



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN
TOTAL, GPS DIFERENCIAL Y DRON, PARA EL ANÁLISIS
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA –
OTUZCO, CAJAMARCA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Juan Alfredo Urteaga Montoya

Asesor:

Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico con todo mi amor y cariño a mi madre Doris Montoya por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera profesional para mi futuro, por su apoyo incondicional y su paciencia, muchos de mis logros te los debo a ti entre los que se incluye este.

Dedico mi tesis también a mis hermanos Javier y Diego que más que hermanos son mis verdaderos amigos, quienes sin esperar nada a cambio estuvieron todos estos años apoyándome para que este sueño se haga realidad.

A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.



AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado las fuerzas, la voluntad, paciencia y perseverancia necesaria para poder concluir este trabajo.

A mi familia que le han dado impulso a mi superación académica y siempre han estado conmigo en todo momento, gracias por su motivación.

A mi asesor, Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro, por el tiempo dedicado, gracias por todo el apoyo brindado en el desarrollo de esta tesis.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. METODOLOGIA	62
CAPÍTULO III. RESULTADOS	94
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	145
REFERENCIAS.....	157
ANEXOS.....	159



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Distancia de visibilidad	39
Tabla 2.	Longitud mínima.	44
Tabla 3.	Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal. ...	45
Tabla 4.	Longitudes de tramos en tangente.	45
Tabla 5.	Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras	47
Tabla 6.	Valores de pendientes máximas	50
Tabla 7.	Ancho mínimo de calzada de tangente.	54
Tabla 8.	Ancho de bermas	56
Tabla 9.	Valores de bombeo de la calzada.	57
Tabla 10.	Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte.....	58
Tabla 11.	Valores de peralte máximo.	58
Tabla 12.	Peralte mínimo.....	58
Tabla 13.	Ubicación de zona de estudio.	68
Tabla 14.	Localización de zona de estudio.....	77
Tabla 15.	Localización de zona de estudio.....	80
Tabla 16.	Traslape Frontal y Lateral	84
Tabla 17.	Coordenadas puntos de control geodésicos - IGN orden "C".	94
Tabla 18.	Coordenadas de puntos de orden "PFHC" con estación total.	95
Tabla 19.	Coordenadas puntos IGN con Estación Total – Orden "C".	95
Tabla 20.	Costos unitarios levantamiento topográfico con estación total.	96
Tabla 21.	Coordenadas del levantamiento topográfico con GPS diferencial.	97
Tabla 22.	Coordenadas puntos IGN con GPS Diferencial	98
Tabla 23.	Costos unitarios del levantamiento topográfico con GPS diferencial.	98
Tabla 24.	Coordenadas del levantamiento topográfico con dron phantom 4 RTK.	99
Tabla 25.	Coordenadas puntos IGN con Dron P4 RTK.	100
Tabla 26.	Costos unitarios levantamiento topográfico con dron phantom 4 RTK.	100
Tabla 27.	Prueba LDS - Coordenadas Este.	102
Tabla 28.	Prueba LDS - Coordenadas Norte.	104
Tabla 29.	Prueba LDS - Cota	105
Tabla 30.	Relación precisión, tiempo, costo.....	107
Tabla 31	Conteo vehicular.....	109
Tabla 32.	Resumen de vehículos.	110
Tabla 33.	Valor promedio diario.	111
Tabla 34	Clasificación por demanda.	111
Tabla 35.	Pendientes transversales de la carretera.	112
Tabla 36	Pendientes transversales de la carretera.	113
Tabla 37	Elementos de curva.	114
Tabla 38	Verificación de la longitud de tramos en tangente.	117
Tabla 39	Longitud en tramo en tangente	119
Tabla 40	Verificación de Radio mínimo.	121
Tabla 41	Radios mínimos.	122
Tabla 42	Pendientes de diseño y elementos del alineamiento vertical.....	122
Tabla 43	Pendientes de diseño y elementos del alineamiento vertical.....	124
Tabla 44	Verificación de ancho de corona.	125
Tabla 45	Ancho de corona.....	132
Tabla 46	Verificación de peralte.	133
Tabla 47	Peraltes Máximos	134



Tabla 48 Verificación de dimensiones de cunetas corte abierto.	135
Tabla 49 Verificación de dimensiones de cuneta corte cerrado.	138
Tabla 50 Verificación de dimensiones de cuneta a media ladera.....	143
Tabla 51 Ancho de cunetas.....	144
Tabla 52 Altura de cunetas	144
Tabla 53. Cuadro resumen de parámetros de carretera.	148
Tabla 54 Comparación de parámetros de diseño Urteaga – Quiroz, Estupiñán.....	150
Tabla 55 Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Romaní	151
Tabla 56 Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Galán.	152
Tabla 57 Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Ortiz.....	153



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Marco de referencia geodésico.	22
Figura 2 Estación total Leica TS06	23
Figura 3 Funcionamiento Estación total.....	24
Figura 4 Esquema de un levantamiento topográfico usando GPS en modo RTK.....	25
Figura 5 Esquema de un levantamiento topográfico utilizando dron en modo RTK.....	27
Figura 6 Disco de identificación.....	30
Figura 7 Medidas del disco de identificación.....	30
Figura 8 Medidas del anclaje del disco identificador.....	31
Figura 9 Distancia de visibilidad de parada (Dp).....	40
Figura 10 Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	41
Figura 11. Distancia de visibilidad de paso.....	42
Figura 12. Elementos de una curva horizontales.....	46
Figura 13. Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales.	53
Figura 14. Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica.	59
Figura 15. Mapa político del Perú.	63
Figura 16. Departamento de Cajamarca	64
Figura 17. Distrito de Baños del Inca.....	64
Figura 18. Carretera en estudio.	65
Figura 19. Metodología del trabajo.	67
Figura 20. Monumentación de puntos de control geodésico.....	70
Figura 21. Punto de control geodésico IGN 1.	71
Figura 22. Punto de control geodésico IGN 2.	71
Figura 23. Punto de control geodésico IGN 3.	71
Figura 24. Posicionamiento y registro de datos del punto IGN 1.	72
Figura 25. Registro de punto IGN 2.	73
Figura 26. Registro de punto IGN 3.	73
Figura 27. GPS Diferencial Trimble R8S.....	75
Figura 28. Estación total TS06 PLUS 5".....	78
Figura 29. Localización y reconocimiento de zona en estudio con software de dron.....	81
Figura 30. Dron Phantom 4 RTK.	82
Figura 31. Pintado de BM's	83
Figura 32. Plan de vuelo de los tres tramos.....	85
Figura 33. Colocación de traslape para vuelo.....	87
Figura 34. Posicionamiento e inicio de vuelo del tramo 1.	88
Figura 35. Verificación de señal antes de ejecutar el vuelo	88
Figura 36. Posicionamiento e inicio de vuelo tramo 2.	89
Figura 37. Proceso de imágenes en Software Agisoft Metashape.....	90
Figura 38. Producción de nube de puntos.	91
Figura 39. Puntos exportados al software Autodesk ReCap.	92
Figura 40. Prueba LDS - Coordenadas Este.	103
Figura 41. Prueba LDS - Coordenadas Norte.....	104
Figura 42. Prueba LDS - Cota	106
Figura 43. Resumen de vehículos.....	110
Figura 44. Longitud del tramo en tangente.....	119
Figura 45. Radios mínimos.....	122
Figura 46. Pendientes de diseño y elementos del alineamiento vertical.	124



Figura 47. Ancho de corona.	132
Figura 48. Peraltes máximos.	134
Figura 49. Ancho de cunetas.	144
Figura 50. Altura de cuneta.	144
Figura 51. Parámetros de diseño de carreteras.	148
Figura 52. Parámetros de diseño.....	148
Figura 53. Comparación de parámetros de diseño Urteaga – Quiroz y Estupiñán.....	150
Figura 54. Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Romaní.....	151
Figura 55. Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Galán y Quispe.....	152
Figura 56. Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Ortiz.	153



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Curva vertical convexa $D_p < L$	123
Ecuación 2. Curva vertical convexa $D_p > L$	123
Ecuación 3. Curva vertical cóncava $D_p < L$	123
Ecuación 4. Curva vertical cóncava $D_p > L$	123



RESUMEN

La presente tesis, tuvo como objetivo principal evaluar técnica y económicamente el levantamiento topográfico utilizando Estación Total, GPS diferencial y Dron, para analizar geoméricamente la carretera Baños del Inca – Otuzco. Con la finalidad de comparar los indicadores de precisión, tiempo y costo, obtenidas al realizar el levantamiento topográfico con dichos equipos y así con el más óptimo, realizar el análisis de la geometría actual de la carretera en mención. Se monumentaron tres puntos geodésicos de orden "C", enlazados a una estación GNSS estática. La recolección de datos se realizó con el uso de fichas técnicas, levantamientos topográficos, siendo estas procesadas posteriormente con los softwares: Agisoft Metashape y AutoCAD Civil 3D, en los que se obtuvieron 19 puntos de control denominados BM's y 3 puntos de precisión denominados IGN, con cada equipo topográfico y fueron comparados con los 3 puntos de control geodésico de orden "C", donde se obtuvo al Dron como el mejor equipo; permitiéndonos así proseguir con la evaluación de las características actuales de la carretera Baños del Inca – Otuzco. Se concluyó que, en la evaluación técnica económica del levantamiento topográfico, el Dron resultó ser la mejor alternativa en relación a precisión, tiempo y costo, siguiéndole la Estación total y por último el GPS diferencial. Las características geométricas actuales de la carretera Baños del Inca – Otuzco no cumplen el 71% de su totalidad, con respecto a los parámetros del manual de carreteras: Diseño geométrico DG – 2018 MTC, estudiados en la presente tesis.

Palabras clave: Evaluación, equipos topográficos, análisis geométrico, carretera.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente nos encontramos en una era donde el avance de la tecnología permite aplicar diversos métodos para la obtención de datos en el campo de la ingeniería topográfica y agrimensura donde se requieren equipos con mayor eficacia que realicen trabajos en el menor tiempo y costo. Durante la última década, la necesidad de satisfacer la calidad de vida de la población con el aumento de ejecución de obras de ingeniería civil en proyectos como edificaciones, obras hidráulicas, carreteras y puentes, cuyos levantamientos aún se hacen con la forma tradicional, requieren principalmente de un modelamiento topográfico, por lo cual se necesita de un profesional o técnico a su cargo para el correcto manejo de equipos topográficos, ya sea con el uso de estaciones totales o quipo diferencial de navegación global por satélites de sistemas GNNS. Hoy en día han evolucionado los métodos relacionados al modelo de elevación digital en la obtención de datos, el proceso de información adecuado y perfeccionando especialmente en la ingeniería topográfica, con el uso de nuevas tecnologías tales como el escaneo laser terrestre, escaneo laser aéreo y la fotogrametría.

El levantamiento topográfico es la primera fase del estudio técnico y permite obtener el relieve del terreno. Comprende en examinar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, empero además las modificaciones existentes de aquellas que se deban a la intromisión del hombre.

Anteriormente las herramientas básicas utilizadas en topografía plana eran una cinta métrica para determinar las distancias más cortas, un nivel para determinar las diferencias de altura o elevación, y un teodolito, en un trípode, para medir distancias y ángulos, en combinación con el proceso de triangulación. A partir de una posición con ubicación conocida y elevación, se miden la distancia y ángulos para el punto desconocido.

Un instrumento de mayor uso actual es la estación total, que es un teodolito con un mecanismo electrónico de medición de longitud. Una estación total también se puede



emplear para nivelar cuando se establece en el plano horizontal. Desde su introducción, las Estaciones Totales han hecho la transición tecnológica de ser equipos óptico-mecánicos a ser totalmente electrónicos.

La tecnología GPS es una de las que ha tenido un gran apogeo en los últimos años, ya que presenta en todos sus ámbitos de aplicación, resultados eficaces y rápidos, los cuales son fundamentales para el desarrollo humano y van desde la navegación aérea y marítima, monitoreo de actividades sísmicas, hasta las obras más vanguardistas de ingeniería.

La técnica de levantamiento topográfico con GPS en tiempo real (RTK). Se basa en la utilización de sistemas de constelaciones de satélites receptores para determinar su posición conjuntamente con una estación de referencia que retransmite la posición para así obtener correcciones en las estaciones base. La estación base retransmite la posición corregida que midió, mientras las unidades móviles comparan sus propias medidas con la recibida de la estación de referencia.

En la topografía actualmente, el trabajo se puede complementar con un modelo topográfico generado por un Dron, el cual cambia notablemente la forma de trabajo, ya que no es necesario levantar una serie de puntos por que con éste se modela toda el área de trabajo y posteriormente, luego de procesar, los puntos necesarios se miden fácilmente; esto permite una mayor precisión y elimina el riesgo de tener que volver a hacer el trabajo de campo si hicieran falta nuevos puntos topográficos. Este modelo se puede generar al principio del proyecto, obteniendo una escena 3D realista que se integra sin problemas en software estándar como Civil 3D.

Al referirse a un Dron (UAV) que realiza levantamientos topográficos nos damos cuenta que tanto la tecnología ha evolucionado a través del tiempo, y también nos indica que los entes de la aviación han permitido que se apliquen estos métodos, empleando fórmulas que conllevan a integrar el GPS de navegación en el Dron.



A nivel nacional vemos que no es muy frecuente el uso de drones en el campo de la ingeniería, ya que hay pocos estudios que certifican el grado de confianza de estos equipos, por lo que la mayoría de proyectos se vienen realizando aún de la manera tradicional utilizando equipos topográficos como estación total y ocasionalmente con GPS diferencial. Al hacer mención de estos nuevos métodos de recolección de datos se desea fomentar el trabajo de campo y de la investigación con respecto a ellos.

En la localidad de Cajamarca, es incipiente el uso de drones para realizar estudios de levantamiento topográfico, por lo poco común que es el adquirir y utilizar este equipo, por la falta de confianza que hay; lo que nos incentiva a abordar el tema relacionado al uso de drones y su comparación con la técnica de levantamiento topográfico clásica realizados con estación total y GPS diferencial.

Al hacer la evaluación técnica económica de los levantamientos topográficos realizados con estación total, GPS diferencial y dron, estaremos proporcionando importante información de campo como precisión, tiempo y costo, lo cual generará confianza para la elección a criterio del profesional para que se emplee en cualquier trabajo de ingeniería.

Pachas (2009) afirma que “El uso de las nuevas tecnologías ha alcanzado innumerables áreas del conocimiento, entre ellas la topografía. Aun cuando la tecnología GPS ha estado disponible desde hace más de 30 años, su uso, manipulación y manejo de la información sigue presentando innumerables dudas, especialmente a los nuevos usuarios.”

Reyes (2017) menciona que “La topografía se ha beneficiado de los desarrollos tecnológicos mejorando así el rendimiento, al contar con varias herramientas las cuales brindan rapidez, precisión y conformidad. Entre las nuevas herramientas cabe resaltar las estaciones topográficas modernas que realizan mediciones con láser o infrarrojo; también están las computadoras ya que simplifican los cálculos extensos y tediosos en corto tiempo y nos dan una visión tridimensional del proyecto.”



Villareal (2015) señala que “En la actualidad, el uso de UAV (Unmanned Aerial Vehicle) o también denominados drones en diversos campos de la ciencia y en especial en el ámbito de la ingeniería se ha incrementado significativamente, atribuyéndose principalmente a la evolución tecnológica por la cual la civilización actual está atravesando. Estos dispositivos pueden ser controlados de manera autónoma o a través de un control remoto dependiendo de la circunstancia en la cual se emplea. Generalmente en el levantamiento topográfico o cartográfico es necesario disponer de una programación de vuelo y de la cámara fotográfica para que a una determinada altitud pueda registrar imágenes, por lo que un vuelo autónomo programado es el más conveniente. Los levantamientos topográficos realizados con estos equipos permiten brindar muy buenas precisiones (centimétrica) tanto horizontalmente como verticales. Esto se logra mediante los denominados puntos de control o Ground Control Points (GCP) que son medidos con los procedimientos GPS”.

Quiróz (2015) indica que los ingenieros civiles a lo largo de su carrera profesional manejan información cartográfica obtenida en gran parte por técnicas fotogramétricas. El proceso fotogramétrico comienza con la toma fotográfica de la zona y termina con la obtención de coordenadas tridimensionales. Las coordenadas obtenidas dan lugar a distintos productos como planos cartográficos, modelos digitales de elevación, ortofotos, entre otros.

Tacca (2015) refiere que “En este contexto hace varios años se viene dando el uso de equipos aéreos no tripulados (UAV), que recientemente se está comercializando en nuestro país, equipos con los cuales se viene haciendo trabajos de fotogrametría, inicialmente en el viejo continente, sin embargo, esto está entrando en territorio de nuestro país. Estos drones que son equipos no tripulados, pueden alcanzar velocidades de hasta 80 km/h, en horizontal y llegar a los 300m de altura desde su punto de inicio, además según su complejidad estos



equipos pueden ser de varias hélices, así como planeadores, aquellos que serán descritos en el marco conceptual”.

Con lo mencionado anteriormente se determina que el principal factor es la falta de investigación que validen el grado de confianza que establezcan criterios de selección tales como precisión, tiempo y costos de cada equipo topográfico para la realización de levantamientos topográficos, con los cuales podamos elegir la mejor alternativa para realizar un proyecto de calidad en el menor tiempo y costo.

Las vías de comunicación son de vital importancia ya que la infraestructura vial es fundamental para el desarrollo de un país, optimizar las carreteras es uno de las principales inquietudes con las que se cuenta en las diferentes naciones; de acuerdo a la problemática que se ha podido percibir actualmente en las vías de comunicación de nuestra región es, una de las causas del sub desarrollo de éste, ya que este problema ocasiona dificultades de comunicación e interrelación entre localidades.

En los últimos años la entrada de vehículos nuevos al parque automotor nacional viene incrementando, y la expectativa es que en el año vigente siga esta tendencia. Se prevé que en el 2018 ingresaron al país 180 000 vehículos nuevos a diferencia de los 170 020 vehículos que ingresaron el 2016 (Asociación Automotriz del Perú 2019), por tanto, crece la necesidad de garantizar un correcto flujo e interacción de vehículos y peatones para impedir el colapso del sistema y los accidentes que este sistema pueda generar.

La organización mundial de la salud (OMS) presentó un informe en el cual prevé que los traumatismos por accidente de tránsito aumentarán para pasar a ser la quinta causa principal de mortalidad en el 2030, para tener una noción en cifras, el Perú ocupa el puesto número 105 de 181 en víctimas por accidente de tránsito a nivel mundial y a nivel sudamericano ocupa el puesto 7 de 9 países. Estos resultados recolectados en el año 2016



arrojan que el Perú tiene 13,5 víctimas por accidente de tránsito por cada 100,000 habitantes. Lo cual lo posiciona debajo de Uruguay con 13,4 y delante de Argentina con 14,0 a nivel sudamericano (Global Status Reporto n Road Safety 2015).

Zea, Ortiz y Zamudio (2009). En su tesis: "Diagnóstico y propuesta de diseño geométrico del tramo comprendido entre el km 0+000 hasta el km 3+000 de la vía municipio de Tena – Los Alpes (Cudimamarca)"; tuvieron como objetivo analizar las condiciones geométricas actuales de la vía y plantear una solución buscando el mejoramiento del trazado del eje en la vía actual; en concordancia con las normas y especificaciones técnicas del manual de diseño geométrico de carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Concluyeron que las características de la vía existente tuvo una velocidad de diseño de 30 km/h; los radios promedio encontrados fueron de 30 m; la longitud entre tangencia es difícil su cumplimiento por las condiciones de terreno; la calzada fue de 5.50m; inexistencia de bermas; y carencia de cunetas en un 60% del recorrido y que además bajo las condiciones topográficas del lugar, es posible mejorar las características geométricas de la vía, pero que de algún modo resultarían muy costosas, pero al mismo tiempo quedarían las vías más seguras y cómodas para los usuarios.

Quiróz y Estupiñan (2012). En su tesis "Análisis comparativo del diseño geométrico del tramo localizado entre el sector la piscicultura departamento de Nariño hasta Santiago departamento de Putumayo, con la normatividad vial existente" tuvo como objetivo establecer un estudio geométrico a través del análisis comparativo del tramo localizado entre el sector la piscicultura departamento de Nariño hasta Santiago departamento del Putumayo con la normatividad vial existente para las normas emanadas por el INVIAS de los años 1998 y 2008. Concluyó que existe congruencia respecto a velocidades empleadas por INESCO SA y la normatividad, ya que como velocidad de diseño se empleó un valor de 30 km/h, la cual resulta similar a la determinada tomando como base el tipo de terreno y



categoría de la vía como secundaria, así como el parámetro de distancia de visibilidad de parada es de acuerdo con un bajo porcentaje (1.23%) de curvas que no cumplen y en visibilidad de parada en curvas horizontales se presentó un total de 74 curvas horizontales (14.65%) que no cumplen con este parámetro, en referencia a los parámetros de radios mínimos para curvas horizontales se presentaron un total de 194 curvas (de 505) que representan el 38.42%, cuyo radio es inferior a 30m y por lo tanto no cumplen con el mismo.

Gómez y Quispe (2017). en su tesis Titulada, "Evaluación de la seguridad vial – Nominal de la carretera Anaco – Abra Ccorao de acuerdo a la consistencia del Diseño Geométrico". Realizado en la Universidad Andina del Cusco, tuvo como objetivo general, evaluar la seguridad vial – nominal, de la carretera Enaco – Abra Ccorao, de acuerdo a la consistencia del diseño geométrico, y conforme al criterio establecido por Lamm y el perfil de las velocidades vehiculares. Concluyó que se logró demostrar las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en las curvas y tangentes, de la carretera Enaco – Abra Ccorao, fluctuaran en un rango de 30 km/h hasta 80 km/h según las fórmulas propuestas por Fitzpatrick para la estimación de las velocidades en las curvas, relacionados al radio de la curvatura y el tipo de pendiente, el 60% se encuentra dentro del rango establecido y el 40% por debajo, de igual forma en cuanto a las ecuaciones propuesta por Lamm para las velocidades de operación estimadas en las tangentes el 75.86% se encuentra dentro del parámetro determinado y solo el 24.14% se encuentra por debajo del parámetro establecido.

Morales (2017). En su investigación "Diseño geométrico y medición de niveles de servicio esperado del tramo crítico de la ruta n° LM-122." Trata de elaborar el diseño geométrico de un tramo que unirá los kilómetros 23 y 28 de la ruta LM-122 para favorecer el acceso al centro poblado de Tanta – Yauyos., perteneciente a la red departamental de la región de Lima. El autor llegó a la conclusión, proponiendo el mejoramiento del tramo de carretera en base al diseño geométrico del mismo y estimado el nivel de servicio de la sección de la ruta



en el futuro. Se propusieron tres alternativas para el diseño de la ruta; de las cuales se seleccionó la tercera debida a su menor costo en comparación con el resto de alternativas. En base a este diseño se realizó el pre dimensionamiento de 7 alcantarillas a lo largo de la carretera, y de los muros de contención necesaria en la vía, debido al alcance definido no se realizó estimación de costos para esta parte del proyecto. Para finalizar con el proyecto se realizó la estimación del nivel de servicio a 20 años de estimación. Se obtuvo como resultado el nivel A para la vía. Esto lo convierte en un diseño aceptable, con lo que se cumpliría con el objetivo inicial de facilitar el diseño de la ruta LM-122 para hacerla más accesible.

Romaní (2017). En su investigación: “Análisis del diseño geométrico de la carretera Lima – Canta, con relación a sus características operativas, tramo: km 66+000 – km 76+000”, tuvo como objetivo realizar el análisis del diseño geométrico del alineamiento horizontal y vertical de la carretera Lima – Canta en relación con las características operativas actuales; basándose en las normas el tramo Km: 66+00 hasta km 76+000, y su DG-2014 y AASHTO, el autor concluyó, que el 10% de la longitud mínima en tramos en tangente no cumplen, así como tampoco lo hacen los radios mínimos en un 10.42% y en pendientes en un 16.67 %.

Galán y Quispe (2018). En su tesis de investigación: “Evaluación de las características geométricas de la carretera Huaraz – Pinar, aplicando las normas MTC., en Independencia, Huaraz, Ancash, 2018” la cual ha tenido como objetivo evaluar las características geométricas de la carretera Huaraz – el Pinar, en la cual para la evaluación se basó en el manual de diseño geométrico de carreteras DG – 2001. Concluyeron que en longitud de tramos en tangente cumplen 33 tramos, radios mínimos cumple un 32%, peraltes cumplen con lo indicado en el manual, pendientes el 23% de los tramos no cumplen, y en distancias de visibilidad en curvas horizontales no cumplen el 58%.



Correa (2017). En su tesis de investigación "Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajamarca – Gavilán (km 173 - km 158) de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG-2013 el cual tuvo como objetivo determinar y evaluar las características geométricas de la carretera Cajamarca – Gavilán (km 173 – km 158), de acuerdo con el manual de Diseño geométrico de carreteras DG-2013, realizando un levantamiento topográfico, estudio geométrico, suelos y el análisis de diseño geométrico de la misma, para de esta manera presentar un panorama real de la situación actual en la que se encuentra la carretera evaluada con el fin de que este estudio sirva como antecedente para proyectos futuros de mejoramiento. Dicha investigación concluyó en que algunos de los parámetros de las características geométricas de diseño no cumplen con los estipulado en el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2013, así como también se determinó que la carretera no garantiza un adecuado tránsito tanto de personas como de mercancía, el cual pone en riesgo la integridad de quienes hacen uso de ella.

Ortiz (2018). En su tesis "Evaluación de la seguridad vial de la carretera Cajamarca – Otuzco en función a sus parámetros de diseño" tuvo como objetivo evaluar la seguridad vial en la carretera, a través de la comparación de parámetros de diseño con el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018. Para el cual se realizó el levantamiento topográfico para así determinar las características geométricas de la carretera existente, en el cual se obtuvo una longitud de 6.32 km con una sola calzada en dos sentidos de circulación; cuenta con 37 curvas horizontales y 13 curvas verticales, en relación a la distancia de visibilidad. El autor concluyó que en relación a la distancia de visibilidad de paso no cumple en un 89%; así como también los radios mínimos en un 41%; y los sobre anchos en un 62.50%, refiriéndose al ancho mínimo de calzada se concluyó que cumple en un 79% pero en el ancho mínimo de berma no cumple en todo el tramo en estudio.



La carretera Baños del Inca – Otuzco representa uno de los ejes fundamentales en el crecimiento de la ciudad y en el circuito turístico de Cajamarca, sin embargo, en el tramo que se está investigando, se ha observado que dicha ruta presenta, en su conformación geométrica, una serie de deficiencias técnicas que pueden ser identificadas fácilmente al transitar con un vehículo. En cuanto a su geometría en planta, perfil y secciones transversales presenta: reducidas dimensiones de calzada, la carencia de bermas, ausencia (bajo porcentaje) de bombeo y derecho de vía. Dichas particularidades y la falta de señalización, vienen a ser el motivo fundamental por el cual se eligió este tramo de la carretera como muestra para el presente estudio.

Para la investigación es necesario conocer algunos conceptos. Las definiciones presentadas a continuación, dan sustento al problema de investigación, definiéndose en primer lugar bases teóricas, que ayuden al entendimiento de las presentadas en la metodología para la evaluación técnica y económicamente de los quipos topográficos, así como el análisis geométrico de la carretera.

TOPOGRAFÍA.

Según Alcántara (2014), se tienen las siguientes bases teóricas.

La topografía es una ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos encontrados sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección; así como explicar los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala.



Importancia de la topografía

Para un ingeniero, aun cuando nunca practique la topografía, le puede ayudar a:

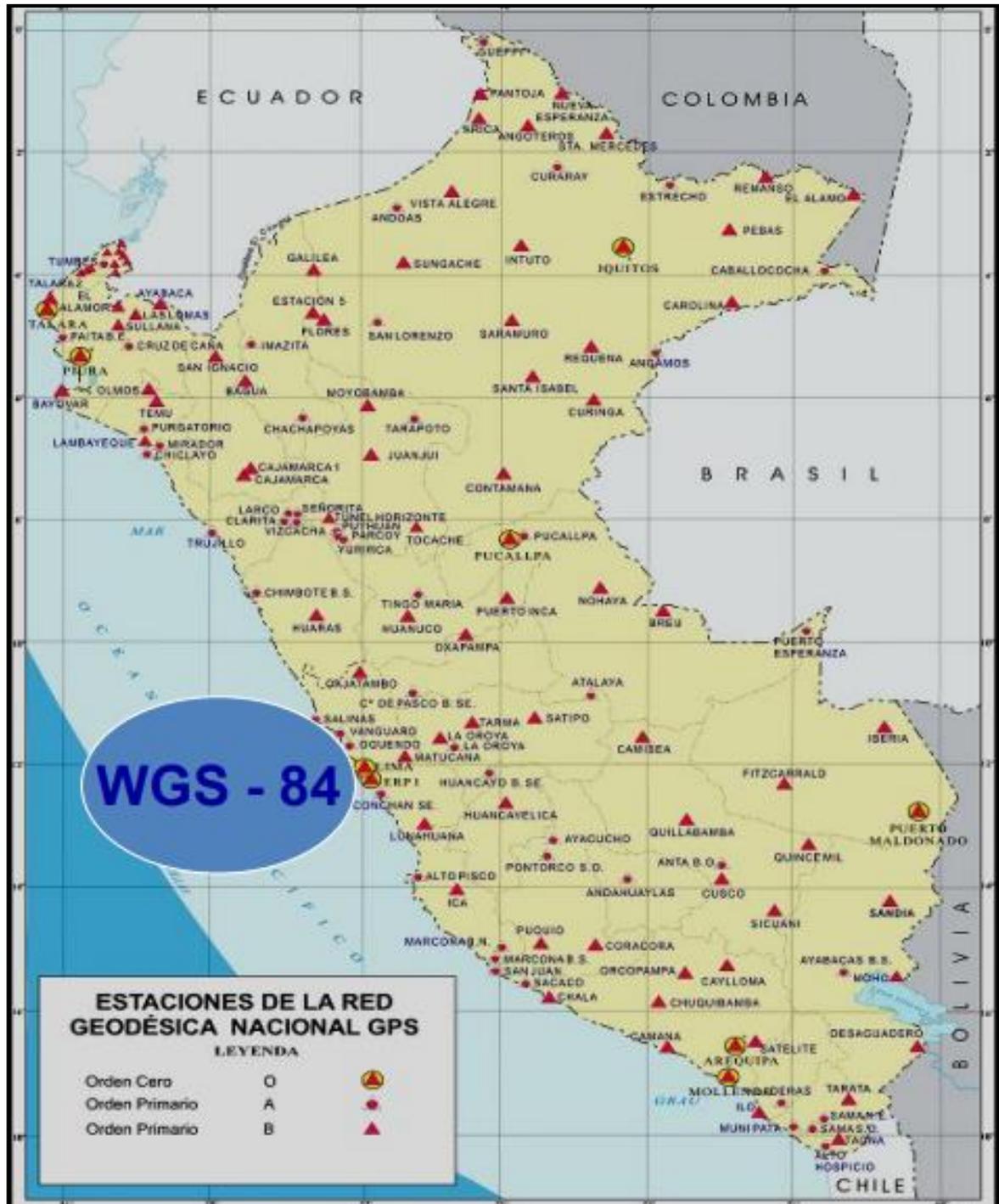
- Pensar de forma lógica, plantear un trabajo cuidadoso y preciso y registrarlo de forma limpia y ordenada.
- Aprender sobre la importancia relativa de las mediciones.
- Adquirir el hábito de revisar los cálculos numéricos y las mediciones.
- También se puede encontrar al Ingeniero en una posición en la que debe tomar decisiones referentes a la contratación de servicios topográficos. Sin un entendimiento básico del tema no será capaz de manejar la situación.

Marco de referencia geodésico

Marco de referencia es la materialización de un sistema de referencia convencional a través de observaciones, es decir, se trata de un conjunto de puntos (lugares localizados en la superficie terrestre) con coordenadas y velocidades conocidas en ese sistema de referencia convencional y que sirven para materializar en el espacio el sistema de referencia (**ver Figura 1**).



Figura 1
Marco de referencia geodésico.



Fuente: Dirección de geodesia



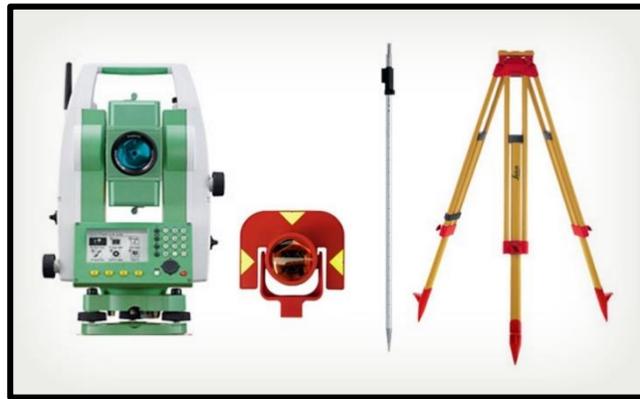
Métodos utilizados para un levantamiento topográfico

Método de radiación: Estación total.

Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico que apareció como reemplazo del teodolito, y al mismo tiempo integra otros instrumentos bastante útiles para la medición de distancias, así como un procesador de datos con capacidad de almacenamiento de los mismos (**ver Figura 2**).

Figura 2

Estación total Leica TS06



Fuente: Google

Funcionamiento

El funcionamiento del equipo se basa en un principio geométrico sencillo y muy difundido entre los técnicos catastrales conocido como triangulación, que en este caso consiste en determinar la coordenada geográfica de un punto cualquiera a partir de otros dos conocidos. En resumen, para lograr realizar un levantamiento con **estación total** se ha de partir en la ubicación del instrumento en un punto con coordenadas conocidas y su orientación con un segundo punto conocida, y a partir de esa posición se observan y calculan las coordenadas de cualquier otro punto en campo (**ver Figura 3**).

Coordenadas de la estación (Stn Coordinate): Corresponden a la coordenada geográfica del punto exacto donde es colocada la estación total en campo. Con este punto

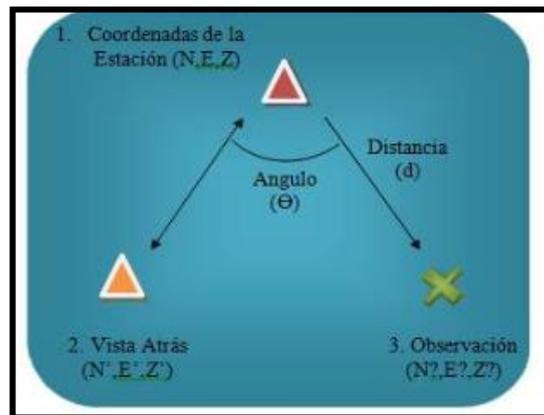
seleccionado y ya teniendo las coordenadas, se ubicarán los demás puntos. En este punto se efectúa el centrado y nivelación del equipo.

Vista atrás (Back Sight): Es la coordenada de un punto de referencia ubicado en una posición visible desde la coordenada de la estación. Corresponde a la orientación del levantamiento.

Observación (Observation): Es cualquiera de los puntos a los que se les calcularán las coordenadas geográficas a partir de las coordenadas conocidas de la estación total y la vista atrás.

Figura 3

Funcionamiento Estación total.



Se coloca la estación total en un punto 1, con coordenadas ya conocidas, orientando hacia el punto 2, cuyas coordenadas poseemos también.

El punto 3 es el que determinaremos (coordenadas). Escogemos la posición del punto 3 y la estación total gira hacia él, obteniendo como datos un ángulo Θ y la distancia, que es medida por láser desde la estación total hasta el prisma que colocamos en el punto 3.

Además, como procedimiento en campo brevemente explicado anteriormente, es necesario realizar una metodología de procedimiento y trabajo de oficinas previos, así como procesamientos de datos y trabajo de gabinete posterior.



Método poligonal.

Casanova (2002), afirma que la poligonación es uno de los procedimientos más comunes. Las poligonales se usan generalmente para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles y elaboración de planos, para el replanteo de proyectos y para el control de ejecución de obras. Una poligonal es una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en los vértices.

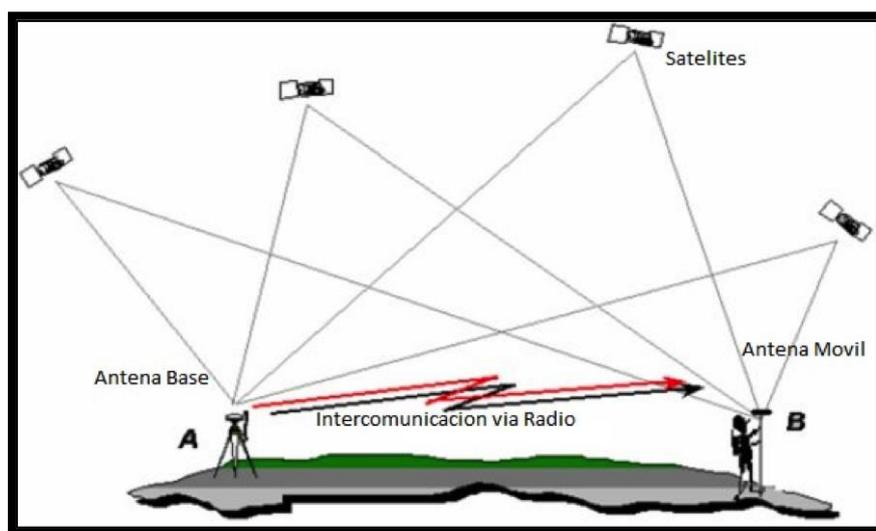
Método de medición con GPS RTK.

Este método conocido como RTK en inglés (Real Time Kinematic) y en español (Cinemático en tiempo real) es una técnica utilizada para ir a varios puntos y realizar ocupaciones estáticas en cada uno de ellos.

La técnica consiste en programar el receptor móvil llamado rover para que guarde lecturas de posición a lo largo de una línea continua cada cierto tiempo, podría ser cada 5 segundos para obtener el perfil de un eje de calle, cuneta o sección transversal. El rover siempre comunicado con la base desplazándose a una velocidad uniforme a lo largo de la línea de interés.

Figura 4

Esquema de un levantamiento topográfico usando GPS en modo RTK.



Fuente: Tecnooceano



Chihuan Gaspar (2002), en su trabajo de investigación, menciona que la corrección diferencial en tiempo real en GPS RTK, se da cuando; la estación base calcula y emite (mediante señales de radio) el error de cada satélite en cuanto ésta recibe los datos. El móvil recibe esta corrección, que aplica a la posición que está calculando. Como resultado, la posición vista en pantalla es la posición corregida diferencialmente.

Fotogrametría.

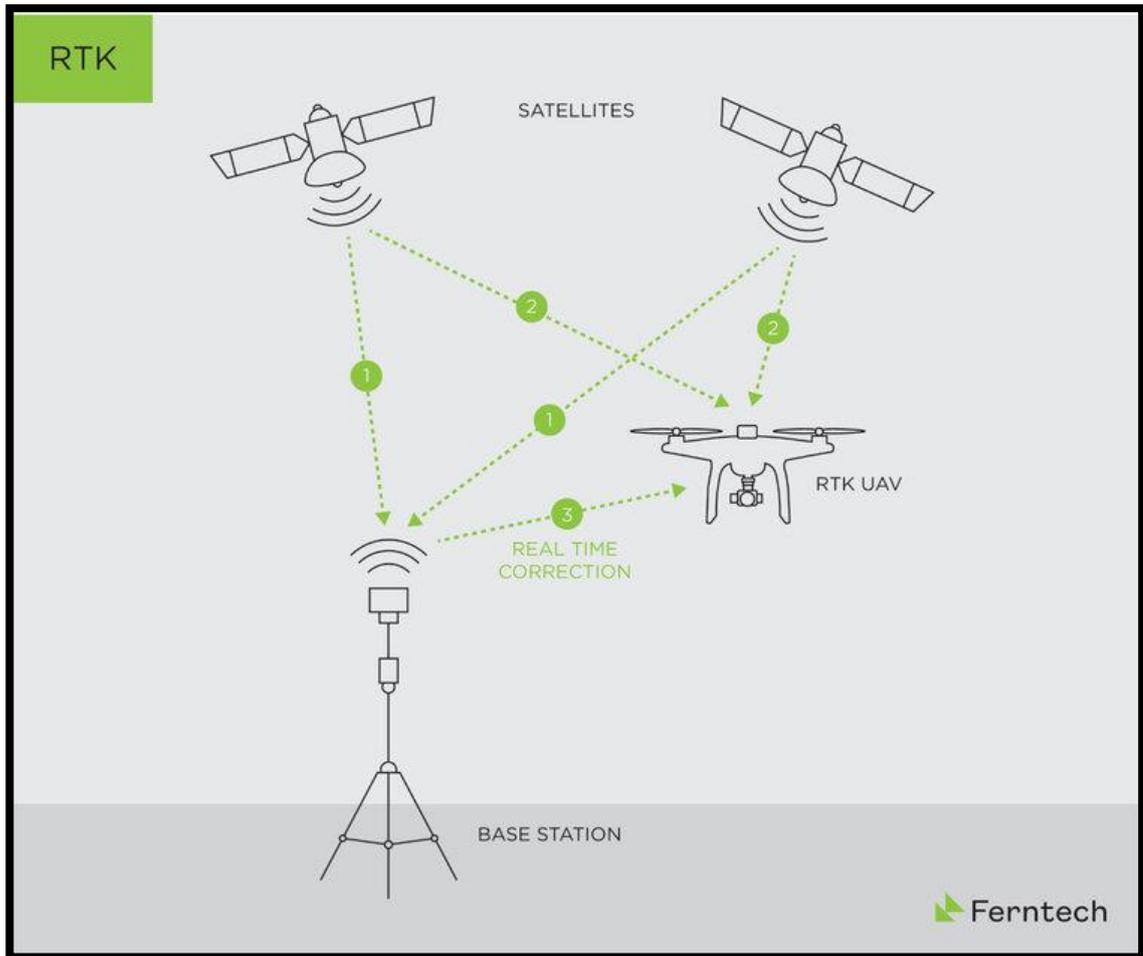
Según Quiroz (2014), la fotogrametría es la técnica que tiene como objetivo estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio, de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas echas sobre una o varias fotografías aéreas; con esta técnica se puede tener detalles de todos los objetos de un área determinada y la captura de imágenes en movimiento, siendo una técnica muy usada en levantamientos topográficos con dron.

La utilización de la técnica fotogramétrica en los levantamientos topográficos a través de imágenes aéreas, se define estereoscópicamente con la aplicación de un software, el cual permite establecer sus formas, posiciones y dimensiones de todos los detalles registrados en las fotografías (**ver Figura 5**).



Figura 5

Esquema de un levantamiento topográfico utilizando dron en modo RTK.



Fuente: Ferntech.



Punto geodésico.

El Instituto Geográfico Nacional en su manual 2015 presenta la siguiente información:

Clasificación de los puntos geodésicos

Con el objeto de unificar un marco de referencia geodésico, todos los trabajos de georreferenciación estarán referidos a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN).

Los puntos geodésicos en el territorio nacional se clasificarán de la siguiente manera:

- **Punto geodésico orden "0".**

Este orden es considerado a nivel continental, y están destinados para estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre, de sus efectos geodinámicos y trabajos en los que se requiera una precisión a un nivel máximo de 4.00 mm; estos puntos servirán para la densificación de la Red Geodésica Nacional.

- **Punto geodésico de orden "A".**

Este orden debe aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia continental básico, a levantamiento sobre estudios de deformación local de la corteza terrestre y trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 6.00 mm. Instituto Geográfico Nacional.

- **Punto geodésico de orden "B".**

Este orden se destina al levantamiento de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica y trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 8.00 mm. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deben integrarse a la red geodésica nacional y ajustarse junto a ella.



- **Punto geodésico de orden "C".**

Este orden debe destinarse al establecimiento de control suplementario en áreas urbanas y rurales, al apoyo para el desarrollo de proyectos básicos de ingeniería y de desarrollo urbano – rural, así como trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 10.00 mm.

- **Punto geodésico de orden "PFHC".**

Estos son puntos geodésicos característicos de los puntos geodésicos de orden "C", no son monumentados y se destinarán a los puntos de foto control de trabajos básicos de ingeniería en áreas urbanas, rurales y de desarrollo urbano – rural, el nivel de precisión de estos puntos no será mayores a 10.00 mm.

Establecimiento de puntos geodésicos.

Todo punto geodésico a ser establecido, debe estar enlazado a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional. El enlace debe realizarse con los procedimientos de observación correspondientes al orden de precisión del levantamiento que actualmente se esté efectuando.

Para los puntos geodésicos de orden "0", "A" o "B", la correlación se establecerá realizando observaciones dentro de una figura geométrica circunscrita (en lo posible), con un mínimo de ocho lados para el orden "0" y un mínimo de tres lados para los de orden "A" y "B"; para los puntos geodésicos de orden "C" y los puntos de apoyo, la correlación será a través de una línea base.

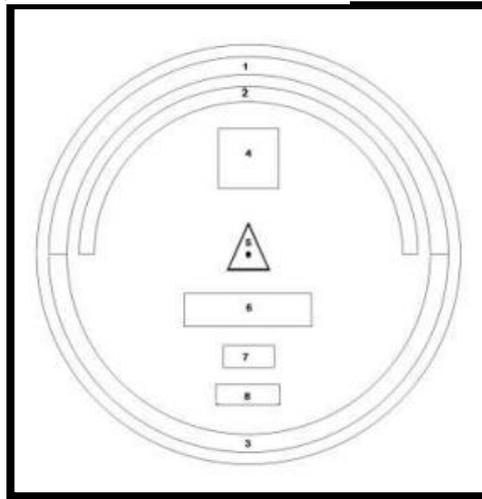


Identificación de un punto geodésico.

