS y sus puntos de control en campo, los cuales se detallan a continuación:

- Correcto nivelado y centrado de la antena sobre el punto, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico del punto a determinarse.
- Correcta orientación de la antena, de forma que señale el norte magnético.
- Correcto llenado del formulario de campo según formato IGM, tomando especial cuidado en el registro de la altura de la antena, así como características de elementos cercanos al punto de control.

### 3.1.6 Procesamiento y ajuste de información

Para realizar los trabajos de procesamiento y ajuste de la información GPS GNSS capturada en campo se utilizó el software Trimble Business Center (TBC), versión 3.50, el cual mediante los siguientes módulos permitió el procesamiento y ajuste correcto de los vectores para obtención final de las coordenadas de cada uno de los hitos.

- Módulo de procesamiento de líneas base: una vez que se haya importado e ingresado los datos GNSS en formato RINEX, se procesan las líneas base con el fin de determinar y usar las coordenadas de más alta calidad para cada punto del proyecto. De esta manera, el procesador de líneas base busca ubicar los tiempos de ocupación entre mediciones. Así, si se determina que una superposición es lo suficientemente larga, procesa la línea base y crea un vector. Posterior a eso, el módulo calcula la media de las coordenadas para cada ocupación individual. Mientras más dure la ocupación, más segura será la solución (coordenada).
- Módulo de ajuste de red: realiza un ajuste de mínimos cuadrados de los vectores GPS procesados. La finalidad del ajuste es estimar y eliminar los errores aleatorios, proporcionar una solución única cuando haya datos redundantes, reducir al mínimo las correcciones que haya que hacer a las observaciones, detectar errores de precisión y generar información que

permitan el análisis del ajuste de la red geodésica. Para poder considerar una red dentro de su objetivo que es la máxima precisión se busca que la misma establezcan establecen un error medio que no supere en la Componente Horizontal los 5 cm (Instituto Geográfico Militar, 2019).

## 3.2 Topografía de detalle

### 3.2.1 Levantamiento LiDAR de zona de inundación

El levantamiento LiDAR en la zona de inundación se realizó con el objetivo de obtener un modelo digital del terreno (MDT) y un modelo digital de superficie (MDS) precisos, que permitan analizar las características del área y planificar adecuadamente las obras de mitigación y drenaje. Esta actividad es crucial para garantizar la exactitud de los datos topográficos y su integración con la red geodésica del proyecto.

#### 3.2.1.1 Colocación de puntos de control

Para asegurar la precisión del levantamiento LiDAR, se colocaron puntos de control geodésico en base a la red geodésica establecida previamente.

Se seleccionaron ubicaciones dentro de la zona de inundación para la colocación de puntos de control. Estos puntos se distribuyeron de manera que cubrieran toda el área de interés, garantizando una referencia geodésica precisa. Los puntos de control fueron materializados con estacas y marcas para que sean visibles en el vuelo.

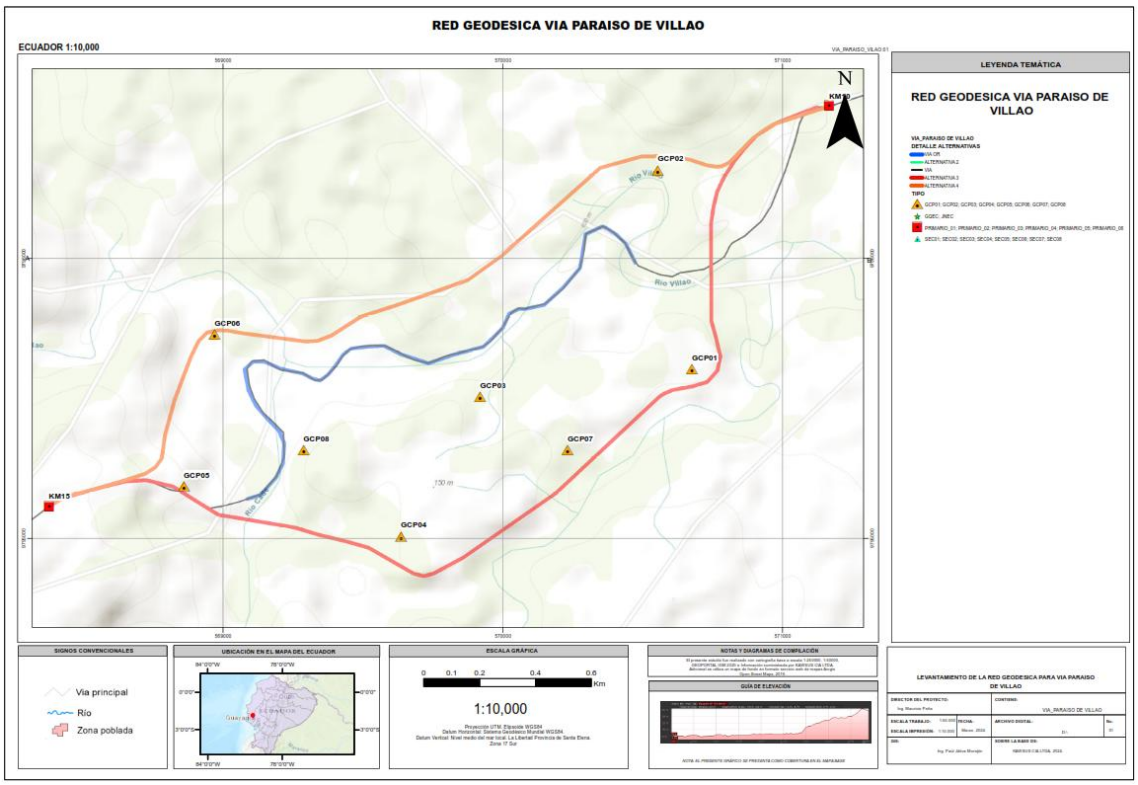
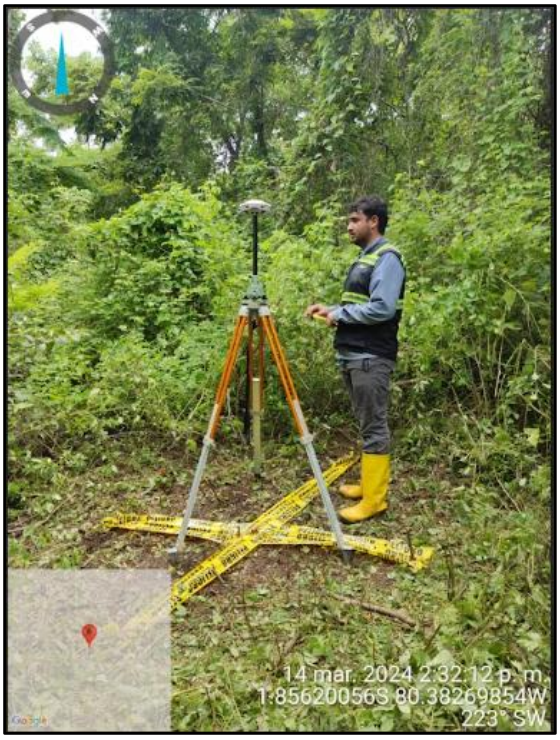



*Figura 3-10 Ubicación de los puntos de control para el vuelo en la zona de inundación*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*




*Fotografía 3-9 Toma de Datos GNSS punto de control VÍA VILLAO - PARAISO*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.2.1.2 Levantamiento del polígono de vuelo

Una vez establecidos los puntos de control, se procedió a definir los polígonos de vuelo para el levantamiento LiDAR, los cuales se definieron en función de la extensión de la zona de inundación, además se determinó una altura de vuelo adecuada para obtener una resolución óptima de los datos LiDAR.