La identificación será una pieza metálica (de preferencia Bronce), que define el punto geodésico de referencia (origen de coordenadas). La identificación, tendrá las siguientes especificaciones:

- La parte superior es de forma circular de 70 mm de diámetro, con un espesor de 5 mm.

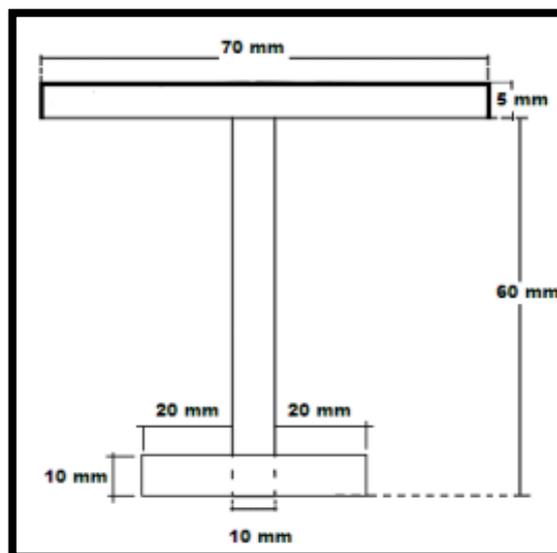
mm. **Figura 6**
Disco de identificación.



Fuente: Norma técnica geodésica.

- La parte media tiene longitud de 60 mm de forma tubular, con un grosor de 10 mm.

Figura 7
Medidas del disco de identificación.



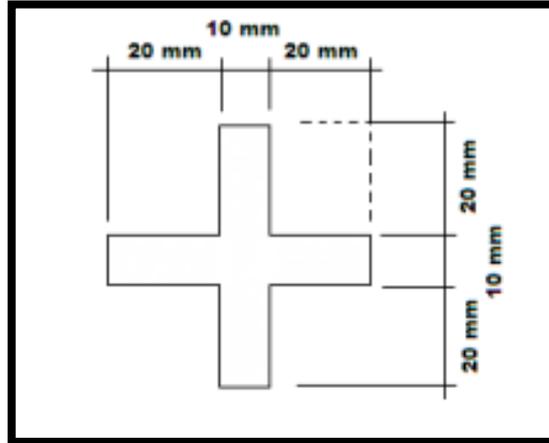
Fuente: Norma técnica geodésica.



- La parte inferior del anclaje será en forma de cruz de forma tubular de 10 mm de grosor y de 50mm de longitud.

Figura 8

Medidas del anclaje del disco identificador.



Fuente: Norma técnica geodésica.

La identificación tendrá inscritas las siguientes especificaciones:

- a) En el espacio 1, irá el nombre de la Institución se ubicará en el área establecida de forma centrada con el tipo de letra Arial y de 4 mm.
- b) En el espacio 2, irá el escrito "**SE PROHÍBE DESTRUIR**" de forma centrada y con el tipo de letra Arial y de 3 mm.
- c) En el espacio 3, irá el escrito "**PROPIEDAD DEL ESTADO**" de forma centrada y con el tipo de letra Arial y de 4 mm.
- d) En el espacio 4, irá el orden del punto con el tipo de letra Arial y de 10 mm.
- e) En el espacio 5, irá un triángulo equilátero de 7 mm, con un punto de 1 mm en el centro.
- f) En el espacio 6, irá el código del punto a establecer, el cual será solicitado al IGN, y se escribirá con el tipo de letra Arial y de 5 mm.
- g) En el espacio 7, irá en tres cifras el mes que fueron tomados los datos de los satélites con tipo de letra Arial y de 4 mm.
- h) En el espacio 8, irá el año de la observación con el tipo de letra Arial y de 4mm.



Diseño Geométrico

(Cárdenas, J)¹ En el proyecto de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Según (Agudelo, J)², se tienen los siguientes conceptos:

Seguridad: la seguridad de una carretera debe de ser la premisa más importante en el diseño geométrico. Se debe obtener un diseño simple y uniforme, exento de sorpresas, fácil de entender para el usuario y que no genere dudas en este. Cuanto más uniforme sea la curvatura de una vía será mucho más segura. Se debe dotar a la vía de la suficiente visibilidad, principalmente la parada de una buena y apropiada señalización, la cual debe de ser ubicada antes de darse al servicio de la vía.

Comodidad: De igual manera que la seguridad, la comodidad se incrementa al obtener diseños simples y uniformes ya que esto disminuye los cambios de velocidad, aceleraciones y desaceleraciones. Cuando no se pueda lograr una buena uniformidad, se debe dotar de la vía de una curvatura con transiciones adecuadas de modo que permita a los conductores adaptarse de la mejor manera a las velocidades de la operación que esta brinda a lo largo de su recorrido.

Funcionalidad: Se debe garantizar que los vehículos que transitan una vía circulen a velocidades adecuadas permitiendo una buena movilidad. La función la determina el tipo de vía, sus características físicas, como la capacidad, y las propiedades de tránsito como son el volumen y su composición vehicular. Por ejemplo, si se tiene una vía con altas pendientes y se espera que el volumen de vehículos pesados sea alto, se deberá pensar en dotar la vía de

¹ Ing. James Cárdenas Grisales. Diseño Geométrico de Carreteras. 2013

² Ing. John Jairo Agudelo Ospina. Diseño Geométrico de vías. 2002



una buena capacidad, construyendo carriles adicionales que permitan el tránsito de estos vehículos livianos.

Entorno: Se debe pronunciar minimizar al máximo del impacto ambiental que genera la construcción de una carreta, teniendo en cuenta el uso y valores tierra en la zona de influencia y buscando la mayor adaptación física posible de esta al entrono o topografía existente.

Economía: Hay que tener en cuenta todo el costo de construcción como el costo de mantenimiento. Se debe de buscar el menor costo posible, pero sin entrar en detrimento de los demás objetivos o criterios, es decir buscar un equilibrio entre los aspectos económicos, técnicos y ambientales del proyecto.

Estética: Se debe buscar una armonía de la obra con respecto a dos puntos de vista, el exterior o estático y el interior o dinámico. El estático se refiera a la adaptación de la obra con el paisaje, mientras que el dinámico se refiera a lo agradable que sea la vía para el conductor. El diseño debe de ser de tal forma que no produzca fatiga o distracción al conductor con el fin de evitar posibles accidentes.

Factores de Diseño³.

Los factores o requisitos del diseño a tener en cuenta se agrupan en externos previamente existentes, e internos o propios de la vía y su diseño.

Los factores externos: Están relacionados, entre otros aspectos, con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo, el volumen y características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales, la climatología e hidrología de la zona, los desarrollos urbanísticos existentes y previstos, los parámetros socioeconómicos del área y la estructura de las propiedades.

³ Ing. James Cardeñas Grisales. Diseño Geométrico de Carreteras. 2013 (p.2)



Los factores internos: Contemplan las velocidades a tener en cuenta para el mismo y los efectos operacionales de la geometría, especialmente los vinculados con la seguridad exigida y los relacionados con la estética y armonía de la solución.

Según el Manual de Carreteras Diseño Geométrico 2018 se tiene los siguientes conceptos:

Clasificación de las carreteras⁴.

Clasificación por demanda.

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

a) Autopistas de Primera Clase.

Son carreteras con IMDA⁵ mayor a 6000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho con mínimo, como control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

b) Autopistas de Segunda Clase.

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalara un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

⁴ Manual de carreteras: Diseño Geométrico 2018 (p.12).

⁵ Índice Medio Diario Anual.



c) Carreteras de Primera Clase.

Son carreteras con IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La rodadura de estas carreteras debe de ser pavimentada.

d) Carreteras de Segunda Clase.

Son carreteras con IMDA entre 200 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La rodadura de estas carreteras debe de ser pavimentada.

e) Carreteras de Tercera Clase.

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera exponencial estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.



f) Trochas Carrozables.

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera que por lo general tiene un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se constituirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

Clasificación por orografía⁶.

a) Terreno plano (tipo 1).

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menos o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo.

b) Terreno ondulado (tipo 2).

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50 % y sus pendientes longitudinales se encuentran entre el 3% y 6%, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.

c) Terreno accidentado (tipo 3).

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre el 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre el 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.

⁶ Manual de Carreteras: Diseño Geométrico 2018 (p.14).



d) Terreno escarpado (tipo 4).

Tiene pendientes transversales al eje de vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual se presenta grandes dificultades en su trazo.

Clasificación por su función ⁽⁷⁾.

a) Carreteras del sistema nacional (Red vial primaria).

Conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras. Este sistema que forma la red vial básica del país está formado por carreteras longitudinales, carreteras de penetración y carreteras de influencia regional.

b) Carreteras del sistema departamental (Red vial Secundaria).

Constituyen la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zonas de influencia económica, social dentro del mismo departamento o aquellas que rebasando la demarcación departamental une poblados de menor importancia.

c) Carreteras del sistema vecinal (Red vial terciaria o local).

Conformado por aquellas carreteras troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones, caminos rurales alimentadores, uniendo zonas locales y pequeños asentamientos poblacionales entre sí.

⁷ Manual de Carreteras: Diseño Geométrico 2001 (p.26)



Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad de directriz, corresponde a una velocidad de referencia que sirve de guía para definir las especificaciones mínimas para el diseño geométrico. Para una velocidad de directriz alta, el diseño vial obliga, entre otros, al uso de mayores anchos de plataforma y mayores radios de giro en las curvas horizontales, lo que trae como consecuencia el incremento de los volúmenes de obra.

Distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o decida efectuar.

En el diseño se consideran tres distancias de visibilidad: Visibilidad de parada, visibilidad de paso o adelantamiento, visibilidad de cruce con otra vía.

Distancia de visibilidad de parada.

La distancia de visibilidad de parada, es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que la alcance un objeto inmóvil ubicado en su trayectoria. Se considera obstáculo aquel de una altura igual o mayor a 0.15 m, estando situados los ojos del conductor a 1.07 m sobre la rasante del eje de su pista de circulación. La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente fórmula:

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será \geq a la distancia de visibilidad de parada. En la siguiente tabla, muestra las distancias de parada, en función de la velocidad de diseño y de la pendiente.



Tabla 1
Distancia de visibilidad

VELOCIDAD DE DISEÑO (KM/H)	PENDIENTE NULA O EN BAJADA			PENDIENTE NULA O EN SUBIDA		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	13	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

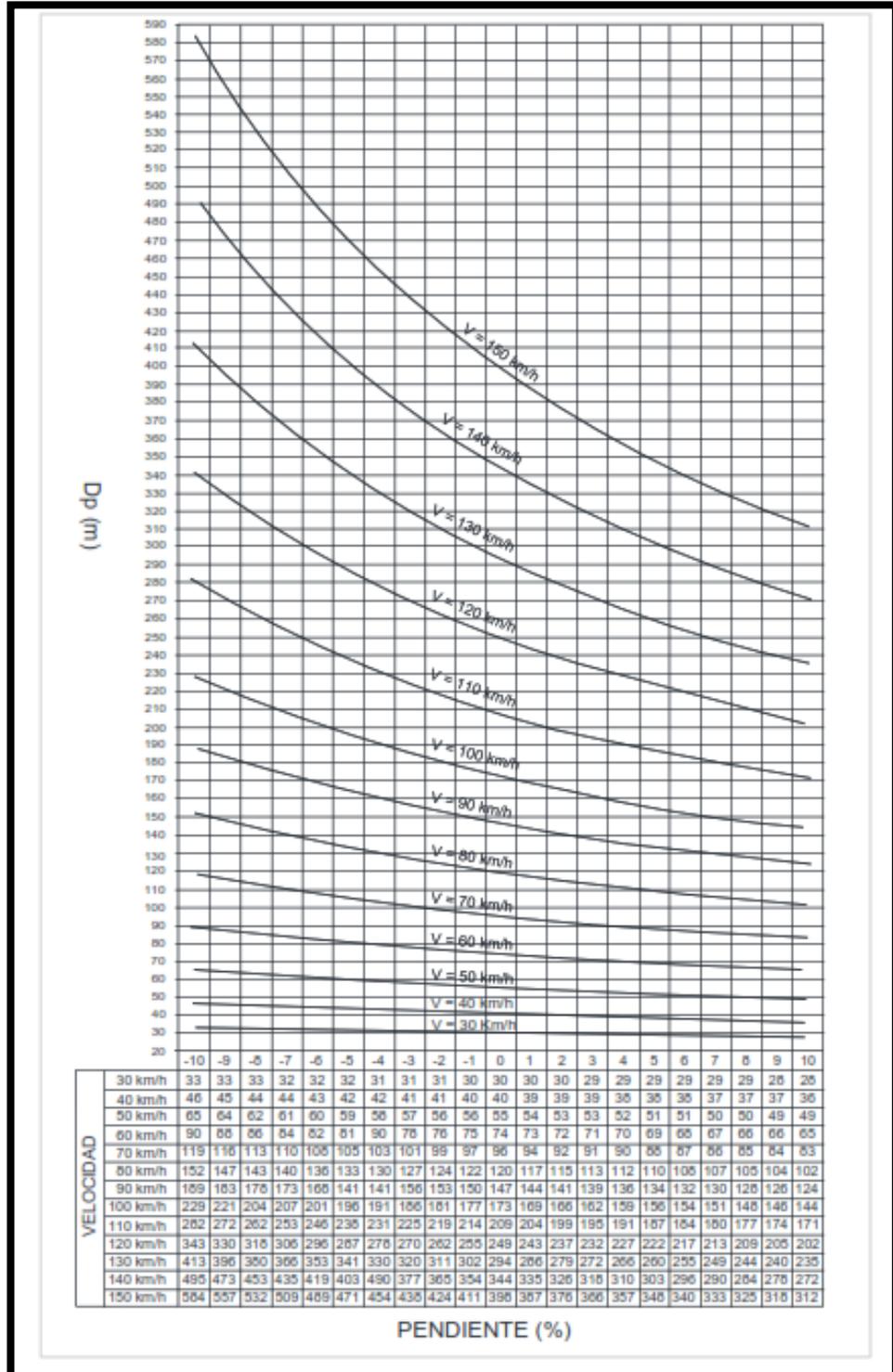
Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018)*, (p.105)



La distancia de visibilidad de parada también podrá determinarse con la siguiente:

Figura 9

Distancia de visibilidad de parada (D_p).



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018), (p.106)



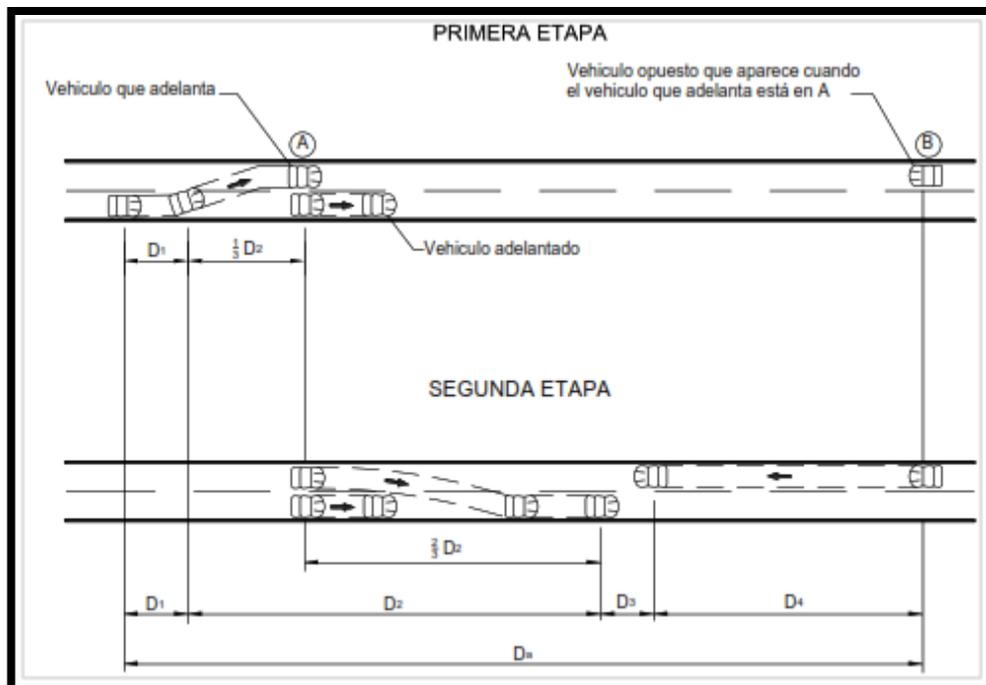
Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento.

La distancia de visibilidad de paso es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobre pasar a otro que se supone viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad del tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobre paso. Dichas condiciones de comodidad y seguridad, se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h y el vehículo que viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.

Figura 10

Distancia de visibilidad de adelantamiento.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018) - MTC, (p.107)

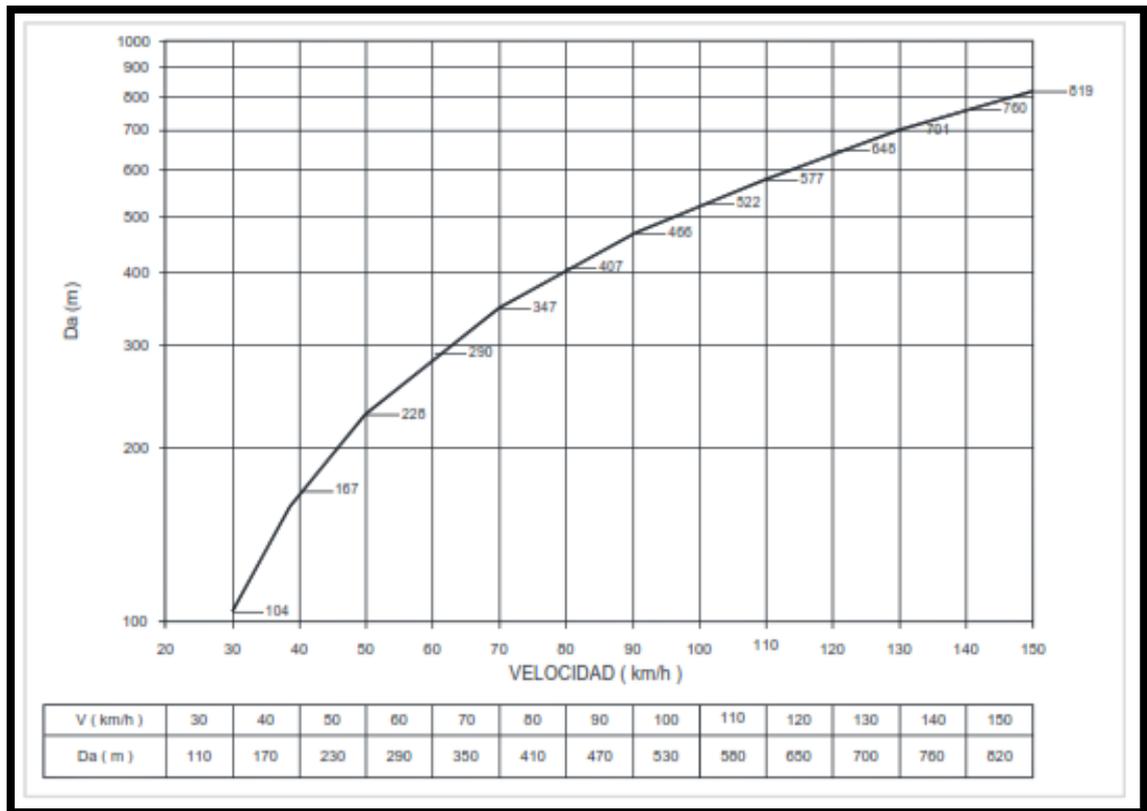


La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la figura, se determina la suma de cuatro distancias.

La distancia de visibilidad de paso también podrá determinarse con la siguiente:

Figura 11.

Distancia de visibilidad de paso.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018 - MTC), (p.111)



DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.

Alineamiento Horizontal.

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El alineamiento horizontal debería permitir la circulación interrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz. La velocidad directriz, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

En proyectos de carreteras de calzadas separadas, se considera la posibilidad de trazar las calzadas a distinto nivel o con ejes diferentes, adecuándose a las características del terreno.

El trazo en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientes justificados, se adoptará para la definición del eje.

Para autopistas:

- El centro del separador central, si este fuera de ancho constante o con variación de ancho aproximadamente simétrico.
- El borde interior de la vía a proyectar en el caso de duplicaciones.
- El borde interior de cada vía en cualquier otro caso.

Para carreteras de vía única:

- El centro de la superficie de rodadura.

Consideraciones de diseño.



Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta.

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales como son monótonos durante el día y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto.
- Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no externas.

No se usará nunca ángulos de deflexión menores de 59' (min)

La longitud mínima de curva (L) será:

Tabla 2.
Longitud mínima.

Carretera Red Nacional	L (m)
Autopistas	6V
Carretera de dos Carriles.	3V

Nota. $V =$ velocidad de diseño (km/h)

- No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. En la tabla siguiente se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.



Tabla 3.
Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal.

Velocidad Directriz Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2°30'
40	2°15'
50	1°50'
60	1°30'
70	1°20'
80	1°10'

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018 - MTC)*,
(p.126)

Tramos en tangente.

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables son de los tramos en tangente, en función de la velocidad de diseño, serán las indicadas en la **Tabla 4**.

Tabla 4.
Longitudes de tramos en tangente.

V (Km/h)	Longitudes de Tramos en Tangente		
	Lmín.s (m)	Lmín.o (m)	L máx (m)
30	4	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018)*, (p.126)



Donde:

$L_{min. s}$ = Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

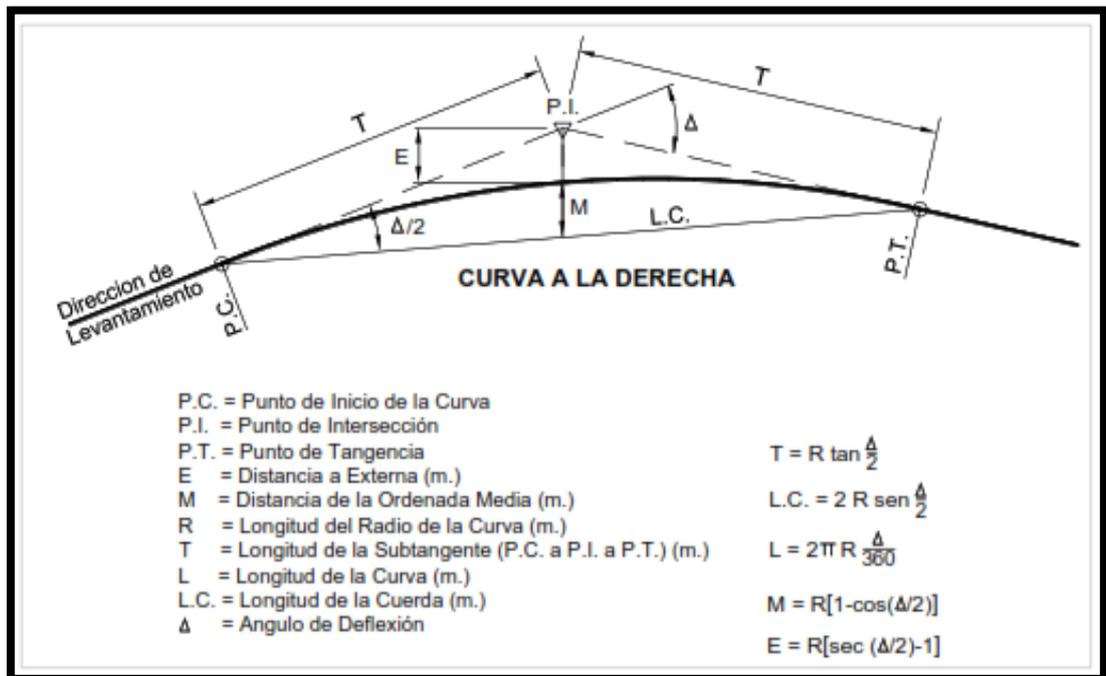
$L_{min. o}$ = Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{máx}$ = Longitud máxima deseable (m).

V = Velocidad de diseño (km/h).

Figura 12.

Elementos de una curva horizontales.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018), (p.128)

Radios mínimos.

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y tasa máximo de peralte en condiciones aceptables de seguridad y comodidad.



Tabla 5.
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la Vía	Velocidad de Diseño	P _{máx} (%)	F _{máx}	Radio Calculado	Radio Redondeado
	30	12	0.17	24.4	25
	40	12	0.17	43.4	45
	50	12	0.16	70.3	70
	60	12	0.15	105	105
<i>Área Rural (accidentado o escarpado)</i>	70	12	0.14	148.4	150
	80	12	0.14	193.8	195
	90	12	0.13	255.1	255
	100	12	0.12	328.1	330
	110	12	0.11	414.2	415
	120	12	0.09	539.9	540
	130	12	0.08	665.4	665

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018)*, (p.129)

Curvas de vuelta.

Son aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobre pasar las pendientes máximas y que no es posible lograr mediante trazos alternativos.

En este tipo de curvas no se emplean en autopistas, en tanto que en carreteras de primera clase podrán utilizarse en casos excepcionales justificados técnica y económicamente, debiendo ser 20 m el radio interior mínimo.

Por lo general, las ramas pueden ser alineamientos rectos con solo una curva de enlace intermedia y según el desarrollo de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser palabras entre sí, divergentes, etc.

Sobreancho.

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos. El sobreancho variara en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño.



DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL.

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación interrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. En general, el relieve del terreno es el elemento de control de radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto. El perfil longitudinal está controlado principalmente por la topografía, alineamiento horizontal, distancias de visibilidad, velocidad de proyecto, seguridad, costo de construcción, categoría de la vía, valores estéticos de drenaje.



Pendientes.

La pendiente es la relación en porcentaje del desnivel entre dos puntos y su distancia horizontal.

Pendientes mínimas

Es conveniente prever una pendiente mínima del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales se pueden presentar los siguientes casos particulares:

Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existe bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.

Si el bombeo es de 2.5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.

Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.

En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0.5%.

Pendientes máximas.

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas, pero hay que tener en cuenta también el uso adecuado para los siguientes casos:

En zonas de altitud superior a los 3000 msnm; los valores máximos se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.

En auto pista, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la tabla.



Tabla 6.
Valores de pendientes máximas

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400			
Características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>velocidad de diseño 30 Km/h</i>																			10.00	10.00
40Km/h																9.00	8.00	9.00	10.00	
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60 km/h						6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00	
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018), (p.171)*



DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la descripción y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del traslado y del terreno.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Elementos de la sección transversal.

Los elementos que conforman la sección transversal son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del derecho de vía del proyecto y otros.

Los elementos de la sección transversal se pueden observar en la figura, donde se encuentran compendios dentro del derecho de vía.



Calzada o superficie de rodadura.

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluyen la berma. La calzada se divide en carriles, los que esta destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

El número de carriles de cada calzada se fija de acuerdo con las previsiones y composición del tráfico, acorde con el IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los anchos de carril que se usen, serán de 3.00 m; 3.30 m; 3.60 m.

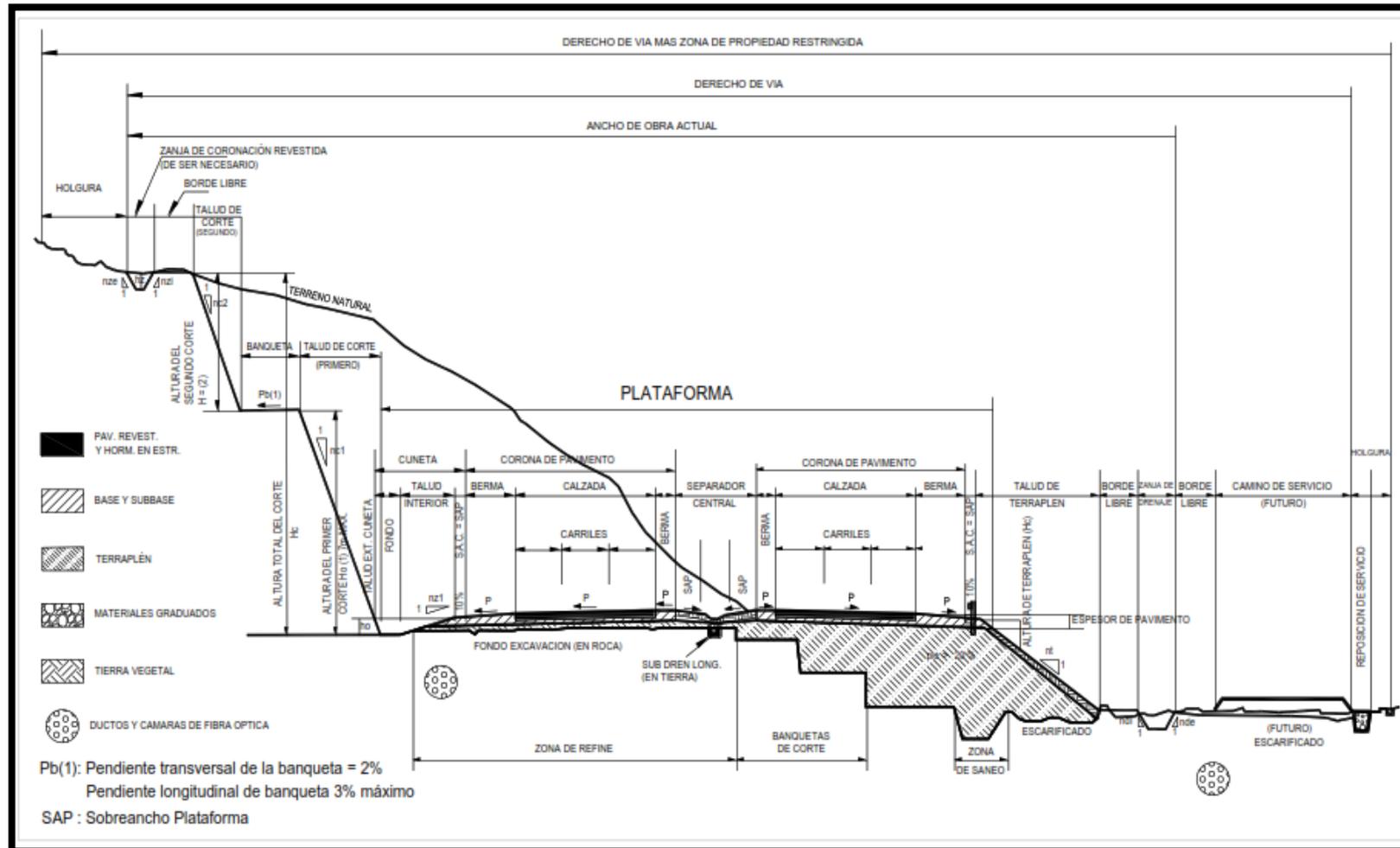
Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente, se determina tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el periodo de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.



Figura 13

Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018), (p.128)



Tabla 7.

Ancho mínimo de calzada de tangente.

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera				
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400				
vehículos/día	Primera Clase				Segunda Clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase				
características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase				
tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
velocidad de diseño 30																					
Km/h																			6.00	6.00	
40Km/h																		6.60	6.60	6.60	6.00
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60 km/h						7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60			
70 km/h				7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60			
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60			
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60			
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20								
110 km/h	7.20	7.20			7.20																
120 km/h	7.20	7.20			7.20																
130 km/h	7.20																				

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018 - MTC)*, (p.187)



Bermas.

Las bermas son franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia. Cualquiera sea la superficie de acabados de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evolución técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada. En la siguiente tabla, indica los anchos de berma en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y ortografía.



Tabla 8.
Ancho de bermas

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera				
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400				
Vehículos/día	Primera Clase				Segunda Clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase				
Características	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<i>velocidad de diseño</i>																				0.50	0.50
30 Km/h																					
40Km/h																1.20	1.20	0.90	0.50		
50 km/h										2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.50			
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20			
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20			
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20			
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20			
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00								
110 km/h	3.00	3.00			3.00																
120 km/h	3.00	3.00			3.00																
130 km/h	3.00																				

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018), (p.193)*



Bombeo.

En tramos tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

En la tabla siguiente, especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos donde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficie de rodadura y la precipitación pluvial.

Tabla 9.

Valores de bombeo de la calzada.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5	3.0 - 4.0

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018)*, (p.195)

Peralte.

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

Valores de peralte (Máximo y mínimo).

Las curvas horizontales deben ser peraltadas, en excepción de los valores establecidos fijados en la tabla.



Tabla 10.

Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte.

Velocidad (Km/h)	40	60	80	≥ 100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018)*, (p.196)

Tabla 11.

Valores de peralte máximo.

Pueblo o Ciudad	Peralte Máximo (P)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas Urbanas	6.0 %	4.0 %
Zona rural (T. plano, ondulado o Accidentado)	8.0 %	6.0 %
Zona rural (T. Accidentado, escarpado)	12.0 %	8.0 %
Zona rural con peligro de hielo	8.0 %	6.0 %

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018)*, (p.196)

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Peralte mínimo.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

Nota. Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018)*, (p.197)

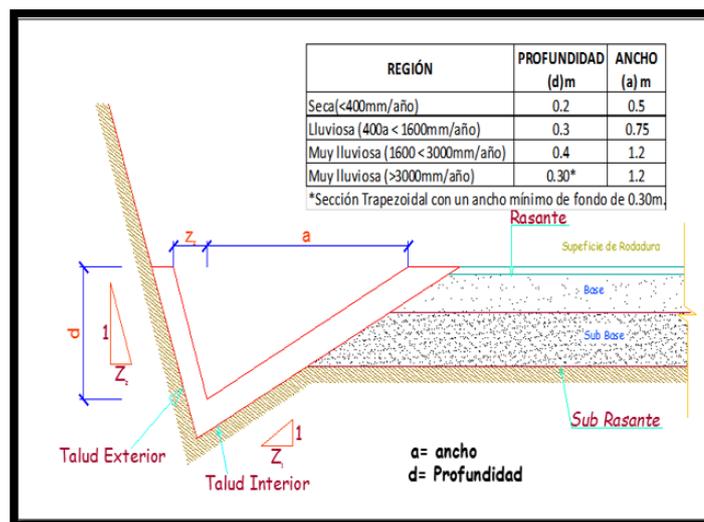
Cunetas.

Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura.

La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adopte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial, revestidas o sin revestir, abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto, en zonas urbanas o donde existía limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros. Los elementos constructivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte. Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0.2%, para cunetas revestidas y 0.5% para cunetas sin revestir.

Figura 14
Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2018), (p.208)



En este trabajo de investigación se realizará el levantamiento topográfico de toda la muestra, es decir de los 3.120 km de la carretera Baños del Inca - Otuzco, con estación total, GPS diferencial y dron; en los cuales únicamente se analizarán tres puntos de geodésicos de precisión de orden "C", a fin de determinar el equipo topográfico más eficiente con respecto al precisión, tiempo, costo. Una vez seleccionado dicho equipo, se procederá con el análisis geométrico de las características actuales de la carretera en mención.

En la presente tesis de investigación se tiene como justificación lo siguiente:

Teóricamente ya que aborda el problema con una evaluación técnica económica en relación a la precisión, tiempo y costo, basándose en documentos, libros, tesis y otros estudios relacionados al tema; permitiendo así aportar conocimientos a alumnos, docentes y profesionales, con respecto a las diferencias que existen entre los levantamientos topográficos con estación total, GPS diferencial y dron.

Tecnológicamente puesto que en tesis en mención se propone a los RPAS o drones, los cuales utilizan la técnica de la fotogrametría como una opción para realizar proyectos de ingeniería, como son los levantamientos topográficos.

Socialmente dado que al haber realizado la evaluación técnica económica permitirá a reducir tiempo y costo en los proyectos de ingeniería como diseños geométricos de carretera, los cuales permitirán de esta forma a la rápida ejecución de obras en beneficio de la población.

El presente proyecto de investigación tiene como justificación, dar a conocer a los alumnos, docentes y profesionales, el mejor método de levantamiento topográfico entre la estación total, GPS diferencial y dron; así como las diferencias que existen, respecto a la precisión, tiempo y costo al realizar un levantamiento topográfico con los equipos mencionados.; de tal manera que sea una ayuda para decidir qué equipo topográfico usar de acuerdo a sus necesidades y prioridades.



En el Perú y en nuestra ciudad, en los últimos años se exhibe un crecimiento muy relevante de obras civiles, las cuales tienen como fase preliminar la orografía del terreno, por lo que hoy en día los proyectos requieren que los levantamientos topográficos sean realizados con el mayor detalle y precisión en el menor tiempo y con el menor costo. Es así que en la presente tesis se busca investigar qué equipo es el más óptimo en precisión, tiempo y costo al realizar levantamientos topográficos en carreteras; con el cual posteriormente se realizará el análisis geométrico de la carretera Baños del Inca – Otuzco.

Considerando la problemática ya explicada, se plantea las siguientes **preguntas de investigación**: ¿Qué equipo topográfico, resulta ser la mejor alternativa al evaluar técnica y económicamente el levantamiento topográfico de la carretera Baños del Inca - Otuzco? y ¿La geometría actual de la carretera Baños del Inca – Otuzco cumple con los parámetros establecidos en el manual de carreteras DG-2018?

En este trabajo de investigación se propuso como **objetivo principal**, Evaluar técnica y económicamente el levantamiento topográfico con estación total, GPS diferencial y dron para analizar geométricamente la carretera de Baños del Inca – Otuzco; y como **objetivo específico**: Realizar el levantamiento topográfico de la carretera Baños del Inca - Otuzco, con estación total, GPS diferencial y dron, evaluar los indicadores de precisión, tiempo y costo con la información obtenida de los levantamientos topográficos con estación total, GPS diferencial y dron; en la carretera Baños del Inca – Otuzco, y por último analizar la geometría actual de la carretera Baños del Inca - Otuzco, en base al levantamiento topográfico realizado con la mejor alternativa de los equipos topográficos, de tal forma que le damos respuesta a las preguntas con las siguientes **hipótesis**: Al realizar el levantamiento topográfico de la carretera Baños del Inca – Otuzco, el equipo GPS diferencial resulta ser la mejor alternativa en relación a precisión, tiempo y costo; y la geometría actual de la carretera Baños del Inca – Otuzco, no cumple con las normas de diseño geométrico DG – 2018.



CAPÍTULO II. METODOLOGIA

Según su propósito, es aplicada puesto que se enfoca en descubrir mecanismos para la recolección de datos cuantitativos a fin de comprarlos. Según su profundidad es explicativa puesto que tiene como propósito distinguir las variables dependientes de precisión, costo y tiempo, así como las variables independientes con relación a los equipos topográficos. Según su naturaleza de datos es mixta, ya que se emplea observaciones tanto cualitativas como cuantitativas en el estudio y análisis de la realidad mediante el procedimiento que se tiene para la recopilación y obtención de datos. Según la manipulación de variables, es cuasiexperimental por el hecho que se observa el comportamiento de los individuos y de las diferentes variables sociales para así registrar datos cualitativos y cuantitativos, Y por último de acuerdo al tiempo es transversal ya que se observarán los cambios ocurridos en los fenómenos, individuos o grupos durante un momento concreto.

Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

La población elegida está constituida por las carreteras vecinales de Baños del Inca. El área en estudio se encuentra ubicada en el distrito de Baños del Inca y Otuzco, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, a una altitud entre 2662 m.s.n.m. y 2702 m.s.n.m.

Se tomó como muestra el tramo de 3.12 kilómetros de la carretera Baños del Inca – Otuzco, siendo este uno de los tramos más representativos de la vía en estudio.

Los criterios que se tienen en cuenta para la elección de este tramo de la carretera estudiada, están relacionados con el grado de dificultad que causa al conducir por dicha vía, ya que las características geométricas con las que cuenta actualmente no son las adecuadas para una circulación favorable de vehículos. En la cual se pueden apreciar tramos reducidos en cuestión al derecho de vía, ancho de calzada, radios de curvas de volteo, y deficiencias en la señalización lo cual imposibilita el correcto tránsito de más de un vehículo.



Ubicación geográfica de la zona en estudio

La carretera une al distrito de Baños del Inca con el C.P. Otuzco. (ver plano 01 – anexo 5).

Ubicación Política.

País : Perú.
Región : Cajamarca.
Provincia : Cajamarca.
Distrito : Baños del Inca.

Mapa de la zona en estudio Carretera Baños del Inca – Otuzco.

Figura 15
Mapa político del Perú.





Figura 16
Departamento de Cajamarca.

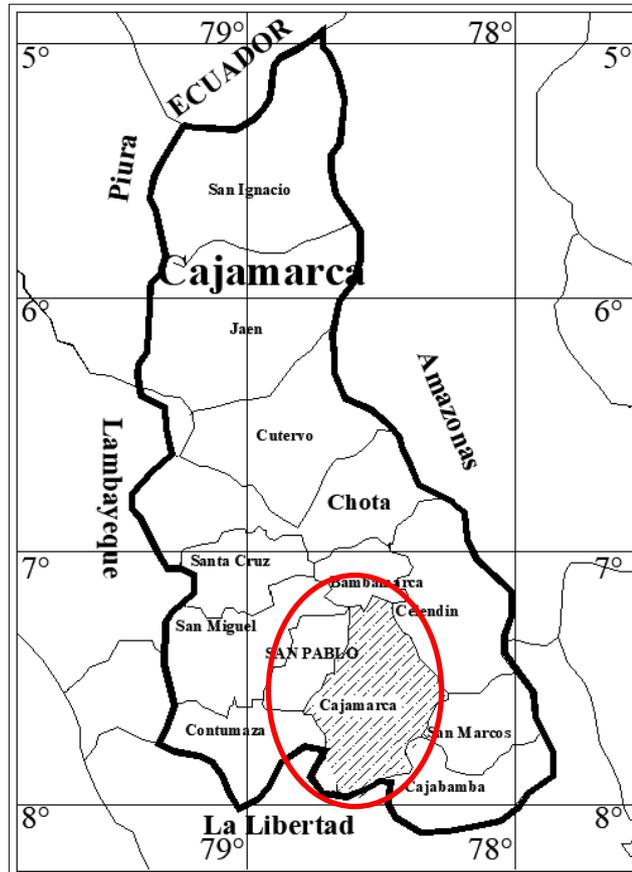


Figura 17
Distrito de Baños del Inca.

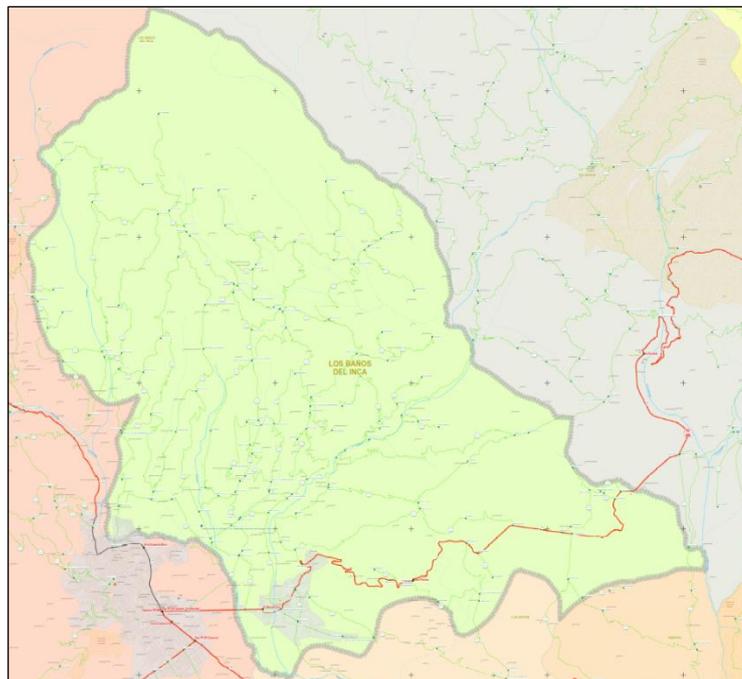
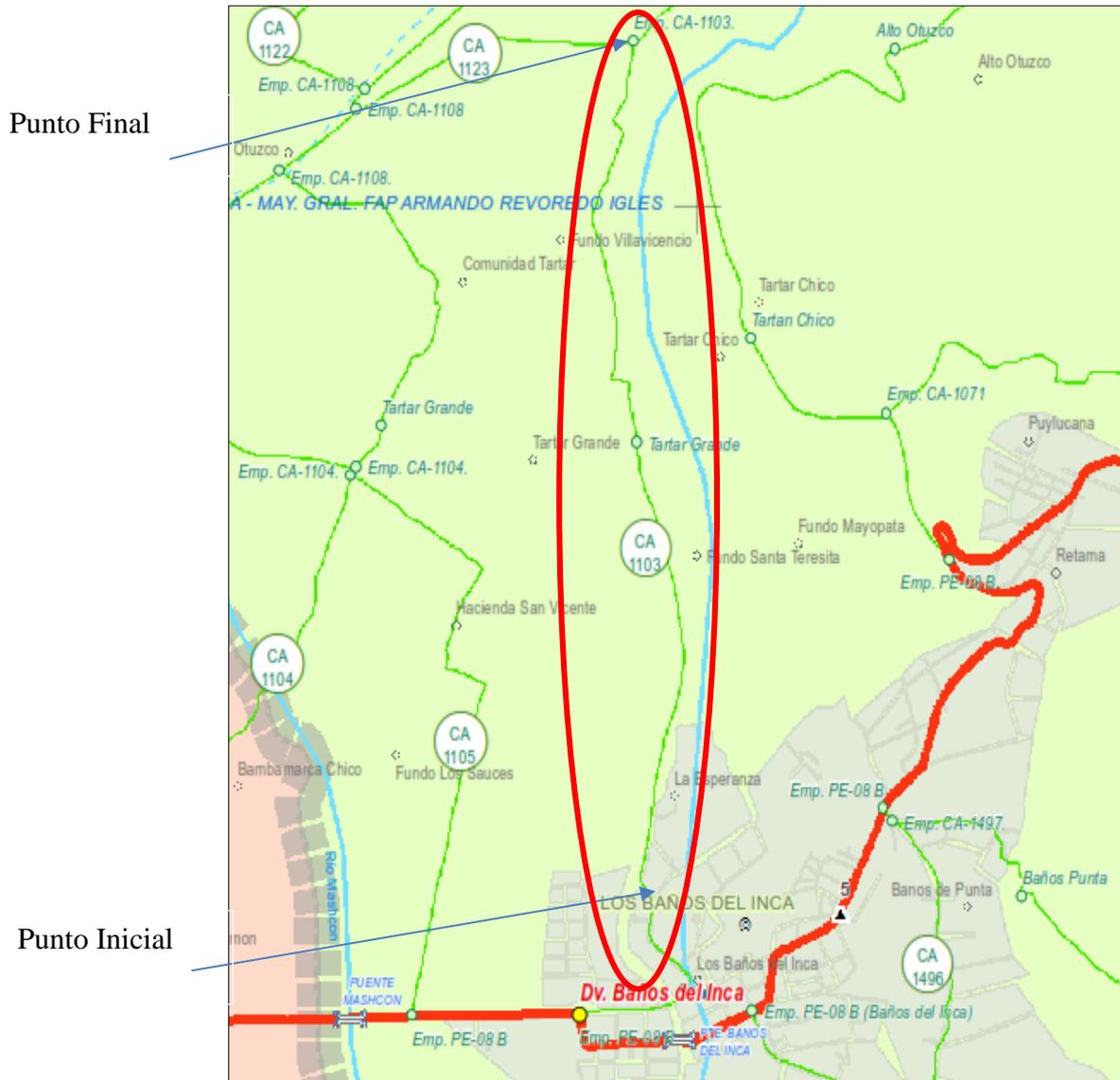




Figura 18
Carretera en estudio.





Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Recolección de datos:

La técnica que se emplea en la presente tesis para la recolección de datos es la observación directa, a partir de tres levantamientos topográficos con los diferentes equipos, así como y el inventario de la señalización de la vía para el análisis geométrico.

La técnica seleccionada está determinada, para la ejecución de los trabajos, por la metodología de poligonal abierta en la toma de datos en el levantamiento topográfico con estación total, para el caso del GPS diferencial por la metodología RTK, para el caso del levantamiento topográfico con RPAS, con el uso del dron Phantom 4 RTK con vuelos aéreos y tomas de fotografías digitales para su postproceso.

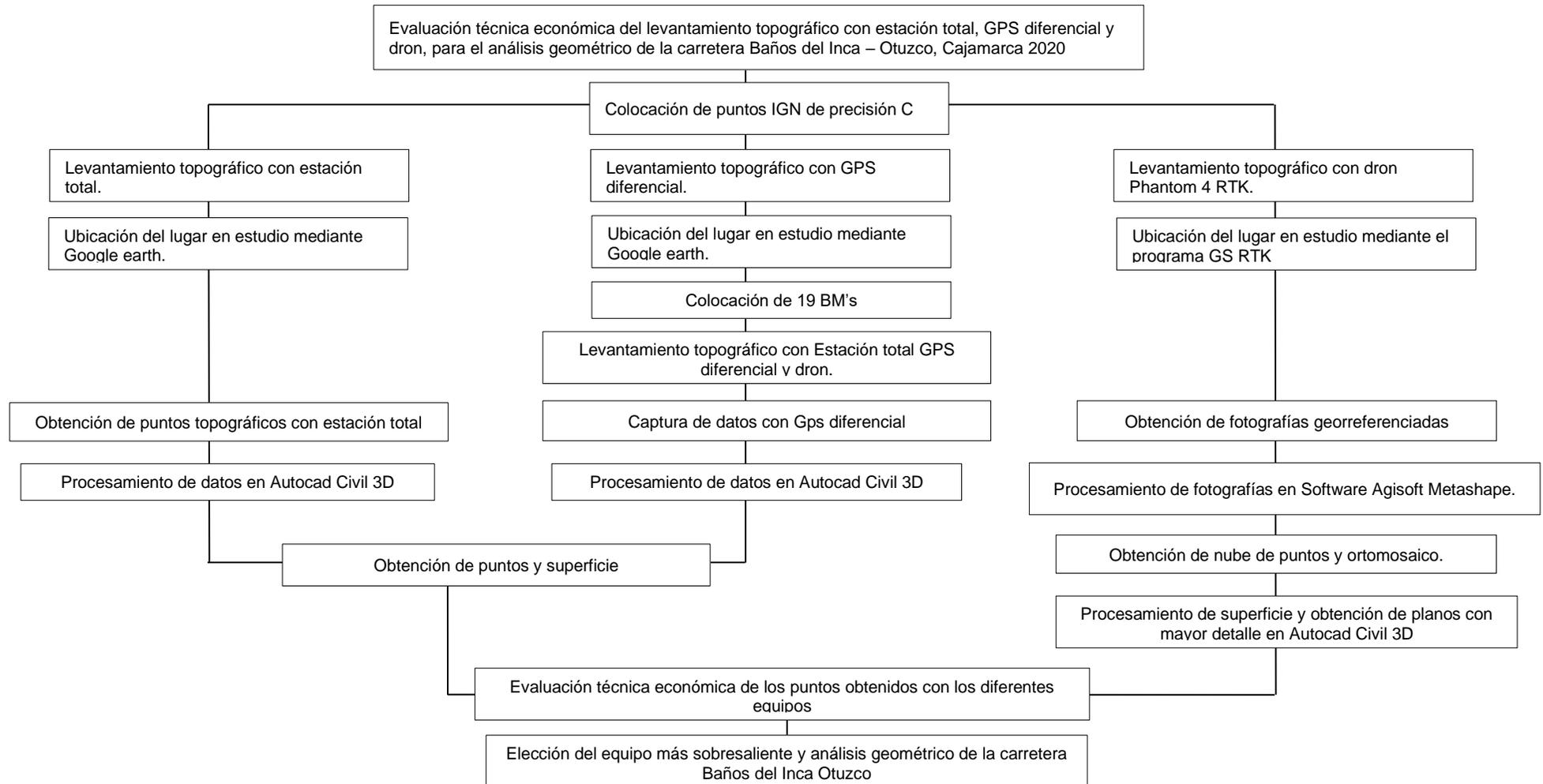
Se realiza el levantamiento topográfico de la carretera con estación total, GPS diferencial y dron Phantom 4 RTK desde el km 0+000 hasta el km 03+100 de la carretera vecinal de Baños del Inca – Otuzco, obteniendo el equipo topográfico más sobresaliente técnica y económicamente en dicho levantamiento, a partir del cual se procedió a evaluar las características geométricas existentes de la carretera para comparar con los parámetros geométricos que establece el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.



Métodos: La metodología del trabajo elaborada consiste en cuatro etapas según el siguiente esquema.

Figura 19

Metodología del trabajo.





Procedimiento

Procedimiento para la monumentación de puntos de control geodésicos

Ubicación de zona de estudio.

Esta fue la primera etapa del reconocimiento del lugar de investigación para así poder visualizar la topografía del lugar y poder ubicar estratégicamente los puntos de control geodésicos IGN1, IGN2, IGN3.

Tabla 13.

Ubicación de zona de estudio.

COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
INICIO DE TRAMO			
ESTE	779833.049 m	LATITUD	7°9'41.30" S
NORTE	9207220.362 m	LONGITUD	78°27'58.88" O
ALTITUD	2662 m.s.n.m		
FIN DE TRAMO			
ESTE	779751.070 m	LATITUD	7°8'5.83" S
NORTE	9210564.164 m	LONGITUD	78°28'2.15" O
ALTITUD	2702 m.s.n.m		

Nota. Tabla de coordenadas de inicio y fin del tramo en estudio



Trabajo de campo.

Monumentación de los puntos de control geodésico.

En este proceso, después del reconocimiento del lugar de investigación, se ubica en lugares determinados los puntos de control geodésicos llamados IGN1, IGN2, IGN3, luego se empieza a realizar trabajos de campo para la materialización de los puntos de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global del IGN.

Según IGN (2015) para la toma de datos de los puntos geodésicos de orden "C", se utiliza el método relativo estático, estos se obtendrán con apoyo de por lo menos un punto geodésico, ya sea de orden "0", de orden "A" y orden "B" a nivel nacional, que estén separados equidistantemente, a una distancia no mayor de 100 km al punto geodésico que se requiere establecer, considerando el tiempo continuo de observación menor a 900 registros o épocas (de coincidencia con la base), a no menor de un (1) segundo ni mayor de cinco (5) segundos de sincronización (con la base), con una elevación de la máscara no mayor a quince (15) grados sobre el horizonte y con el rastreo permanente no menor de 4 satélites.



Figura 20
Monumentación de puntos de control geodésico.





Figura 21

Punto de control geodésico IGN 1.



Figura 22

Punto de control geodésico IGN 2.



Figura 23

Punto de control geodésico IGN 3.





2.1.1.1.1. Georreferenciación de los puntos de control geodésico

Después de haber realizado la monumentación de los puntos de control geodésico, se procedió a realizar el posicionamiento de los puntos con equipos GNSS/GPS Trimble R8s.

Nombre punto	Nombre original	Tipo de antena	Altura de antena (m)	Fecha y hora de inicio	Fecha hora final	Duración (hrs, min, seg)
CAJ01020	CAJ01020	Zephyr Geodetic 2 RoHS Serie:5648R51027	0.400 m	05/08/2021 7:00 am	06/08/2021 7:00 am	24:00:00
IGN-01	B5836	R8S Internal Serie:5513R00158	1.480 m	05/08/2021 8:00 am	05/08/2021 09:32 am	01:32:10
IGN-02	B5837	R8S Internal Serie:5513R00158	0.989 m	05/08/2021 10:30 am	05/08/2021 12:30 pm	01:59:05
IGN-03	B5838	R8S Internal Serie:5513R00158	0.989 m	05/08/2021 13:00 pm	05/08/2021 14:41 am	01:41:50

Figura 24

Posicionamiento y registro de datos del punto IGN 1.





Figura 25.
Registro de punto IGN 2.

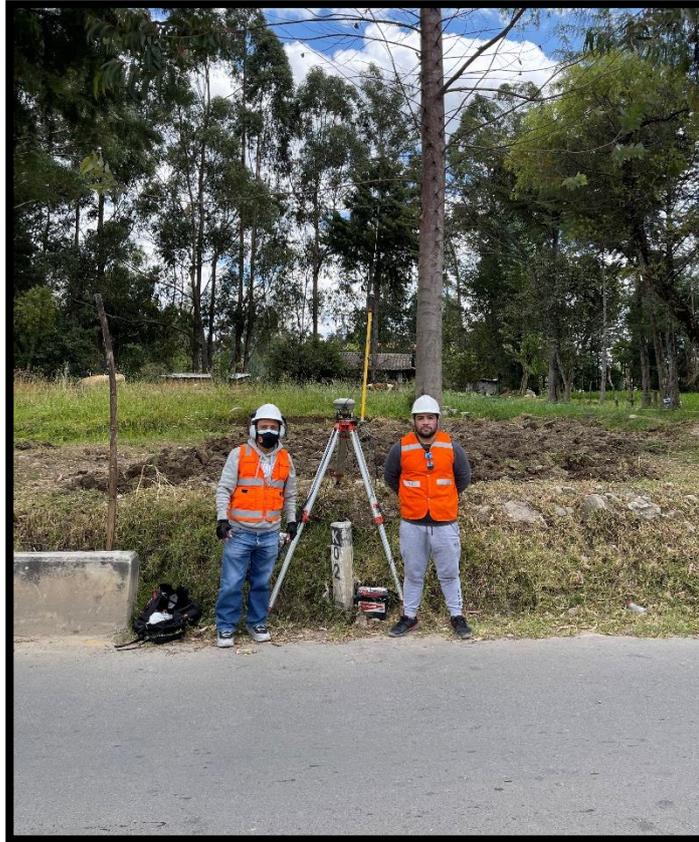


Figura 26.
Registro de punto IGN 3.





Procesamiento de los puntos de control geodésico.

Para una mayor precisión de datos del trabajo a generar se requiere de 2 puntos de control mínimo; en caso de no existir, estos pueden ser generados por medio de la utilización de un GPS de precisión, en el presente trabajo se realizó la toma de 3 puntos de control de orden "C".

El primer punto se toma por el método estático con el uso del equipo GPS, determinado el punto en coordenadas geográficas con un periodo de exposición de aproximadamente 2 horas.

Los puntos previos a la toma de datos, son señalizados con una placa de bronce de acuerdo a las normas del IGN.

Cuando se planifica un levantamiento con GPS se debe tomar en cuenta una variedad de factores, tales como ubicación de estaciones, las cuales deben ser accesibles. Es importante marcar y describir claramente cada punto IGN con la finalidad que sea fácilmente reconocido al momento de iniciar la captura de datos.

Se establecen 3 puntos IGN con el método estático del GPS, el primer punto ubicado al costado del hito del concreto del KM 01+000, el segundo ubicado al costado del hito de concreto del km 02+000, el tercer y último punto de control está ubicado al frente del hito del concreto del km 03+000 debido a la ubicación estratégica que se encuentra.

Se monta el equipo y verifica el funcionamiento del GPS, determinando el número de satélites como satisfactorio, se deja al equipo recibir las señales satelitales de posicionamiento aproximadamente durante 2 horas, para obtener las coordenadas precisas del punto.



Procedimiento para toma de datos con GPS diferencial.

Localización y reconocimiento de zona de estudio.

En este levantamiento se utiliza como base el punto de precisión geodésico IGN 1, ubicado en el hito de concreto Km 1+000 con coordenadas: 9208592.69 N, 779921.987 E, 2667.332 de altitud

Trabajo de campo.

Instrumentos:

Receptor GPS Trimble R8s: Es un equipo que combina un receptor GPS de doble frecuencia, con 440 Canales, configurables y escalables según la necesidad, diseñado para ofrecer un rastreo de señales y un rendimiento de alta calidad, con un rango de transmisión de 3-5 km.

Figura 27

GPS Diferencial Trimble R8S.





Toma de datos:

Una vez nivelado y posicionado el equipo topográfico, se procede con el encendido de la libreta electrónica y la radio para iniciar con el levantamiento topográfico.

El sistema de referencia a utilizar es el WGS 84.

Las mediciones se realizan mediante el método estático diferencial, las cuales están enlazadas al punto de precisión geodésico IGN 1.

Luego de haber creado el archivo en el cual se recopilará toda la información, se verifica que se tenga una gran captación de satélites.

Finalmente se procede con la toma de datos de toda la carretera.

Trabajo de Gabinete:

Abrimos el programa Trimble Access, y entramos a la opción **Topografía general**.

Seguidamente se selecciona la carpeta **Trabajos**.

Luego entramos a la opción **Importar / Exportar**.

Seguidamente entramos en la opción **Exportar archivos con formato fijo**, en el cual se visualiza la extensión en la cual será exportados los datos (***.csv, *.txt**).

Después seleccionamos la opción todos los puntos y Finalizar.

Posteriormente regresamos a la pantalla principal y entramos a la opción **Archivos** en la cual buscaremos el nombre de nuestro archivo (**Lev_Baños_del_inca**), y copiamos a nuestro dispositivo de almacenamiento, para luego procesar los puntos.

Finalmente, se exportan los datos con extensión (***.csv, *.txt**) al programa autocad Civil 3D, con el cual podremos comparar los puntos importantes de control para más adelante comprarlos con los de los otros equipos.



Procedimiento para la toma de datos con Estación total.

Localización y reconocimiento del terreno.

Lugar: Carretera Baños del Inca – Otuzco.

Localización: Se localiza en las siguientes coordenadas UTM.

Tabla 14.

Localización de zona de estudio.

COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
INICIO DE TRAMO			
ESTE	779833.0491202738 m	LATITUD	7°9'41.30" S
NORTE	9207220.362157036 m	LONGITUD	78°27'58.88" O
ALTITUD	2662 m.s.n.m		
FIN DE TRAMO			
ESTE	779751.0701739875 m	LATITUD	7°8'5.83" S
NORTE	9210564.16425076 m	LONGITUD	78°28'2.15" O
ALTITUD	2702 m.s.n.m		

Nota. Tabla de coordenadas de inicio y fin del tramo en estudio

Trabajo de campo.

Instrumentos: En investigación se utilizó los siguientes instrumentos.

Estación Total Leica TS06 Plus 5": Es un instrumento de medición confiable para la topografía. El cual cuenta con una precisión angular de 5".

Trípode y prisma: Son instrumentos que se utiliza para la utilización de estación total y el levantamiento topográfico.



Figura 28. Estación total TS06 PLUS 5".

Se realizó una visita de campo para el reconocimiento de la morfología de la carretera, estableciendo metodologías apropiadas para obtener trabajos topográficos con buena precisión.

Toma de datos.

- Al contar con los instrumentos adecuados para realizar el levantamiento topográfico se procedió a ubicar en el BM 17 y el Km 0+00 para de esa forma tener orientada la estación total.
- Luego de ubicar la primera estación, se llevó a cabo la nivelación del equipo, así como la digitalización de las coordenadas este(E), norte (N), cota (Z), las cuales se obtuvieron mediante el GPS diferencial y también niveladas mediante el nivel de ingeniero.
- Por último, se empezó a radiar la carretera detalladamente, así como los puntos importantes de control (BM's y IGN).



Trabajo de gabinete.

- Al realizar el trabajo de campo se obtienen los datos de la estación total, posteriormente se descarga la base de datos en extensión de texto (txt.) y archivo delimitado por comas (csv).
- Por consiguiente, se exportan los puntos y se procesan en el programa AutoCAD Civil 3D, para la obtención de la forma del terreno y el modelo DEM.
- Finalmente, una vez obtenidos los puntos importantes de control se procede a la comparación con los puntos de control de los demás equipos topográficos.



Procedimiento para toma de datos con dron Phantom 4 RTK.

Localización y reconocimiento de zona de estudio.

Lugar: Carretera Baños del Inca - Otuzco

Localización: Se realiza la localización a través del programa GS RTK V2.1.9, así como el área de vuelo y se localiza en las siguientes coordenadas UTM.

Tabla 15.

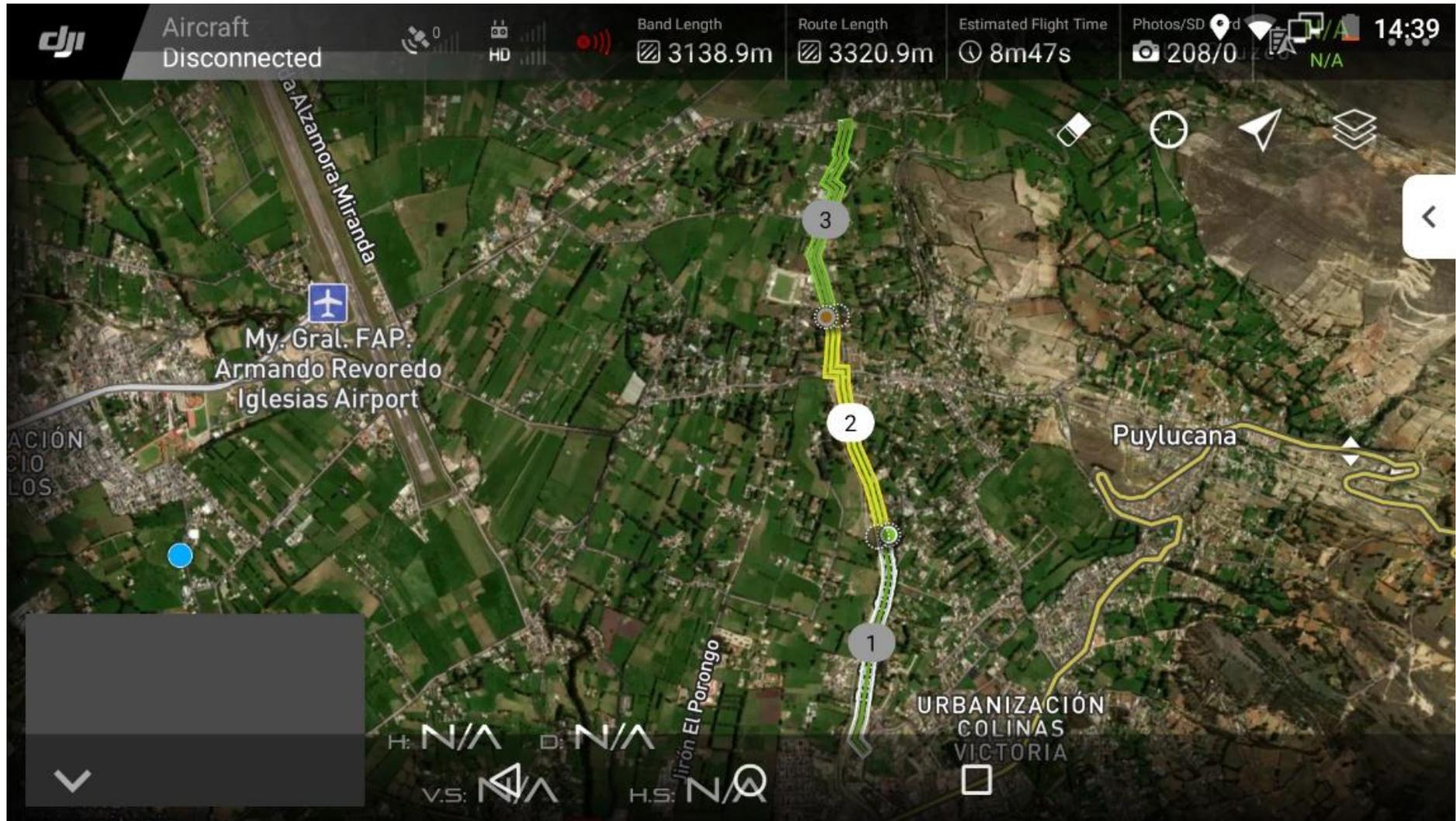
Localización de zona de estudio.

COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
INICIO DE TRAMO			
ESTE	779833.0491202738 m	LATITUD	7°9'41.30" S
NORTE	9207220.362157036 m	LONGITUD	78°27'58.88" O
ALTITUD	2662 m.s.n.m		
FIN DE TRAMO			
ESTE	779751.0701739875 m	LATITUD	7°8'5.83" S
NORTE	9210564.16425076 m	LONGITUD	78°28'2.15" O
ALTITUD	2702 m.s.n.m		

Nota. Tabla de coordenadas de inicio y fin del tramo en estudio

Figura 29

Localización y reconocimiento de zona en estudio con software de dron.





Trabajo en campo.

Instrumentos: En la investigación se utilizan los siguientes instrumentos.

Dron Phantom 4 RTK: Es un dron que fue lanzado en octubre de 2018, el cual está diseñado para mapeos aéreos cuantiosamente precisos utilizando posicionamiento cinemático en tiempo real. Aparte de RTK, utiliza un módulo GNSS redundante, instalado para mantener la estabilidad del vuelo en lugares con limitada señal, como ciudades densas.

Figura 30

Dron Phantom 4 RTK.



Toma de datos:

Primeramente, para realizar el vuelo se tuvo las consideraciones siguientes:

Criterios de orientación:

- Luego de tener los instrumentos adecuados para el levantamiento topográfico se procede a ubicar la base D-RTK 2 en el primer punto georreferenciado en la carretera de nombre IGN1, para la realizar el vuelo del primer tramo.



- Respecto al segundo de los criterios de orientación se debe evitar la excesiva sombra causada por el sol, de aquellos objetos que sobresalen como árboles, edificios, colinas, etc.
- Posterior a eso se marcan los BM's posicionados en toda la carretera con pintura de alto transito la cual sea fácilmente de observar desde las tomas fotográficas del dron.

Figura 31

Pintado de BM's.



- La altura que se considera al tomar las imágenes es de 80 metros, para tener mejor imagen de los detalles, así como salvaguardar la integridad del equipo.



Planificación para vuelo:

Posteriormente al cumplimiento de criterios de vuelo y de acuerdo con la zona GEO del aeropuerto Mayor General FAP Armando Revoredo Iglesias, se planifica el área de vuelo con los siguientes parámetros.

TRASLAPE:

Como regla fundamental se recomienda mantener los valores entre 70-80% en traslape frontal y como traslape lateral valores entre 60-70%.

Tabla 16.
Traslape Frontal y Lateral

Tipo de terreno	Traslape	
	Longitud – Frontal	Transversal – Lateral
Llano	60%	25%
Ondulado	65%	25-30%
Montañoso	70-80%	30-35%

Fuente: Quiroz (2014) – Introducción a la Fotogrametría.

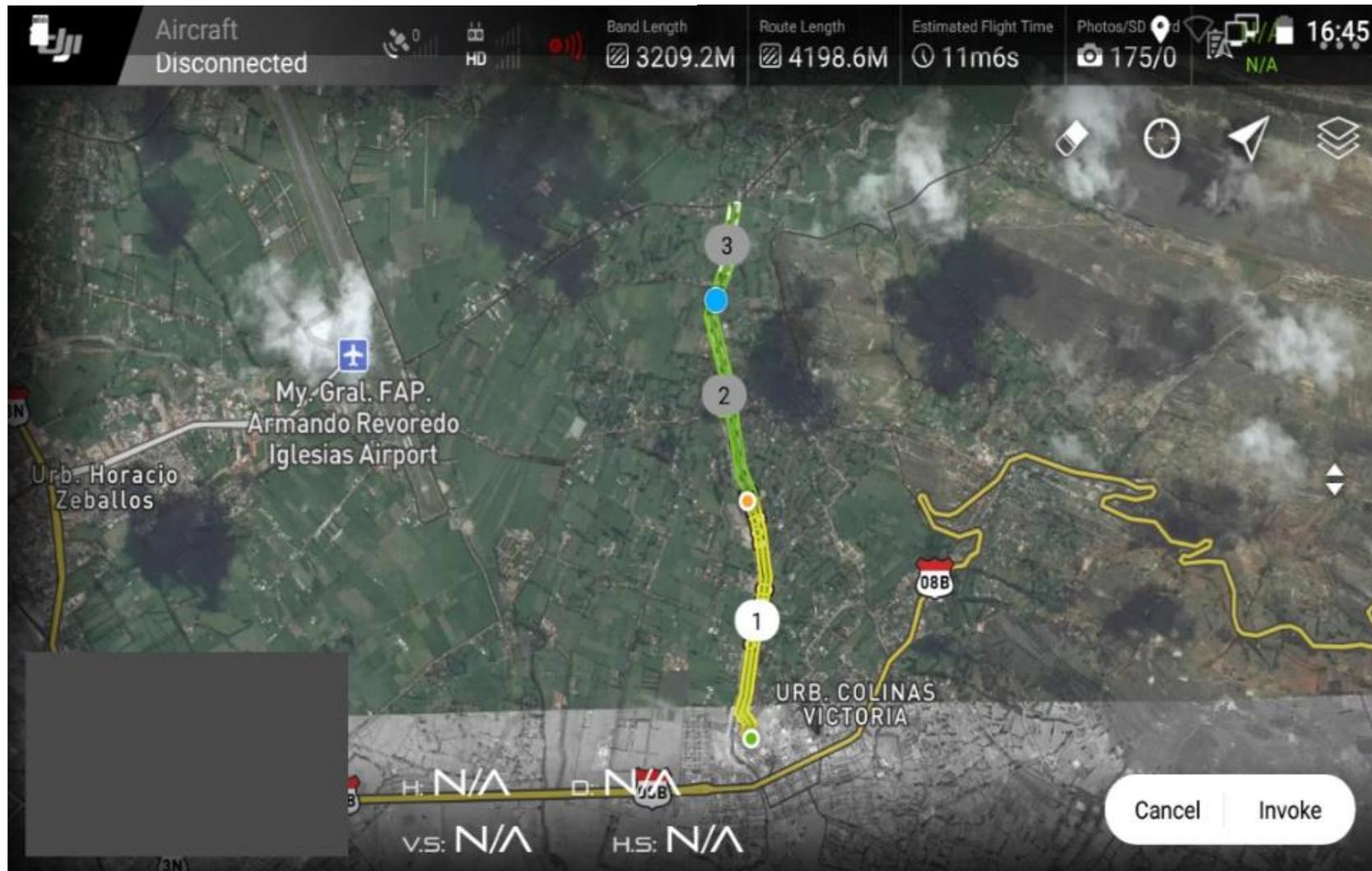
Dirección de vuelo:

Se le asigna un plan de vuelo para que el RPAS, pueda cubrir toda la carretera, en la cual se dividió en 3 tramos.



Figura 32

Plan de vuelo de los tres tramos.





Altura de vuelo:

Como ya se mencionó procederemos a considerar una altura de vuelo de 80 m, y un GSD⁸ de 2.19 cm/pixel.

Máxima velocidad de vuelo:

Se considera no forzar mucho a los motores del RPAS por lo que se dará una velocidad de 6.3 m/s.

Farm mode:

Se elegirá la opción de full coverage para obtener mejores resultados en cuestión a la cobertura del levantamiento topográfico.

Shooting mode:

Se elegirá el disparo cronometrado.

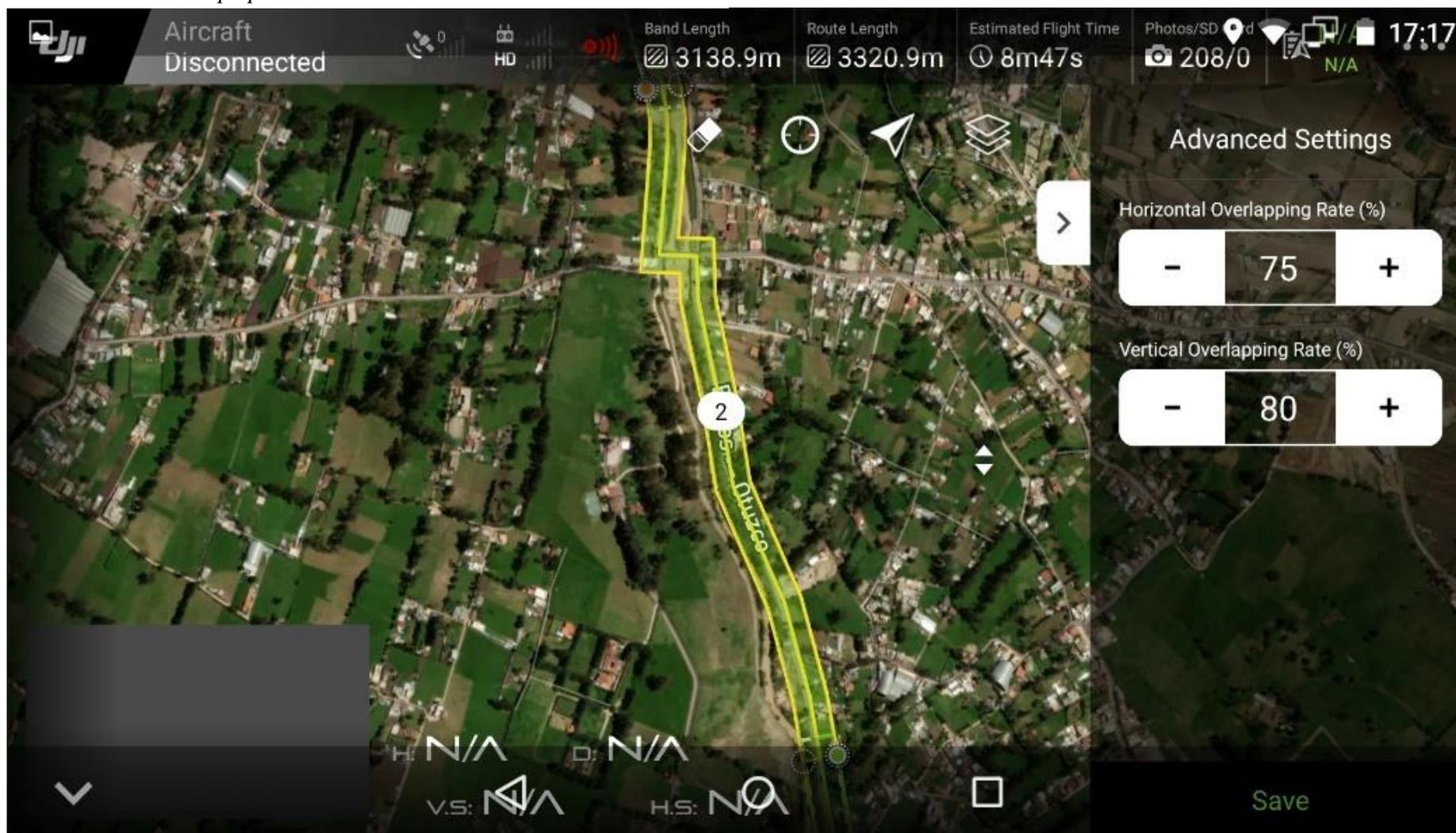
Traslape:

Se utilizará un traslape frontal de 75% y un traslape lateral de 80%

⁸ GSD: Ground simple distance (cm/pixel)

Figura 33

Colocación de traslape para vuelo.





Por último, se procede a realizar el vuelo del RPAS y la toma de fotografías en la carretera de estudio, verificando el check list de advertencias.

Figura 34

Verificación de señal antes de ejecutar el vuelo

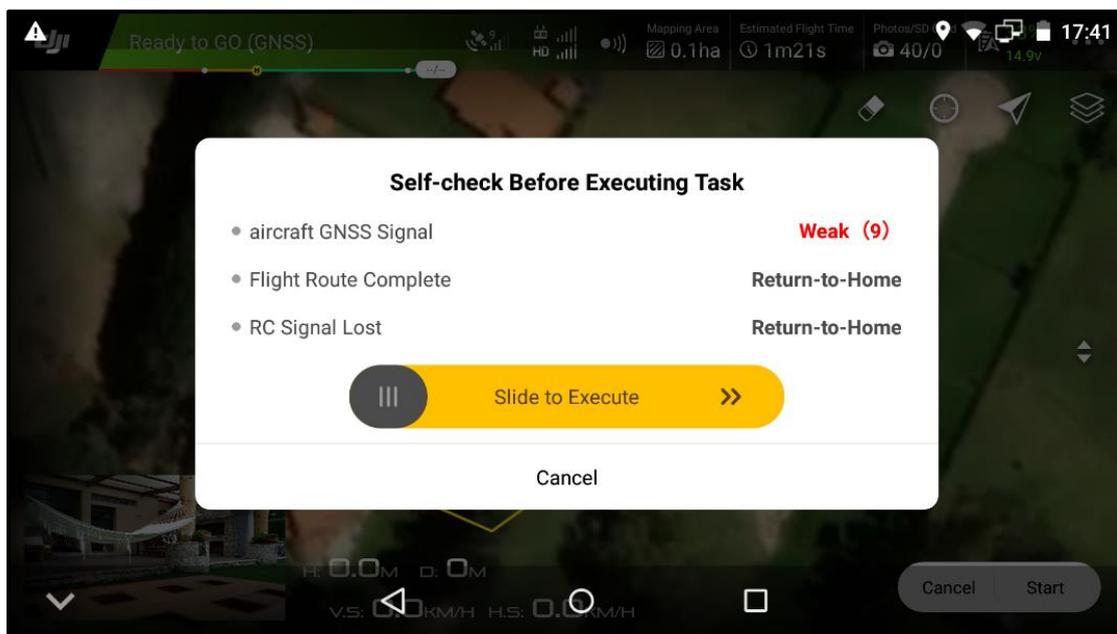


Figura 35

Posicionamiento e inicio de vuelo del tramo 1.





Figura 36

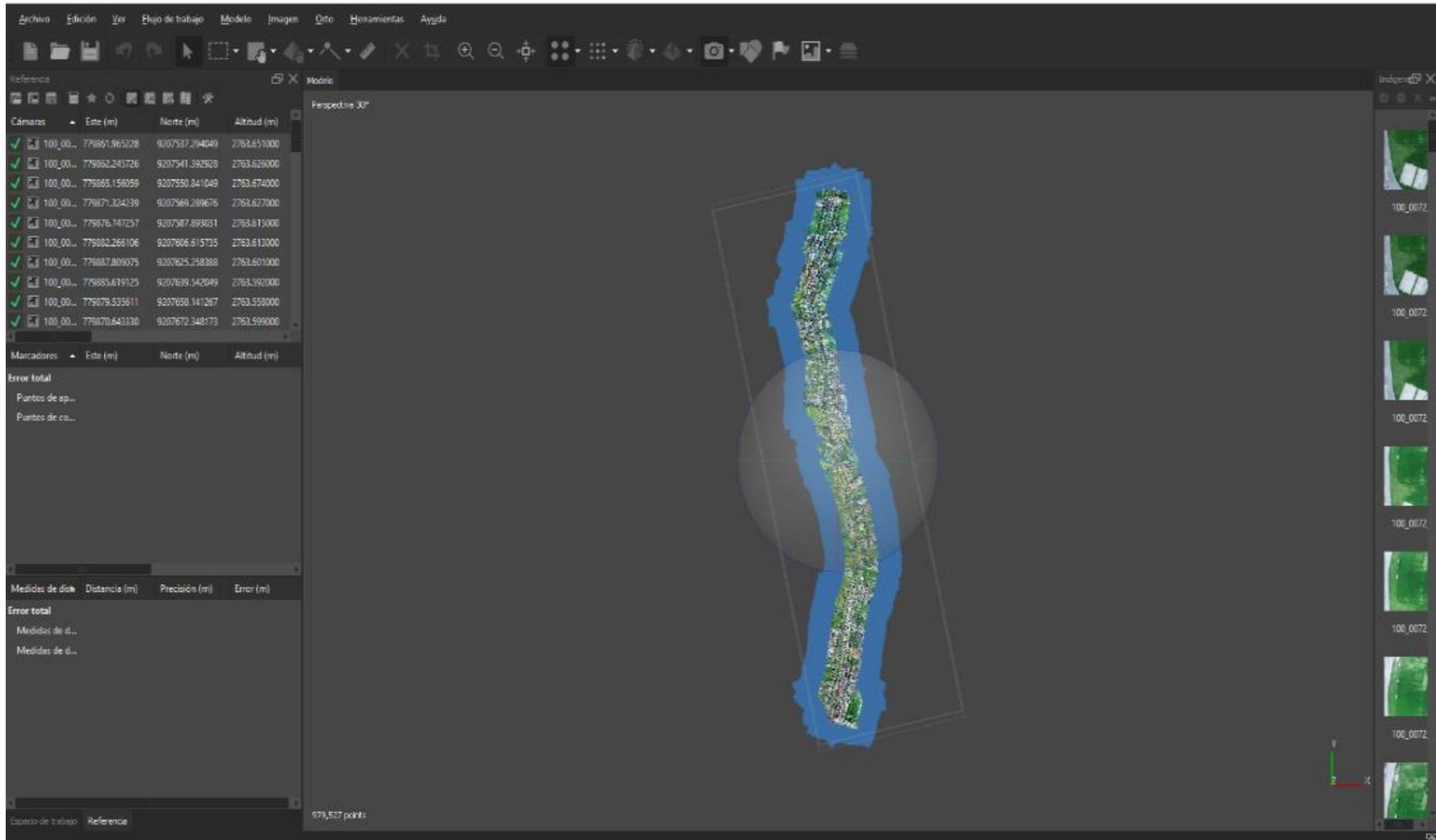
Posicionamiento e inicio de vuelo tramo 2.



Trabajo en gabinete.

- Luego de haber realizado el vuelo y la toma de datos mediante el RPAS, se descargan y procesan las imágenes de alta calidad en el software Agisoft Metashape versión profesional.

Figura 37
Proceso de imágenes en Software Agisoft Metashape.

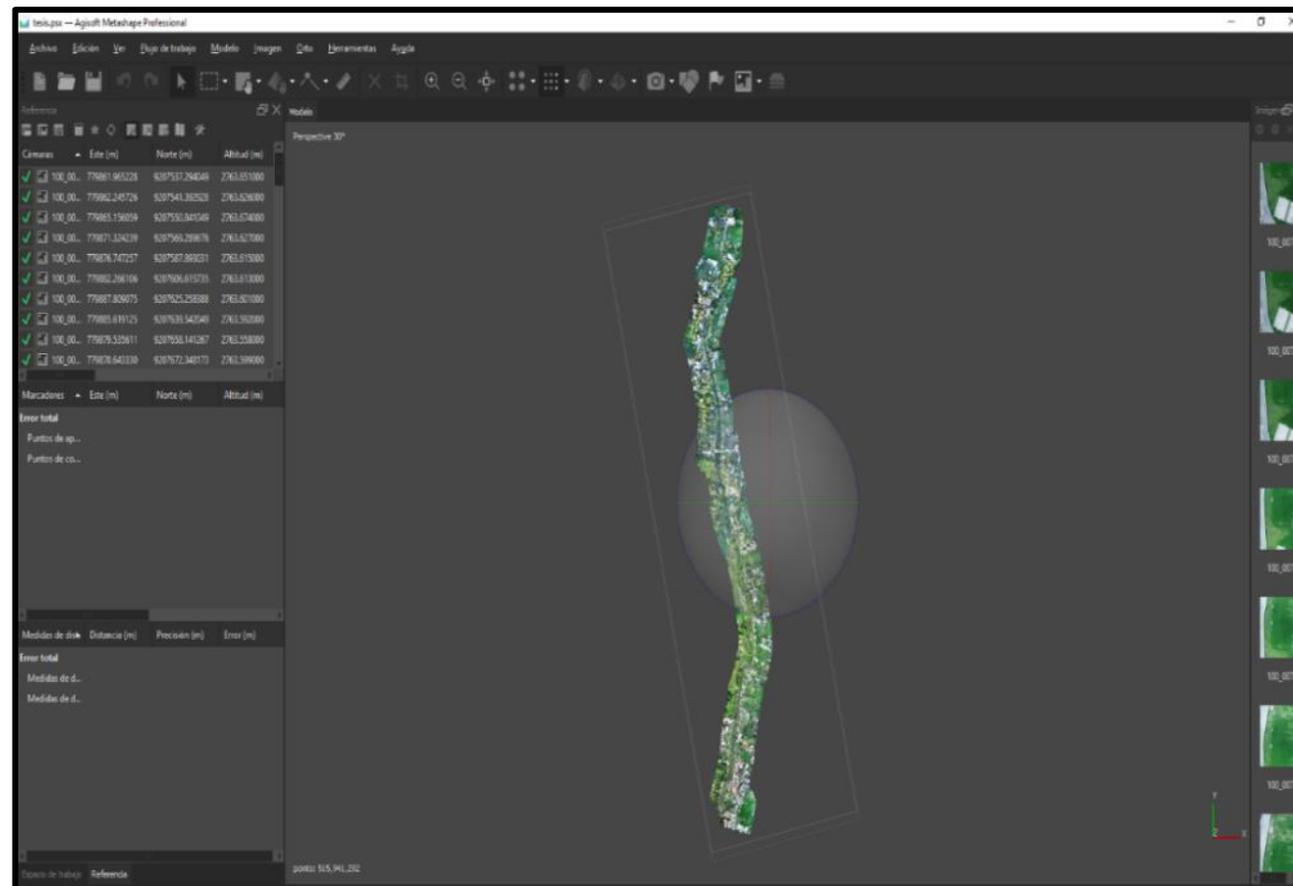




- Se añaden las imágenes al software ya mencionado, permitiendo así convertir las coordenadas geográficas a UTM, dichas imágenes se referencian automáticamente ya que el RPAS cuenta con una estación RTK, la cual permitió realizar dicho trabajo con precisión centimétrica. Se obtiene la nube de puntos.

Figura 38

Producción de nube de puntos.