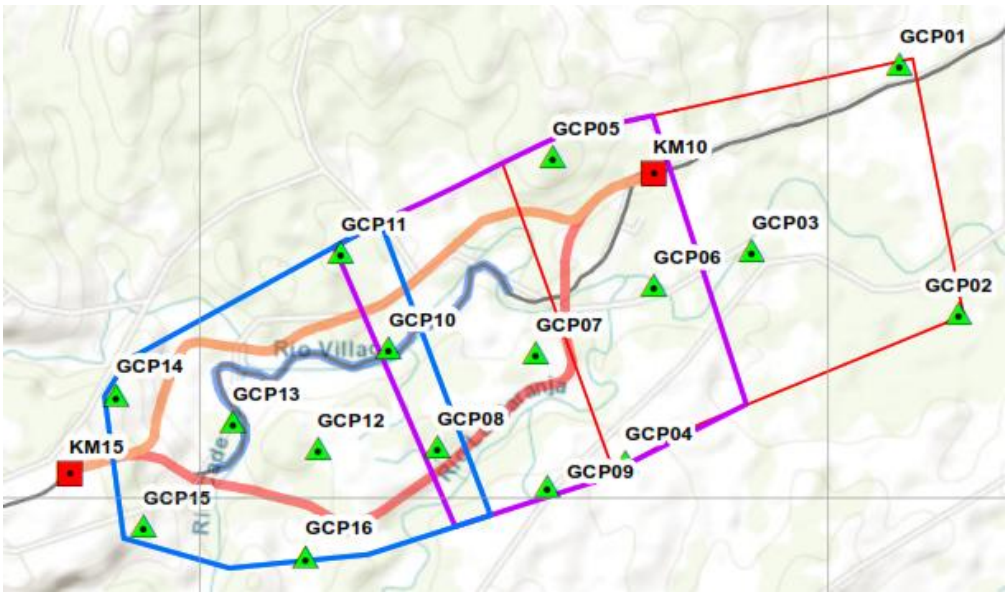



*Figura 3-11. Polígonos de vuelo en zona de inundación*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Tras la captura de datos, se procedió al procesamiento de los mismos para generar los productos topográficos necesarios. Utilizando software (DJI Terra), se procesaron los datos LiDAR para generar el modelo digital del terreno (MDT) y el modelo digital de superficie (MDS). Estos modelos se ajustaron utilizando los puntos de control establecidos para asegurar su precisión. Los modelos MDT y MDS fueron integrados con la red geodésica del proyecto, permitiendo una representación coherente y precisa del área de estudio.

### 3.2.2 Monumentación de BMs para topografía de detalle

La primera fase del levantamiento topográfico de detalle consistió en la monumentación de los Benchmarks (BMs). Estos puntos de control geodésico fueron establecidos a lo largo del eje vial del proyecto para proporcionar una base para todas las actividades topográficas posteriores. Se instalaron BMs permanentes utilizando monumentos de hormigón, garantizando su durabilidad y visibilidad para las mediciones subsecuentes.

Se seleccionaron ubicaciones estratégicas a lo largo del eje vial para la colocación de los BMs. Cada BM fue materializado con pirámides truncadas de 70 cm de alto y 20x20

cm y 25x25 cm de base, sobresaliendo este 20 cm de la rasante del lugar en donde se ubicaron y finalmente fueron pintados de color rojo.

Cada BM fue identificado con una placa de aluminio indicando su número de referencia como se muestra en la Fotografía 3-10, y para cada uno de estos se preparó su respectiva monografía.

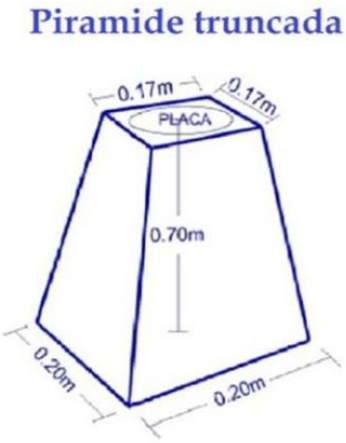



*Figura 3-12. Esquema de geometría de hitos a construirse*



*Fotografía 3-10. Hitos construidos en campo*
*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.2.3 Monitoreo de BMs

Para asegurar la precisión de los datos geodésicos, se monitorearon tres puntos de control geodésico (BMs) principales utilizando el método de rastreo estático. Estos puntos fueron ubicados en las siguientes coordenadas: KM00, KM05 y KM10. Las mediciones en estos puntos se realizaron mediante equipos GNSS de alta precisión en sesiones de rastreo estático, garantizando la obtención de datos de alta calidad.

Se realizaron sesiones de rastreo estático de 4 horas en cada uno de los tres puntos principales. Los datos GNSS fueron procesados y ajustados utilizando el software Trimble Business Center.



*Fotografía 3-11. Rastreo con método estático punto KM00*
*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Posteriormente, se procedió a la instalación y posicionamiento de los demás BMs (un total de 44 puntos, con dos puntos por kilómetro) utilizando la metodología RTK (Real-Time Kinematic) como punto de control observado con una duración del rastreo de 300 segundos. Este método permitió un posicionamiento rápido y preciso de los puntos secundarios a partir de los monitoreados y procesados con método estático.



*Fotografía 3-12. Rastreo de BMs mediante método RTK*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.2.4 Nivelación topográfica

La nivelación topográfica se llevó a cabo con el objetivo de obtener mediciones precisas y detalladas de elevación a lo largo del eje del proyecto vial. Mediante este proceso es posible identificar las variaciones de elevación y proporcionar una base más detallada para el diseño geométrico definitivo y construcción de la infraestructura vial.

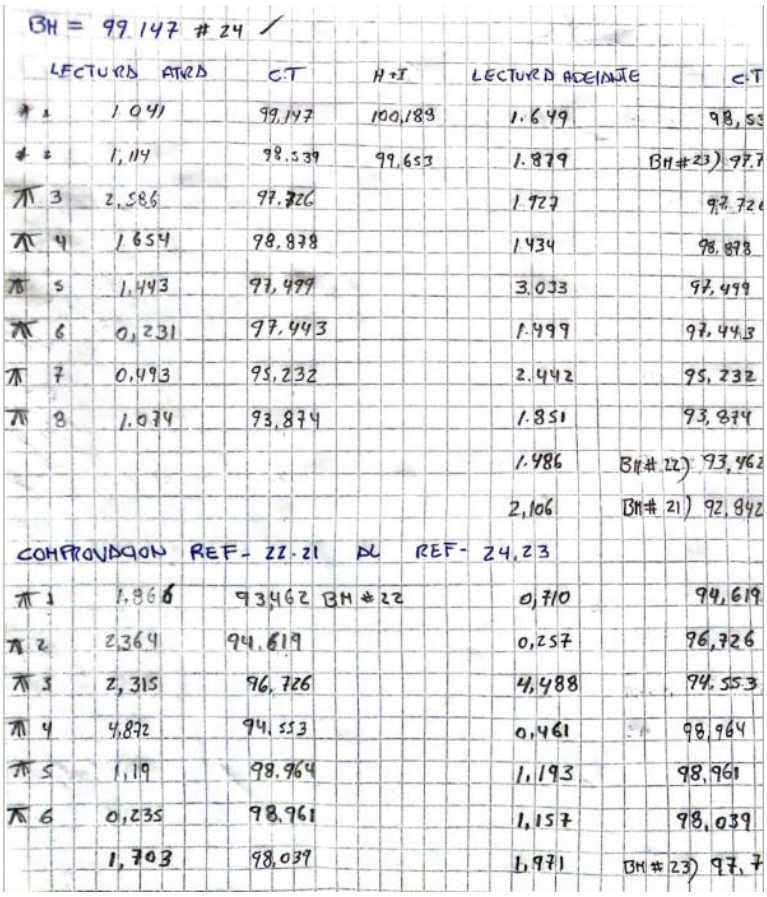
Se utilizaron niveles automáticos de alta precisión para las mediciones de elevación. Estos equipos permiten obtener lecturas exactas y confiables, esenciales para el proceso de nivelación. Junto a este nivel se emplearon miras graduadas de aluminio, que proporcionan una escala precisa para las lecturas de elevación. Estas miras fueron colocadas en puntos específicos del terreno para medir las diferencias de altura.