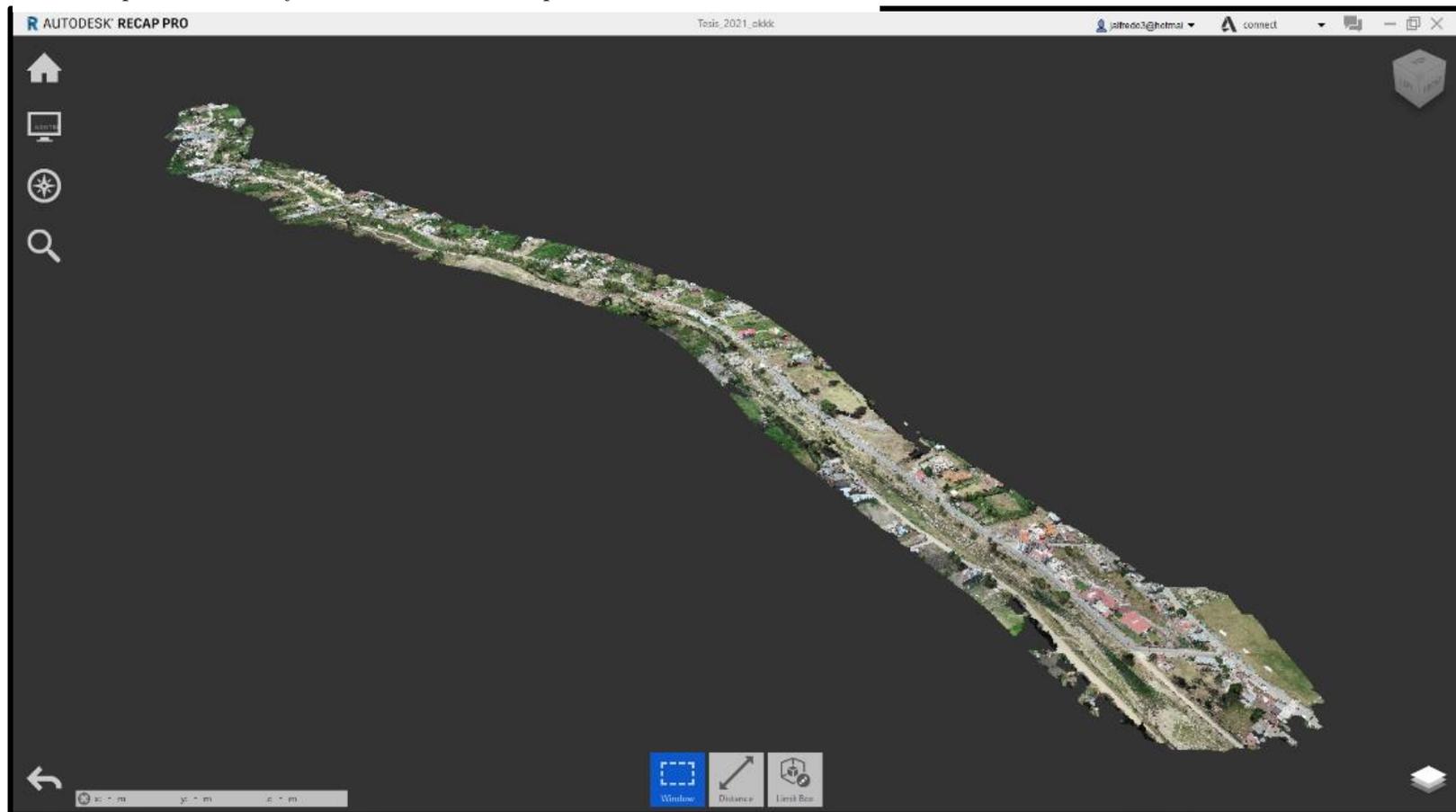




- Posteriormente se exporta la nube de puntos con extensión LAZ al software Autodesk ReCap en el cual se obtiene como producto una nube de puntos con extensión RCP y seguidamente se procesa dicho archivo en el software AutoCAD Civil 3D y del cual se obtiene los planos y las superficies correspondientes al tipo de proyecto.

Figura 39

Puntos exportados al software Autodesk ReCap.





Una vez obtenidos todos los datos del levantamiento topográfico con el RPAS, se elabora la nube de puntos el software Agisoft Metashape, misma que a su vez se procesa en el software ReCap obteniendo como resultado un archivo con extensión (.LAZ) la cual nos permite la exportación al software Civil 3D.

Después de la exportación del archivo (.LAZ) al software civil 3D, se obtiene como resultado la superficie del proyecto, así como también los puntos importantes de control, para más adelante realizar la comparación de los otros equipos topográficos estación total, GPS diferencial, Dron (**phantom 4 RTK**).

Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación se realizó respetando a la originalidad de los proyectos que se filtraron, los cuales presentan información relacionada con la tesis en estudio, éstos fueron debidamente citados con sus autores para evitar el plagio, de la misma forma se consideró algunos manuales de diseño geométrico de carreteras y softwares como, Agisoft Metashape y AutoCAD civil 3D utilizados para el análisis de la carretera en mención.

Es importante mencionar que, no se usó información de ninguna entidad, empresa o institución para el desarrollo de esta investigación, así mismo se consideró todos los lineamientos de la Universidad Privada del Norte.



CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos, están relacionados a resolver la pregunta de la presente investigación, las soluciones, el método, el diseño utilizado tanto en el campo como en gabinete, así también el software empleado; los mismos que han sido integrados para obtener finalmente los resultados del estudio.

LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.

Puntos de control geodésico:

Para el estudio se midieron los 3 puntos de control geodésicos IGN de orden "C", monumentados en la primera etapa, cuyas coordenadas son las siguientes:

Tabla 17.

Coordenadas puntos de control geodésicos - IGN orden "C".

COORDENADAS PUNTOS IGN			
DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
IGN 1	779921.987	9208592.690	2667.332
IGN 2	779685.007	9209521.705	2677.850
IGN 3	779740.244	9210450.389	2692.341

Del levantamiento topográfico utilizando estación total:

Se hizo el levantamiento topográfico de la carretera Baños del Inca – Otuzco con estación total, del cual se seleccionaron 19 puntos denominados "BMS" y 3 puntos de orden "C". Siendo estos últimos los cuales se seleccionaron también para la evaluación técnica económica.



Tabla 18.

Coordenadas de puntos de orden "PFHC" con estación total.

PUNTO N°	COORDENADAS UTM WGS 84 - 17 S			
	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	779731.778	9210392.546	2691.005	BM-01
2	779672.969	9210282.092	2688.488	BM-02
3	779712.043	9210244.207	2687.848	BM-03
4	779600.857	9209941.212	2684.571	BM-04
5	779694.203	9209608.490	2678.820	BM-05
6	779727.396	9209379.407	2677.412	BM-06
7	779761.135	9209196.394	2674.275	BM-07
8	779799.085	9209016.981	2672.346	BM-08
9	779861.675	9208854.767	2671.062	BM-09
10	779901.962	9208707.386	2669.035	BM-10
11	779941.191	9208484.255	2666.123	BM-11
12	779927.667	9208374.980	2665.010	BM-12
13	779899.024	9208270.899	2663.873	BM-13
14	779859.169	9208134.667	2662.212	BM-14
15	779822.894	9207920.773	2660.324	BM-15
16	779805.046	9207790.631	2659.102	BM-16
17	779784.189	9207686.837	2658.115	BM-17
18	779834.667	9207632.311	2658.275	KM00
19	779756.467	9210559.619	2697.688	BM00

Tabla 19.

Coordenadas puntos IGN con Estación Total – Orden "C".

PUNTOS IGN - ESTACIÓN TOTAL			
IGN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
IGN-1	779921.985	9208592.688	2667.330
IGN-2	779685.006	9209521.703	2677.848
IGN-3	779740.243	9210450.387	2692.339



Tabla 20.

Costos unitarios levantamiento topográfico con estación total.

Rendimiento x Dia	1.387 km					
Descripción de recursos	Unidad	Cuadrilla	Incidencia	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
TOPÓGRAFO	HH	1	5.7692	S/ 8.33	S/ 48.08	
PRISMERO	HH	1	5.7692	S/ 4.44	S/ 25.64	
Trabajo de gabinete	HH	1	5.7692	S/ 11.11	S/ 64.10	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO	3%	S/ 73.72	S/ 2.21	
ESTACIÓN TOTAL	HE	1	5.7692	S/ 5.56	S/ 32.05	
Subpartidas						
PUNTOS DE CONTROL	glb		1	S/ 32.05	S/ 32.05	
COSTO TOTAL x KM					S/ 204.13	

TIEMPO DE TRABAJO DE CAMPO	17 horas
TIEMPO TRABAJO DE GABINETE	1 hora
TIEMPO TOTAL	18 horas

Para el levantamiento topográfico con estación total el costo x km obtenido es de S/. 204.13 soles, y considerando que en nuestro estudio se realizaron 3.120 km, se tiene un total de S/. 636.89 soles.

Del levantamiento topográfico utilizando GPS diferencial:

De la misma manera que la estación total, se realizó el levantamiento topográfico de la carretera Baños del inca – Otuzco con GPS diferencial, del cual se seleccionaron 19 puntos denominados “BMS” y 3 puntos de orden “C”. Estos últimos también se seleccionaron para la evaluación técnica económica.



Tabla 21.
Coordenadas del levantamiento topográfico con GPS diferencial.

PUNTO	COORDENADAS UTM WGS 84 - 17 S			
	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	779731.779	9210392.548	2691.021	BM1
2	779672.970	9210282.094	2688.495	BM2
3	779712.044	9210244.209	2687.865	BM3
4	779600.858	9209941.214	2684.606	BM4
5	779694.204	9209608.492	2678.839	BM5
6	779727.397	9209379.409	2677.443	BM6
7	779761.136	9209196.396	2674.304	BM7
8	779799.087	9209016.983	2672.399	BM8
9	779861.676	9208854.769	2671.082	BM9
10	779901.963	9208707.388	2669.050	BM10
11	779941.192	9208484.257	2666.085	BM11
12	779927.668	9208374.982	2665.019	BM12
13	779899.025	9208270.901	2663.873	BM13
14	779859.170	9208134.669	2662.221	BM14
15	779822.895	9207920.775	2660.357	BM15
16	779805.047	9207790.633	2659.134	BM16
17	779784.191	9207686.837	2658.113	BM17
18	779834.667	9207632.311	2658.282	KM00
19	779756.467	9210559.619	2697.688	BM00



Tabla 22.
Coordenadas puntos IGN con GPS Diferencial

LISTA DE GPS DIFERENCIAL - IGN			
IGN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
IGN-1	779921.987	9208592.690	2667.332
IGN-2	779685.007	9209522.705	2677.850
IGN-3	779740.229	9210450.370	2692.360

Tabla 23.
Costos unitarios del levantamiento topográfico con GPS diferencial.

Rendimiento x Dia	2.496 km				
Descripción de recursos	Unidad	Cuadrilla	Incidencia	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
TOPÓGRAFO	HH	1	3.2051	S/ 20.00	S/ 64.10
AYUDANTE	HH	1	3.2051	S/ 9.00	S/ 28.85
CADISTA (T.G.)	HH	1	3.2051	S/ 20.00	S/ 64.10
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO	3%	S/ 128.21	S/ 3.85
GPS	HE	1	3.2051	S/ 40.00	S/ 128.21
Subpartidas					
Puntos de control	glb		1	S/ 32.05	S/ 32.05
COSTO TOTAL x KM					S/ 321.15

TIEMPO DE TRABAJO DE CAMPO	9 horas
TIEMPO TRABAJO DE GABINETE	1 hora
TIEMPO TOTAL	10 horas

Para el levantamiento topográfico con GPS diferencial el costo x km obtenido es de S/. 321.15 soles, ya que en nuestro estudio se realizaron 3.120 km, se tiene un total de S/. 1002.00 soles.



Del levantamiento topográfico utilizando dron phantom 4 RTK:

Finalmente, se realizó el levantamiento topográfico de la carretera Baños del Inca – Otuzco con dron, del cual se seleccionaron 19 puntos denominados “BMS” y 3 puntos de orden “C”. Estos últimos también se seleccionaron para la evaluación técnica económica.

Tabla 24.

Coordenadas del levantamiento topográfico con dron phantom 4 RTK.

PUNTO N°	COORDENADAS UTM WGS 84 - 17S			
	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	779731.775	9210392.551	2691.001	BM1
2	779672.974	9210282.063	2688.469	BM2
3	779712.018	9210244.203	2687.833	BM3
4	779600.861	9209941.221	2684.593	BM4
5	779694.168	9209608.482	2678.845	BM5
6	779727.397	9209379.409	2677.487	BM6
7	779761.129	9209196.393	2674.283	BM7
8	779799.082	9209017.000	2672.332	BM8
9	779861.674	9208854.803	2671.053	BM9
10	779901.955	9208707.394	2669.039	BM10
11	779941.201	9208484.228	2666.153	BM11
12	779927.670	9208374.983	2665.070	BM12
13	779899.026	9208270.900	2663.907	BM13
14	779859.168	9208134.667	2662.229	BM14
15	779822.895	9207920.781	2660.335	BM15
16	779805.047	9207790.638	2659.109	BM16
17	779784.190	9207686.846	2658.120	BM17
18	779834.670	9207632.312	2658.267	KM00
19	779756.470	9210559.614	2697.664	BM00



Las coordenadas seleccionadas para el análisis de la investigación son:

Tabla 25.

Coordenadas puntos IGN con Dron P4 RTK.

PUNTOS IGN - DRON PHANTOM 4 RTK			
DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
IGN-1	779921.987	9208592.690	2667.332
IGN-2	779685.007	9209521.705	2677.850
IGN-3	779740.244	9210450.389	2692.341

Tabla 26.

Costos unitarios levantamiento topográfico con dron phantom 4 RTK.

Rendimiento x Dia	8.320 km					
Descripción de recursos	Unidad	Cuadrilla	Incidencia	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
OPERARIO DRON	HH	1	0.9615	S/ 66.67	S/ 64.10	
AYUDANTE	HH	1	0.9615	S/ 16.67	S/ 16.03	
Trabajo de gabinete	HH	1	0.9615	S/ 66.67	S/ 64.10	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO	3%	S/ 64.10	S/ 1.92	
DRON	HE	1	0.9615	S/ 100.00	S/ 96.15	
Subpartidas						
Puntos de control	glb		1	S/ 32.05	S/ 32.05	
					S/ 274.36	

TIEMPO DE TRABAJO DE CAMPO	3 horas
TIEMPO TRABAJO DE GABINETE	1 hora
TIEMPO TOTAL	4 horas

Para el levantamiento topográfico con dron phantom 4 RTK el costo x km obtenido es de S/. 274.36 soles, ya que en nuestro estudio se realizaron 3.120 km, se tiene un total de S/. 856.00 soles.



Análisis de ANOVA

Análisis de correlación por el método de Spearman

Se analizo los datos para poder comprobar si existe diferencias estadísticas entre los equipos topográficos.

		Medidas	Puntos	Diferencias
Spearman's rho	Coefficiente de correlación	-0.143	1	.649*
	Sig. (1-tailed)	0.329	0.0001	0.011
	N	36	36	36

Nota: *. La correlación es significativa 0.05 nivel (1-tailed).

Entre las comparaciones de todos los instrumentos de medida, se encuentra una correlación significativa ($0.05 > 0.011$) empleando la prueba de Spearman. Existen diferencia entre los instrumentos de medición, pero las diferencias son mínimas, por lo cual se empleará el método LSD de Fisher, un test estadístico más riguroso.

Análisis de múltiples comparaciones LDS Fisher

Se desarrollaron 12 combinaciones comparativas, en cada análisis, donde n (n-1) siendo 4 el número de elementos. $4(3) = 12$, como se muestra en la siguiente tabla.

Prueba LSD, comparaciones múltiples		
Equipos (A)	x	Equipos (B)
		DRON
IGN	x	Estación
		GPS
		IGN
DRON	x	Estación
		GPS
		IGN
Estación	x	DRON
		GPS
		IGN
GPS	x	DRON
		Estación



Prueba de comparaciones múltiples de media LDS, coordenadas Este.

Se observa los resultados del análisis de pruebas de comparaciones múltiples para la diferencia entre los puntos tomados por los cuatro equipos de medidas, los cuales indican que existe significación estadística entre la herramienta de toma de datos.

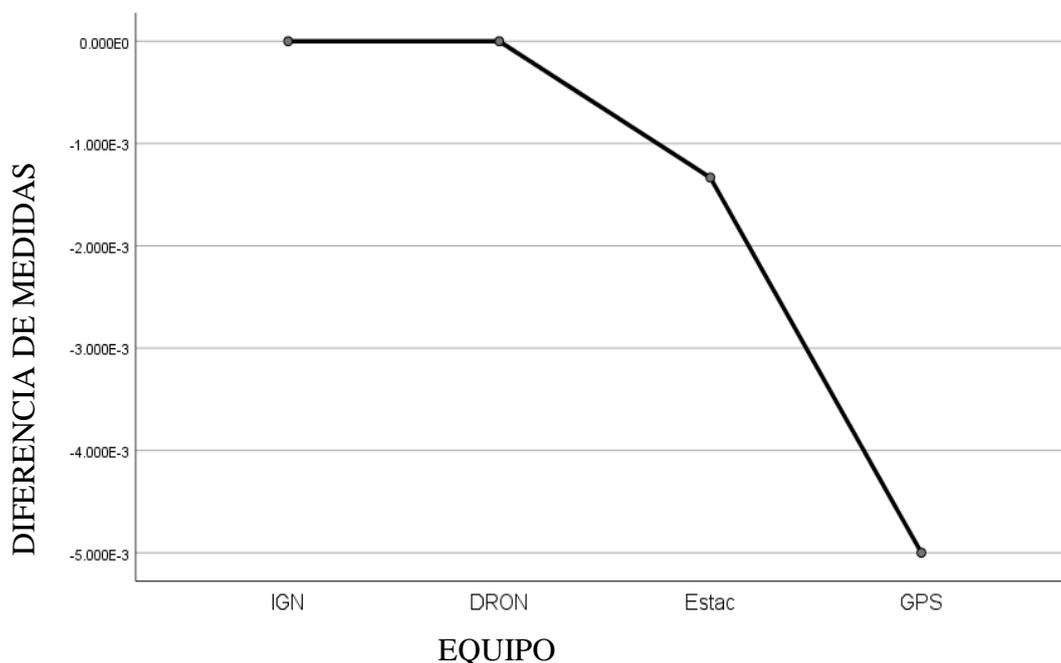
Donde: Existe diferencia significativa entre la toma de medidas por el GPS ($0.196 < 0.5 < 1.00$); no existe diferencia significativa por las medidas obtenidas con la estación y Dron ($0.716 > 0.5$), no obstante, la medida que es más exacta es el Dron ($1.0 = 1.0$), se observa en el gráfico de diferencia de medias, donde la toma de medida más lejana a la exactitud es el GPS, mientras que la medida tomada por el Dron es igual a la obtenida en IGN.

Tabla 27.
Prueba LDS - Coordenadas Este.

(I) Equipo	(J) Equipo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significancia	95% Confidence Interval	
					Mín.	Máx.
IGN	DRON	0	0.003543	1	-0.00817	0.00817
	Estación	0.001333	0.003543	0.716	-0.00684	0.0095
	GPS	0.005	0.003543	0.196	-0.00317	0.01317
DRON	IGN	0	0.003543	1	-0.00817	0.00817
	Estación	0.001333	0.003543	0.716	-0.00684	0.0095
	GPS	0.005	0.003543	0.196	-0.00317	0.01317
Estación	IGN	-0.001333	0.003543	0.716	-0.0095	0.00684
	DRON	-0.001333	0.003543	0.716	-0.0095	0.00684
	GPS	0.003667	0.003543	0.331	-0.0045	0.01184
GPS	IGN	-0.005	0.003543	0.196	-0.01317	0.00317
	DRON	-0.005	0.003543	0.196	-0.01317	0.00317
	Estación	-0.003667	0.003543	0.331	-0.01184	0.0045



Figura 40
Prueba LDS - Coordenadas Este.



Prueba de comparaciones múltiples LDS, coordenadas Norte

Se observa los resultados del análisis de pruebas de comparaciones múltiples para la diferencia entre los puntos tomados por los cuatro equipos de medidas, los cuales indican que existe significación estadística entre la herramienta de toma de datos.

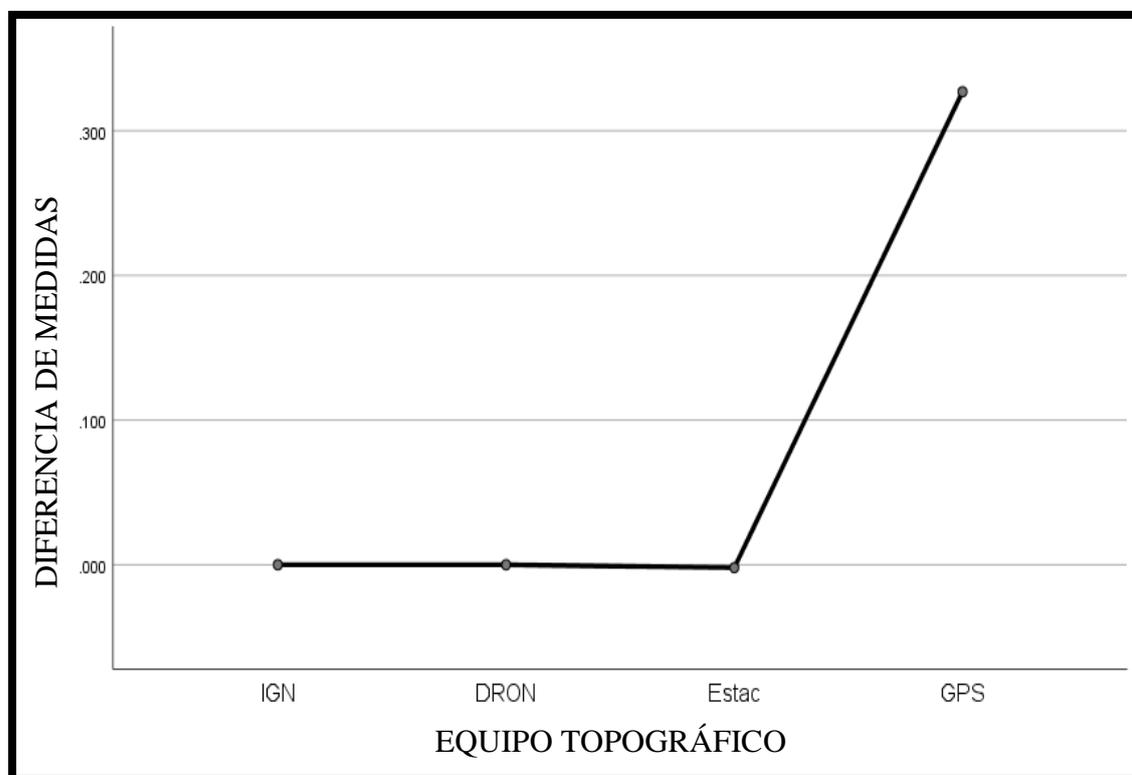
Donde: Existe diferencia significativa entre la toma de medidas por el GPS ($0.207 < 0.5 < 1$); no existe diferencia significativa por las medidas obtenidas con la estación ($1 > 0.994 > 0.5$), no obstante, la medida más cercana es el Dron ($1.0 = 1.0$), se observa en el gráfico de diferencia de medias, donde la toma de medida más lejana a la exactitud es el GPS, mientras que la medida tomada por el Dron y estaciones igual a la obtenida en IGN.



Tabla 28.
Prueba LDS - Coordenadas Norte.

(I) Equipo	(J) Equipo	Diferencias de media (I-J)	Error estándar	Significancia	95% Confidence Interval	
					Mín.	Máx
IGN	DRON	0	0.237973	1	-0.54877	0.54877
	Estación	0.002	0.237973	0.994	-0.54677	0.55077
	GPS	-0.327	0.237973	0.207	-0.87577	0.22177
DRON	IGN	0	0.237973	1	-0.54877	0.54877
	Estación	0.002	0.237973	0.994	-0.54677	0.55077
	GPS	-0.327	0.237973	0.207	-0.87577	0.22177
Estación	IGN	-0.002	0.237973	0.994	-0.55077	0.54677
	DRON	-0.002	0.237973	0.994	-0.55077	0.54677
	GPS	-0.329	0.237973	0.204	-0.87777	0.21977
GPS	IGN	0.327	0.237973	0.207	-0.22177	0.87577
	DRON	0.327	0.237973	0.207	-0.22177	0.87577
	Estación	0.329	0.237973	0.204	-0.21977	0.87777

Figura 41
Prueba LDS - Coordenadas Norte.





Prueba de comparaciones múltiples LDS, Cota.

Se observa los resultados del análisis de pruebas de comparaciones múltiples para la diferencia entre los puntos tomados por los cuatro equipos de medidas, los cuales indican que existe significación estadística entre la herramienta de toma de datos.

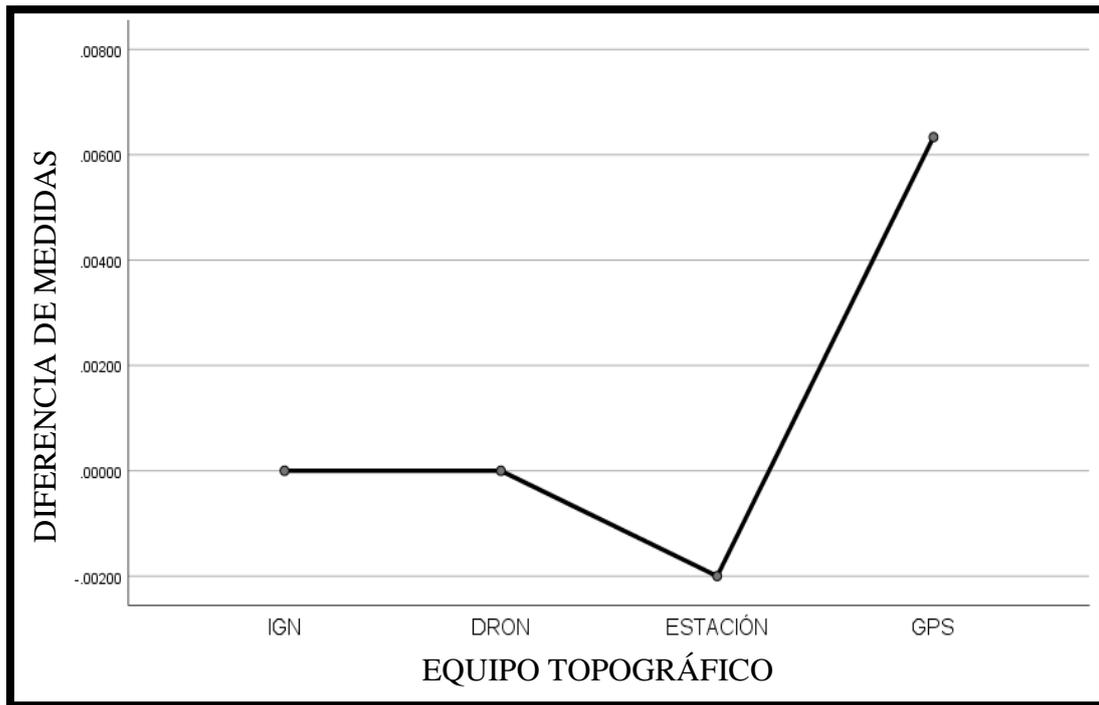
Donde: Existe diferencia significativa entre la toma de medidas por el GPS ($0.195 < 0.5 < 1.0$); no existe diferencia significativa por las medidas obtenidas con la estación ($1 > 0.667 > 0.5$), no obstante, la medida más cercana es el Dron ($1.0 = 1.0$), se observa en el gráfico de diferencia de medias, donde la toma de medida más lejana a la exactitud es el GPS, mientras que la medida tomada por el Dron igual a la obtenida en IGN que la medida tomada con la estación presenta una exactitud media.

Tabla 29.
Prueba LDS - Cota

(I) Equipo	(J) Equipo	Diferencia de medias (I-J)	Error estandar	Significancia	95% Confidence Interval	
					Mín.	Máx.
IGN	DRON	0	0.00447834	1	-0.0103271	0.0103271
	ESTACIÓN	0.002	0.00447834	0.667	-0.0083271	0.0123271
	GPS	-0.00633333	0.00447834	0.195	-0.0166604	0.0039937
DRON	IGN	0	0.00447834	1	-0.0103271	0.0103271
	ESTACIÓN	0.002	0.00447834	0.667	-0.0083271	0.0123271
	GPS	-0.00633333	0.00447834	0.195	-0.0166604	0.0039937
ESTACIÓN	IGN	-0.002	0.00447834	0.667	-0.0123271	0.0083271
	DRON	-0.002	0.00447834	0.667	-0.0123271	0.0083271
	GPS	-0.00833333	0.00447834	0.1	-0.0186604	0.0019937
GPS	IGN	0.00633333	0.00447834	0.195	-0.0039937	0.0166604
	DRON	0.00633333	0.00447834	0.195	-0.0039937	0.0166604
	ESTACIÓN	0.00833333	0.00447834	0.1	-0.0019937	0.0186604



Figura 42
Prueba LDS - Cota



Dado que, el valor de significación (p-valor = 0.416) es mayor al 0.05. Este resultado indica que no existen diferencias significativas entre las medidas UTM, aplicando el análisis de varianzas Tukey. Este resultado nos muestra que los tres equipos topográficos no difieren tan ampliamente y dichos datos son válidos para trabajos de exactitud, no obstante, al aplicar métodos más críticos como: el de LDS de Fisher y compararlos entre sí, se obtiene que, si existe diferencia, pero ésta es relativamente mínima.

	Suma de cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F calculado	P- valor
Formulación	0.082	3	0.027	0.976	0.416
Error	0.893	32	0.028		
Total	0.975	35			

Equipo	N	Media	Std. Deviation	Error estándar	95% Confidence Interval for Mean	
					Min.	Max.
IGN	9	0	0	0	0	0
DRON	9	0	0	0	0	0
Estac	9	-0.00178	0.000441	0.000147	-0.00212	-0.00144
GPS	9	0.10944	0.33413	0.111377	-0.14739	0.36628
Total	36	0.02692	0.166896	0.027816	-0.02955	0.08339



Relación precisión, tiempo, costo:

Medida de efectividad relacionado a la productividad en relación costo tiempo

Productividad (Precisión costo) = (Porcentaje del (costo/tiempo) + Puntaje de precisión * media) %.

Tabla 30.

Relación precisión, tiempo, costo.

EQUIPO	Precisión	Costo	tiempo (H)	Precisión %	Costo/Tiempo (H)	% Precisión/costo
Estación total	3	637	24	100	1.04	58.51
GPS diferencial	1	1002	12	33.33	4.18	22.27
dron P4RTK	3	856	4	100	11.89	89.76
Promedio					17.54	58.51
Media					4.18	

Productividad	Media
Estación total	59%
GPS diferencial	22%
DRON RTK	90%

En la **Tabla 30**, se muestra la relación entre precisión, tiempo y costo; donde se observa que:

Empleando estación total, se obtiene una buena calidad de acuerdo a la precisión con un costo y tiempo de trabajo alto, obteniendo una productividad de 59 % con respecto a los otros equipos y cercana a la media

Empleando GPS diferencial se obtiene una calidad de precisión baja, un tiempo de trabajo medio y un precio alto; obteniendo una productividad de 22 % con respecto a los otros equipos.

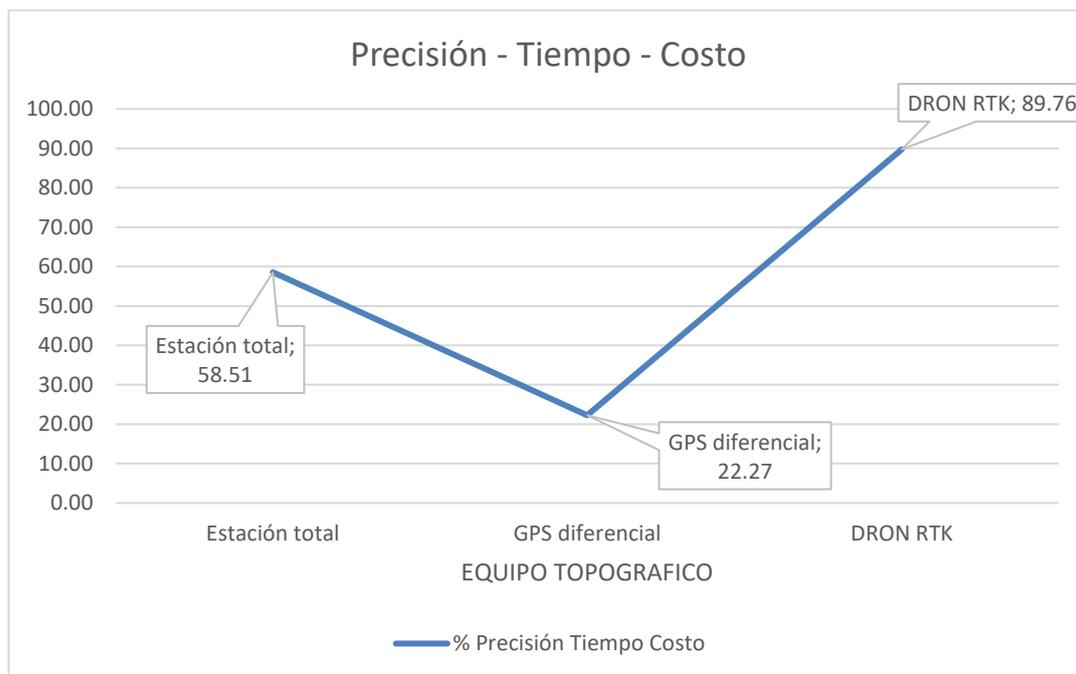
Empleando Dron, se obtiene una precisión alta, un tiempo de trabajo y precio bajo, obteniendo una productividad de 90 % con respecto a los otros equipos, superior a la media.



El gráfico agudiza, el mejor equipo topográfico de acuerdo a la precisión, tiempo y costo.

Figura 43

Comparación Precisión - Tiempo - Costo de equipos.



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ACTUALES DE LA CARRETERA.

La carretera Baños del Inca – Otuzco, está ubicada al sur oeste del distrito de Baños del Inca.

El punto de partida está ubicado en Baños del Inca a 2662 m.sm.n.m cuyas coordenadas UTM son: 779833.0491 m E y 9210564.164 m N.

El punto de llegada está ubicado en Otuzco a 2702 m.s.n.m cuyas coordenadas UTM son: 779751.070 m E y 9210564.164 m N.

Datos de aforo vehicular.

El conteo vehicular se realizó de manera manual los días martes, jueves y sábados de 7-9 am, 11-02pm, 6-8pm. Durante un periodo de una semana. Los vehículos contabilizados son motocicletas, trimotos, autos, station wagon, pick up, suv, panel, micros, mini bus camiones 2e y 3e entre otros.



Tabla 31
Conteo vehicular.

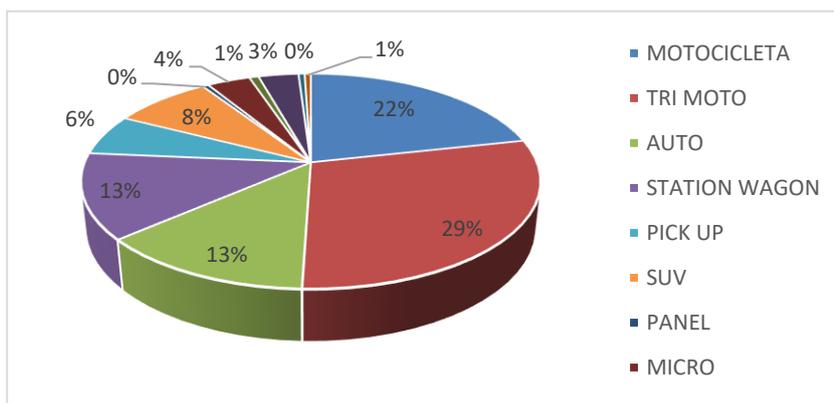
CONTEO VEHICULAR														
Día	HORARIO	MOTO CICLETA	TRI MOTO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	SUV	PANEL	MICRO	MINI BUS	2E	3E	OTROS	TOTAL
MARTES	7 – 9 AM	16	14	8	9	4	5	0	2	0	4	0	0	62
	11 – 02 PM	9	12	3	4	2	2	0	3	0	0	0	0	35
	6 – 8 PM	6	11	5	2	3	3	0	2	1	0	0	1	34
JUEVES	7 – 9 AM	14	16	4	9	1	3	1	3	0	2	1	0	54
	11 – 02 PM	6	7	1	4	1	3	0	1	0	2	0	0	25
	6 – 8 PM	4	8	7	3	3	3	0	1	0	1	1	0	31
SÁBADO	7 – 9 AM	6	9	2	3	2	3	1	0	0	1	0	0	27
	11 – 02 PM	11	24	12	8	3	6	0	1	0	2	0	0	67
	6 – 8 PM	12	12	9	8	5	4	0	1	2	1	0	1	55



Tabla 32.
Resumen de vehículos.

RESUMEN DE VEHÍCULOS DURANTE 3 DÍAS.	
MOTOCICLETA	84
TRI MOTO	113
AUTO	51
STATION WAGON	50
PICK UP	24
SUV	32
PANEL	2
MICRO	14
MINI BUS	3
CAMIÓN 2E	13
CAMIÓN 3E	2
OTROS	2

Figura 44
Resumen de vehículos



Cálculo de índice medio diario semanal.

El valor promedio semanal se obtiene del volumen del valor del tráfico diario en un tramo de la red a lo largo de 3 días en diferentes horarios.

$$IMDS = \frac{P}{N}$$

Donde:

P: Promedio del tráfico de martes, jueves y sábado.

N: Número de días de conteo.

$$IMDA = IMDS \times FC$$

FC = 1 (ya que no existe puesto de peaje para corrección estacional).



Tabla 33.
Valor promedio diario.

Total Martes	Total Jueves	Total Sábado	IMDS	IMDA
131	110	149	130.00	130.00

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA.

Clasificación por demanda.

De acuerdo con la tabla 32, la vía tiene un IMDA = 130 veh/día el cual es menor a 400 veh/día, por lo tanto, es una carretera de **tercera clase**. Las características de la carretera diseñada son de 02 carriles con un ancho de 3.00 m cada carril.

Tabla 34
Clasificación por demanda.

CLASIFICACIÓN POR DEMANDA				
	1° CLASE	2° CLASE	3° CLASE	TROCHAS CARROZABLES
IMDA (veh/día)	4000 – 2001	2000 – 400	< 400	< 200
N° carriles	2	2	2	1
Ancho mínimo(m)	3.6	3.3	3	4
Sup. rodadura	PAVIMENTO	PAVIMENTO	ASFALTO	-

Fuente: Manual de Diseño (DG – 2018) p.12

El resultado sugiere que tenemos una carreta de **tercera clase**, clasificada por su demanda.

Clasificación por orografía.

De acuerdo a la tabla 19. El terreno presenta una **orografía plana (Tipo 1)**, pues tiene pendientes transversales al eje de la carretera que son menores o iguales al 10%.

En la siguiente tabla se muestran los resultados.



Tabla 35.
Pendientes transversales de la carretera.

% IZQ	KM (03 - 02)	% DER	% IZQ	KM (02 - 01)	% DER	% IZQ	KM (01 - 00)	% DER
0.49	03+100	0.39	2.31	02+000	2.73	0.22	01+000	0.42
2.64	03+080	3.09	5.55	01+980	4.45	2.31	00+980	0.92
1.85	03+060	2.60	1.44	01+960	2.03	2.60	00+960	0.81
1.34	03+040	0.94	1.33	01+940	1.82	2.95	00+940	0.63
3.08	03+020	3.94	1.12	01+920	1.56	1.80	00+920	2.09
1.45	03+000	1.28	0.87	01+900	1.95	0.14	00+900	1.74
1.79	02+980	1.81	0.04	01+880	1.53	0.44	00+880	1.66
1.93	02+960	1.54	1.22	01+860	2.09	1.20	00+860	1.84
1.09	02+940	0.89	0.32	01+840	1.54	0.73	00+840	1.05
3.29	02+920	3.10	0.17	01+820	1.76	2.01	00+820	1.41
1.47	02+900	1.93	1.23	01+800	1.81	0.45	00+800	1.54
0.65	02+880	1.05	2.67	01+780	2.35	1.68	00+780	2.56
2.16	02+860	1.86	3.26	01+760	2.71	1.66	00+760	1.33
2.61	02+840	1.99	1.36	01+740	2.57	0.55	00+740	0.83
3.21	02+820	2.63	1.82	01+720	2.14	0.63	00+720	1.70
2.85	02+800	1.51	3.08	01+700	2.67	1.29	00+700	2.01
0.44	02+780	1.87	3.45	01+680	2.08	0.15	00+680	0.98
1.98	02+760	3.68	0.28	01+660	1.63	0.83	00+660	1.30
3.91	02+740	2.74	2.11	01+640	1.11	2.89	00+640	1.42
0.53	02+720	1.35	0.23	01+620	1.07	1.31	00+620	1.96
1.65	02+700	0.76	2.01	01+600	1.91	0.29	00+600	1.25
0.49	02+680	1.38	0.21	01+580	1.82	0.27	00+580	0.78
1.27	02+660	1.10	3.79	01+560	2.37	1.45	00+560	1.28
1.25	02+640	1.39	1.17	01+540	1.58	2.51	00+540	2.34
0.41	02+620	1.73	1.14	01+520	1.38	2.11	00+520	2.42
1.58	02+600	2.03	0.02	01+500	0.59	2.65	00+500	2.10
1.43	02+580	0.94	2.06	01+480	1.49	1.60	00+480	1.74
3.09	02+560	1.79	1.68	01+460	1.44	2.90	00+460	2.33
2.38	02+540	2.82	1.94	01+440	1.07	1.12	00+440	1.42
1.15	02+520	1.86	2.77	01+420	1.67	1.92	00+420	1.50
3.59	02+500	2.69	2.18	01+400	2.00	2.47	00+400	2.82
3.13	02+480	2.41	2.81	01+380	1.86	2.19	00+380	2.62
1.34	02+460	1.84	1.55	01+360	0.49	1.16	00+360	1.87
2.48	02+440	2.06	2.15	01+340	1.97	2.09	00+340	2.60
1.24	02+420	1.83	0.77	01+320	1.75	1.68	00+320	2.01
0.43	02+400	1.67	1.18	01+300	3.01	0.46	00+300	1.20



% IZQ	KM (03 - 02)	% DER	% IZQ	KM (02 - 01)	% DER	% IZQ	KM (01 - 00)	% DER
1.69	02+380	2.22	0.86	01+280	1.93	1.26	00+280	1.55
2.54	02+360	1.89	3.35	01+260	2.37	2.12	00+260	2.01
0.82	02+340	1.67	1.48	01+240	2.41	1.72	00+240	1.86
2.69	02+320	1.49	3.52	01+220	3.07	2.10	00+220	1.93
2.44	02+300	1.37	2.08	01+200	1.59	1.53	00+200	1.23
1.30	02+280	2.05	2.71	01+180	1.07	1.92	00+180	1.71
1.44	02+260	1.79	1.08	01+160	2.09	0.83	00+160	0.85
1.49	02+240	1.33	2.31	01+140	1.83	2.14	00+140	2.69
0.08	02+220	1.80	1.24	01+120	2.37	2.97	00+120	0.51
0.88	02+200	1.71	2.57	01+100	1.68	4.80	00+100	1.17
0.91	02+180	1.71	2.70	01+80	1.55	1.04	00+80	1.49
1.07	02+160	2.27	1.60	01+60	2.06	0.23	00+60	2.46
1.73	02+140	2.35	1.92	01+40	2.74	1.39	00+40	1.34
0.51	02+120	1.74	1.12	01+20	1.61	0.71	00+20	0.44
3.64	02+100	2.86						
0.29	02+80	1.95						
0.90	02+60	1.49						
1.77	02+40	1.37						
0.89	02+20	1.13						

Obteniendo como promedio:

PROMEDIO % IZQ	1.671	1.7282
PROMEDIO % DER	1.7854	

Tabla 36

Pendientes transversales de la carretera.

CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA				
TERRENO	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
	PLANO	ONDULADO	ACCIDENTADO	ESCARPADO
i% LONGITUDINAL	< 3%	11 y 50	6 y 8	> 8 %
i% TRANSVERSAL	< 0 = A 10%	3 y 6	51 y 100	> 100 %

De acuerdo a la siguiente tabla, tenemos una carretera **tipo 1**, clasificada por su orografía.

Velocidad de directriz (V).

Puesto que el IMDA = 130 vehículos y por tener una orografía en su totalidad plana

se optó por la velocidad directriz de **40 km/h**.



GEOMETRÍA EN PLANTA O ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

Tabla 37

Elementos de curva.