*Fotografía 3-13. Nivelación en campo*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Las miras graduadas se colocaron en los puntos seleccionados a lo largo del eje vial y en las franjas laterales. Se aseguraron de estar verticalmente alineadas para obtener lecturas precisas. Los niveles automáticos se posicionaron en lugares estratégicos donde podían ver claramente las miras graduadas. Se realizaron lecturas directas de las diferencias de altura entre los puntos establecidos. Estas lecturas permitieron calcular la elevación relativa de cada punto con respecto a los BMs. La nivelación se realizó en circuitos cerrados cada kilómetro, asegurando la precisión y consistencia de las mediciones. Cada circuito fue cerrado y verificado para minimizar errores acumulados. Estos circuitos fueron aprobados y auditados por el especialista en topografía de la Prefectura del Guayas. En la Figura 3-13 se presenta un segmento de las libretas de nivelación en campo.



BM = 99.147 # 24

| | LECTURA ATRÁS | C.T | H.I | LECTURA ADELANTE | C.T |
|---|---|---|---|---|---|
| # 1 | 1.041 | 99.147 | 100.189 | 1.649 | 98.53 |
| # 2 | 1.114 | 98.539 | 99.653 | 1.879 | BM#23) 97.7 |
| 3 | 2.586 | 97.326 | | 1.927 | 97.726 |
| 4 | 1.654 | 98.878 | | 1.434 | 98.878 |
| 5 | 1.443 | 97.499 | | 3.033 | 97.499 |
| 6 | 0.231 | 97.443 | | 1.499 | 97.443 |
| 7 | 0.493 | 95.232 | | 2.442 | 95.232 |
| 8 | 1.074 | 93.874 | | 1.851 | 93.874 |
| | | | | 1.486 | BM#22) 93.462 |
| | | | | 2.106 | BM# 21) 92.842 |

COMPROVACION REF- 22-21 AL REF- 24,23

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.866 | 93462 BM#22 | | 0,710 | 94.619 |
| 2 | 2.364 | 94.619 | | 0,257 | 96,726 |
| 3 | 2, 315 | 96, 726 | | 4,488 | 94. 553 |
| 4 | 4,872 | 94. 553 | | 0,461 | 98,964 |
| 5 | 1,19 | 98.964 | | 1,193 | 98,961 |
| 6 | 0,235 | 98.961 | | 1,157 | 98,039 |
| | 1,703 | 98,039 | | 1,971 | BM#23) 97,7 |

*Figura 3-13. Segmento de libreta de nivelación en campo*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.2.5 Levantamiento de franjas topográficas en el eje de la vía

El levantamiento de franjas topográficas se realizó a lo largo del eje de la vía del proyecto en base al diseño geométrico preliminar para obtener una representación detallada de la morfología del terreno y proporcionar datos precisos para el diseño de la infraestructura vial. A continuación, se describe la metodología empleada en esta etapa del proyecto.

Para esta etapa se utilizaron estaciones y receptores GNSS de doble frecuencia para realizar el levantamiento topográfico con alta precisión.

Se realizó una planificación del levantamiento topográfico, definiendo los tramos del eje vial a cubrir y las franjas de terreno de 25 m a ambos lados del eje central. Se establecieron intervalos de 20 metros en rectas y de 10 metros en curvas, entre cada franja de medición para asegurar una cobertura completa y uniforme (Figura 3-14).




*Figura 3-14. Planificación de franjas topográficas en el eje de la vía*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Los BMs previamente establecidos y posicionados con RTK, se configuraron los puntos de control para el levantamiento. Estos puntos sirvieron como referencia para todas las mediciones topográficas.

Los datos recolectados en campo fueron transferidos a Civil 3D para crear modelos tridimensionales del terreno. Estos modelos mostraron la morfología detallada de la superficie, incluyendo elevaciones y depresiones, además se generaron curvas de nivel con una equidistancia de 1 metro.



*Fotografía 3-14. Levantamiento de franjas topográficas*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 3.2.6 Levantamiento de franjas topográficas para batimetrías en ríos y alcantarillas

El levantamiento de franjas para batimetrías en ríos y alcantarillas se llevó a cabo con el objetivo de obtener datos sobre la profundidad y el perfil del lecho de los cuerpos de agua dentro del área del proyecto. Esta información es importante para el diseño de estructuras de drenaje y la planificación de obras hidráulicas.

Al igual que para las franjas topografías del eje de la vía se utilizó RTK para la georreferenciación en tiempo real, basada en los BMs nivelados previamente.

Se planificaron las franjas de levantamiento batimétrico en los cuerpos de agua identificados dentro del área del proyecto. En los sitios con estructuras de drenaje menor y en aquellos con cuencas definidas y cruce de corrientes de agua, se realizó un levantamiento batimétrico de 400 m, distribuidos en 200 m aguas arriba y 200 m aguas abajo. Se tomaron secciones transversales cada 20 m, extendiéndose hasta 10 m más allá del borde del cauce y a un nivel superior al de aguas máximas.

Específicamente, para los puentes, el levantamiento batimétrico detallado abarca una longitud mínima de 1200 metros aguas arriba y 1200 metros aguas abajo de la ubicación del puente. Desde el borde visible de las riberas hacia tierra firme, se levantó una franja de mínimo 300 m a cada lado de las orillas del río en la misma longitud que la batimetría, de acuerdo con las indicaciones del Administrador del Contrato o el supervisor.

Se generaron perfiles batimétricos detallados que muestran la profundidad y el contorno del lecho del cuerpo de agua. Estos perfiles son esenciales para el diseño de estructuras hidráulicas y de drenaje.



*Fotografía 3-15. Medición de estructuras hidráulicas menores existentes*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*



*Fotografía 3-16. Realización de batimetrías en puentes*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

# 4. EQUIPOS INSTRUMENTAL GEODÉSICO UTILIZADO

## 4.1 Equipos GNSS

Para la toma de datos en campo se utilizaron 6 equipos GNSS, 3 equipos de marca GREENVALLEY, 2 equipos de marca SINNO y 1 equipo de marca SOUTH. A continuación, se resumen las principales características de los equipos empleados

*Tabla 4-1 Resumen de características de equipos empleados.*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

| MARCA | SOUTH | GREENVALLEY | SINNO |
|---|---|---|---|
| **MODELO** | GALAXY G1 | LIBASE | T300 PLUS |
| **# CANALES** | 40 | 555 | 120 |
| **CANALES DE RASTREO** | 20 GPS L1+L2 (GD), GPS L1 + GLONASS (GG), 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD) | GPS (L1, L2, L2C, L5), GLONASS (L1, L2, L3), BeiDou (B1, B2, B32), Galileo (E1, E5a, E5b, Alt-BOC, E62), QZSS3, NavIC L53, SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN), L-band | GPS (L1, L2, L2C, L5), GLONASS: (L1, L2), Galileo (Test), (GIOVE-A, GIOVE-B), Galileo (E1, E5a, E5b, Alt-BOC), BeiDou (B1, B2), SBAS (WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS, QZSS) |
| **PRECISIÓN** | H: 3 mm + 0.5 ppm | H: 3 mm +0.1 ppm | H: 3 mm + 0.1 ppm |
| | V: 5 mm + 0.5 ppm | V: 3.5 mm + 0.4 ppm | V: 3.5 mm + 0.4 ppm |
| **COMUNICACIÓN** | Bluetooth® | Bluetooth® | Bluetooth® |
| **BATERIA** | 14 horas | 10 horas | 10 horas |
| **TEMPERATURA DE OPERACIÓN** | -30ºC a 60ºC | -40ºC a 65ºC | -40ºC a 65ºC |




*Figura 4-1 Sistema SINO GNSS T300 PLUS*

*Fuente: COMNAV*




*Figura 4-2 Sistema SOUTH GNSS GALAXY G1*

*Fuente: SOUTH*



*Figura 4-3 Green Valley LIBASE*

*Fuente: GREENVALLEY*

## 4.2 Equipos para levantamiento LiDAR

Para el estudio está provisto: Equipo LiDAR DJI ZENMUSE L1. A continuación, se detallan los equipos utilizados en para el levantamiento, los cuales constan en el siguiente listado:

- Equipo LiDAR DJI ZENMUSE L1.
- Dron Matrice M300

### 4.2.1 Equipo LiDAR

El sistema DJI ZENMUSE L1, tiene como especificaciones técnicas:

- **Especificaciones generales**

*Tabla 4-2 Especificaciones generales*

*Fuente: DJI*

| | |
|---|---|
| Nombre del producto | ZENMUSE L1 |
| Dimensiones | 152 × 110 × 169 mm |
| Peso | 930 ± 10 g |
| Potencia | Valor medio: 30 W; máx.: 60 W |
| Protección IP | IP54 |
| Aeronaves compatibles | Matrice 300 RTK |
| Rango de temperatura de funcionamiento | De –20 a 50 °C (de –4 a 122 °F)<br>Al usar la cámara de mapeo RGB: de 0 a 50 °C (de 32 a 122 °F) |
| Rango de temperatura de almacenamiento | De –20 a 60 °C (de –4 a 140 °F) |

- **Especificaciones del sistema LiDAR**

*Tabla 4-3 Especificaciones del sistema LiDAR*

*Fuente: DJI*

| | |
|---|---|
| **Rendimiento del sistema** | |
| Alcance de detección | 450 m a una reflectividad del 80 %, 0 klx<br>190 m a una reflectividad del 10 %, 100 klx |
| Frecuencia de puntos | Retorno único: Máx. 240 000 pts/s<br>Retorno múltiple: Máx. 480 000 pts/s |
| Precisión del sistema (RMS 1σ)* | Horizontal: 10 cm a 50 m<br>Vertical: 5 cm a 50 m |
| Codificación de colores de nube de puntos en tiempo real | Reflectividad, altitud, distancia, RGB |
| **LiDAR** | |
| Longitud de onda del láser | 905 nm |
| Divergencia del rayo | 0.03° (horizontal) × 0.28° (vertical) |
| Precisión de alcance (RMS 1σ)** | 3 cm a 100 m |
| Devoluciones máximas admitidas | 3 |
| Modos de escaneo | Patrón de escaneo no repetitivo, Patrón de escaneo repetitivo |
| Campo de visión (FOV) | Patrón de escaneo no repetitivo: 70.4° (horizontal) × 77.2° (vertical)<br>Patrón de escaneo repetitivo: 70.4° (horizontal) × 4.5° (vertical) |
| Seguridad del láser | Clase 1 (IEC 60825-1: 2014) (seguridad ocular) |
| **Sistema de navegación inercial** | |
| Frecuencia de actualización de IMU | 200 Hz |
| Rango del acelerómetro | ±8 g |
| Rango del medidor de velocidad angular | ±2000 dps |
| Precisión de guiñada (RMS 1σ)* | Tiempo real: 0.3°; posprocesamiento: 0.15° |
| Precisión de inclinación/rotación (RMS 1σ)* | Tiempo real: 0.05°; posprocesamiento: 0.025° |



*Figura 4-4 Sistema DJI ZENMUSE L1 Fuente: DJI*

*Fuente: DJI*



*Fotografía 4-1 Dron Matrice 300*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

### 4.3 Equipos para nivelación

A continuación, se presenta una tabla descriptiva del nivel automático SOKKIA SDL30 utilizado para la nivelación topográfica del proyecto:

| | |
|---|---|
| **Modelo** | SOKKIA SDL30 |
| **Tipo** | Nivel Automático |
| **Precisión** | ± 1.5 mm/km (nivelación doble) |
| **Aumento** | 28x |
| **Apertura del Objetivo** | 36 mm |
| **Imagen** | Erección |
| **Campo de Visión** | 1°20' (2.3 m a 100 m) |
| **Resolución** | 3.5" (segundos de arco) |
| **Compensador** | Tipo: Péndulo aire amortiguado<br>Tiempo de Estabilización: 1.5 segundos<br>Rango de Operación: ± 15' |
| **Sensibilidad del Nivel Circular** | 10'/2 mm |
| **Distancia Mínima de Foco** | 0.3 m |
| **Rango de Trabajo de Temperatura** | -20°C a +50°C |
| **Peso** | 1.85 kg |
| **Dimensiones** | 215 mm x 135 mm x 145 mm |
| **Fuente de Energía** | Batería interna recargable o alimentación externa |
| **Autonomía de Batería** | Aproximadamente 8 horas de uso continuo |
| **Protección** | IPX4 (resistente a salpicaduras de agua) |




*Figura 4-5 SOKKIA SDL30*
*Fuente: SOKKIA*

# 5. RESULTADOS

## 5.1 Red geodésica

Los resultados de los 12 vectores generados para el enlace de los puntos VÍA VILLAO - PARAISO 7 con las estaciones REGME JNEC y GQEC, arrojan precisiones promedio en horizontal de 0.007 m y vertical de 0.0298 m. Por otro lado, para los 63 vectores de la red interna se generan precisiones promedio en horizontal de 0.015 m y vertical de 0.057 m.

Tanto en la red de enlace con la REGME IGM (Figura 5-1) como en la red interna (Figura 5-2), no se superan los 10 cm en el promedio de error medio de ajuste en horizontal (X, Y). El error medio cuadrático RMSE en horizontal es de 0.0259 m. Las coordenadas finales se muestran en sistema UTM18S WGS84 con altura ortométrica calculada en base al modelo EGM96.

**Adjusted Grid Coordinates**

| Point ID | Easting (Metre) | Easting Error (Metre) | Northing (Metre) | Northing Error (Metre) | Elevation (Metre) | Elevation Error (Metre) | Constraint |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARAZA 7 | 333211.951 | 0.008 | 9995872.842 | 0.006 | 283.168 | 0.022 | |
| CHEC | 186701.383 | ? | 9962455.214 | ? | 1620.582 | ? | LLh |
| FOEC | 278534.581 | ? | 9948758.266 | ? | 269.931 | ? | LLh |
| SAHINO 7 | 355527.586 | 0.010 | 10007632.352 | 0.007 | 240.224 | 0.022 | |

**Adjusted Geodetic Coordinates**

| Point ID | Latitude | Longitude | Height (Metre) | Height Error (Metre) | Constraint |
|---|---|---|---|---|---|
| ARAZA 7 | S0°02'14.37660" | W76°29'55.35715" | 300.284 | 0.022 | |
| CHEC | S0°20'21.36098" | W77°48'52.00031" | 1643.668 | ? | LLh |
| FOEC | S0°27'47.94660" | W76°59'23.69630" | 286.372 | ? | LLh |
| SAHINO 7 | N0°04'08.52399" | W76°17'53.61431" | 257.694 | 0.022 | |

*Figura 5-1 Vectores generados Red Geodésica Interna*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

**Adjusted Grid Coordinates**

| Point ID | Easting (Metre) | Easting Error (Metre) | Northing (Metre) | Northing Error (Metre) | Elevation (Metre) | Elevation Error (Metre) | Constraint |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARAZA 7 | 333211.951 | ? | 9995872.842 | ? | 283.168 | ? | LLh |
| ARAZA 8 | 331356.723 | 0.006 | 9998517.316 | 0.006 | 280.236 | 0.033 | |
| ARAZA 9 | 332084.162 | 0.005 | 10004431.211 | 0.005 | 276.369 | 0.026 | |
| SAHINO 13 | 357083.915 | 0.005 | 10026968.646 | 0.005 | 233.544 | 0.022 | |
| SAHINO 14 | 351233.871 | 0.032 | 10013173.971 | 0.024 | 275.824 | 0.182 | |
| SAHINO 17 | 355527.089 | 0.006 | 10012707.593 | 0.006 | 283.285 | 0.028 | |
| SAHINO 7 | 355527.586 | ? | 10007632.352 | ? | 240.224 | ? | LLh |

**Adjusted Geodetic Coordinates**

| Point ID | Latitude | Longitude | Height (Metre) | Height Error (Metre) | Constraint |
|---|---|---|---|---|---|
| ARAZA 7 | S0°02'14.37660" | W76°29'55.35715" | 300.284 | ? | LLh |
| ARAZA 8 | S0°00'48.27449" | W76°30'55.35613" | 297.370 | 0.033 | |
| ARAZA 9 | N0°02'24.27561" | W76°30'31.83123" | 293.572 | 0.026 | |
| SAHINO 13 | N0°14'38.15549" | W76°17'03.31465" | 251.226 | 0.022 | |
| SAHINO 14 | N0°07'08.96301" | W76°20'12.49582" | 293.292 | 0.182 | |
| SAHINO 17 | N0°06'53.78353" | W76°17'53.63636" | 300.810 | 0.028 | |
| SAHINO 7 | N0°04'08.52399" | W76°17'53.61431" | 257.694 | ? | LLh |

*Figura 5-2 Vectores generados Red Geodésica Interna*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

## 5.2 Productos área de inundación y topografía preliminar (LiDAR)

Se tiene como entregables los siguientes productos que constan en los Términos de Referencia del proyecto:

- Datos en formato RINEX de bases y móviles.
- Fotografías de cada punto considerado en la Red Geodésica, mínimo 4 fotos: perspectiva, monumentación, equipo de trabajo, etc.
- Monografías de control horizontal y vertical de los puntos de apoyo GPS y puntos auxiliares.

- Curvas de nivel del sitio
- Ortofotografía del sitio

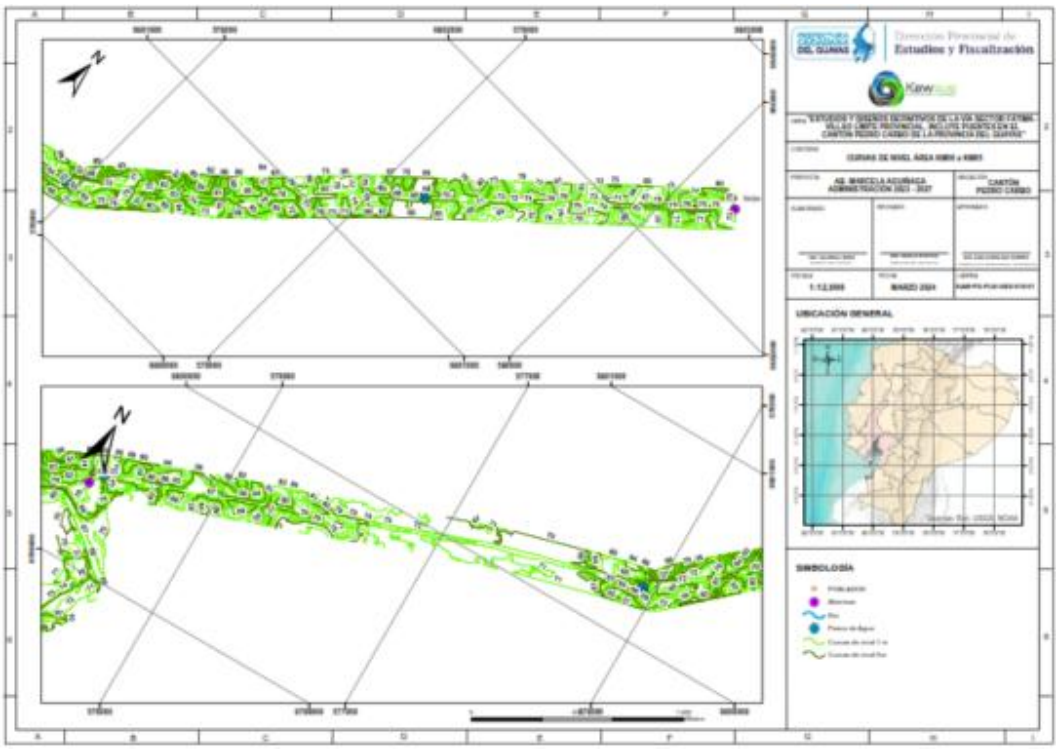



*Figura 5-3 Curvas de nivel de topografía LiDAR (1)*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

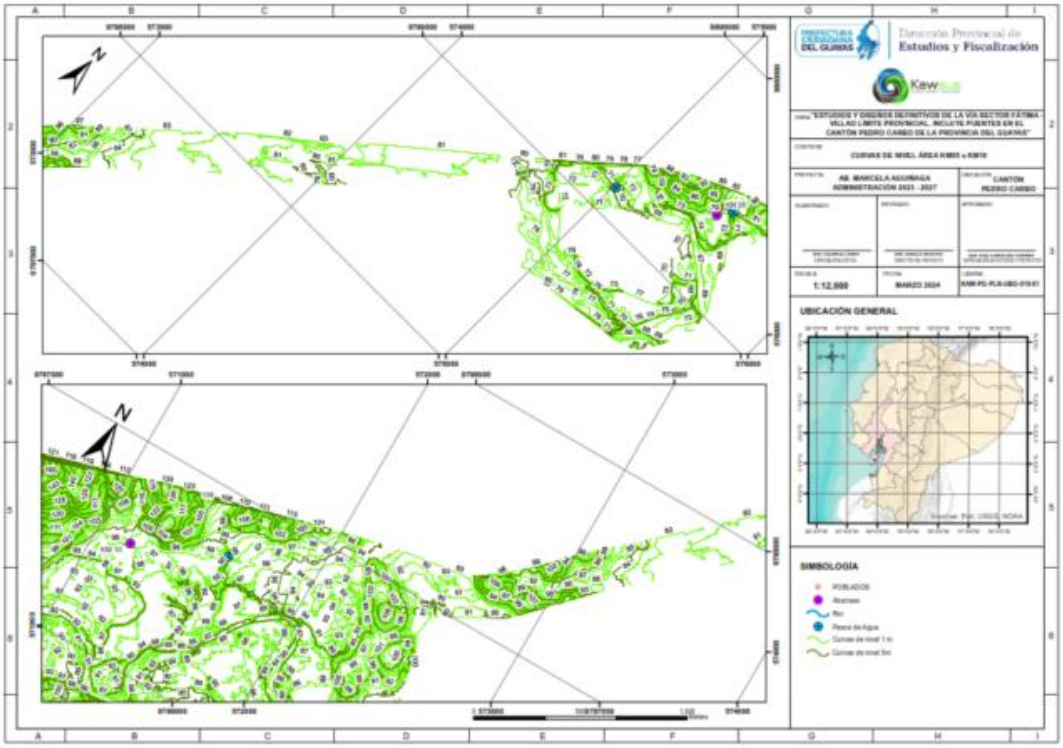



*Figura 5-4 Curvas de nivel de topografía LiDAR (2)*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

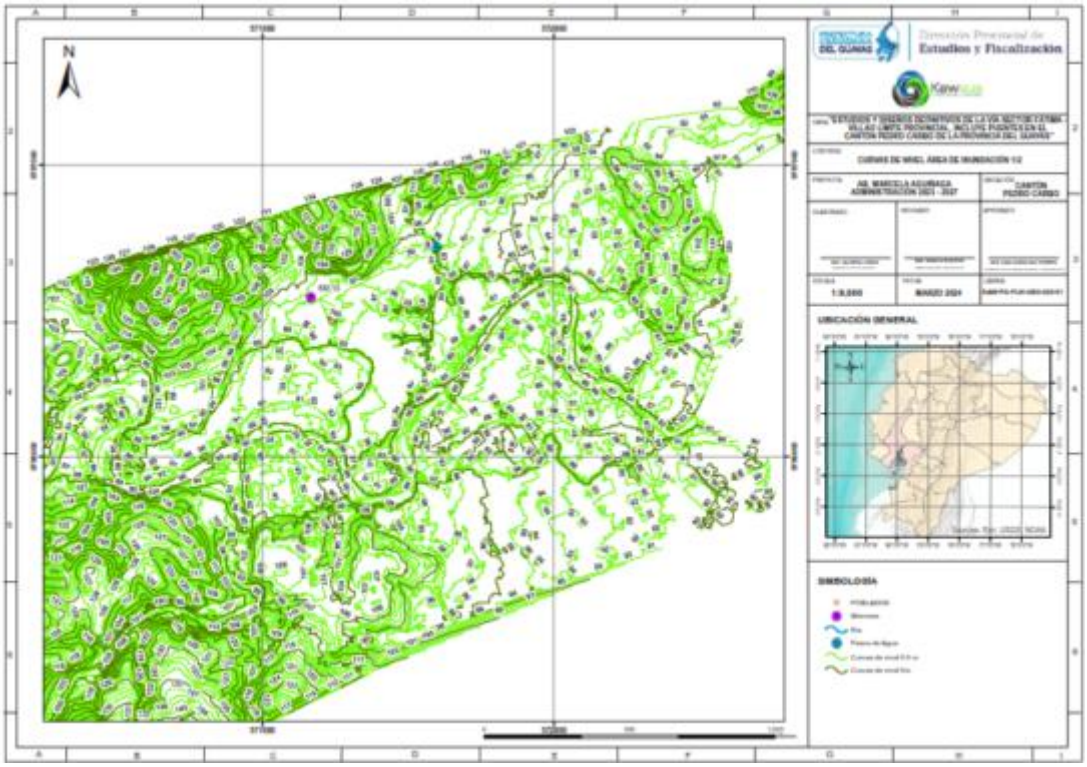



*Figura 5-5 Curvas de nivel de topografía LiDAR (3)*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