Nº PI	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	TANG.	L.C.	EXT.	P.C.	P.I.	P.T.	S.A	%P
PI - 01	D	57°46'02.46"	8	4.413	8.066	1.137	0+079.469	0+083.882	0+087.534	0.00	0.00%
PI - 02	D	0°01'34.16"	60	0.014	0.027	0	0+124.740	0+124.754	0+124.767	0.00	0.00%
PI - 03	I	10°14'21.41"	500	44.797	89.355	2.003	0+139.225	0+184.022	0+228.580	0.00	0.00%
PI - 04	D	1°30'54.90"	200	2.645	5.289	0.017	0+285.672	0+288.317	0+290.961	0.00	0.00%
PI - 05	D	1°05'27.41"	60	0.571	1.142	0.003	0+449.160	0+449.731	0+450.302	0.00	0.00%
PI - 06	I	2°47'24.15"	200	4.871	9.739	0.059	0+511.451	0+516.322	0+521.191	0.00	0.00%
PI - 07	D	14°42'59.47"	60	7.748	15.411	0.498	0+569.550	0+577.298	0+584.961	0.00	0.00%
PI - 08	I	1°54'19.14"	200	3.326	6.651	0.028	0+644.351	0+647.677	0+651.002	0.00	0.00%
PI - 09	I	7°47'19.76"	60	4.085	8.156	0.139	0+706.781	0+710.865	0+714.937	0.00	0.00%
PI - 10	I	5°40'48.82"	60	2.977	5.948	0.074	0+822.012	0+824.988	0+827.960	0.00	0.00%
PI - 11	I	7°37'43.37"	60	4	7.989	0.133	0+865.578	0+869.578	0+873.567	0.00	0.00%
PI - 12	I	9°14'34.44"	60	4.85	9.679	0.196	0+881.305	0+886.155	0+890.984	0.00	0.00%
PI - 13	I	0°53'21.58"	300	2.328	4.657	0.009	0+918.560	0+920.889	0+923.217	0.00	0.00%
PI - 14	D	1°42'52.06"	300	4.489	8.977	0.034	0+969.650	0+974.139	0+978.627	0.00	0.00%
PI - 15	I	5°54'35.83"	60	3.097	6.189	0.08	1+121.367	1+124.465	1+127.556	0.00	0.00%
PI - 16	I	1°15'24.01"	60	0.658	1.316	0.004	1+215.167	1+215.825	1+216.483	0.00	0.00%
PI - 17	I	4°38'43.31"	60	2.434	4.865	0.049	1+324.845	1+327.279	1+329.710	0.00	0.00%
PI - 18	I	4°53'43.18"	60	2.565	5.126	0.055	1+403.377	1+405.942	1+408.504	0.00	0.00%
PI - 19	D	10°23'20.78"	60	5.455	10.879	0.247	1+456.150	1+461.605	1+467.030	0.00	0.00%
PI - 20	D	8°42'51.81"	60	4.572	9.126	0.174	1+515.972	1+520.544	1+525.098	0.00	0.00%
PI - 21	I	5°33'46.46"	60	2.915	5.825	0.071	1+610.541	1+613.456	1+616.367	0.00	0.00%
PI - 22	D	0°55'46.21"	60	0.487	0.973	0.002	1+728.779	1+729.266	1+729.752	0.00	0.00%



Nº PI	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	TANG.	L.C.	EXT.	P.C.	P.I.	P.T.	S.A	%P
PI - 23	D	9°30'39.01"	60	4.991	9.96	0.207	1+775.506	1+780.498	1+785.466	0.00	0.00%
PI - 24	I	83°32'23.03"	5	4.466	7.29	1.704	1+830.464	1+834.930	1+837.754	0.00	0.00%
PI - 25	D	92°42'26.04"	10	10.484	16.18	4.488	1+881.259	1+891.743	1+897.439	0.00	0.00%
PI - 26	I	5°47'21.04"	60	3.034	6.062	0.077	2+012.082	2+015.116	2+018.144	0.00	0.00%
PI - 27	I	8°23'37.70"	60	4.403	8.79	0.161	2+068.572	2+072.975	2+077.362	0.00	0.00%
PI - 28	I	8°16'48.71"	60	4.343	8.671	0.157	2+125.639	2+129.982	2+134.310	0.00	0.00%
PI - 29	D	3°07'51.16"	300	8.199	16.393	0.112	2+228.323	2+236.522	2+244.717	0.00	0.00%
PI - 30	I	5°47'29.01"	100	5.058	10.108	0.128	2+304.467	2+309.525	2+314.575	0.00	0.00%
PI - 31	I	5°14'55.52"	100	4.584	9.161	0.105	2+366.272	2+370.856	2+375.433	0.00	0.00%
PI - 32	D	44°28'25.59"	25	10.221	19.405	2.009	2+427.316	2+437.537	2+446.721	0.00	0.00%
PI - 33	I	5°18'44.67"	60	2.784	5.563	0.065	2+549.465	2+552.248	2+555.028	0.00	0.00%
PI - 34	D	7°57'20.23"	150	10.431	20.828	0.362	2+615.931	2+626.362	2+636.759	0.00	0.00%
PI - 35	I	77°35'26.93"	18	14.47	24.376	5.095	2+754.997	2+769.467	2+779.373	0.00	0.00%
PI - 36	D	85°13'12.49"	14	12.878	20.823	5.022	2+807.153	2+820.031	2+827.976	0.00	0.00%
PI - 37	I	0°56'48.02"	100	0.826	1.652	0.003	2+889.516	2+890.342	2+891.168	0.00	0.00%
PI - 38	I	43°24'46.34"	20	7.962	15.154	1.526	2+923.550	2+931.511	2+938.703	0.00	0.00%
PI - 39	D	28°39'05.86"	30	7.661	15.002	0.963	2+950.794	2+958.455	2+965.796	0.00	0.00%
PI - 40	I	5°19'43.55"	400	18.614	37.202	0.433	3+008.766	3+027.380	3+045.967	0.00	0.00%
PI - 41	I	1°19'14.21"	60	0.692	1.383	0.004	3+071.738	3+072.429	3+073.121	0.00	0.00%
PI - 42	I	15°53'19.76"	25	3.489	6.933	0.242	3+099.815	3+103.304	3+106.748	0.00	0.00%



TRAMOS EN TANGENTE.

Para obtener longitudes recomendables en tangentes se utilizó: *Ecuación 5*.

- Longitud recta mínima entre dos curvas de sentido contrario "S".

$$L_{\min.s} = 1.39 V_d$$

$$L_{\min.s} = 1.39 * 40$$

$$L_{\min.s} = 55.60 \text{ m.}$$

- Longitud recta mínima entre dos curvas en el mismo sentido "O".

$$L_{\min.o} = 2.78 V_d$$

$$L_{\min.o} = 2.78 * 40$$

$$L_{\min.o} = 111.20 \text{ m.}$$

- Longitud máxima de tramo recto.

$$L_{\max} = 16.70 V_d$$

$$L_{\max} = 16.70 * 40$$

$$L_{\max} = 668.00 \text{ m.}$$

Tabla 38

Verificación de la longitud de tramos en tangente.

N° P.I	Radio (m)	Deflexión	Sentido	Tramo en Tangente	L.T.T	L. min. (m)	Clasificación	Verificación.
Inicio				Inicio - PI 01	79.47	668.00	Lmáx	Cumple
PI 01	8	57°46'02.46"	D	PI 01 - PI 02	37.21	668.00	Lmáx	Cumple
PI 02	60	0°01'34.16"	D	PI 02 - PI 03	14.46	668.00	Lmáx	Cumple
PI 03	500	10°14'21.41"	I	PI 03 - PI 04	59.75	668.00	Lmáx	Cumple
PI 04	200	1°30'54.90"	D	PI 04 - PI 05	51.70	668.00	Lmáx	Cumple
PI 05	60	1°05'27.41"	D	PI 05 - PI 06	51.88	668.00	Lmáx	Cumple
PI 06	200	2°47'24.15"	I	PI 06 - PI 07	102.74	668.00	Lmáx	Cumple
PI 07	60	14°42'59.47"	D	PI 07 - PI 08	60.90	668.00	Lmáx	Cumple
PI 08	200	1°54'19.14"	I	PI 08 - PI 09	118.24	668.00	Lmáx	Cumple
PI 09	60	7°47'19.76"	I	PI 09 - PI 10	57.09	668.00	Lmáx	Cumple
PI 10	60	5°40'48.82"	I	PI 10 - PI 11	27.78	668.00	Lmáx	Cumple
PI 11	60	7°37'43.37"	I	PI 11 - PI 12	61.54	668.00	Lmáx	Cumple
PI 12	60	9°14'34.44"	I	PI 12 - PI 13	32.38	668.00	Lmáx	Cumple
PI 13	300	0°53'21.58"	I	PI 13 - PI 14	12.09	668.00	Lmáx	Cumple
PI 14	300	1°42'52.06"	D	PI 14 - PI -15	158.20	668.00	Lmáx	Cumple
PI 15	60	5°54'35.83"	I	PI 15 - PI 16	61.15	668.00	Lmáx	Cumple
PI 16	60	1°15'24.01"	I	PI 16 - PI 17	48.36	668.00	Lmáx	Cumple
PI 17	60	4°38'43.31"	I	PI 17 - PI 18	59.39	668.00	Lmáx	Cumple
PI 18	60	4°53'43.18"	I	PI 18 - PI 19	55.78	668.00	Lmáx	Cumple
PI 19	60	10°23'20.78"	D	PI 19 - PI 20	79.47	668.00	Lmáx	Cumple
PI 20	60	8°42'51.81"	D	PI 20 - PI 21	37.21	668.00	Lmáx	Cumple
PI 21	60	5°33'46.46"	I	PI 21 - PI 22	14.46	668.00	Lmáx	Cumple
PI 22	60	0°55'46.21"	D	PI 22 - PI 23	59.75	668.00	Lmáx	Cumple



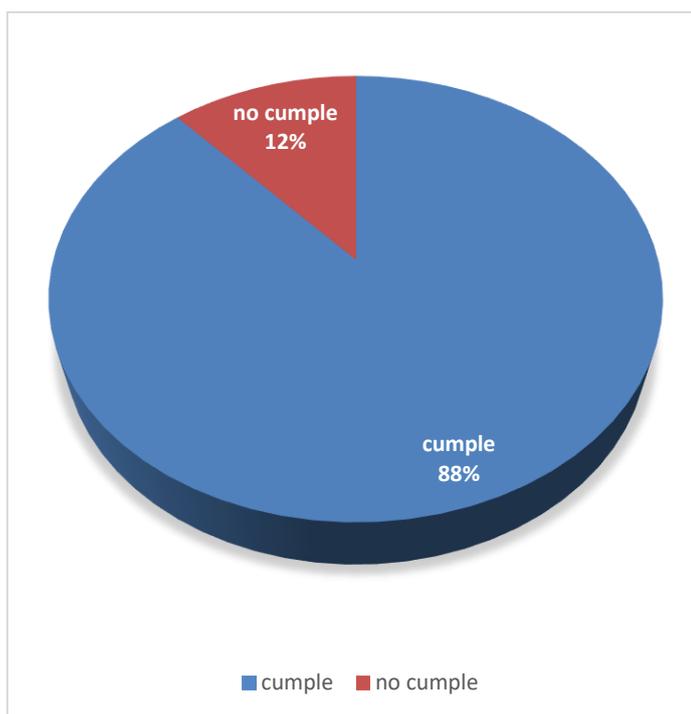
N° P.I	Radio (m)	Deflexión	Sentido	Tramo en Tangente	L.T.T	L. min. (m)	Clasif. "S"; "O"	Verificación.
PI 23	60	9°30'39.01"	D	PI 23 - PI 24	107.07	56.00	Lmin.s	Cumple
PI 24	5	83°32'23.03"	I	PI 24 - PI 25	37.62	56.00	Lmin.s	No cumple
PI 25	10	92°42'26.04"	D	PI 25 - PI 26	7.74	668.00	Lmáx	Cumple
PI 26	60	5°47'21.04"	I	PI 26 - PI 27	27.58	668.00	Lmáx	Cumple
PI 27	60	8°23'37.70"	I	PI 27 - PI 28	46.43	668.00	Lmáx	Cumple
PI 28	60	8°16'48.71"	I	PI 28 - PI 29	142.74	668.00	Lmáx	No Cumple
PI 29	300	3°07'51.16"	D	PI 29 - PI 30	87.61	668.00	Lmáx	Cumple
PI 30	100	5°47'29.01"	I	PI 30 - PI 31	108.36	668.00	Lmin.s	No Cumple
PI 31	100	5°14'55.52"	I	PI 31 - PI 32	73.67	56.00	Lmin.s	Cumple
PI 32	25	44°28'25.59"	D	PI 32 - PI 33	47.65	668.00	Lmáx	Cumple
PI 33	60	5°18'44.67"	I	PI 33 - PI 34	48.94	668.00	Lmáx	Cumple
PI 34	150	7°57'20.23"	D	PI 34 - PI 35	85.44	668.00	Lmáx	Cumple
PI 35	18	77°35'26.93"	I	PI 35 - PI 36	112.41	56.00	Lmin.s	No Cumple
PI 36	14	85°13'12.49"	D	PI 36 - PI 37	45.75	668.00	Lmáx	Cumple
PI 37	100	0°56'48.02"	I	PI 37 - PI 38	45.00	668.00	Lmáx	Cumple
PI 38	20	43°24'46.34"	I	PI 38 - PI 39	43.50	56.00	Lmin.s	No Cumple
PI 39	30	28°39'05.86"	D	PI 39 - PI 40	114.64	668.00	Lmáx	Cumple
PI 40	400	5°19'43.55"	I	PI 40 - PI 41	42.97	668.00	Lmáx	Cumple
PI 41	60	1°19'14.21"	I	PI 41 - PI 42	25.77	668.00	Lmáx	Cumple
PI 42	25	15°53'19.76"	I	PI 42 - Final	50.43	668.00	Lmáx	Cumple



Tabla 39
Longitud en tramo en tangente

LONGITUD DEL TRAMO EN TANGENTE (LTT)	
Cumple	No cumple
38	5

Figura 45
Longitud del tramo en tangente



Comentario: El 94% de los tramos en tangente evaluados, no cumplen con lo especificado en el Manual de diseño DG-2018.



CURVAS CIRCULARES.

Se analizó curvas horizontales o circulares teniendo en cuenta el radio mínimo.

Radios mínimos.

- Haciendo uso de la *Ecuación 6* para valores de velocidad de diseño: 40 km/h, peralte máximo: 8% y el valor máximo de fricción: 0.17; obtenemos:

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(P_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x.})}$$

$$R_{min} = \frac{40^2}{127(0.01 * 8 + 0.17)}$$

$$R_{min} = 50.39 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta la **Tabla 5**, se asume el valor de:

$$R_{min} = 50.00 \text{ m}$$

- Para curvas de vuelta, el radio mínimo será cuando con la siguiente expresión:

$$R_m = 15 + \frac{\text{ancho de calzada}}{2}$$

Ancho de calzada = 6 m

$$R_m = 15 + \frac{6}{2}$$

Entonces para curvas de vuelta.

$$R_{min} = 18 \text{ m}$$



Tabla 40

Verificación de Radio mínimo.

Nº PI	Progresiva inicial	Progresiva Final	TIPO DE CURVA	RADIO	Rmin	VERIFICACIÓN
PI - 01	0+083.882	0+087.534	Curva de volteo	8	50.00	No cumple
PI - 02	0+124.754	0+124.767		60	50.00	Cumple
PI - 03	0+184.022	0+228.580		500	50.00	Cumple
PI - 04	0+288.317	0+290.961		200	50.00	Cumple
PI - 05	0+449.731	0+450.302		60	50.00	Cumple
PI - 06	0+516.322	0+521.191		200	50.00	Cumple
PI - 07	0+577.298	0+584.961	Curva de volteo	60	50.00	Cumple
PI - 08	0+647.677	0+651.002		200	50.00	Cumple
PI - 09	0+710.865	0+714.937		60	50.00	Cumple
PI - 10	0+824.988	0+827.960		60	50.00	Cumple
PI - 11	0+869.578	0+873.567		60	50.00	Cumple
PI - 12	0+886.155	0+890.984		60	50.00	Cumple
PI - 13	0+920.889	0+923.217		300	50.00	Cumple
PI - 14	0+974.139	0+978.627		300	50.00	Cumple
PI - 15	1+124.465	1+127.556		60	50.00	Cumple
PI - 16	1+215.825	1+216.483		60	50.00	Cumple
PI - 17	1+327.279	1+329.710		60	50.00	Cumple
PI - 18	1+405.942	1+408.504		60	50.00	Cumple
PI - 19	1+461.605	1+467.030		60	50.00	Cumple
PI - 20	1+520.544	1+525.098	Curva de volteo	60	50.00	Cumple
PI - 21	1+613.456	1+616.367		60	50.00	Cumple
PI - 22	1+729.266	1+729.752		60	50.00	Cumple
PI - 23	1+780.498	1+785.466		60	50.00	Cumple
PI - 24	1+834.930	1+837.754		5	50.00	No cumple
PI - 25	1+891.743	1+897.439		10	50.00	No cumple
PI - 26	2+015.116	2+018.144		60	50.00	Cumple
PI - 27	2+072.975	2+077.362		60	50.00	Cumple
PI - 28	2+129.982	2+134.310		60	50.00	Cumple
PI - 29	2+236.522	2+244.717		300	50.00	Cumple
PI - 30	2+309.525	2+314.575		100	50.00	Cumple
PI - 31	2+370.856	2+375.433		100	50.00	Cumple
PI - 32	2+437.537	2+446.721	Curva de volteo	25	50.00	No cumple
PI - 33	2+552.248	2+555.028		60	50.00	Cumple
PI - 34	2+626.362	2+636.759		150	50.00	Cumple
PI - 35	2+769.467	2+779.373	Curva de volteo	18	50.00	No cumple
PI - 36	2+820.031	2+827.976	Curva de volteo	14	50.00	No cumple
PI - 37	2+890.342	2+891.168		100	50.00	Cumple
PI - 38	2+931.511	2+938.703	Curva de volteo	20	50.00	No cumple
PI - 39	2+958.455	2+965.796	Curva de volteo	30	50.00	No cumple
PI - 40	3+027.380	3+045.967		400	50.00	Cumple
PI - 41	3+072.429	3+073.121		60	50.00	Cumple
PI - 42	3+103.304	3+106.748		25	50.00	No cumple

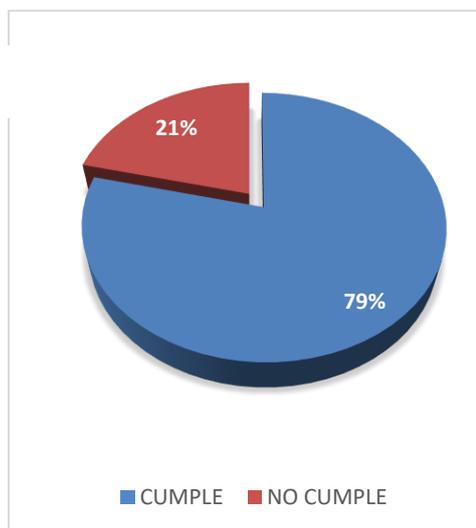


Tabla 41
Radios mínimos.

RADIOS MÍNIMOS	
CUMPLE	NO CUMPLE
33	9

Nota: De las 42 curvas evaluadas, 33 cumple con las normas DG – 2018, las cuales representan en 79 % del total.

Figura 46
Radios mínimos.



ANÁLISIS GEOMÉTRICO EN PERFIL.

PENDIENTE

Basándose en el Manual de carreteras – Diseño geométrico (DG – 2018), los parámetros de la pendiente serán:

- Pendiente mínima no deberá ser menor que 0.5%.
- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existe bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendiente mínima de hasta 0.2%.

Tabla 42
Pendientes de diseño y elementos del alineamiento vertical.

N° CURVA	Tipo de Curva	Pendiente Entrada	Pendiente Salida (%)	Long. Curva	Progr. PIV	ELEV. PIV (msnm)	Progr. PCv	Progr. PTv.
Inicio			-0.37%		0+000.00	2658.20m		
PIv 01	Cóncava	-0.37%	1.04%	80	0+083.77	2657.89m	0+043.77m	0+123.77m
PIv 02	Cóncava	1.04%	1.05%	150	1+241.49	2669.95m	1+166.49m	1+316.49m
PIv 03	Cóncava	1.05%	1.25%	150	2+016.56	2678.08m	1+941.57m	2+091.56m
PIv 04	Cóncava	1.25%	3.68%	100	2+885.71	2688.97m	2+835.71m	2+935.71m
Final		3.68%			3+120.00	2697.58m		



CURVAS VERTICALES.

Para el análisis de las curvas verticales se consideró todos aquellos tramos consecutivos que tiene como diferencia de sus pendientes igual o mayor a 2%.

Con el programa AUTOCAD CIVIL 3D, se analizó curvas verticales cóncavas y convexas simétricas, verificando si estas cumplen con los parámetros establecidos del manual de diseño geométrico de carreteras DG – 2018 MTC, se calculó la distancia de visibilidad de parada para cada una de ellas usando la pendiente más crítica.

Curvas verticales convexas.

Para la visibilidad de parada (D_p), se utilizó los valores de la altura de ojo (h_1) = 1.07m y altura de objeto (h_2) = 0.15m, normado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (DG-2018) por ser el caso más común, se utilizarán las **ecuaciones 1 y 2.**

- Cuando $D_p < L$;
$$L = \frac{AD_p^2}{404}$$

Ecuación 1. Curva vertical convexa $D_p < L$

- Cuando $D_p > L$;
$$L = 2D_p - \frac{404}{A}$$

Ecuación 2. Curva vertical convexa $D_p > L$

Curvas verticales cóncavas.

Para el análisis de la visibilidad de parada en estas curvas se utilizaron las **ecuaciones 3 y 4**, y se consideró como el valor $D = D_p$ para mayor seguridad.

- Cuando $D_p < L$;
$$L = \frac{AD_p^2}{40120 + 3.5D_p}$$

Ecuación 3. Curva vertical cóncava $D_p < L$.

- Cuando $D_p > L$;
$$L = 2D_p - \left(\frac{120 + 3.5D_p}{A}\right)$$

Ecuación 4. Curva vertical cóncava $D_p > L$

Aplicando las ecuaciones anteriores, se obtuvo los siguientes resultados:

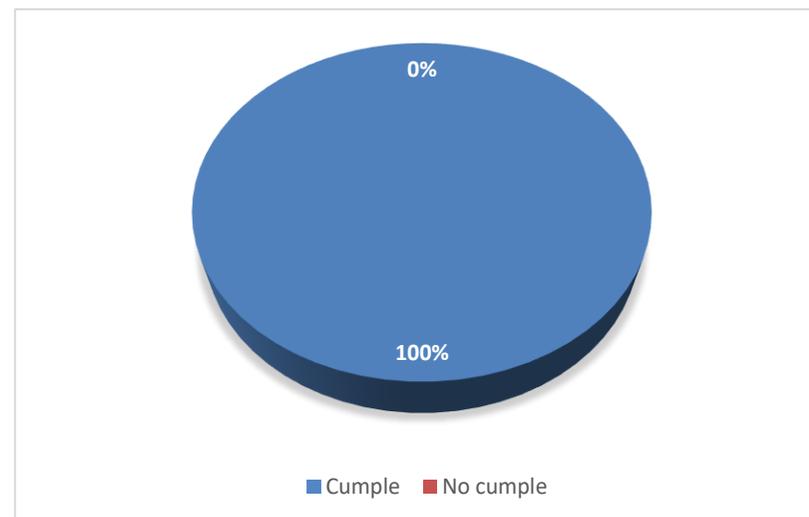
Tabla 43

Pendientes de diseño y elementos del alineamiento vertical.

N° CURVA	I1 (%)	I2 (%)	A	NECESITA CURVA	TIPO DE CURVA	PENDIENTE CRITICA (%)	Dp (m)	L. CURVA (m)	K	LCv min	CONDICIÓN
Inicio		-0.37%									
PIv 01	-0.37%	1.04%	0.67%	NO	Cóncava	1.04%	50.00	80	56.559	30.00	CUMPLE
PIv 02	1.04%	1.05%	0.01%	NO	Cóncava	1.05%	50.00	150	19121.54	30.00	CUMPLE
PIv 03	1.05%	1.25%	0.20%	NO	Cóncava	1.25%	50.00	150	740.084	30.00	CUMPLE
PIv 04	1.25%	3.68%	2.43%	SI	Cóncava	3.68%	50.00	100	41.206	30.00	CUMPLE

Figura 47

Pendientes de diseño y elementos del alineamiento vertical.





ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA SECCIONES TRANSVERSALES

CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA.

De acuerdo a la tabla 7, el ancho mínimo para esta clase de carretera es de **6.60 m.**

BERMAS

La carretera en estudio cuenta con bermas de diferentes dimensiones. Según la tabla 8, el ancho de berma es de 1.20 m.

A continuación, se muestra la tabla para la verificación de los parámetros 02 parámetros anteriores.

Tabla 44

Verificación de ancho de corona.

PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE BERMAS (m)	Nº BERMAS	ANCHO DE CORONA (m)	ANCHO DE CORONA MEDIDO (m)	VERIFICACIÓN
03+100	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	3.60	No Cumple
03+080	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	3.60	No Cumple
03+060	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	3.60	No Cumple
03+040	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	3.60	No Cumple
03+020	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	3.60	No Cumple
03+000	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	3.60	No Cumple
02+980	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	3.40	No Cumple
02+960	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	3.60	No Cumple
02+940	EN RELLENO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+920	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	3.50	No Cumple
02+900	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	3.61	No Cumple



PROG.	Tipo de sección	Ancho de Calzada	Ancho de bermas	Nº Bermas	Ancho de corona	Ancho de corona medido	Verificación
02+880	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	3.65	No Cumple
02+860	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	4.73	No Cumple
02+840	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	4.00	No Cumple
02+820	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	4.25	No Cumple
02+800	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.00	No Cumple
02+780	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.90	No Cumple
02+760	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.90	No Cumple
02+740	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.90	No Cumple
02+720	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+700	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+680	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+660	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+640	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+620	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+600	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+580	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+560	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+540	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+520	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+500	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+480	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+460	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+440	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+420	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+400	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	5.78	No Cumple
02+380	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple



PROG.	Tipo de sección	Ancho de Calzada	Ancho de bermas	N° Bermas	Ancho de corona	Ancho de corona medido	Verificación
02+360	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+340	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+320	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+300	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.30	No Cumple
02+280	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+260	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+240	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+220	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+200	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+180	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+160	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+140	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+120	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+100	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+80	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+60	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+40	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
02+20	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.30	No Cumple
02+000	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+980	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+960	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+940	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+920	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+900	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+880	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple



PROG.	Tipo de sección	Ancho de Calzada	Ancho de bermas	N° Bermas	Ancho de corona	Ancho de corona medido	Verificación
01+860	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+840	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+820	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+800	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+780	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+760	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+740	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+720	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+700	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+680	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No cumple
01+660	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No cumple
01+640	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+620	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+600	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+580	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+560	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+540	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+520	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+500	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+480	A MEDIA LADERA	6.00	1.20	2	7.40	6.55	No Cumple
01+460	A MEDIA LADERA	6.00	1.20	2	7.40	6.55	No Cumple
01+440	A MEDIA LADERA	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+420	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+400	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+380	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple



PROG.	Tipo de sección	Ancho de Calzada	Ancho de bermas	N° Bermas	Ancho de corona	Ancho de corona medido	Verificación
01+360	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+340	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+320	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+300	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+280	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+260	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+240	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+220	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+200	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+180	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+160	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+140	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+120	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+100	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+80	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+60	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+40	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+20	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
01+000	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+980	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+960	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+940	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+920	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+900	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+880	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.38	No Cumple

PROG.	Tipo de sección	Ancho de Calzada	Ancho de bermas	Nº Bermas	Ancho de corona	Ancho de corona medido	Verificación
00+860	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+840	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+820	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+800	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+780	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+760	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+740	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+720	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+700	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+680	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+660	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+640	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+620	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+600	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.30	No Cumple
00+580	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.30	No Cumple
00+560	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+540	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+520	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+500	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+480	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+460	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+440	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+420	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+400	CORTE CERRADO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+380	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple

PROG.	Tipo de sección	Ancho de Calzada	Ancho de bermas	Nº Bermas	Ancho de corona	Ancho de corona medido	Verificación
00+360	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+340	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+320	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+300	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+280	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+260	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+240	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+220	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+200	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+180	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+160	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+140	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+120	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+100	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+80	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+60	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+40	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+20	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple
00+00	CORTE ABIERTO	6.00	1.20	2	7.40	6.00	No Cumple

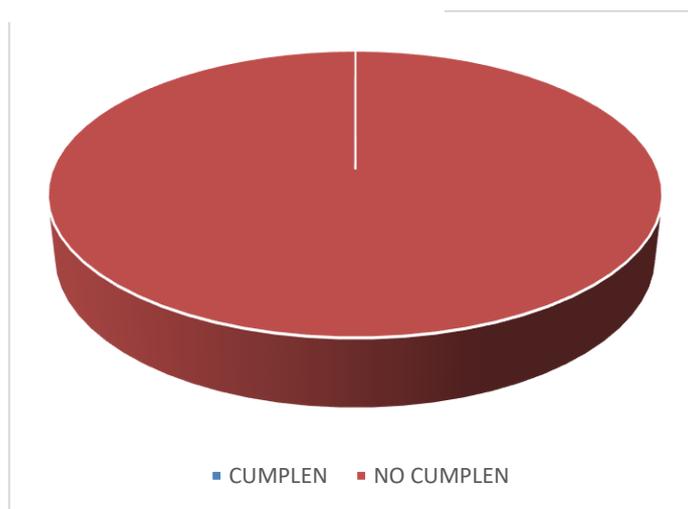


En resumen:

Tabla 45
Ancho de corona

ANCHO FINAL DE CORONA (m)	
CUMPLEN	NO CUMPLEN
0	156

Figura 48
Ancho de corona.



Comentario: El 100% de secciones evaluadas no cumplen con el ancho de corona especificado en el manual de diseño DG – 2018.

BOMBEO.

La vía tiene un bombeo de 2%, teniendo en cuenta la **tabla 9**, el bombeo para pavimento asfáltico, con una precipitación menor a 500 mm/años es de 2%.

PERALTE.

Para el análisis de este parámetro de diseño, se tuvo en cuenta el peralte mínimo y máximo, acorde con lo dispuesto en las **tablas 12 y 13**.

- Todas las curvas horizontales deben ser peraltadas.
- El peralte máximo para una zona de terreno accidentado o escarpado es de 8%.



Tabla 46
Verificación de peralte.

N° PI	RADIO	PERALTE			VERIFICACIÓN
		-	%	MÁXIMO	
PI - 01	8	0.0149	1.49%	8.00	No necesita
PI - 02	60	0.0171	1.71%	8.00	No necesita
PI - 03	500	0.0262	2.62%	8.00	No necesita
PI - 04	200	0.0078	0.78%	8.00	No necesita
PI - 05	60	0.0098	0.98%	8.00	No necesita
PI - 06	200	0.0083	0.83%	8.00	No necesita
PI - 07	60	0.0105	1.05%	8.00	No necesita
PI - 08	200	0.0166	1.66%	8.00	No necesita
PI - 09	60	0.0237	2.37%	8.00	No necesita
PI - 10	60	0.0301	3.01%	8.00	No necesita
PI - 11	60	0.0149	1.49%	8.00	No necesita
PI - 12	60	0.0158	1.58%	8.00	No necesita
PI - 13	300	0.0191	1.91%	8.00	No necesita
PI - 14	300	0.0211	2.11%	8.00	No necesita
PI - 15	60	0.0271	2.71%	8.00	No necesita
PI - 16	60	0.0235	2.35%	8.00	No necesita
PI - 17	60	0.0032	0.32%	8.00	No necesita
PI - 18	60	0.0195	1.95%	8.00	No necesita
PI - 19	60	0.0089	0.89%	8.00	No necesita
PI - 20	60	0.0029	0.29%	8.00	No necesita
PI - 21	60	0.0051	0.51%	8.00	No necesita
PI - 22	60	0.0180	1.80%	8.00	No necesita
PI - 23	60	0.0185	1.85%	8.00	No necesita
PI - 24	5	0.0130	1.30%	8.00	No necesita
PI - 25	10	0.0206	2.06%	8.00	No necesita
PI - 26	60	0.0257	2.57%	8.00	No necesita
PI - 27	60	0.0139	1.39%	8.00	No necesita
PI - 28	60	0.0187	1.87%	8.00	No necesita
PI - 29	300	0.0263	2.63%	8.00	No necesita
PI - 30	100	0.0109	1.09%	8.00	No necesita
PI - 31	100	0.0193	1.93%	8.00	No necesita
PI - 32	25	0.0145	1.45%	8.00	Cumple
PI - 33	60	0.0264	2.64%	8.00	No necesita
PI - 34	150	0.0228	2.28%	8.00	Cumple
PI - 35	18	0.0000	0.00%	8.00	Cumple
PI - 36	14	0.0101	1.01%	8.00	Cumple
PI - 37	100	0.0029	0.298%	8.00	No necesita
PI - 38	20	0.0341	3.42%	8.00	Cumple
PI - 39	30	0.0238	2.38%	8.00	Cumple
PI - 40	400	0.0325	3.25%	8.00	No necesita
PI - 41	60	0.0000	0.00%	8.00	No necesita
PI - 42	25	0.0066	0.66%	8.00	No necesita



En resumen:

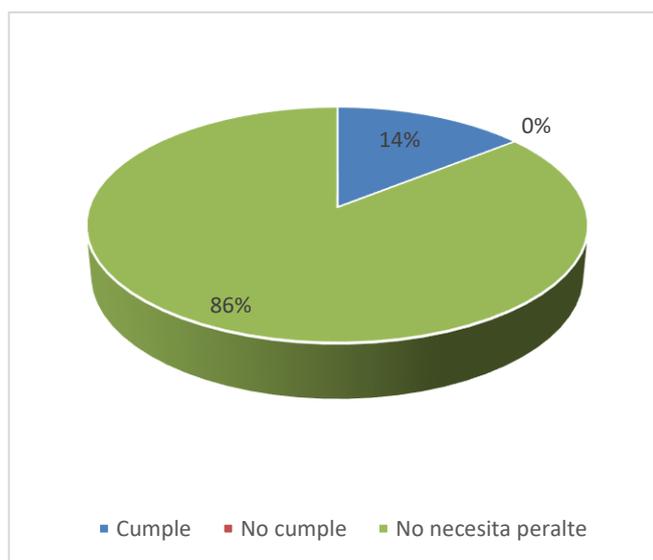
Tabla 47

Peraltes Máximos

PERALTES MÁXIMOS		
Cumple	No cumple	No necesita peralte
6	0	36

Figura 49

Peraltes máximos.



Comentario: De las 33 curvas evaluadas, se determinó que todas cumplen con el peralte definido en el Manual de diseño DG-2018, representado por el 100%.

TALUDES.

De acuerdo al material del terreno ubicado en la zona de estudio, y según la tabla 304.10 y 304.11 de Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018, se tiene:

Talud de corte (H:V) : 1:1 (Para material limo arcilloso o arcilla).

Talud de relleno (H:V) : 1.5:1 (Gravas, limo arenoso y arcilla).

CUNETAS.

Los diseños de las cunetas para una zona lluviosa son triangulares de profundidad **de 0.30 m y ancho de 0.75 m.**

Tabla 48
Verificación de dimensiones de cunetas corte abierto.

Progresiva	Tipo de sección	Ancho de cuneta	Verificación	Alto de cuneta	verificacion
02+920	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+900	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+880	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+860	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+840	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+820	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+800	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+780	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+760	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+740	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+720	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+620	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+600	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+580	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+560	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+540	CORTE ABIERTO	0.00	No cumple	0.55	Cumple
02+520	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+500	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+480	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+460	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+360	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+340	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+320	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple



PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CUNETAS	VERIFICACIÓN	ALTO DE CUNETAS	VERIFICACIÓN
02+280	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+260	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+240	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+220	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+200	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+180	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+160	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+140	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+120	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+100	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+80	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+60	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+40	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+20	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
02+000	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
01+980	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+380	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+360	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+340	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+320	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+300	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+280	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+260	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+240	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+220	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple



PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CUNETETA	VERIFICACIÓN	ALTURA DE CUNETETA	VERIFICACIÓN
00+180	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+160	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+60	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+40	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+20	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple
00+00	CORTE ABIERTO	0.50	No cumple	0.55	Cumple

Tabla 49
Verificación de dimensiones de cuneta corte cerrado.

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CUNETA				ALTURA DE CUNETA			
		DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN
03+100	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
03+080	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
03+060	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
03+040	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
03+020	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
03+000	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+980	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+960	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+940	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+700	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+680	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+660	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+640	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+440	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple



PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN
02+400	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
02+380	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
01+960	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
01+940	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
01+920	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
01+900	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
01+880	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
01+860	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
01+840	CORTE CERRADO	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple	0.00	No cumple
01+820	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+800	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+780	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+760	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+740	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+720	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+700	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+680	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple



PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN
01+660	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+640	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+620	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+600	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+580	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+560	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+540	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+520	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+500	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+420	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+400	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+380	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+360	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+340	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+320	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+300	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+280	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple



PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN
01+260	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+240	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+220	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+200	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+180	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+160	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+140	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+120	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+100	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+80	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+60	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+40	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+20	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
01+000	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+980	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+960	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+940	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple



PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN
00+920	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+900	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+880	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+860	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+840	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+820	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+800	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+780	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+760	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+740	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+720	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+700	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+680	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+660	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+640	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+620	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+600	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple



PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN	DERECHA	VERIFICACIÓN	IZQUIERDA	VERIFICACIÓN
00+580	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+560	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+540	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+520	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+500	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+480	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+460	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+440	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+420	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple
00+400	CORTE CERRADO	0.50	No cumple	0.50	No cumple	0.55	No cumple	0.55	Cumple

Tabla 50

Verificación de dimensiones de cuneta a media ladera.

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CUNETA	VERIFICACIÓN	ALTURA DE CUNETA	VERIFICACIÓN
01+480	A MEDIA LADERA	0.49	No cumple	0.48	Cumple
01+460	A MEDIA LADERA	0.50	No cumple	0.50	Cumple
01+440	A MEDIA LADERA	0.50	No cumple	0.50	Cumple



Tabla 51
Ancho de cunetas.

ANCHO DE CUNETAS	
Cumple	No cumple
0	245

Figura 50
Ancho de cunetas.

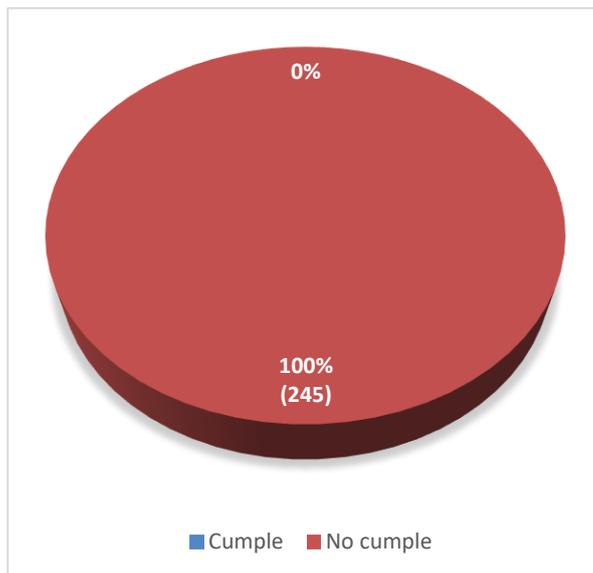
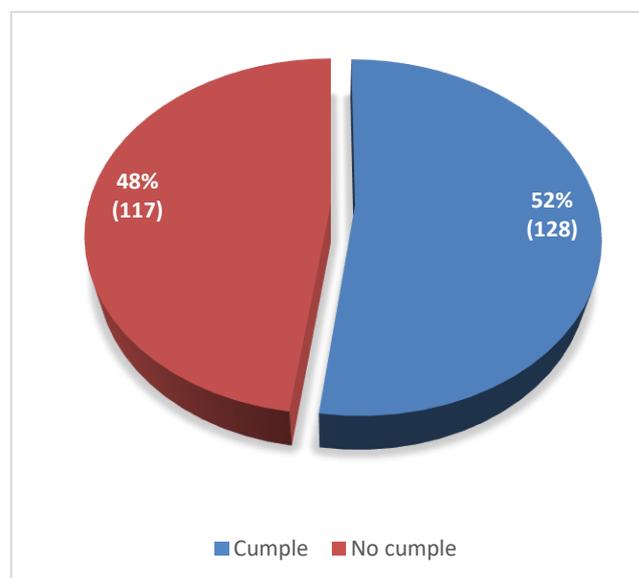


Tabla 52
Altura de cunetas

ALTURA DE CUNETAS	
Cumple	No cumple
128	117

Figura 51
Altura de cuneta.



Comentario: El diseño de cuentas según en relación a su ancho no cumplen en un 100%, y con relación a su altura cumple solamente en un 45%, con lo especificado en el manual de diseño DG-2018.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión:

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la evaluación técnica económica de los levantamientos topográficos con estación total, GPS Diferencial y dron se determinó que:

Con respecto a la **precisión**, el levantamiento topográfico con Dron y la Estación Total, resultan ser 3 veces mayor que el levantamiento con GPS Diferencial.

Al efectuar el trabajo topográfico con el Dron, se requiere 6 veces menos **tiempo** que el trabajo con la estación total y 3 veces menos **tiempo** que el trabajo con GPS diferencial.

Respecto al **costo**, el levantamiento topográfico con el Dron, es 1.333 veces mayor que el levantamiento topográfico con la Estación Total y 1.31 veces menor que el levantamiento con el GPS Diferencial.

Estos resultados obtenidos son muy significativos, ya que existen algunos estudios que guardan cierta información acerca de la precisión en levantamiento topográficos con estación total, GPS diferencial y dron, con resultados diferentes; para lo cual se realizó comparación y discusión de resultados con los estudios previos.

Los resultados de la presente tesis en cuanto a la precisión se obtuvieron que el valor de significación fue de 0.416 el cual es mayor que 0.05, esto indica que no existe diferencia significativa entre los resultados de los equipos, aplicando el análisis de varianzas Tukey. Este resultado nos muestra que los tres instrumentos de medición no difieren tan ampliamente y dichos datos son válidos para trabajos de precisión, no obstante, al aplicar métodos más rigurosos y compararlos entre sí, se obtiene que, si



existe diferencia significativa (pero esta es relativamente mínima), dando como resultado que el dron es el equipo con más precisión.

Los estudios previos fueron semejantes a los resultados de las investigaciones de Pedraza (2019), Cabada (2019), Santa María (2019), Hilario (2015) y Mallma (2020), quienes encontraron diferencias de 0.03m, milimétricas, similares; con un 95% de confianza y similitud en centímetros respectivamente; los cuales obtuvieron que el dron es el equipo con mejor precisión.

Los resultados de la presente tesis en cuanto al tiempo que requiere el levantamiento topográfico con cada equipo, se obtuvo que; El levantamiento topográfico con dron es el que se realizó en menor tiempo, dichos resultados fueron semejantes a los estudios de, Hilario (2015) que al realizar su levantamiento con dron tardó 1h con 45 min a diferencia del realizado con estación total que tardó 9h con 20 min, así como también Santa María (2019) que al realizar su levantamiento topográfico con dron tardó 2 días a diferencia del realizado con estación total el cual tardó 7 días, de igual manera Cabada (2019) y Mallma (2020), los cuales obtuvieron que el levantamiento con dron es el que requiere menos tiempo; en cambio los resultados del estudio fueron diferentes al de Pedraza (2019) el cual obtuvo que el levantamiento con estación total lo realizó en 4 días a diferencia del dron que lo realizó en 8 días.

Finalmente, los resultados obtenidos en la presente tesis en cuanto a, costo de los levantamientos topográficos, se obtuvieron que; el levantamiento topográfico con estación total es el de menor costo con S/. 636.90 soles, siguiéndole el con dron con S/. 856.00 soles y finalmente el GPS diferencial con S/. 1002.00 soles, estos resultados fueron semejantes con el estudio de Pedraza (2019), el cual obtuvo un costo de S/. 1084.50 soles en levantamiento topográfico con estación total a diferencia del realizado con dron el cual fue de S/. 1886.50 soles; no obstante, los



resultados del estudio fueron diferentes a los de Hilario (2015) quien obtuvo al realizar el levantamiento topográfico con estación total un costo de S/. 1400.00 soles a diferencia del realizado con dron el cual fue de S/. 700.00 soles; asimismo Cabada (2019) quien obtuvo al realizar su levantamiento topográfico con estación total un costo de S/. 457.42 soles, a diferencia del realizado con dron el cual fue de S/. 418.56 soles; igualmente Santa Maria (2019) quien obtuvo al realizar su levantamiento topográfico con estación total un costo de S/. 800.00 soles, a diferencia del realizado con dron el cual fue de S/. 375.00 soles; y finalmente Mallma (2020) quien obtuvo en su levantamiento topográfico con estación total un costo de S/. 2015.00 soles, a diferencia del realizado con dron el cual fue de S/. 1150.00 soles.

El adecuado tránsito e integridad de personas y mercancía requiere el conocimiento de normas y manuales establecidos para el correcto diseño de una carretera, que generen satisfacción y seguridad al transitar por una vía.

Conforme con los resultados obtenidos de la investigación, se encontró que algunos parámetros de las características geométricas de diseño NO CUMPLEN con lo normado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018 - MTC, como se muestra en la tabla siguiente:



Tabla 53.

Cuadro resumen de parámetros de carretera.

PARÁMETROS DE DISEÑO	CONDICIÓN	EVALUACIÓN		
		CUMPLE	NO CUMPLE	
PLANTA	Longitud tramos en tangente	56.00 m	38	5
	111.00 m			
PERFIL	Radios mínimos (Rmín)	50.00 m	33	9
	Longitud de Curva vertical	150.00 m	4	0
SECCIÓN TRANSVERSAL	Ancho de corona	7.40 m	0	156
	Peraltes	8%	6	36
	Ancho de Cuneta	0.75 m	0	245
	Alto de cuneta	0.30 m	128	117

Figura 53

Parámetros de diseño.

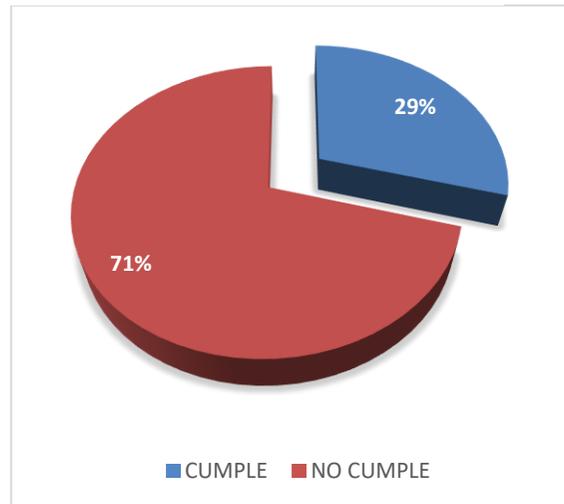
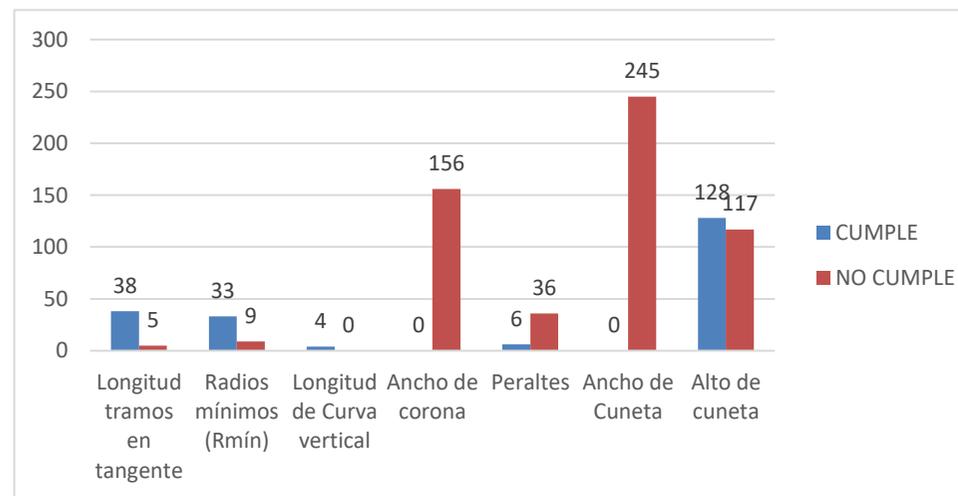


Figura 52

Parámetros de diseño de carreteras.