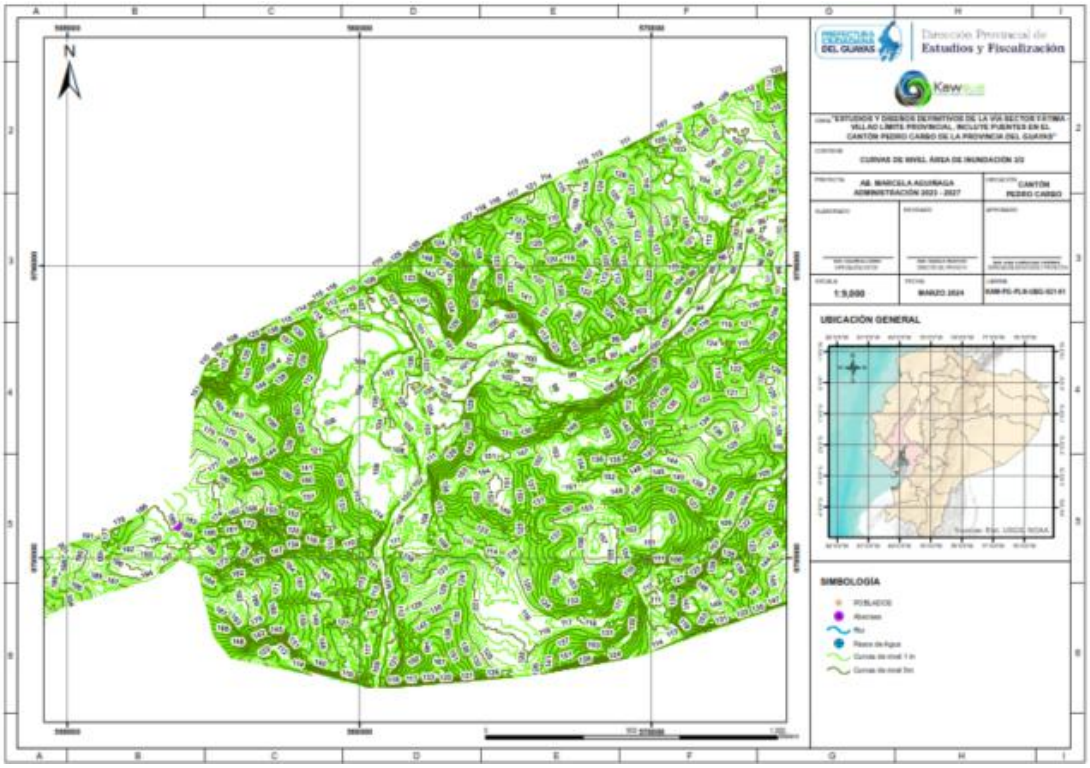



*Figura 5-6 Curvas de nivel de topografía LiDAR (4)*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

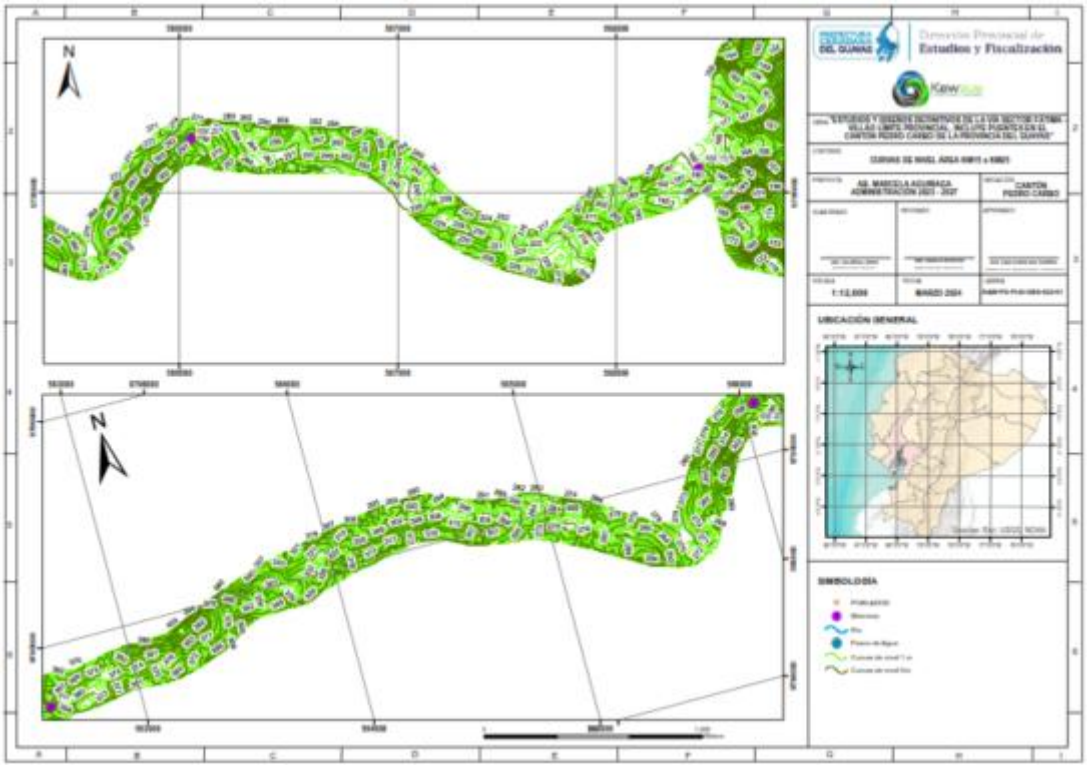


*Figura 5-7 Curvas de nivel de topografía LiDAR (5)*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

## 5.3 Topografía de detalle

Una vez realizado el vuelo dron sobre la zona del proyecto se obtuvieron las ortofotografís correspondientes.

Una vez realizado el vuelo con dron sobre la zona del proyecto, se obtuvieron las ortofotografías correspondientes. Estas ortofotografías proporcionan una representación aérea del área de estudio, permitiendo una visualización clara de las características del terreno y las estructuras presentes. Estos datos son fundamentales para la planificación y ejecución del proyecto, ya que ofrecen una base visual para el análisis y la toma de decisiones. Las ortofotografías generadas se incluyen en los anexos del informe para su referencia.




*Figura 5-8 Ortofotografía de la zona de inundación*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Después del levantamiento LiDAR, se llevó a cabo la nivelación de los 44 puntos de referencia (BMs). Estos puntos fueron representados en mapas que se incluyen en los anexos, junto con la monografía correspondiente de cada uno de ellos. En la Tabla 5-1 se presentan las coordenadas de los BMs establecidos en el sitio.