Estos resultados son de crucial envergadura de la misma manera que Zea, Ortiz y Zamudillo (2009), en su estudio se basaron en el Manual de diseño geométrico de carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), con lo cual concluyeron que la vía cuenta con una velocidad de diseño de 30 km/h; radios promedios de 30 m; longitud de tangencia que no cumplían debido a las condiciones del terreno; las calzadas fueron de 5.50 m, con inexistencias de bermas; y carencias de cunetas en un 60% del recorrido, sin embargo. A diferencia del el estudio realizado en la presente tesis, en la cual encontramos que, la vía en mención cuenta con una velocidad de diseño de 40 km/h; radios promedio varían entre 8.90m y 302.66m, la longitud en tangente varían entre 29.395m y 238.30m cumpliendo un 93.94%; las calzadas fueron varían entre 3.00m a 6.55m con inexistencia de bermas y con cunetas con deficiencias de diseño, dichos factores son posibles de mejorar logrando así una vía más segura y cómoda para los usuarios, empero, resultarían muy costo.

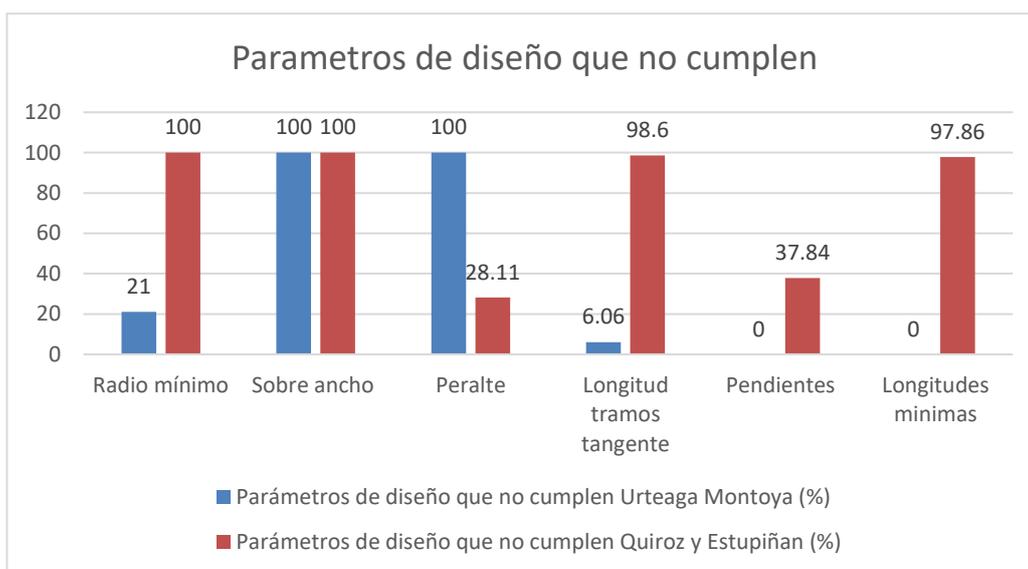
Al igual que, Quiróz y Estupiñan (2012), encontraron que, la velocidad de diseño fue de 30 km/h de acuerdo al manual de diseño geométrico de carreteras del Instituto Nacional de Vías; los radios mínimos fueron inferiores a 30m lo cual no cumplía con la normativa, así como los sobre anchos, el valor de los peraltes en un 28.11% del total de curvas analizadas, la longitud entre tangencia en un 98.6%; las pendientes en un 37.84% y las longitudes mínimas de curva en un 97.86%. En comparación con el estudio realizado en la presente tesis, en la cual encontramos que, la vía en mención cuenta con una velocidad de diseño de 40 km/h; los radios mínimos no cumplen en un 21%, los peraltes y sobre anchos no cumplían en su totalidad y la longitud entre tangencia en un 6.06%; a diferencia de sus pendientes y longitudes mínimas las cuales cumplían en su totalidad.



Tabla 54
Comparación de parámetros de diseño Urteaga – Quiroz, Estupiñán.

	Urteaga Montoya	Quiroz y Estupiñán
	(%)	(%)
Radio mínimo	21	100
Sobre ancho	100	100
Peralte	100	28.11
Longitud tramos tangente	6.06	98.6
Pendientes	0	37.84
Longitudes mínimas	0	97.86

Figura 54
Comparación de parámetros de diseño Urteaga – Quiroz y Estupiñán.



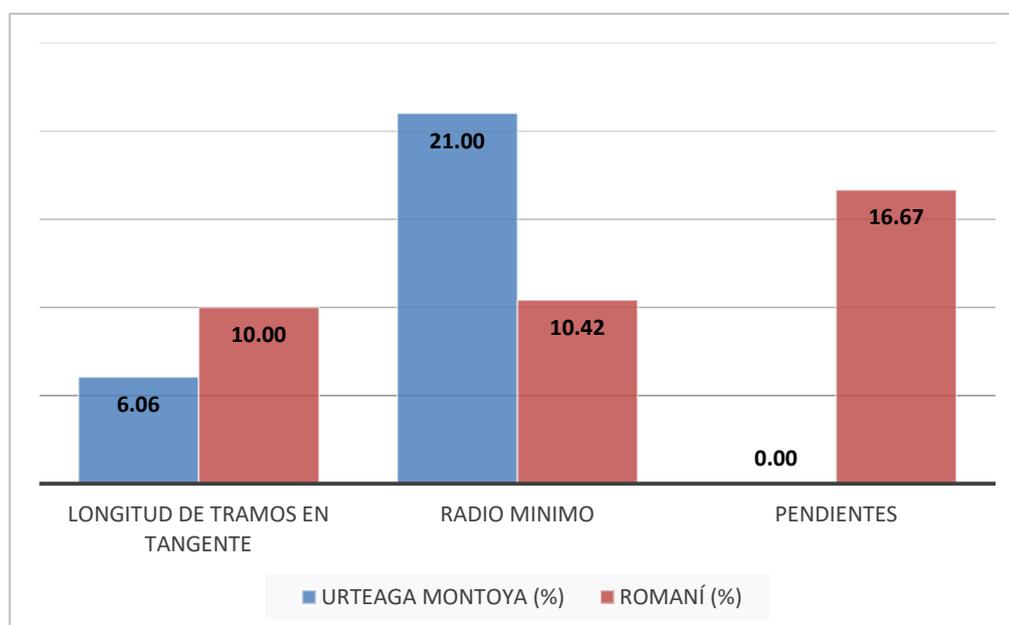
Así mismo Romaní (2017), encontró que el 10% de la longitud en tramos tangente no cumplen, al igual que los radios mínimos en un 10.42% y en pendientes en un 16.67%. En comparación con el estudio realizado en la presente tesis, en la cual se encontró que, en la longitud de tramos en tangente no cumplen el 6.06%, así como los radios mínimos en un 21.0%, a excepción de las pendientes, las cuales cumplen en su totalidad.



Tabla 55
Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Romaní

Parámetros de diseño que no cumplen		
	Urteaga Montoya (%)	Romaní (%)
Longitud de tramos en tangente	6.06	10.00
Radio mínimo	21.00	10.42
Pendientes	0.00	16.67

Figura 55
Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Romaní.



Del mismo modo Galán y Quispe (2018). Obtuvieron como resultado de su investigación que en el alineamiento horizontal se presentaron 33 tramos en tangente de los cuales solo cumplen 1 de ellos, en relación a el radio mínimo solo el 32% cumple con poseer radios mayores que el mínimo, en el alineamiento vertical igualmente se apreció que el 23% de los tramos poseen pendientes no funcionales por lo que estos originan mayor consumo de combustible y reducciones de velocidad, a diferencia del peralte en curvas ya que en su totalidad varían desde 2% a 9% cumpliendo con los valores del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

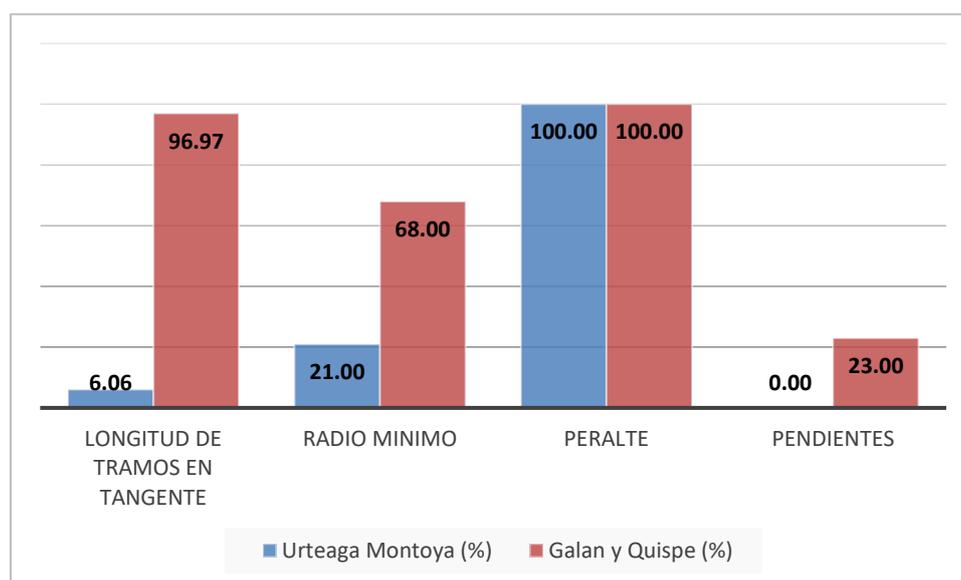


A pesar de que en esta investigación se trabajó con diferentes factores de evaluación, se puede apreciar que la vía también cuenta con deficiencias en relación a sus características geométricas.

Tabla 56
Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Galán.

	Urteaga Montoya (%)	Galán y Quispe (%)
Longitud de tramos en tangente	6.06	96.97
Radio mínimo	21.00	68.00
Peralte	100.00	100.00
Pendientes	0.00	23.00

Figura 56
Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Galán y Quispe.



Además, en el estudio de la carretera Cajamarca – Otuzco realizado por Ortiz (2018), encontró resultados similares a esta investigación, en los que, la distancia de visibilidad de paso no cumple en un 89%, así mismo los radios mínimos en un 41%, los peraltes en un 81%, igualmente los sobre anchos en un 62.50% y finalmente en el ancho mínimo de la calzada y berma en un 21% y 100% respectivamente.



Tabla 57

Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Ortiz.

Parámetros de diseño que no cumplen

	Urteaga Montoya (%)	Ortiz (%)
Distancia de visibilidad de paso	6.06	89.00
Radio mínimo	21.00	41.00
sobre anchos	100.00	62.50
ancho de calzada	100.00	21.00

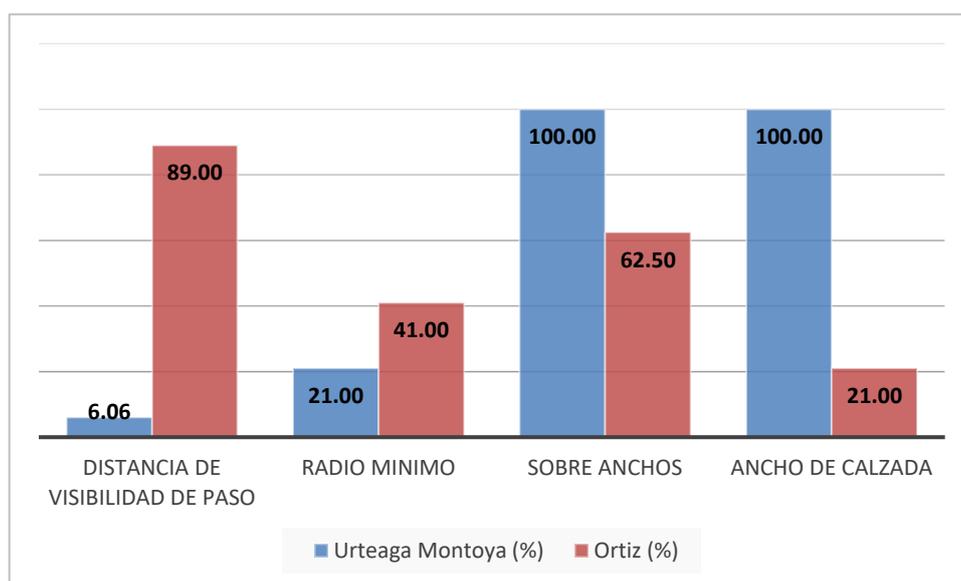


Figura 57. Comparación de parámetros de diseño Urteaga - Ortiz.

Al realizar la discusión de los resultados obtenidos conjuntamente con las demás investigaciones, se puede denotar que, las deficiencias y carencias de las características geométricas en las carreteras que se detectan en diversos lugares de nuestro país, debido a veces a conflictos con las comunidades o dificultades con la topografía del terreno.



En la presente investigación se tuvo algunas **Limitaciones** en el levantamiento topográfico con RPAS (dron phantom 4 RTK), a pesar de que el equipo topográfico cuenta con un número elevado de ventajas, posee problemas de interceptación de comunicaciones ya que ante la presencia en áreas de antenas y equipos receptores se reduce la señal entre equipo receptor RPAS y la estación base D-RTK 2; más cabe resaltar que dichas limitaciones fueron mínimas y se superaron.

Como **Implicancia** si ciertamente, la presente investigación será de utilidad como un instrumento informativo técnico para orientar a los alumnos, docentes y profesionales de la carrera de Ingeniería Civil, en la toma de decisiones en la selección de equipos topográficos.

Hacer llegar los resultados a las autoridades del Ministerio de Transportes de Cajamarca y a la Municipalidad Distrital de Baños del Inca para su conocimiento a fin que tomen las acciones para mejorar la carretera Baños del Inca – Otuzco.

Conclusiones:

Luego de realizar la evaluación geométrica de la carretera Baños del Inca - Otuzco se concluye lo siguiente:

Se rechaza la primera hipótesis y se acepta la segunda hipótesis planteada en el presente estudio, puesto que se en la primera parte de la investigación el **dron resultó ser la mejor alternativa en relación a precisión, tiempo y costo; continuando con la estación total y finalmente el GPS diferencial**. Y en la segunda hipótesis se verificó que las características geométricas actuales de la carretera Baños del Inca – Otuzco **no cumplen el 71% de su totalidad, con respecto a los parámetros estudiados**, situación que la convierte en una carretera insegura en cuanto a su geometría.



Se logró realizar el levantamiento topográfico de la carretera Baños del Inca – Otuzco con estación total, GPS diferencial y dron, lo cual permitió obtener los puntos de precisión geodésica, planos de planta, perfil longitudinal y secciones transversales de la carretera en mención.

Se evaluaron los indicadores de precisión, tiempo y costo de los levantamientos de la carretera Baños del Inca – Otuzco realizados con cada instrumento topográfico, con lo cual se llegó a la conclusión que el equipo con mayor porcentaje de productividad es el **dron phantom 4 RTK**, ya que es el equipo con mayor precisión, menor tiempo de trabajo y costo.

Se analizó la geometría actual de la carretera Baños del Inca – Otuzco, con la información del levantamiento topográfico realizado con Dron phantom 4 RTK, con lo cual se determinó que, la carretera en mención cuenta con una longitud de 3.120 kilómetros, con respecto al manual de carreteras DG 2018 - MTC, por su orografía corresponde a una topografía plana (**tipo 1**), puesto que sus pendientes transversales al eje de la carretera son menores al 10%, la longitud de los tramos en tangente varía entre 29.395m y 238.298m, las longitudes de los radios están comprendidos entre 8.09m y 302.66m, las pendientes longitudinales varían entre 0.65% y 5.75%, cuenta con 33 curvas horizontales radios varían entre 8.09m y 302.66m, 4 curvas verticales cuyas longitudes de curvas son de 150m, el ancho de calzada varía entre 3.00m y 6.55m, el peralte varía entre 0.29m y 3.01m. Finalmente se concluye que: la longitud de tramos en tangente mínimo cumple con el 94%; los radios mínimos de la carretera cumplen 78.78%; la longitud de curva vertical cumple en un 100%; en relación al ancho de corona no cumple en un 100% ; a diferencia de los peraltes que cumplen en un 100%; respecto al ancho de cuneta no cumple en un 100% a diferencia con respecto a su altura que cumple en un 52.24%, por lo que se diría que no cumplen en



un 100%. Finalmente se determinó que la carretera no garantiza un adecuado tránsito tanto de personas como de mercancía, por ende, pone en constante riesgo la integridad de quienes hacen uso de ella.

Adicionalmente se sugieren las siguientes recomendaciones:

Se recomienda, expandir esta investigación incorporando otra técnica de levantamiento topográfico como el método lidar, de manera que la base de conocimientos sea más amplia y pueda abarcar más información.

Se recomienda tener los equipos correctamente calibrados para así tener una toma perfecta de datos.

En el caso de levantamiento topográficos con equipos satelitales como dron y GPS diferencial se recomienda tener cuidado con equipos que puedan hacer interferencia con la señal, así como también evitar realizar vuelos cuando se tiene una topografía con vegetación densa (arboles) los cuales impiden detallar con exactitud las obras de construcción civil.

Realizar un estudio sobre la accidentalidad en dicha carretera vecinal, siendo esta también una parte importante de la problemática de las carreteras vecinales.

Se sugiere implementar la señalización vial, sobre todo donde el cambio de velocidad es brusco, de tal manera que se pueda asegurar la disminución paulatina de la velocidad de los vehículos.

Se sugiere ampliar la calzada en todo el tramo estudiado, a fin de mantener la velocidad de diseño y garantizar la operatividad de la vía ante la demanda de flujo vehicular.

Se recomienda finalmente hacer llegar la presente investigación al Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), así como al gobierno regional y local para que se pueda promover y establecer posibles mejoras en la carretera vecinal en mención.



REFERENCIAS

- Cruz Chique, A. & Ramos Ccalli, R. (2019). *Precisión de una aeronave no tripulada de ala fija en un levantamiento catastral rural a diferentes alturas de vuelo en contrastación con G.P.S diferencial en modo RTK.*
- Flórez, C. F., Reyes, F. A., Giraldo, L., Bernal, O. H., & Quintana, L. A. *Incidencia de las características geométricas y de tránsito de vías en alta montaña y de bajas especificaciones geométricas sobre la accidentalidad "caso plan 2500: Departamento del quindío".*
- Hilario Solis, P. W. (2013). *Estudio comparativo de levantamientos topográficos de obras viales mediante topografía convencional y GPS diferencial.*
- Hilario Tacca, Q. (2015). *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional.*
- Hinostroza Quijada, P. (2021). *Evaluación de errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando Dron y sistema de posicionamiento global diferencial.*
- Jiménez Calero, N., Magaña Monge, A. & Soriano Melgar, E., (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con Estación Total como método indirecto y el uso de Drones y GPS como método indirecto.*
- Mallma Palacios, R. (2020). *Análisis comparativo del levantamiento fotogramétrico y convencional para el levantamiento topográfico de la Av. Ferrocarril – Pachacamac, Universidad Cesar Vallejo.*
- Mendoza-Díaz, A., Abarca-Pérez, E., & Centeno-Saad, A. G. (2009). Auditorías de seguridad vial de carreteras en operación. *Ingeniería, Investigación Y Tecnología*, 10(2), 137-144.
- Ortega, V., Mario, G., & Quispe Marcavillaca, E. (2018). *Evaluación comparativa de la mejor alternativa a nivel de diseño geométrico para el acceso de vehículos (Chincheró–*



Urubamba, Chinchero–Huayllabamba, Chinchero–Urquillos) utilizando tecnología uav para la ruta más factible con fines de integrar el aeropuerto internacional de chinchero con el valle sagrado del cusco.

OSPINA, J. J. A. (2002). *Diseño geométrico de vías. Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Especialista En Vías Y Transporte, Universidad Nacional De Colombia Sede Medellín, Medellín.*

Pari Rendon, R., Sedano Mateo, F. (2019). *Análisis, desarrollo y comparación de un levantamiento fotogramétrico realizado con un RPA frente a un levantamiento topográfico convencional realizado con GNSS – Mina Barrick – 2018.*

Quiróz, W., & Estupiñan, F. (2012). *Análisis comparativo del diseño geométrico del tramo localizado entre el sector la piscicultura departamento de Nariño hasta Santiago departamento de putumayo, con la normatividad vial existente.*

Sánchez Vargas, I. J. (2017). *Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza san luis - 2017*

Santamaria Sandoval, J. O. (2019). *Comparación técnica económica utilizando dron y estación total para el diseño geométrico de carreteras, centro poblado cruz del Médano–Mórrope.*

Villarreal, J., & Zárate, B. (2015). *Análisis De La Precisión De Levantamientos Topográficos Mediante El Empleo De Vehículos no Tripulados (UAV) Respecto a La Densidad De Puntos De Control.*

Zea Bueno, J. L., Ortiz Moreno, G. A., & Zamudio Maldonado, P. A. (2010a). *Diagnóstico de la vía actual y propuesta de diseño geométrico del tramo comprendido entre el k0 000 hasta el k3 000 de la vía municipio de tena-los alpes (cundinamarca).*



ANEXOS



Anexo 1

Fichas de conteo vehicular.



TESIS: Evaluación técnica económica del levantamiento topográfico con estación total, GPS diferencial y dron, para el análisis geométrico de la carretera Baños del Inca – Otuzco, Cajamarca 2020

TESISTA: BACH. URTEAGA MONTOYA JUAN ALFREDO

FECHA : 07/01/2019

HORA	SENTI DO	MOTO CICLETA	TRI MOTO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			BUS		CAMION		OTROS	T O T A L E S
						PICK UP	SUV	PANEL	2 E MICRO BUS	2 E MINI BUS	2 E	3 E		
DIAGRA. VEH.														

MARTES 7-9AM	16	14	8	9	4	5	0	2	0	4	0	0	62
MARTES 11-02 PM	9	12	3	4	2	2	0	3	0	0	0	0	35
MARTES 6-8 PM	6	11	5	2	3	3	0	2	1	0	0	1	34
TOTAL	31	37	16	15	9	10	0	7	1	4	0	1	131
JUEVES 7-9 AM	14	16	4	9	1	3	1	3	0	2	1	0	54
JUEVES 11-02 PM	6	7	1	4	1	3	0	1	0	2	0	0	25
JUEVES 6-8 PM	4	8	7	3	3	3	0	1	0	1	1	0	31
TOTAL	24	31	12	16	5	9	1	5	0	5	2	0	110
SABADO 7-9 AM	6	9	2	3	2	3	1	0	0	1	0	0	27
SABADO 11-02 PM	11	24	12	8	3	6	0	1	0	2	0	0	67
SABADO 6-8 PM	12	12	9	8	5	4	0	1	2	1	0	1	55
TOTAL	29	45	23	19	10	13	1	2	2	4	0	1	149
TOTAL	84	113	51	50	24	32	2	14	3	13	2	2	390



Anexo 2

Informe de procesamiento de líneas base.



Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\11 santa cruz 5KM.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	112 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	29/06/2021 09:45:35 p.m. (UTC:-5)	Zona:	17 South
Zona horaria:	Hora est. Pacifico, Sudamérica	Geoide:	EGM08
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:		Obra calibrada:	
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

Informe de procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
CAJ01020 --- PC-02 (B5837)	CAJ01020	PC-02	Fija	0.004	0.025	28°16'24"	5052.667	-11.985
CAJ01020 --- PC-01 (B5836)	CAJ01020	PC-01	Fija	0.004	0.024	36°47'58"	4399.307	-22.499
CAJ01020 --- PC-03 (B5838)	CAJ01020	PC-03	Fija	0.003	0.012	24°26'00"	5907.361	2.512

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
3	3	0	0



CAJ01020 - PC-02 (Segundos intercalados inválidos-Segundos intercalados inválidos) (S5878)

Observación de línea base:	CAJ01020 --- PC-02 (B5837)
Procesados:	Segundos intercalados inválidos
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.004 m
Precisión vertical:	0.025 m
RMS:	0.033 m
PDOP máximo:	2.181
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	Trimble Relative
Hora de inicio de procesamiento:	Segundos intercalados inválidos (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	Segundos intercalados inválidos (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:59:05
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De: CAJ01020					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	777266.009 m	Latitud	S7°11'04.61135"	Latitud	S7°11'04.61135"
Norte	9205082.506 m	Longitud	A78°29'22.11601"	Longitud	A78°29'22.11601"
Elevación	2689.911 m	Altura	2710.610 m	Altura	2710.610 m

Hasta: PC-02					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	779685.007 m	Latitud	S7°08'39.75641"	Latitud	S7°08'39.75641"
Norte	9209521.705 m	Longitud	A78°28'04.11512"	Longitud	A78°28'04.11512"
Elevación	2677.850 m	Altura	2698.625 m	Altura	2698.625 m

Vector					
Δ Este	2418.998 m	Acimut Adelante NS	28°16'24"	ΔX	2454.535 m
Δ Norte	4439.199 m	Dist. elip	5052.667 m	ΔY	-54.173 m
Δ Elevación	-12.061 m	Δ Altura	-11.985 m	ΔZ	4418.561 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ Δ Este	0.003 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ ΔX	0.006 m
σ Δ Norte	0.003 m	σ Dist. elipsoide	0.004 m	σ ΔY	0.024 m
σ Δ Elevación	0.025 m	σ Δ Altura	0.025 m	σ ΔZ	0.005 m



Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

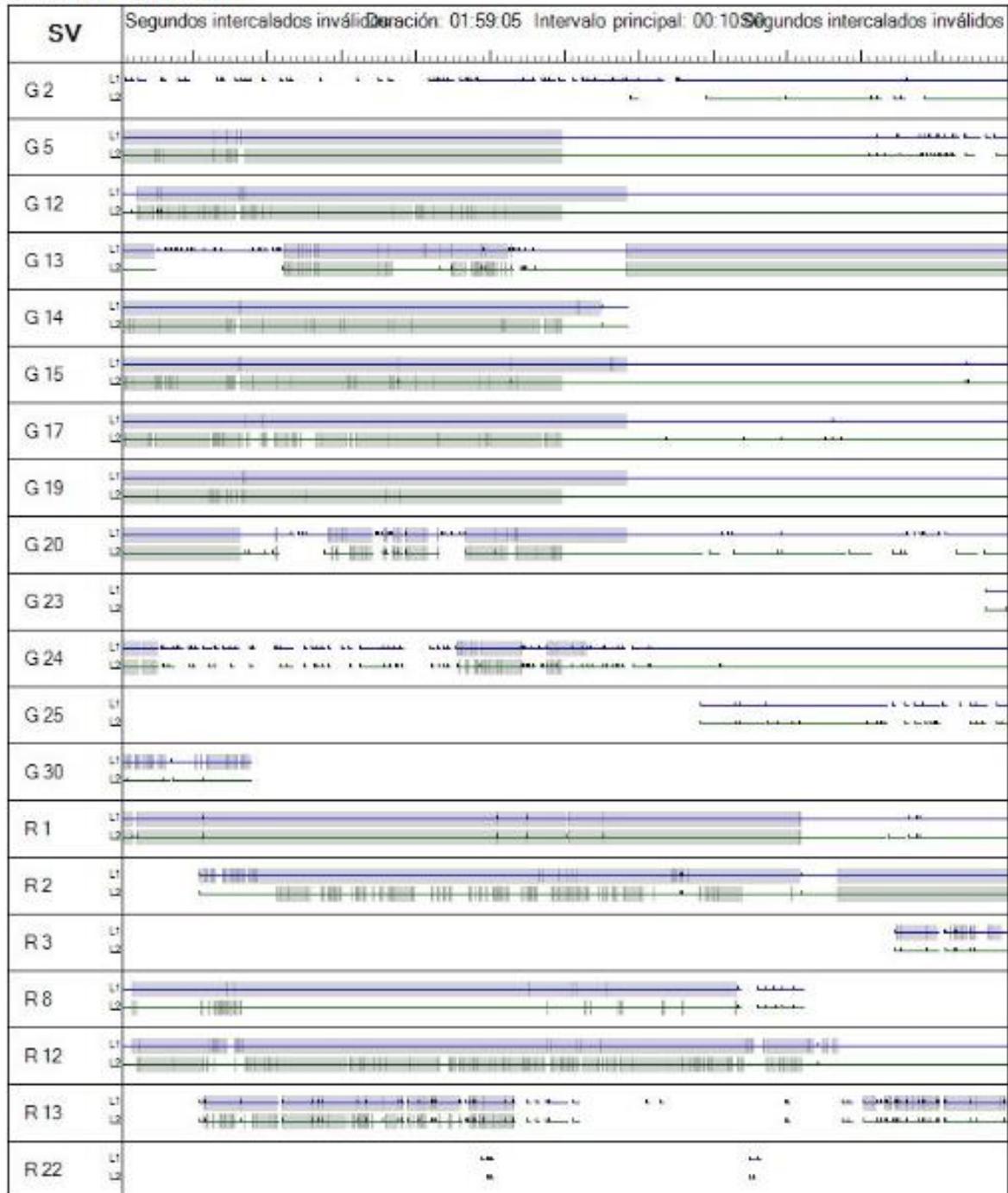
	X	Y	Z
X	0.0000418765		
Y	-0.0001358678	0.0005866094	
Z	-0.0000156420	0.0000712305	0.0000206544

Ocupaciones

	De	A
ID de punto:	CAJ01020	PC-02
Archivo de datos:	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\11 santa cruz 5KM\5648R51027202108050000B.T02	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\11 santa cruz 5KM\01582173.T02
Tipo de receptor:	NetR9	R8s
Número de serie del receptor:	5648R51027	5513R00158
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2 RoHS	R8s Internal
Número de serie de la antena:	-----	-----
Altura de la antena (medida):	0.400 m	0.989 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Centro del tope protector