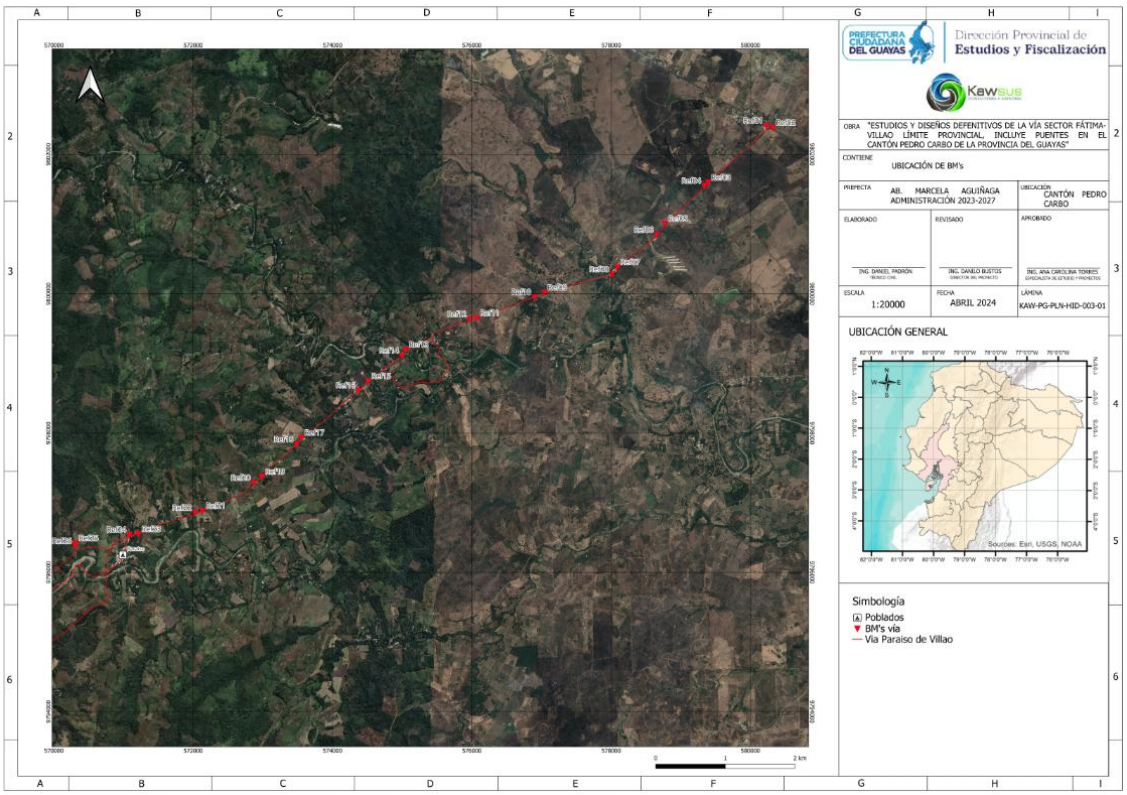



*Figura 5-9. Ubicación de BMs*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

*Tabla 5-1. Coordenadas de BMs nivelados*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

| No. | Norte | Este | Cota | Código en campo |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 9802408.51 | 580226.675 | 74.563 | Ref01 |
| 2 | 9802378.39 | 580318.622 | 72.000 | Ref02 |
| 3 | 9801590.23 | 579390.726 | 73.272 | Ref03 |
| 4 | 9801543.08 | 579337.028 | 72.634 | Ref04 |
| 5 | 9801000.46 | 578769.719 | 83.400 | Ref05 |
| 6 | 9800840.08 | 578654.582 | 80.774 | Ref06 |
| 7 | 9800375.12 | 578084.922 | 73.139 | Ref07 |
| 8 | 9800272.65 | 578013.412 | 70.015 | Ref08 |
| 9 | 9800011.61 | 577037.064 | 72.273 | Ref09 |
| 10 | 9799944.97 | 576896.723 | 72.053 | Ref10 |
| 11 | 9799644.63 | 576069.77 | 91.039 | Ref11 |
| 12 | 9799629.07 | 575972.908 | 88.507 | Ref12 |
| 13 | 9799192.63 | 575049.8 | 70.652 | Ref13 |
| 14 | 9799107.29 | 574996.449 | 72.298 | Ref14 |
| 15 | 9798739.08 | 574510.656 | 80.990 | Ref15 |
| 16 | 9798603.97 | 574374.796 | 81.209 | Ref16 |
| 17 | 9797925.57 | 573552.846 | 81.477 | Ref17 |
| 18 | 9797829.48 | 573485.965 | 81.770 | Ref18 |
| 19 | 9797366.98 | 572986.267 | 89.558 | Ref19 |
| 20 | 9797277.7 | 572867.755 | 97.252 | Ref20 |

| No. | Norte | Este | Cota | Código en campo |
|---|---|---|---|---|
| 21 | 9796878.52 | 572133.997 | 92.842 | Ref21 |
| 22 | 9796848.77 | 572024.729 | 93.462 | Ref22 |
| 23 | 9796542.72 | 571211.325 | 97.774 | Ref23 |
| 24 | 9796534.76 | 571085.293 | 99.147 | Ref24 |
| 25 | 9796411.62 | 570309.495 | 103.133 | Ref25 |
| 26 | 9796372.51 | 570303.071 | 106.564 | Ref26 |
| 27 | 9796004.4 | 568756.04 | 129.444 | Ref27 |
| 28 | 9795900.4 | 568981.375 | 105.464 | Ref28 |
| 29 | 9795269.63 | 568706.77 | 158.519 | Ref29 |
| 30 | 9795358.56 | 568641.587 | 167.667 | Ref30 |
| 31 | 9794789.93 | 567780.748 | 219.039 | Ref31 |
| 32 | 9794732.7 | 567789.286 | 221.575 | Ref32 |
| 33 | 9795066.01 | 567110.021 | 241.272 | Ref33 |
| 34 | 9795132.18 | 567000.609 | 244.091 | Ref38 |
| 35 | 9795213.26 | 566131.477 | 287.516 | Ref39 |
| 36 | 9795244.39 | 566054.789 | 289.180 | Ref40 |
| 37 | 9794767.42 | 565386.456 | 290.147 | Ref41 |
| 38 | 9794812.94 | 565328.968 | 289.374 | Ref42 |
| 39 | 9795137.45 | 564481.31 | 292.374 | Ref43 |
| 40 | 9795117.33 | 564535.983 | 297.820 | Ref44 |
| 41 | 9794943.88 | 563449.977 | 378.376 | Ref57 |
| 42 | 9794875.08 | 563418.901 | 383.063 | Ref58 |
| 43 | 9794785.29 | 562612.258 | 359.941 | Ref59 |
| 44 | 9794680.48 | 562550.805 | 364.462 | Ref60 |

A partir de los BMs nivelados, se obtuvieron las nubes de puntos (Figura 5-10) de las respectivas franjas topográficas tanto en el eje vial como en los cuerpos de agua. En el eje vial, las nubes de puntos permiten analizar la morfología del terreno, facilitando el diseño y la planificación de la infraestructura vial. En los cuerpos de agua, estas nubes de puntos son esenciales para entender la topografía del lecho y para planificar obras hidráulicas y de drenaje. Los datos obtenidos a partir de estas nubes de puntos se integraron en los modelos digitales del terreno (MDT) y se incluyen en los anexos para su referencia y análisis detallado.

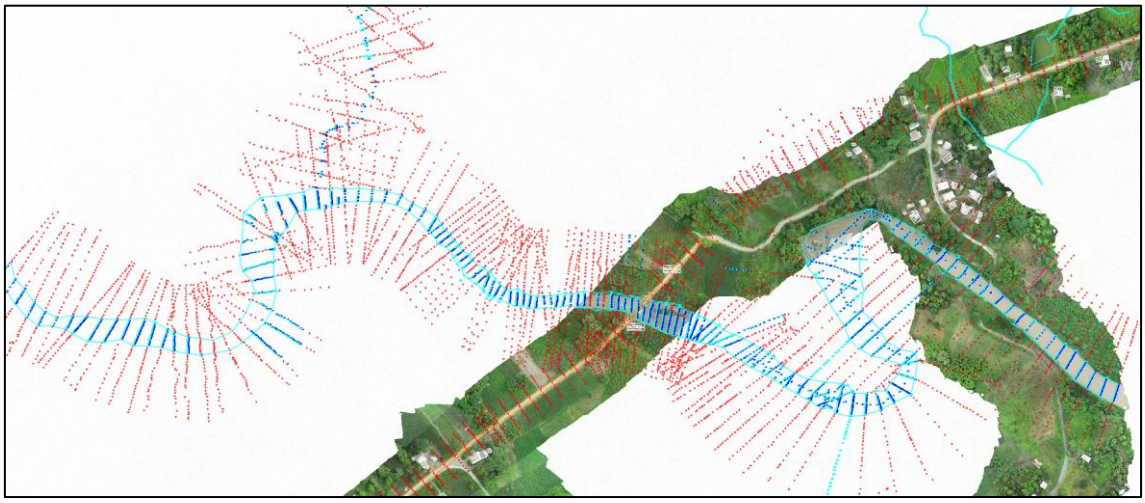


*Figura 5-10 Nubes de puntos de franjas topográficas*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

Finalmente, se obtuvo el Modelo Digital del Terreno (MDT) de la franja vial y de las zonas de los ríos, lo que permitió una representación precisa y detallada de la topografía del área de estudio. Además, se generaron las curvas de nivel, que proporcionan una visión clara de las variaciones de elevación a lo largo de la franja vial y en los cuerpos de agua. Estas curvas de nivel son esenciales para el análisis topográfico, ya que facilitan la identificación de pendientes, depresiones y otras características importantes del terreno. Los MDT y las curvas de nivel obtenidos se integraron en los documentos del proyecto y se presentan en los anexos para su referencia y análisis detallado.

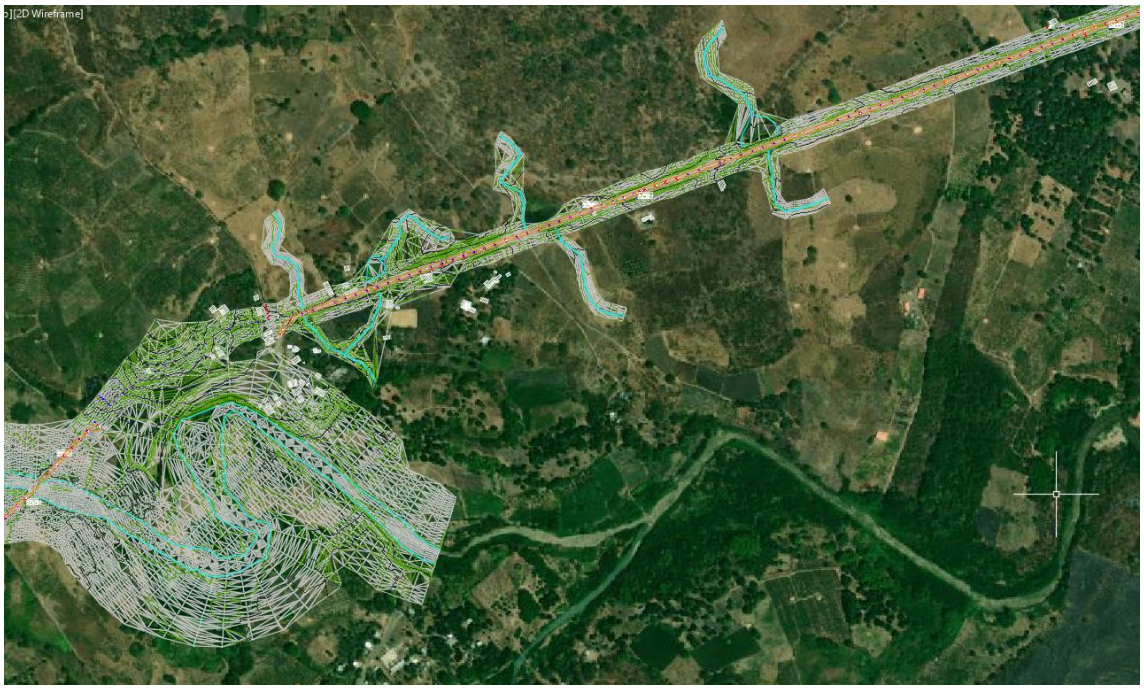



*Figura 5-11. Superficie generada con las franjas topográficas levantadas*

*Fuente: KAWSUS CIA LTDA*

# 6. CONCLUSIONES

- La red geodésica interna de la VÍA VILLAO – PARAISO está constituida por 14 vértices: 6 vértices en la VÍA VILLAO - PARAISO (puntos de control primarios) y 8 vértices en el área de influencia de la vía (secundarios y GCPs).
- El ajuste de la red interna de la VÍA VILLAO - PARAISO se realizó considerando las estaciones de la REGME IGM más cercanas y disponibles, específicamente las estaciones JNEC y GQEC.
- Se establecieron seis puntos de control principal para conexión con la REGME IGM: Km00, Km05, Km10, Km15, Km20 y Km22. Estos puntos fueron monitoreados en dos sesiones completas de más de 3 horas cada una para su anexo a la REGME IGM.
- Basado en los puntos de control principales mencionados, la red interna fue monitoreada en 4 sesiones de al menos 50 minutos cada una, tomando en cuenta diferentes aspectos técnicos especificados por el IGM.
- Los procesamientos y ajustes de las redes para el enlace a la REGME IGM, así como la red interna, lograron resultados con errores menores a los 5 cm en horizontal.
- Con las coordenadas finales obtenidas, se generaron las monografías para cada uno de los hitos de la red, que servirán como eje vertebral para todo trabajo que requiera georreferenciación dentro de la VÍA VILLAO - PARAISO.
- La topografía de detalle permitió obtener un Modelo Digital del Terreno (MDT) preciso de la franja vial y de las zonas de los ríos, facilitando una representación clara y detallada del área de estudio.
- Las nubes de puntos obtenidas a partir de los BMs nivelados proporcionaron datos tridimensionales detallados del terreno, cruciales para el análisis y diseño de la infraestructura vial y las obras hidráulicas.
- Se generaron curvas de nivel detalladas que ayudan a identificar las variaciones de elevación y las características topográficas del área, facilitando la planificación y ejecución de las obras.
- Las ortofotografías obtenidas a partir del vuelo con dron ofrecen una base visual precisa para el análisis topográfico y la toma de decisiones, complementando los datos obtenidos de las nubes de puntos y los MDTs.
- La integración de los datos topográficos y batimétricos en los modelos digitales del terreno permitió un análisis más exhaustivo y detallado de las condiciones del terreno, mejorando la precisión y efectividad en la planificación del proyecto.

# 7. RECOMENDACIONES

- Implementar un plan de mantenimiento de los hitos construidos en la vía, que incluya desbroce de malezas y poda de árboles cercanos para asegurar que los puntos físicos estén en buen estado para trabajos futuros.
- Realizar una actualización de toma de coordenadas, procesamiento y ajuste cada cinco años para verificar la posición de los vértices con respecto a su ubicación anterior.
- En el futuro, realizar un nuevo levantamiento geodésico de los hitos en los vértices.
- Monitorear periódicamente las áreas de interés con levantamientos topográficos y batimétricos para detectar posibles cambios en la topografía y planificar acciones correctivas.
- Utilizar las ortofotografías y modelos digitales del terreno (MDT) generados para la planificación de nuevas infraestructuras y para la evaluación de riesgos de inundación y erosión en la zona del proyecto.

## 8. ANEXOS

Junto al presente informe se presentan los siguientes anexos:

- ANEXO 1 TOPOGRAFIA DE DETALLE CSV
- ANEXO 2 MONOGRAFIAS
- ANEXO 3 LEVANTAMIENTO FRANJAS 25m
- ANEXO 4 NIVELACION
- ANEXO 5 TOPO BATIMETRIA RIOS
- ANEXO 6 TOPOGRAFIA OBRAS DE DRENAJE MENOR
- ANEXO 7 ORTOFOTOGRAFIA DE LA VIA

## 9. REFERENCIAS


IGM. (2019). *Resolución 2019-037-IGM-JUR*. http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/?wpfb_dl=1156

Instituto Geográfico Militar. (2006). *Especificaciones Técnicas Generales Para La Realización De Cartografía Topográfica a Cualquier Escala (Primer Borrador)*. http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/

Instituto Geográfico Militar. (2019). *PROTOCOLO DE FISCALIZACIÓN PARA PROYECTOS DE GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES ESCALA 1 : 1 000, OBTENIDA A TRAVÉS DE MÉTODO AEROFOTOGRAMÉTRICO, DIGITALIZACIÓN 2D SOBRE ORTOFOTO O LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO*. http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/normativa/

Velasco, J., Herrero, T., & Prieto, J. (2014). *Metodología de diseño, observación y cálculo de redes geodésicas exteriores para túneles de gran longitud*. *66*, 10. https://doi.org/10.3989/ic.13.007