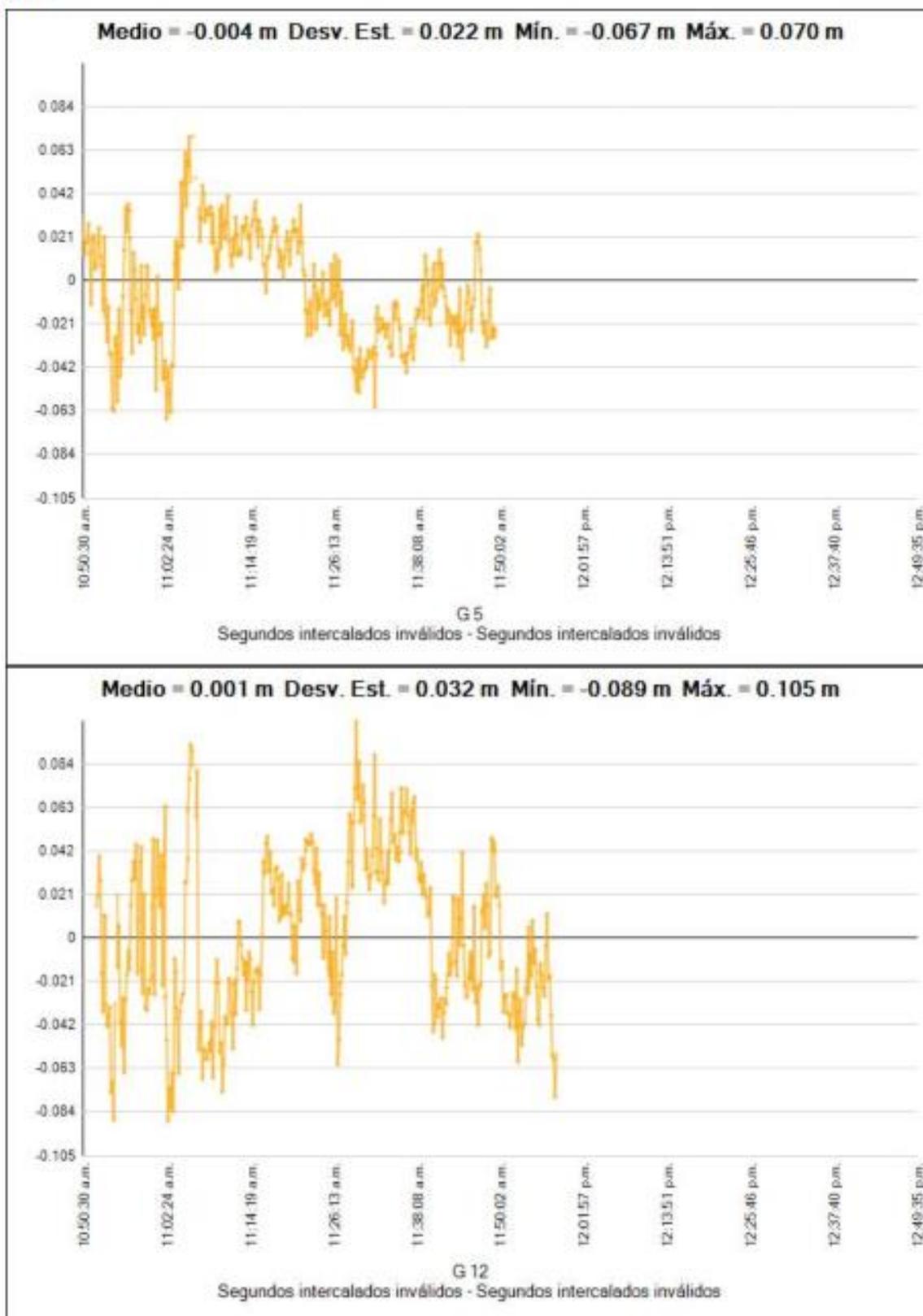


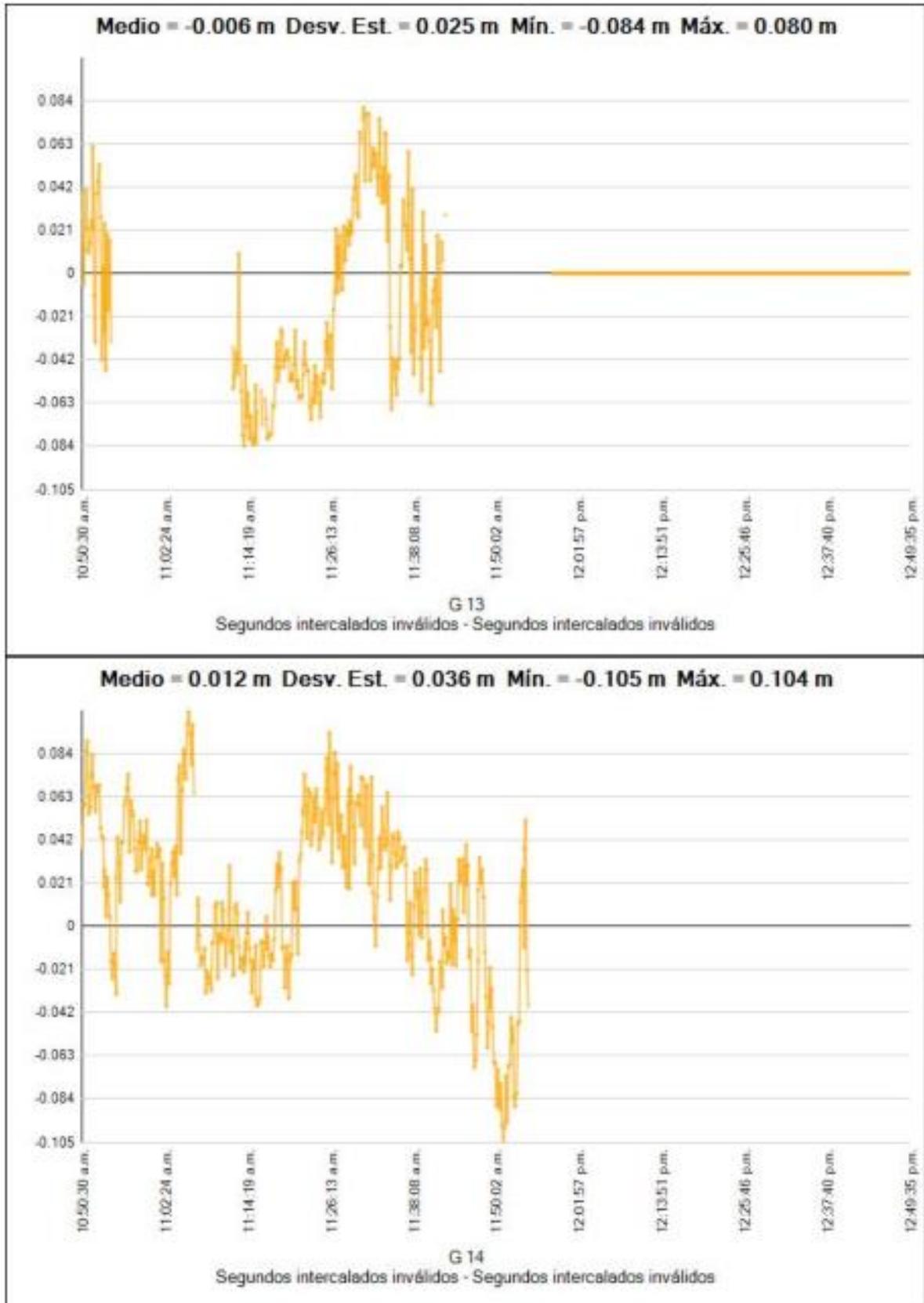
Resumen de seguimiento

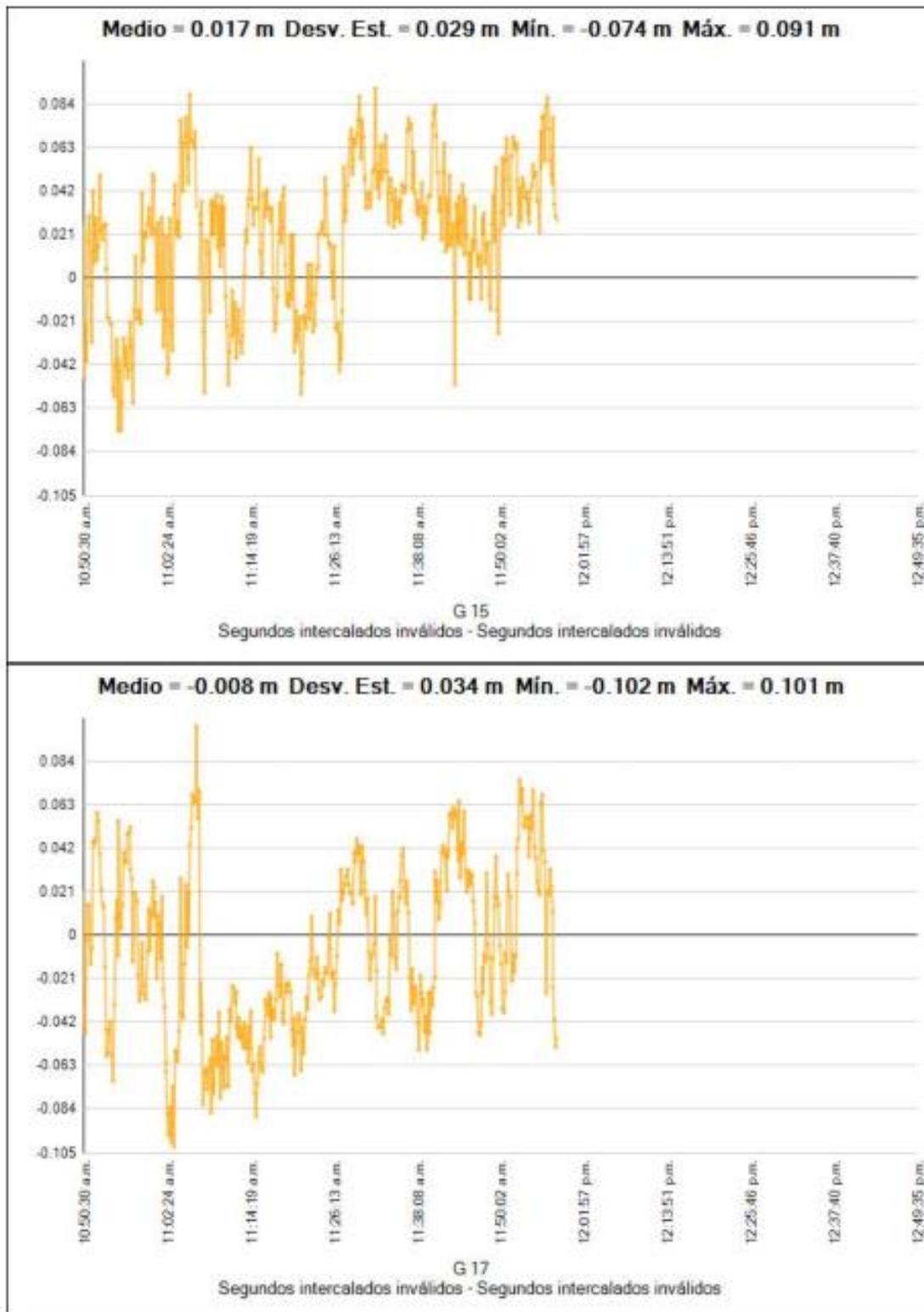


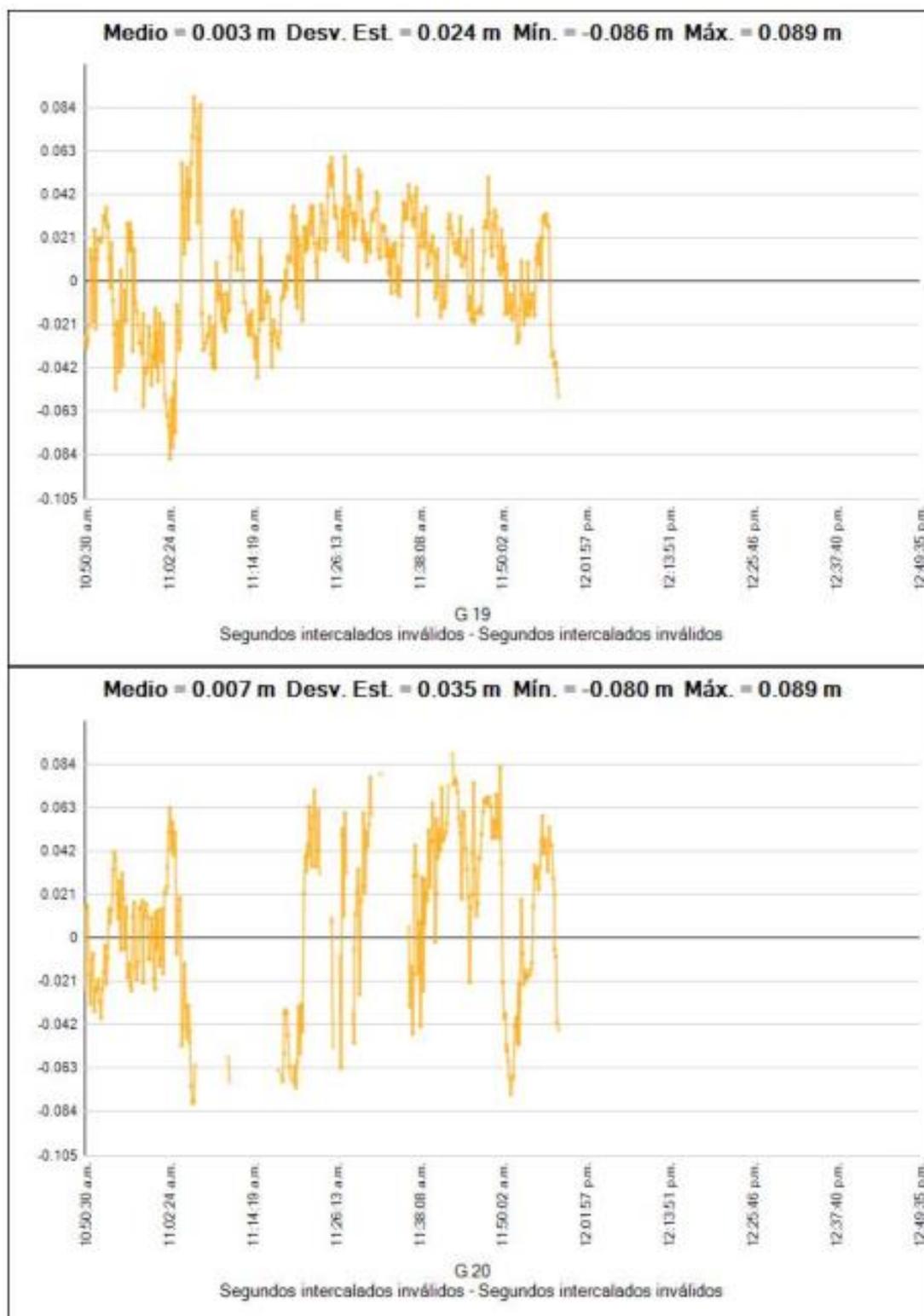


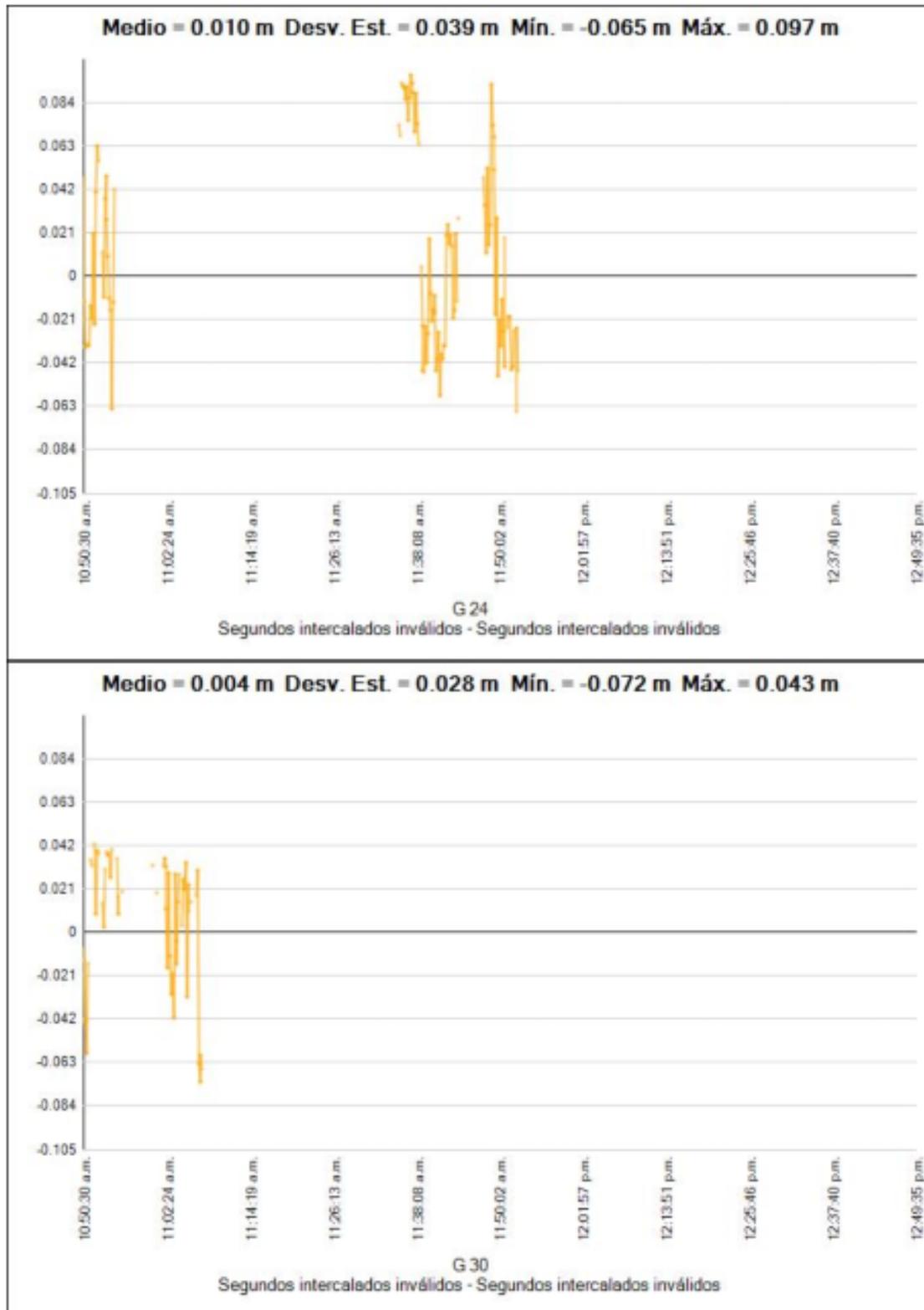
iduales

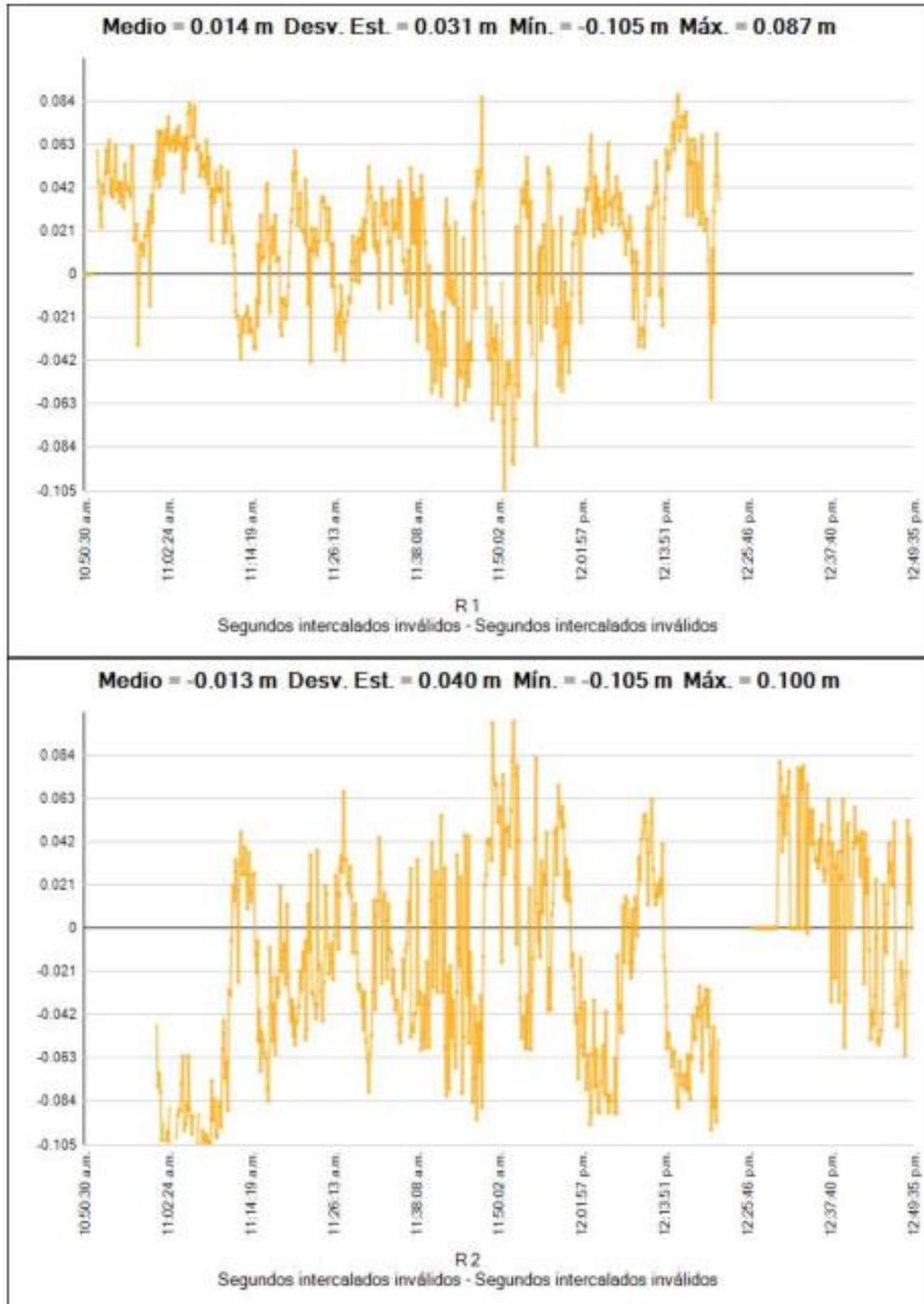


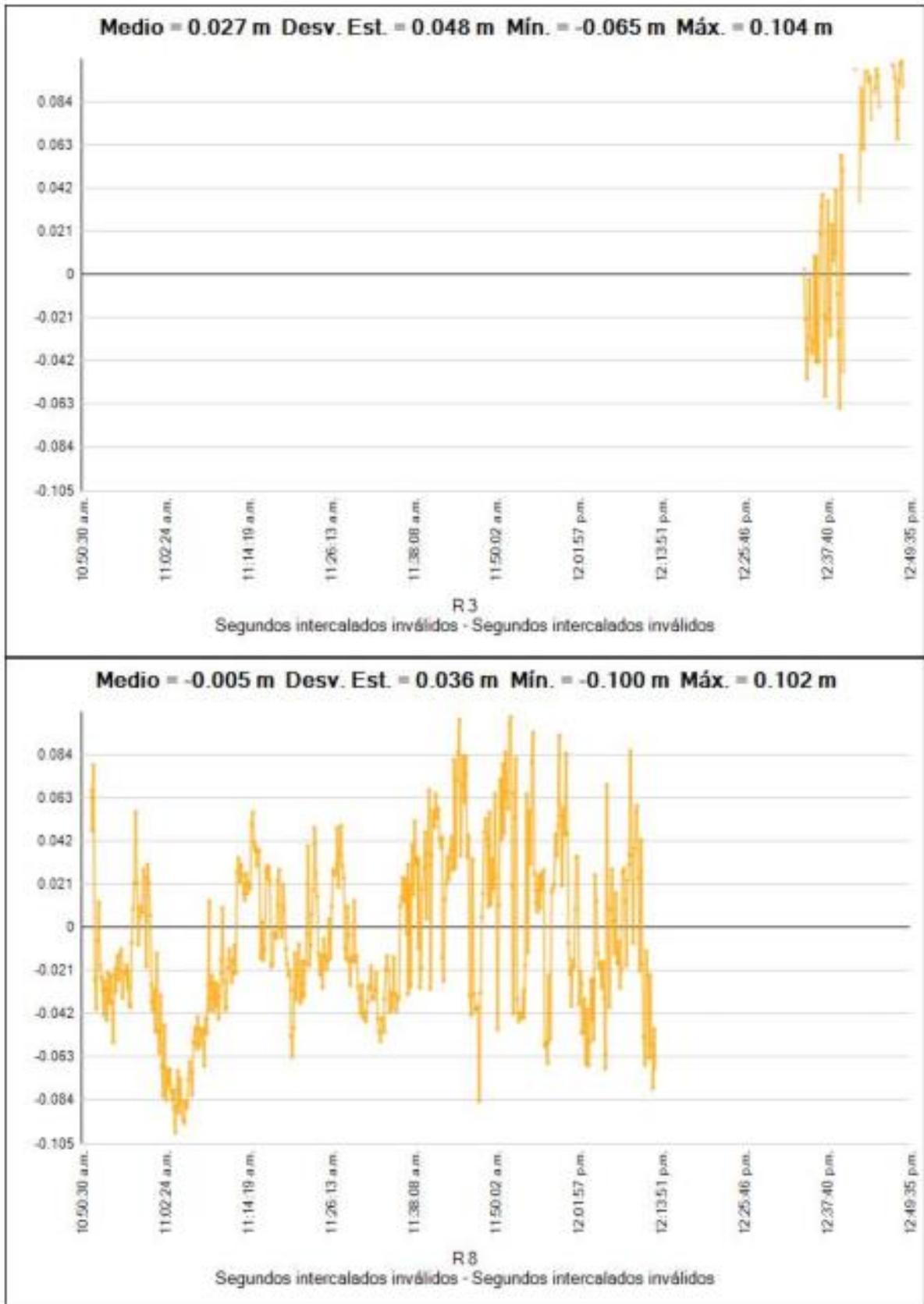


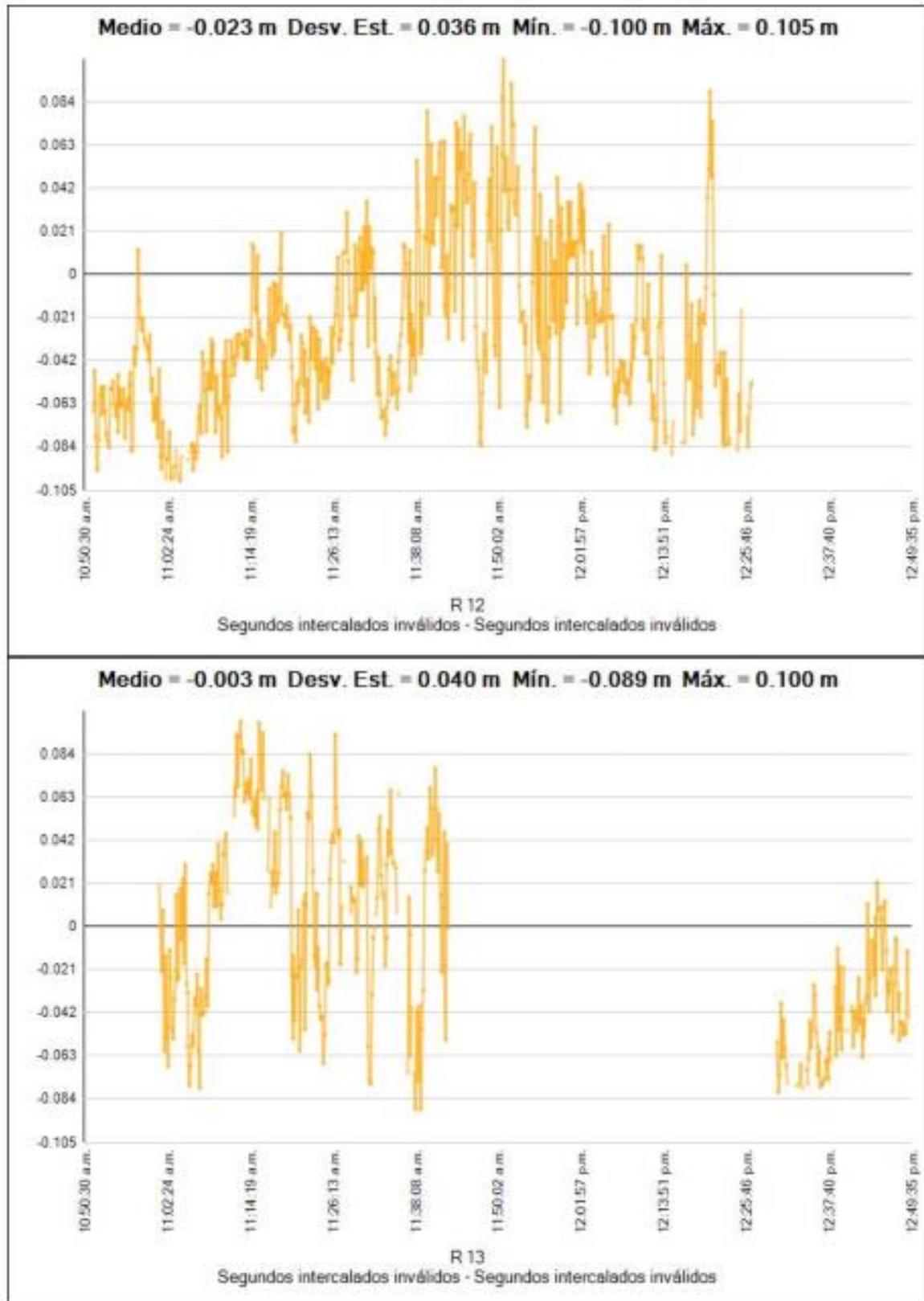














Estilo de procesamiento:

Máscara de elevación:	10°00'00.0"
Autoiniciar procesamiento:	Si
Iniciar numeración automática de ID:	AUTO0001
Vectores continuos:	No
Generar residuales:	Si
Modelo de antena:	Trimble Relative
Tipo de efeméride:	Automático
Frecuencia:	Múltiples frecuencias
Intervalo de procesamiento:	5 segundos
Forzar flotante:	No
Tipo de procesamiento de SIG:	Procesamiento automático de portadoras y códigos

Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador 	Fallida 
Precisión horizontal >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.100 m + 1.000 ppm	0.200 m + 1.000 ppm



CAJ01020 - PC-01 (Segundos intercalados inválidos-Segundos intercalados inválidos) (S5877)

Observación de línea base:	CAJ01020 --- PC-01 (B5836)
Procesados:	Segundos intercalados inválidos
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.004 m
Precisión vertical:	0.024 m
RMS:	0.026 m
PDOP máximo:	1.782
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	Trimble Relative
Hora de inicio de procesamiento:	Segundos intercalados inválidos (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	Segundos intercalados inválidos (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:32:10
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		CAJ01020			
	Cuadrícula		Local		Global
Este	777266.009 m	Latitud	S7°11'04.61135"	Latitud	S7°11'04.61135"
Norte	9205082.506 m	Longitud	A78°29'22.11601"	Longitud	A78°29'22.11601"
Elevación	2689.911 m	Altura	2710.610 m	Altura	2710.610 m

Hasta:		PC-01			
	Cuadrícula		Local		Global
Este	779921.987 m	Latitud	S7°09'09.93784"	Latitud	S7°09'09.93784"
Norte	9208592.690 m	Longitud	A78°27'56.22961"	Longitud	A78°27'56.22961"
Elevación	2667.332 m	Altura	2688.111 m	Altura	2688.111 m

Vector					
ΔEste	2655.978 m	Acimut Adelante NS	36°47'58"	ΔX	2666.539 m
ΔNorte	3510.184 m	Dist. elip	4399.307 m	ΔY	117.542 m
ΔElevación	-22.579 m	ΔAltura	-22.499 m	ΔZ	3499.516 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ ΔEste	0.004 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ ΔX	0.004 m
σ ΔNorte	0.003 m	σ Dist. elipsoide	0.003 m	σ ΔY	0.023 m
σ ΔElevación	0.024 m	σ ΔAltura	0.024 m	σ ΔZ	0.004 m



Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

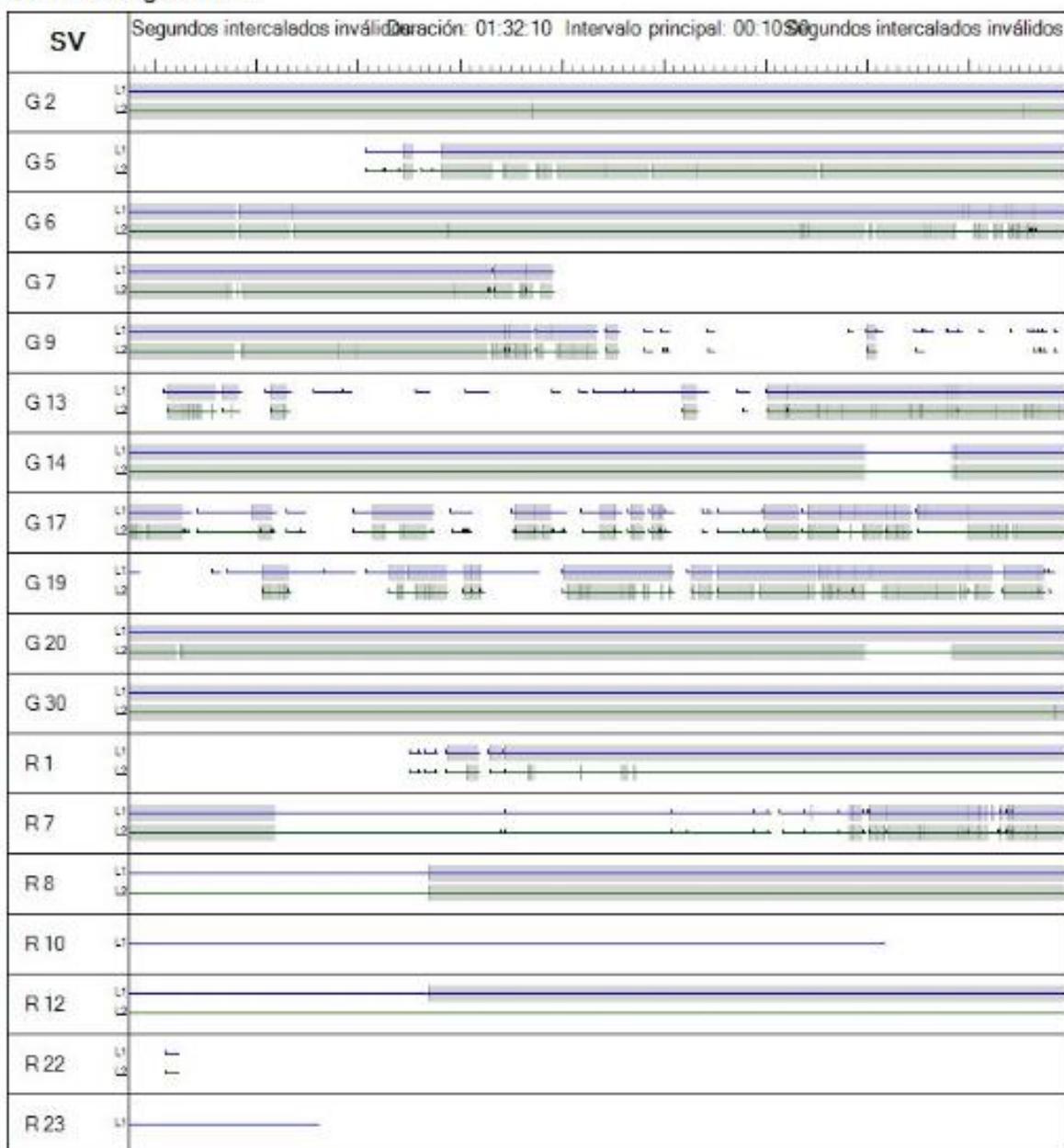
	X	Y	Z
X	0.0000183835		
Y	-0.0000655935	0.0005372476	
Z	-0.0000091623	0.0000778953	0.0000186399

Ocupaciones

	De	A
ID de punto:	CAJ01020	PC-01
Archivo de datos:	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\11 santa cruz 5KM\5648R51027202108050000B.T02	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\11 santa cruz 5KM\01582171.T02
Tipo de receptor:	NetR9	R8s
Número de serie del receptor:	5648R51027	5513R00158
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2 RoHS	R8s Internal
Número de serie de la antena:	-----	-----
Altura de la antena (medida):	0.400 m	1.480 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Centro del tope protector

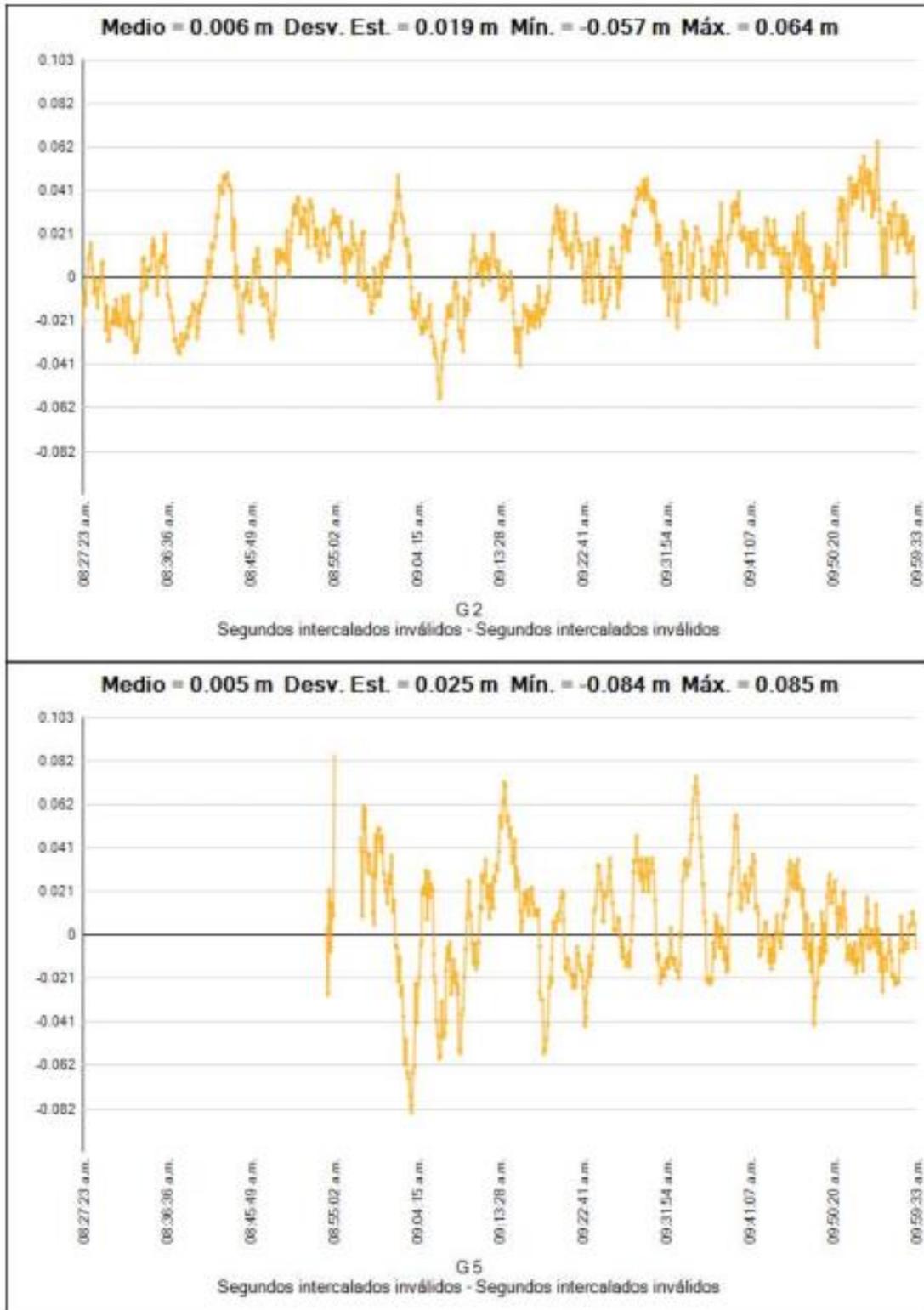


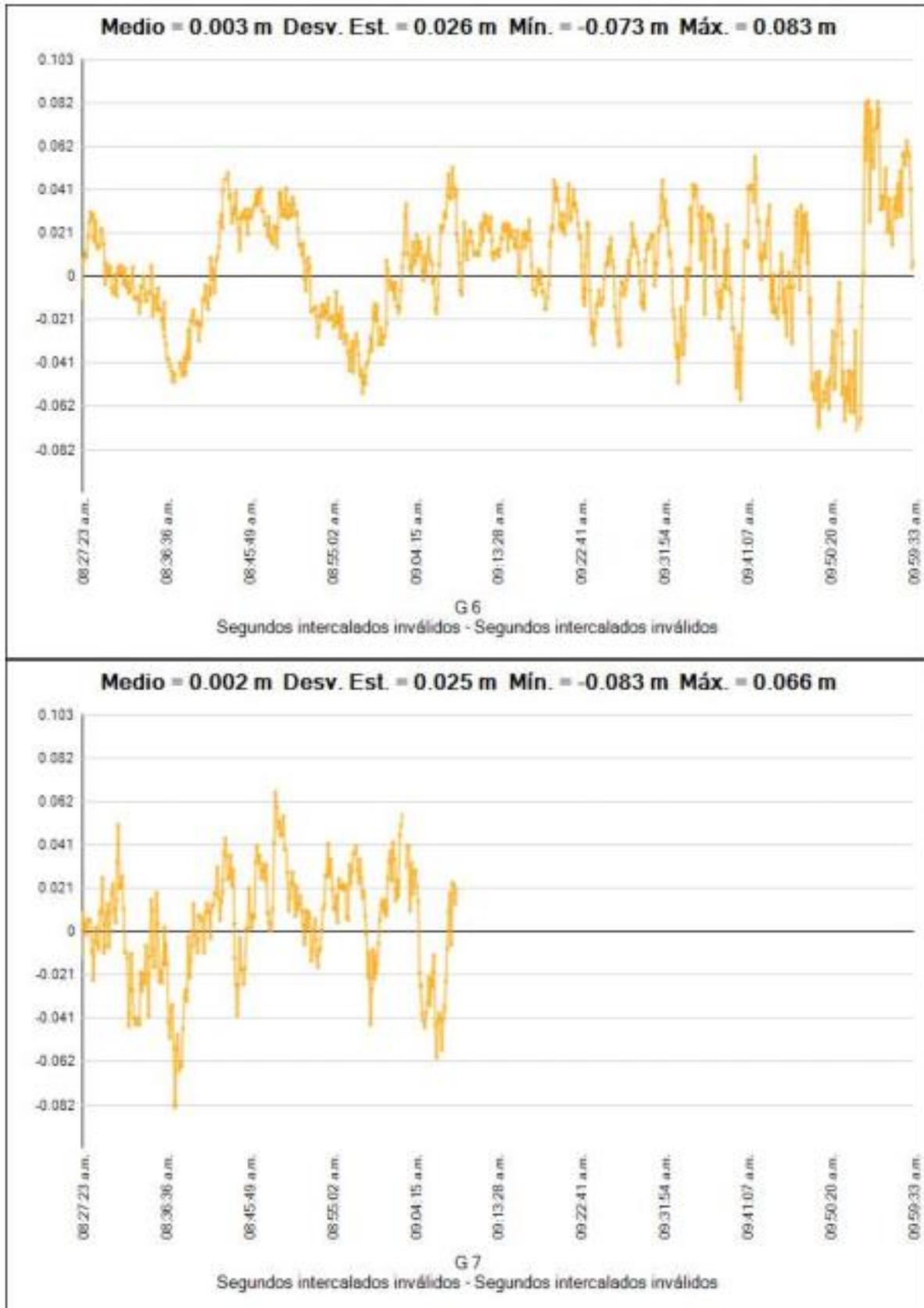
Resumen de seguimiento

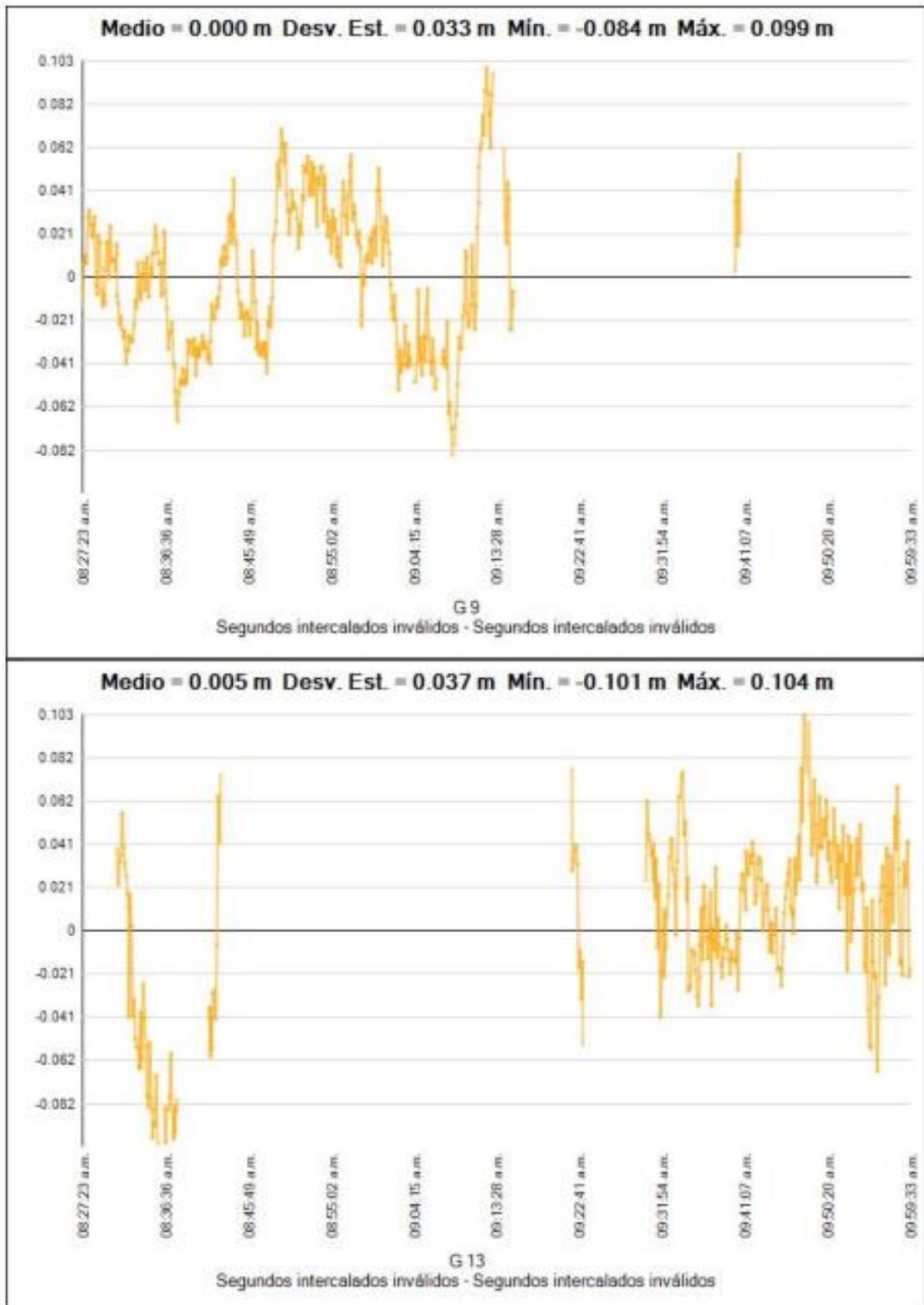


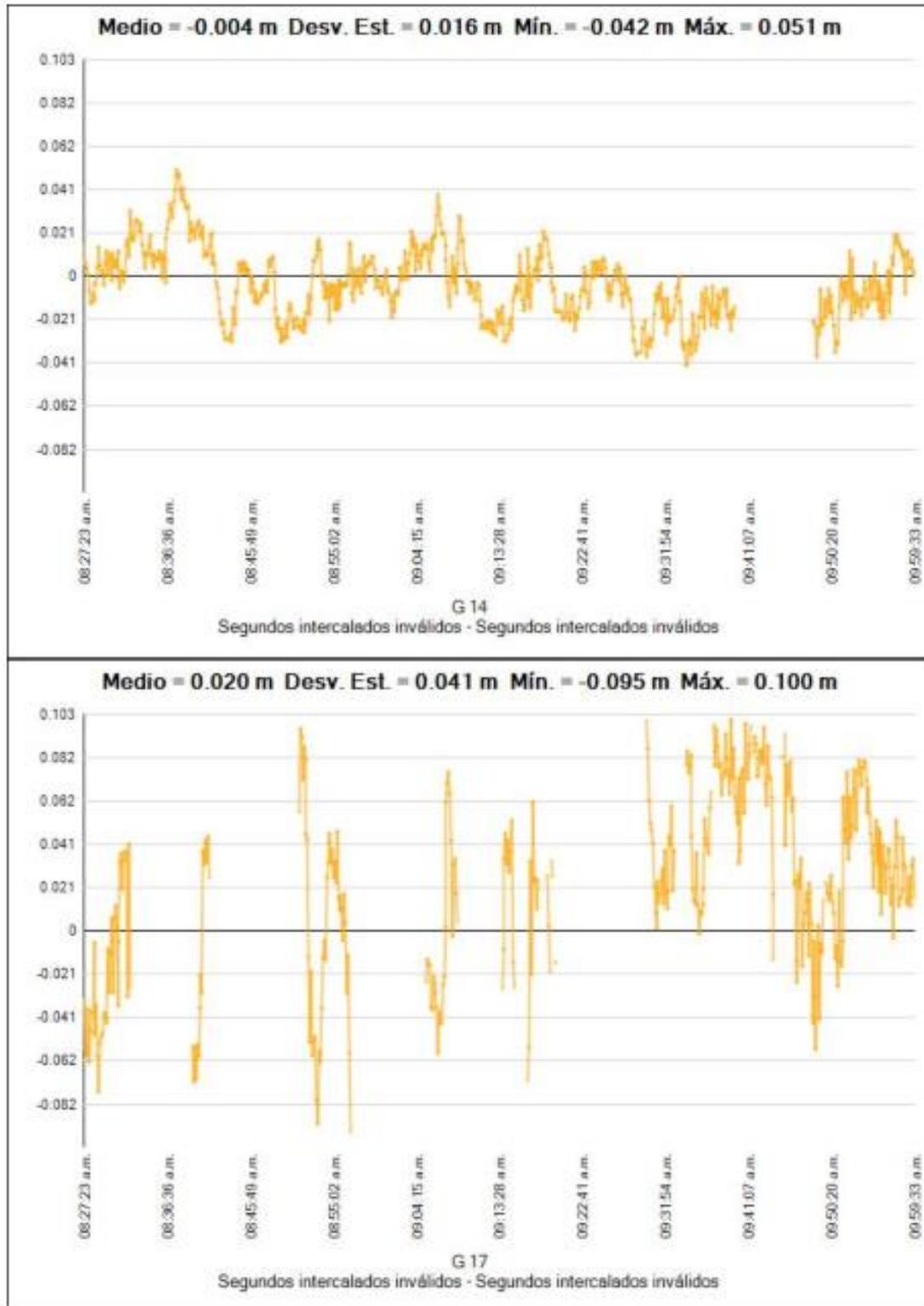


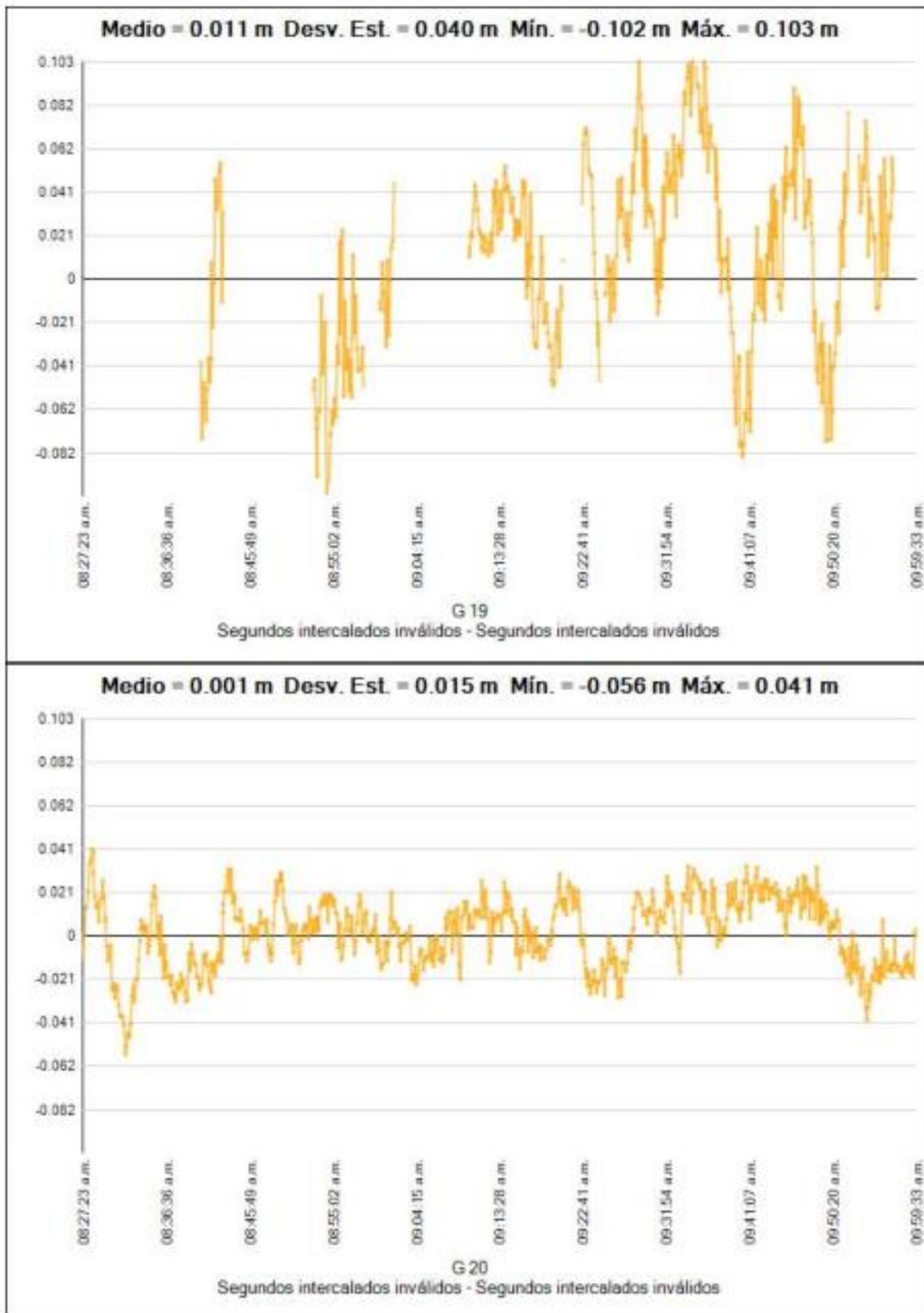
Residuales

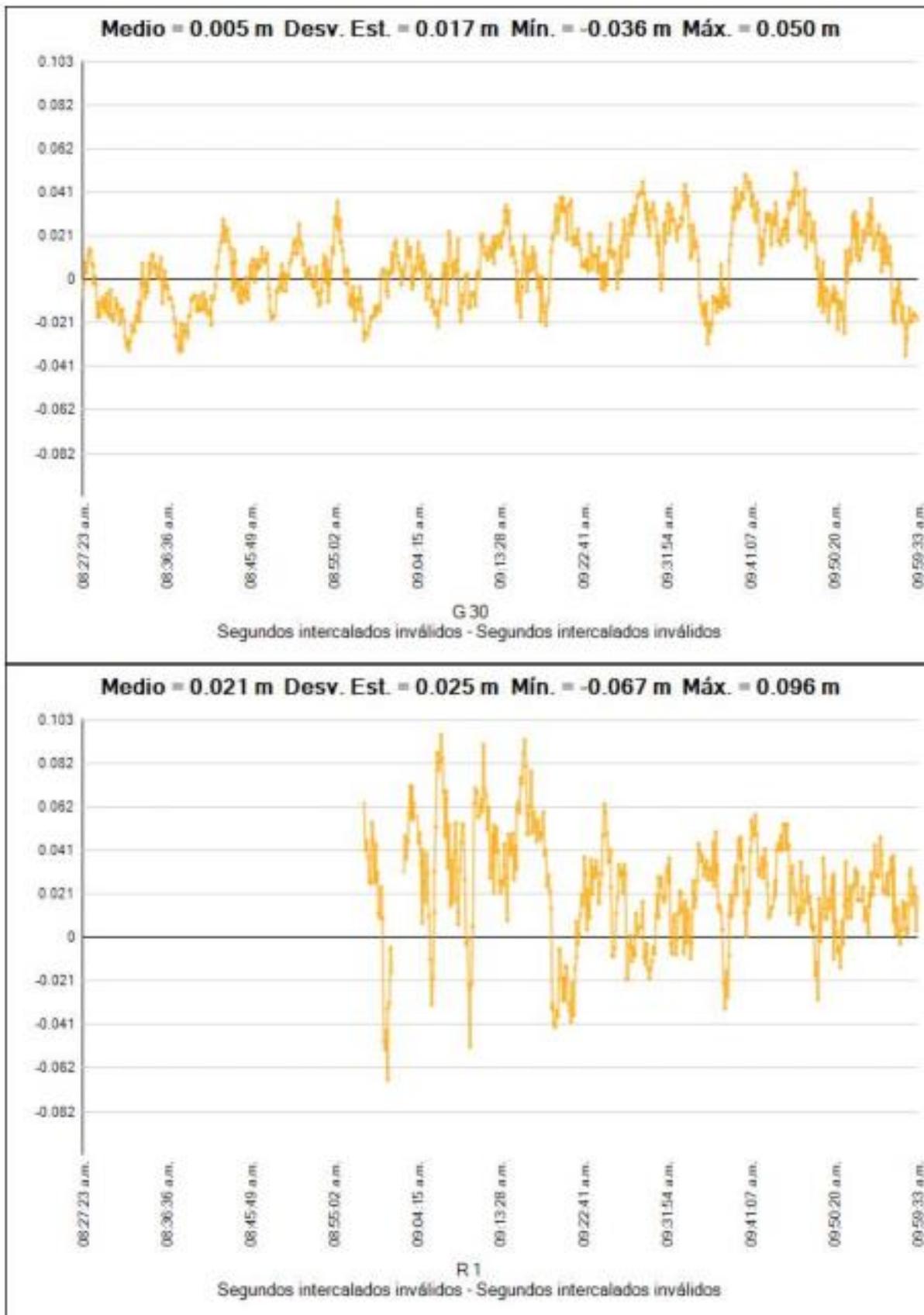


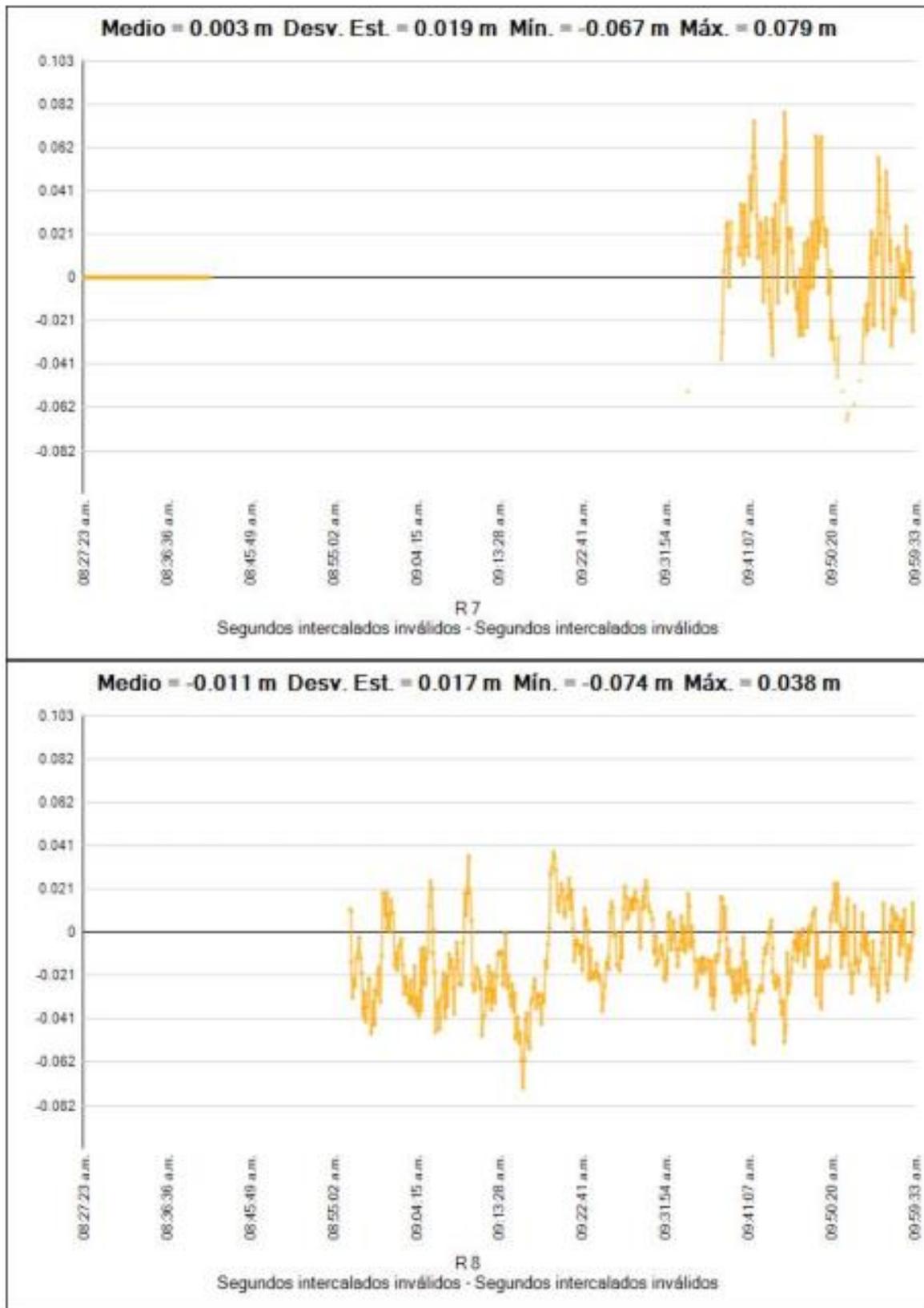


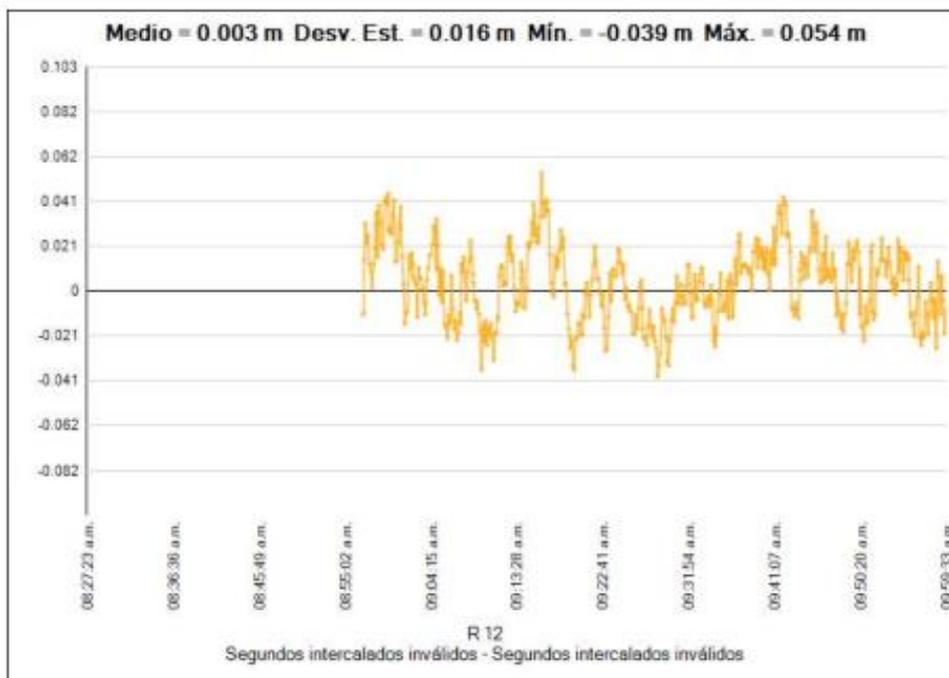












Estilo de procesamiento:

Máscara de elevación:	10°00'00.0"
Autoiniciar procesamiento:	Sí
Iniciar numeración automática de ID:	AUTO0001
Vectores continuos:	No
Generar residuales:	Sí
Modelo de antena:	Trimble Relative
Tipo de efeméride:	Automático
Frecuencia:	Múltiples frecuencias
Intervalo de procesamiento:	5 segundos
Forzar flotante:	No
Tipo de procesamiento de SIG:	Procesamiento automático de portadoras y códigos



Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador 	Fallida 
Precisión horizontal >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.100 m + 1.000 ppm	0.200 m + 1.000 ppm

CAJ01020 - PC-03 (Segundos intercalados inválidos-Segundos intercalados inválidos) (S5879)

Observación de línea base:	CAJ01020 --- PC-03 (B5838)
Procesados:	Segundos intercalados inválidos
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.003 m
Precisión vertical:	0.012 m
RMS:	0.022 m
PDOP máximo:	3.422
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	Trimble Relative
Hora de inicio de procesamiento:	Segundos intercalados inválidos (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	Segundos intercalados inválidos (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:41:50
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De: CAJ01020					
	Cuadrícula		Local		Global
Este	777266.009 m	Latitud	S7°11'04.61135"	Latitud	S7°11'04.61135"
Norte	9205082.506 m	Longitud	A78°29'22.11601"	Longitud	A78°29'22.11601"
Elevación	2689.911 m	Altura	2710.610 m	Altura	2710.610 m
Hasta: PC-03					
	Cuadrícula		Local		Global
Este	779740.244 m	Latitud	S7°08'09.53340"	Latitud	S7°08'09.53340"
Norte	9210450.389 m	Longitud	A78°28'02.48227"	Longitud	A78°28'02.48227"
Elevación	2692.341 m	Altura	2713.122 m	Altura	2713.122 m
Vector					
ΔEste	2474.235 m	Acimut Adelante NS	24°26'00"	ΔX	2529.604 m
ΔNorte	5367.883 m	Dist. elip	5907.361 m	ΔY	-171.367 m
ΔElevación	2.430 m	ΔAltura	2.512 m	ΔZ	5338.398 m



Errores estándar

Errores de vector:					
$\sigma \Delta Este$	0.002 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	$\sigma \Delta X$	0.003 m
$\sigma \Delta Norte$	0.002 m	σ Dist. elipsoide	0.002 m	$\sigma \Delta Y$	0.012 m
$\sigma \Delta Elevación$	0.012 m	$\sigma \Delta$ Altura	0.012 m	$\sigma \Delta Z$	0.003 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

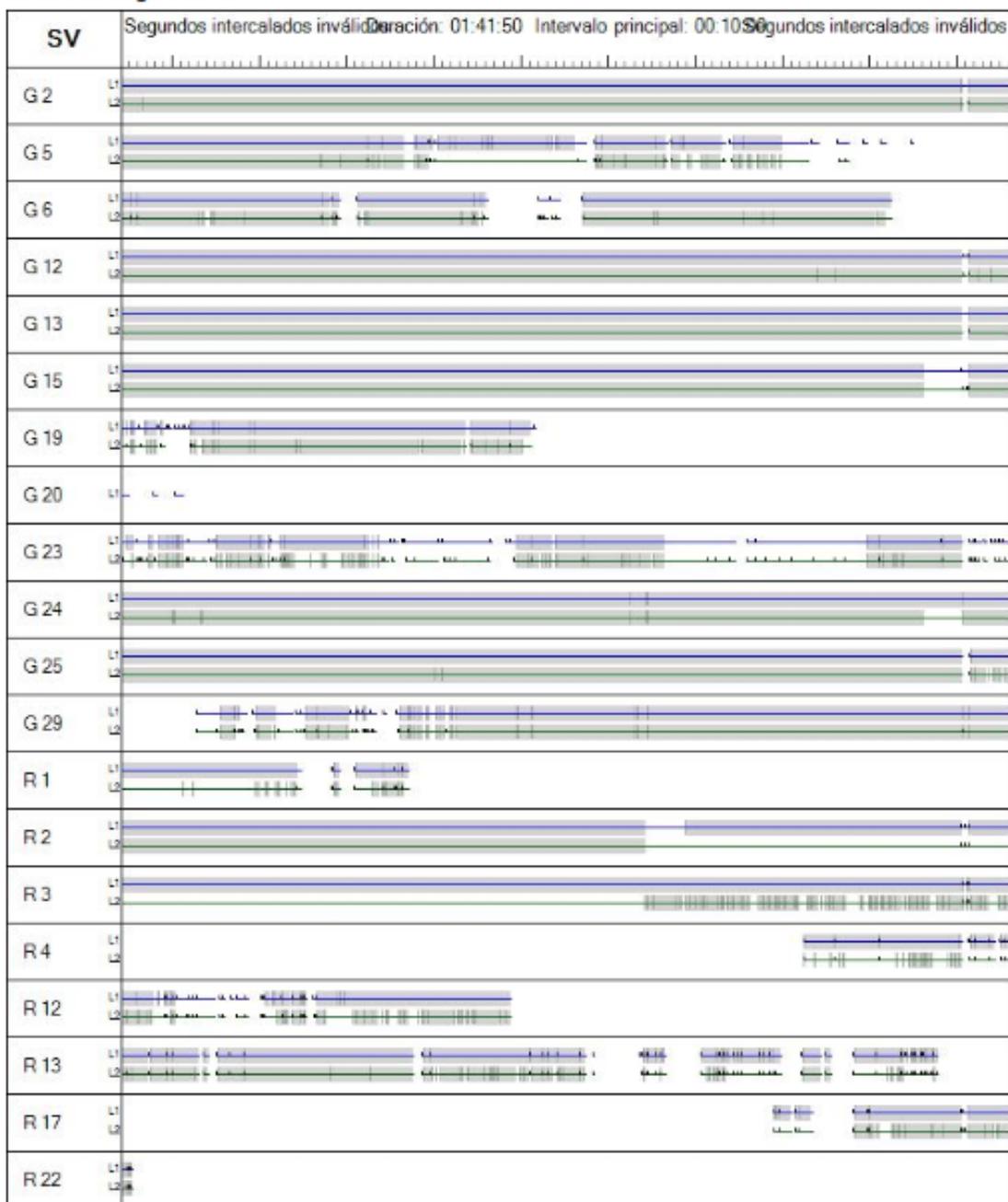
	X	Y	Z
X	0.0000106374		
Y	-0.0000244169	0.0001344296	
Z	-0.0000052449	0.0000204114	0.0000078062

Ocupaciones

	De	A
ID de punto:	CAJ01020	PC-03
Archivo de datos:	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\11 santa cruz 5KM \5648R51027202108050000B.T02	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\11 santa cruz 5KM \01582175.T02
Tipo de receptor:	NetR9	R8s
Número de serie del receptor:	5648R51027	5513R00158
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2 RoHS	R8s Internal
Número de serie de la antena:	-----	-----
Altura de la antena (medida):	0.400 m	0.989 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Centro del tope protector

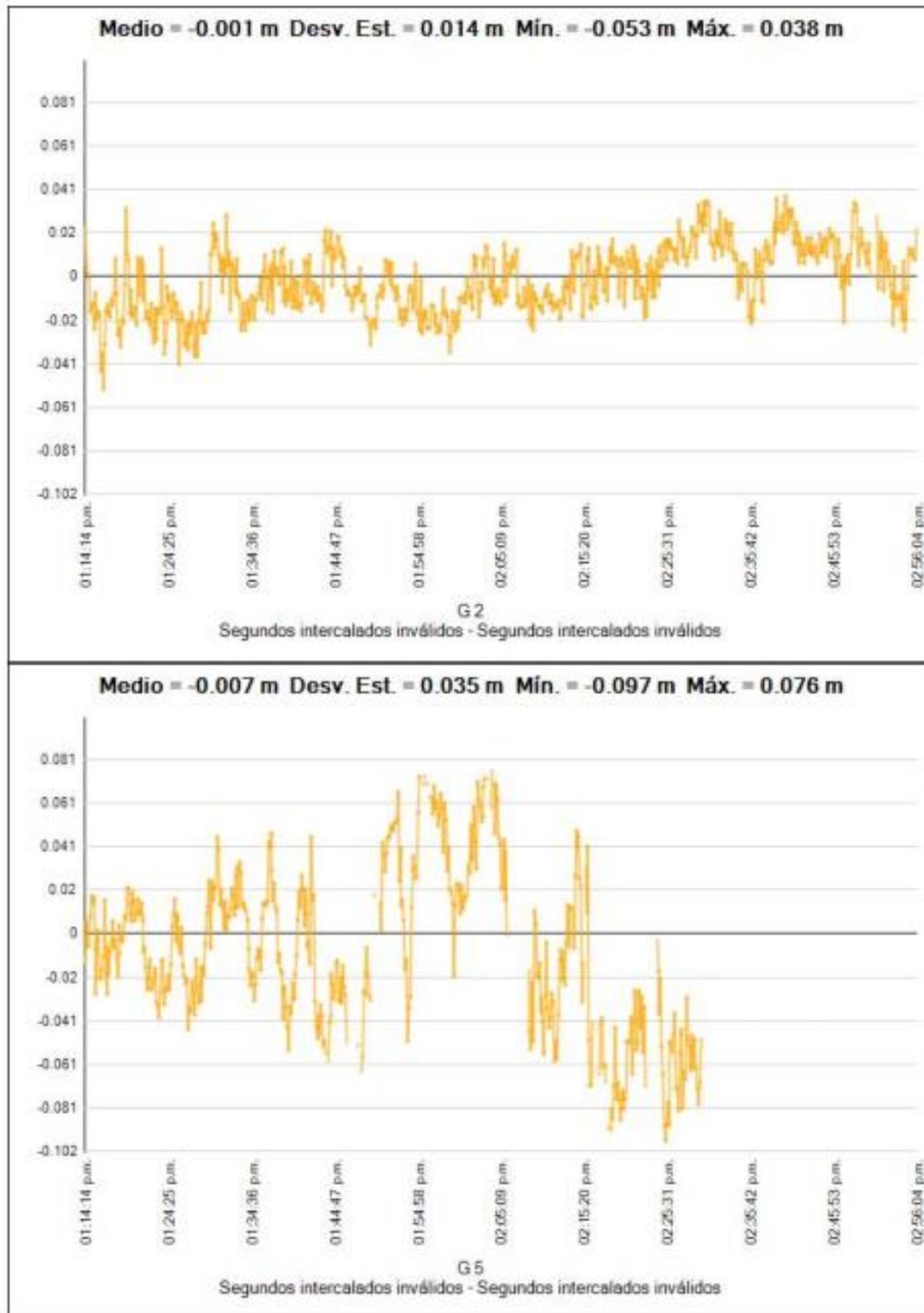


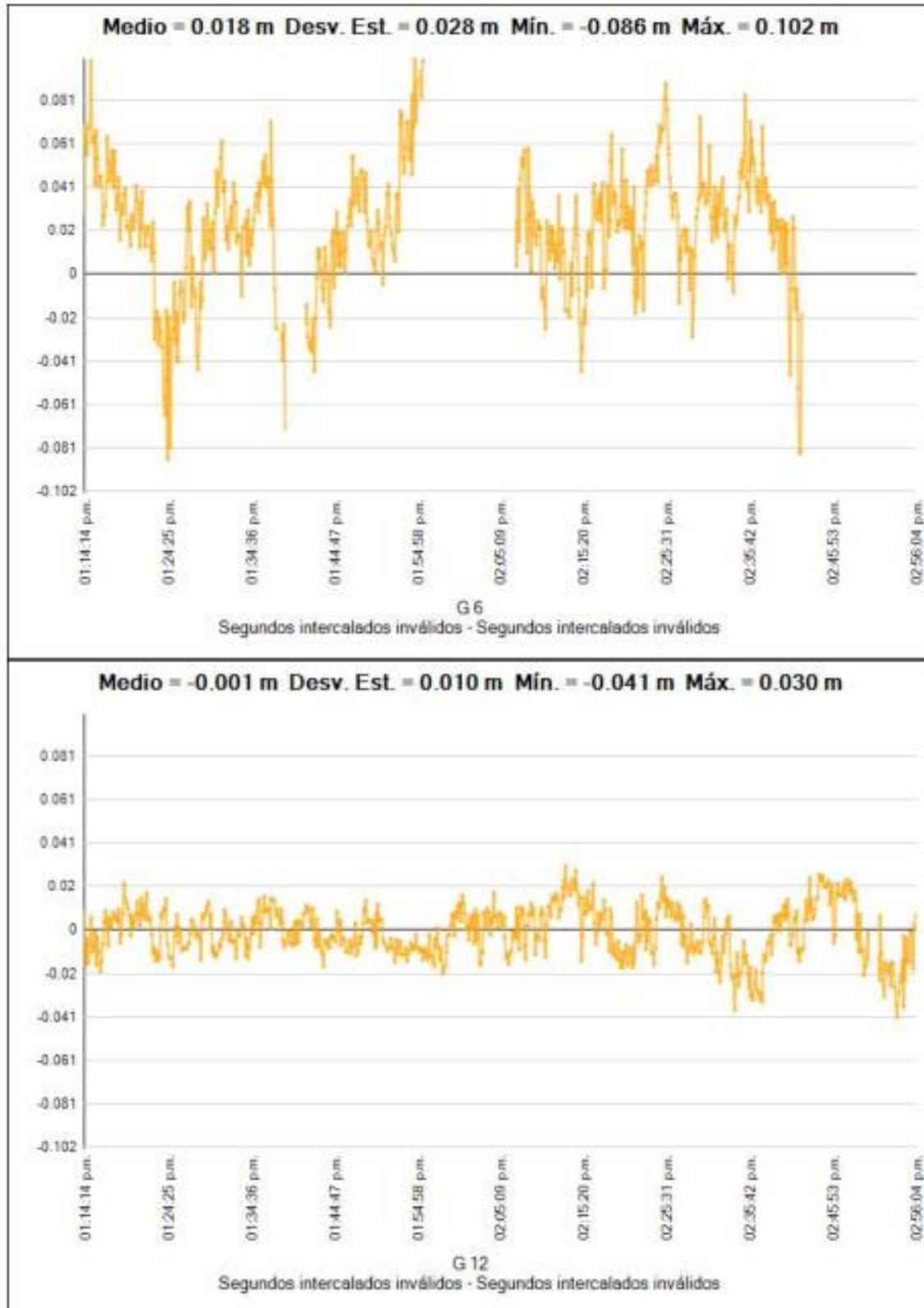
Resumen de seguimiento

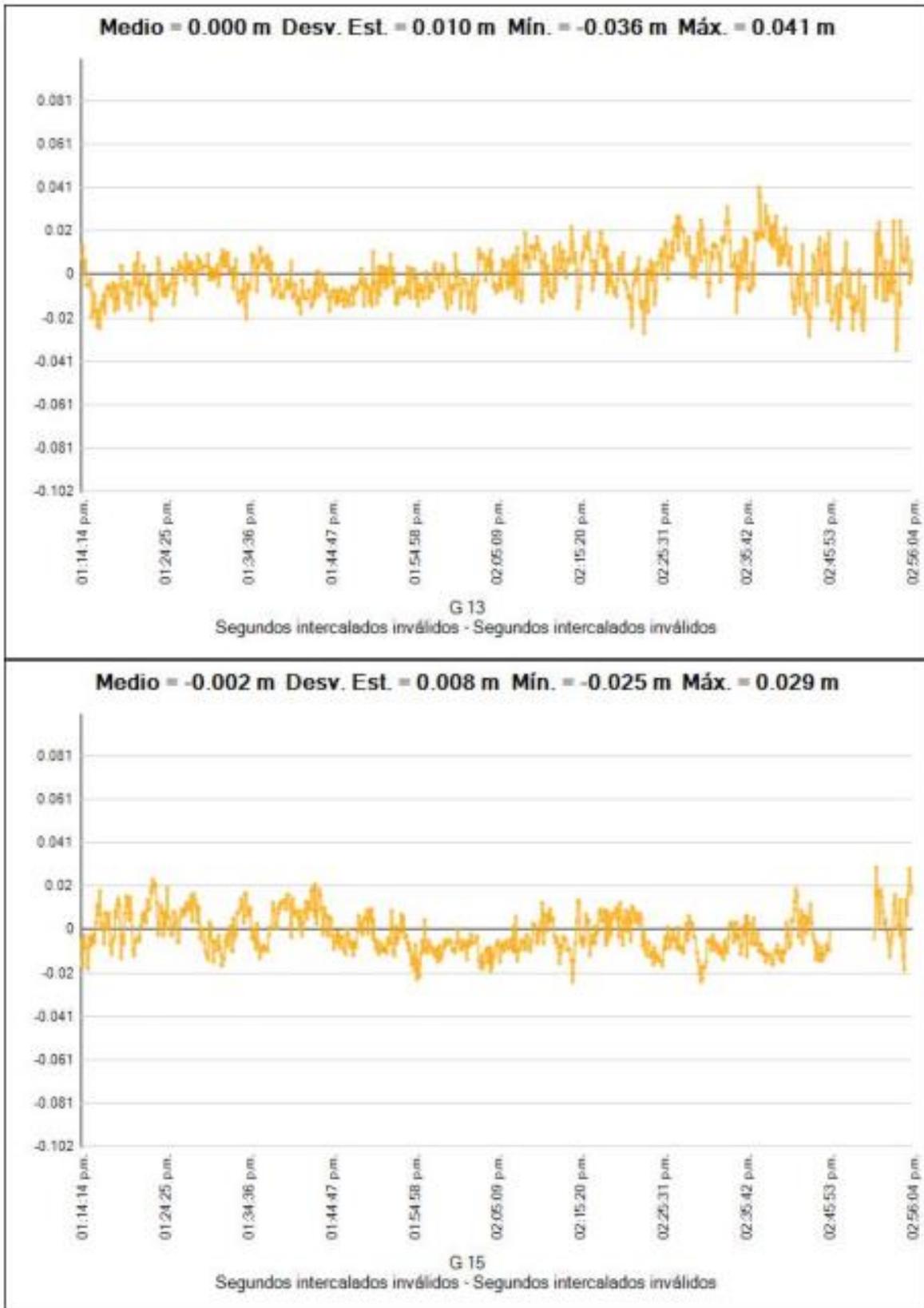


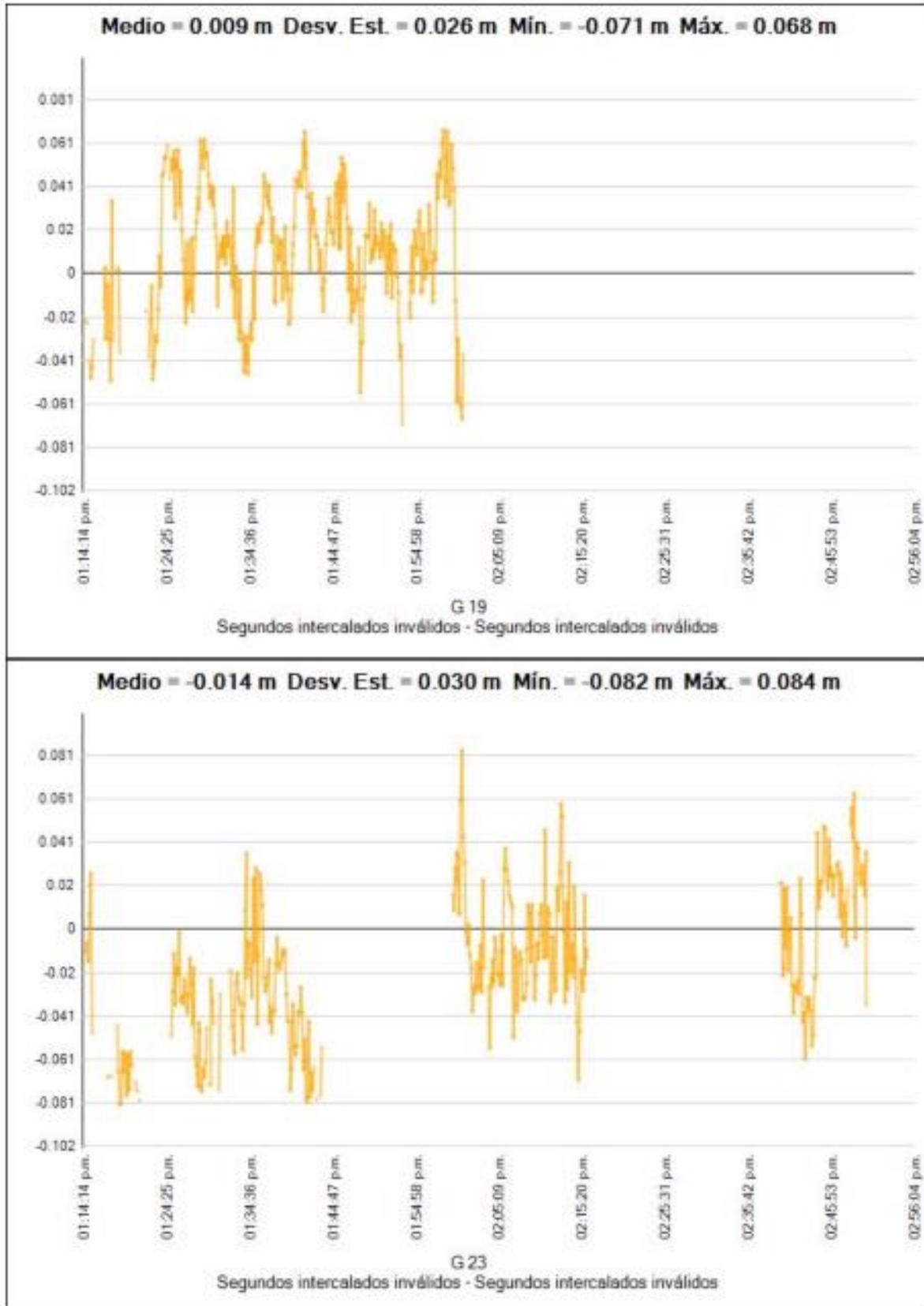


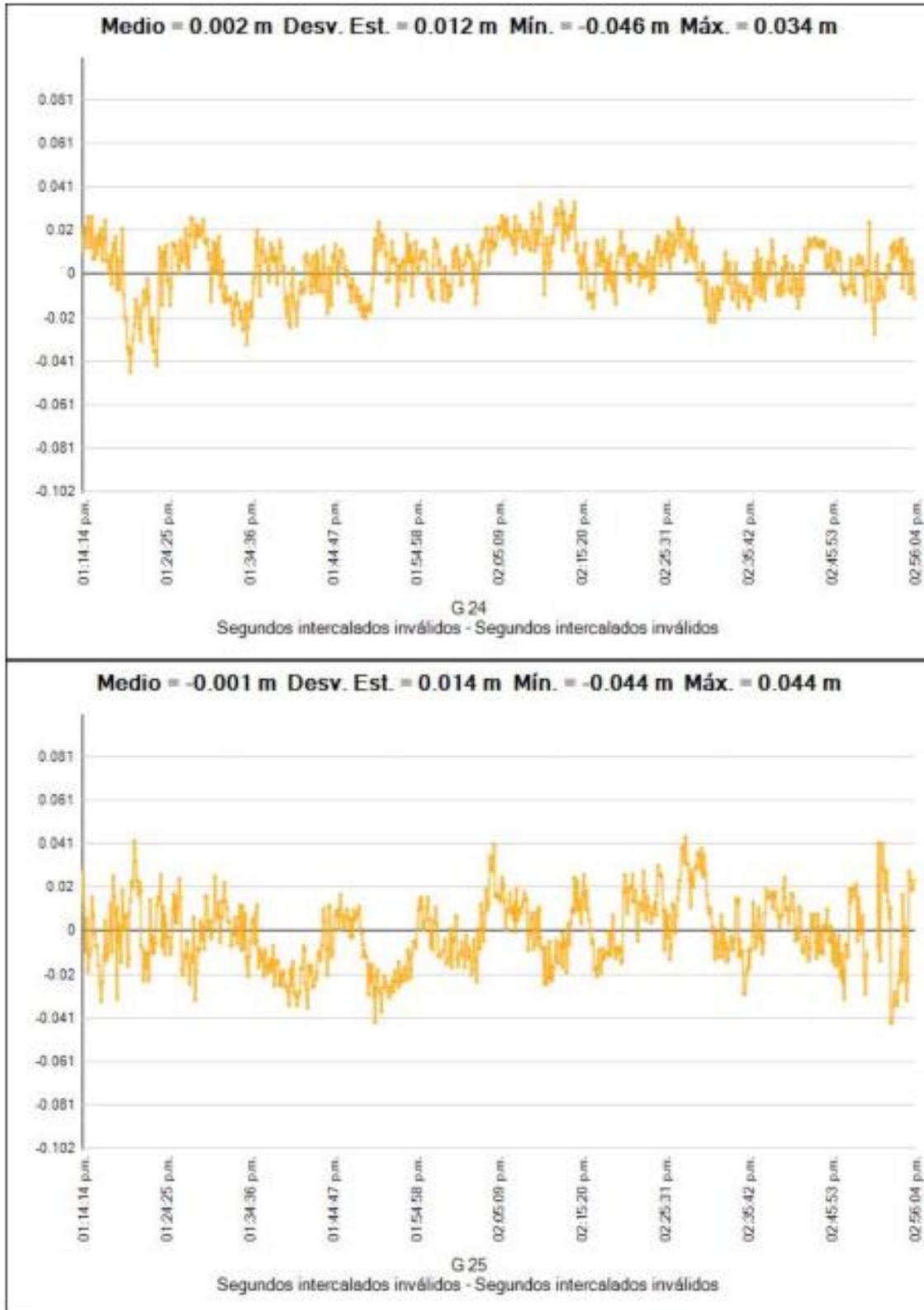
Residuales

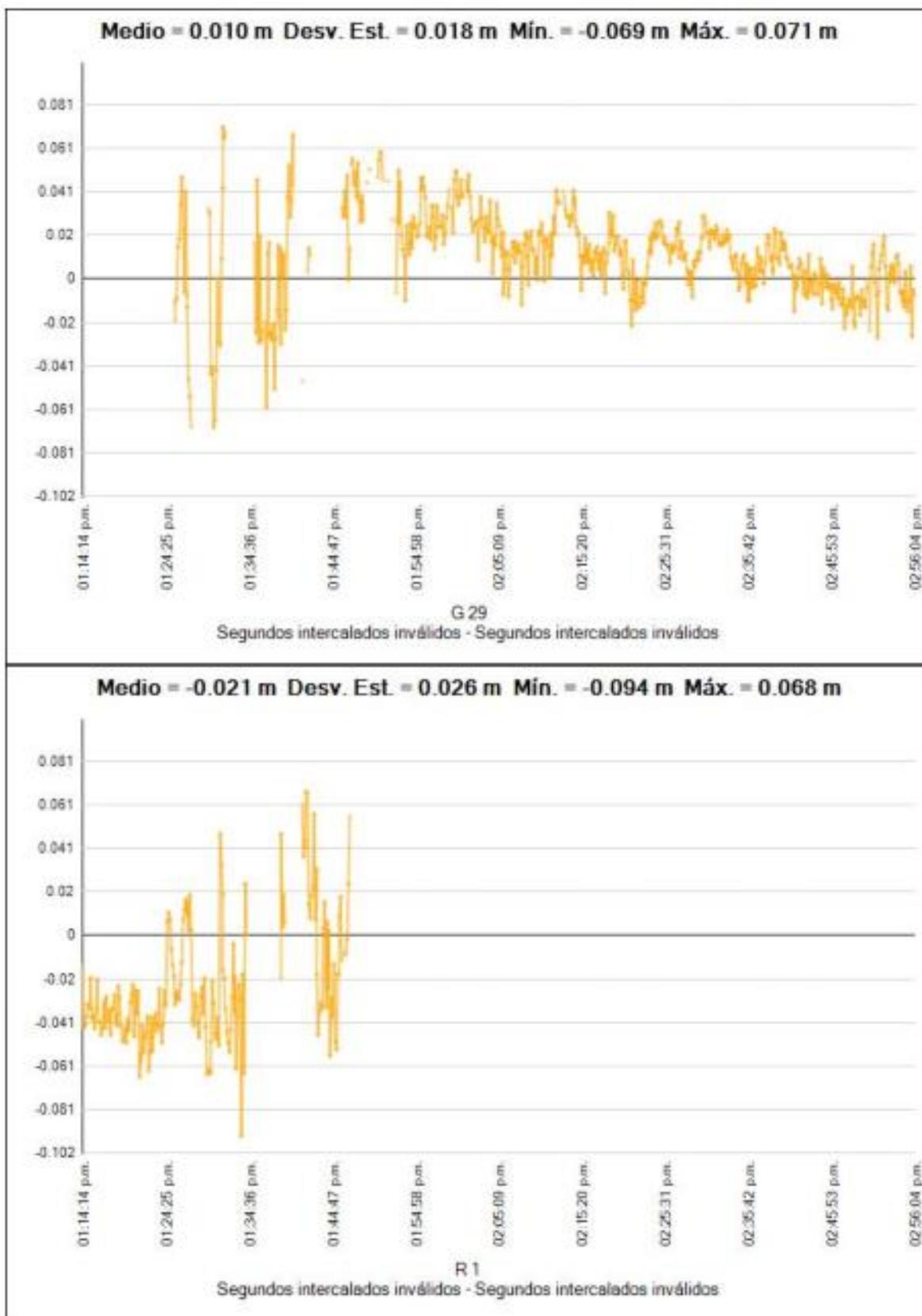


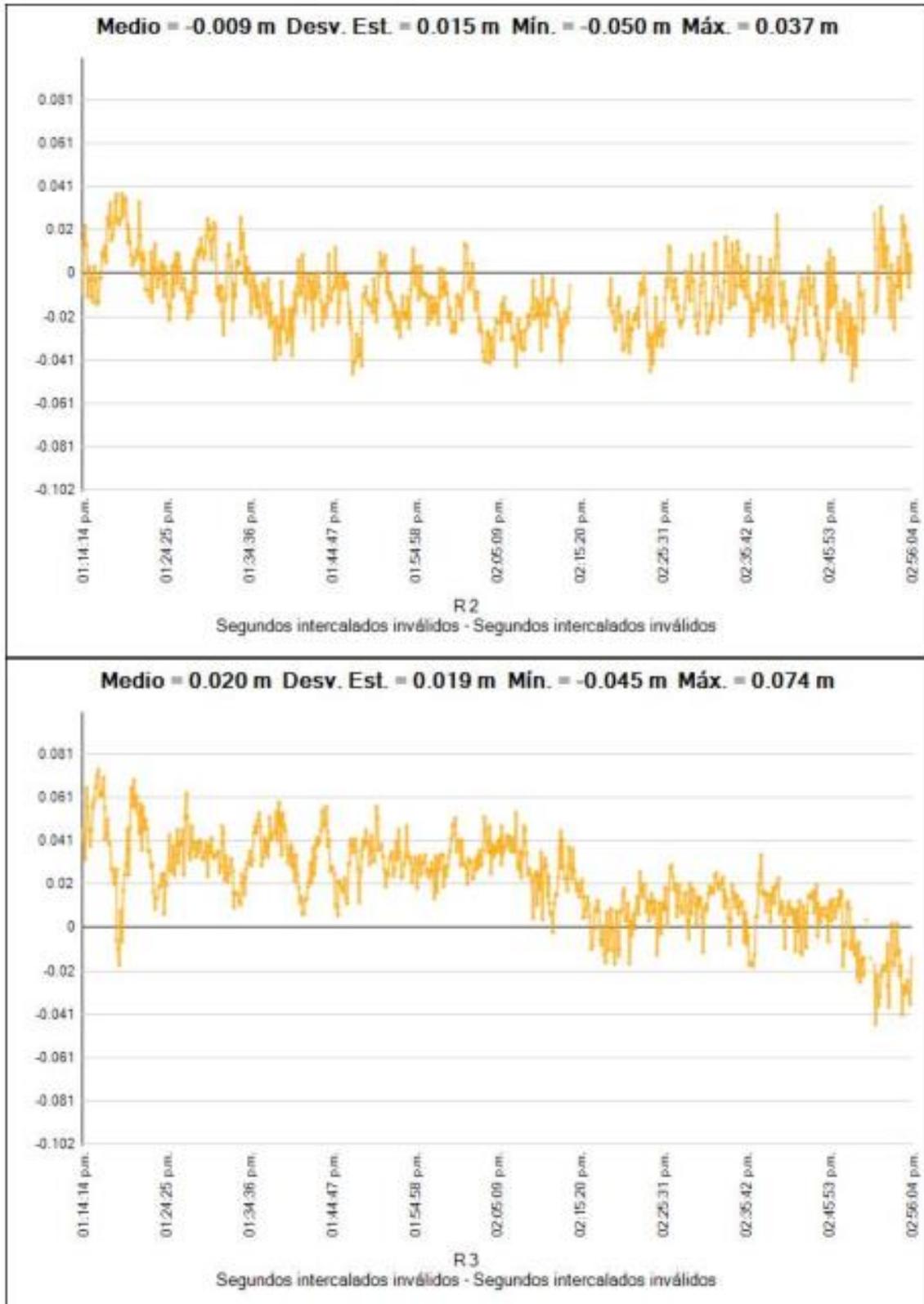


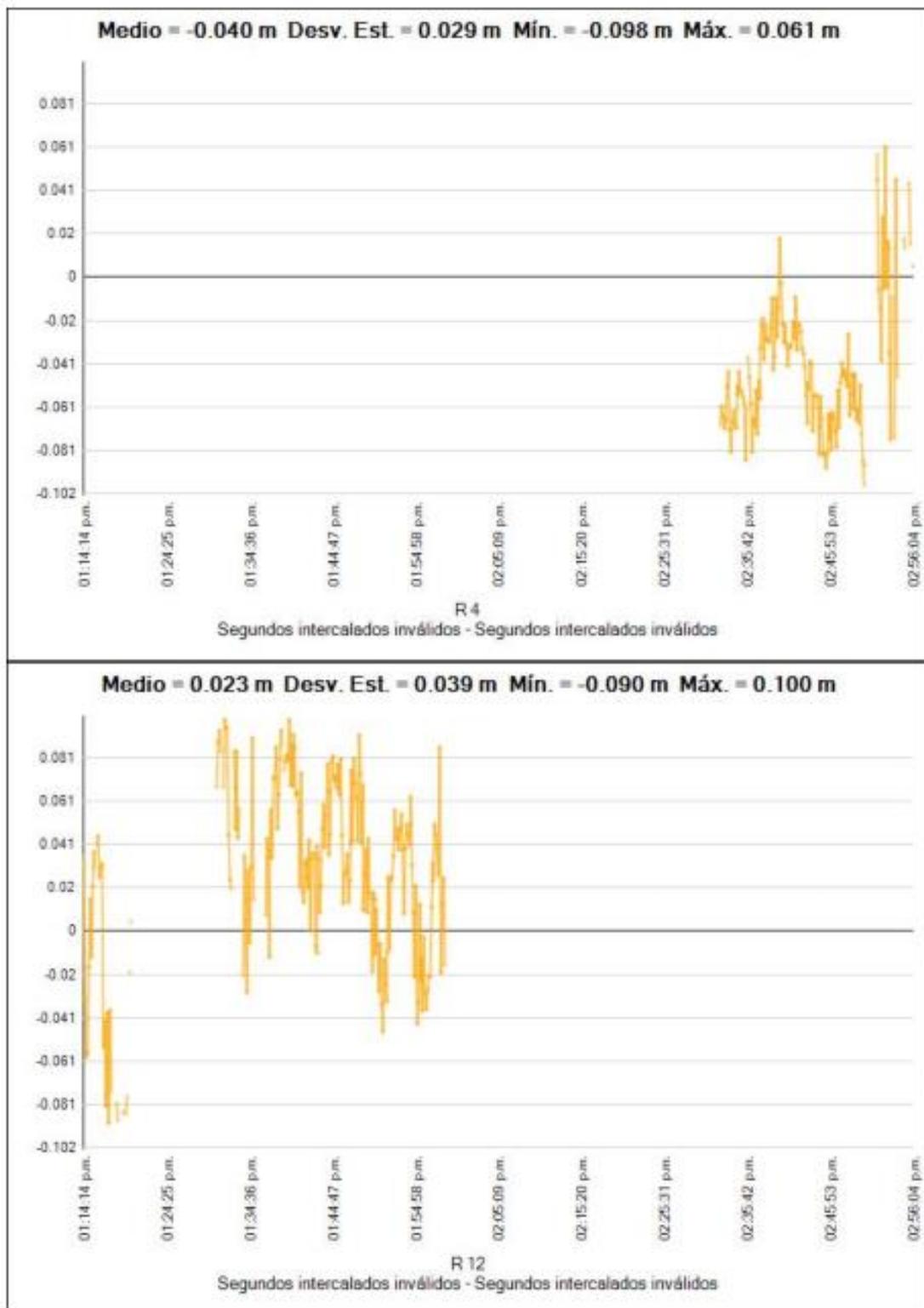


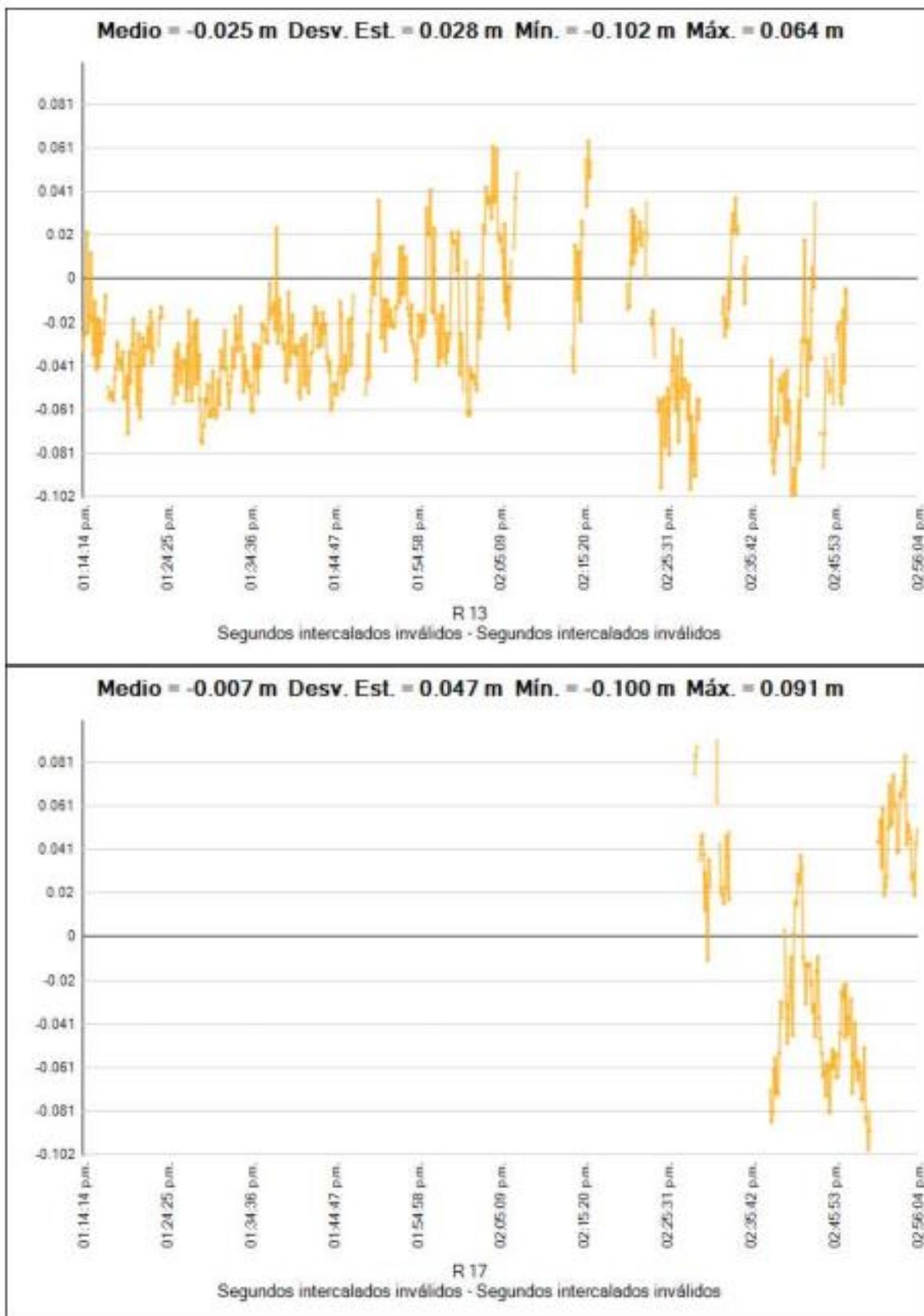


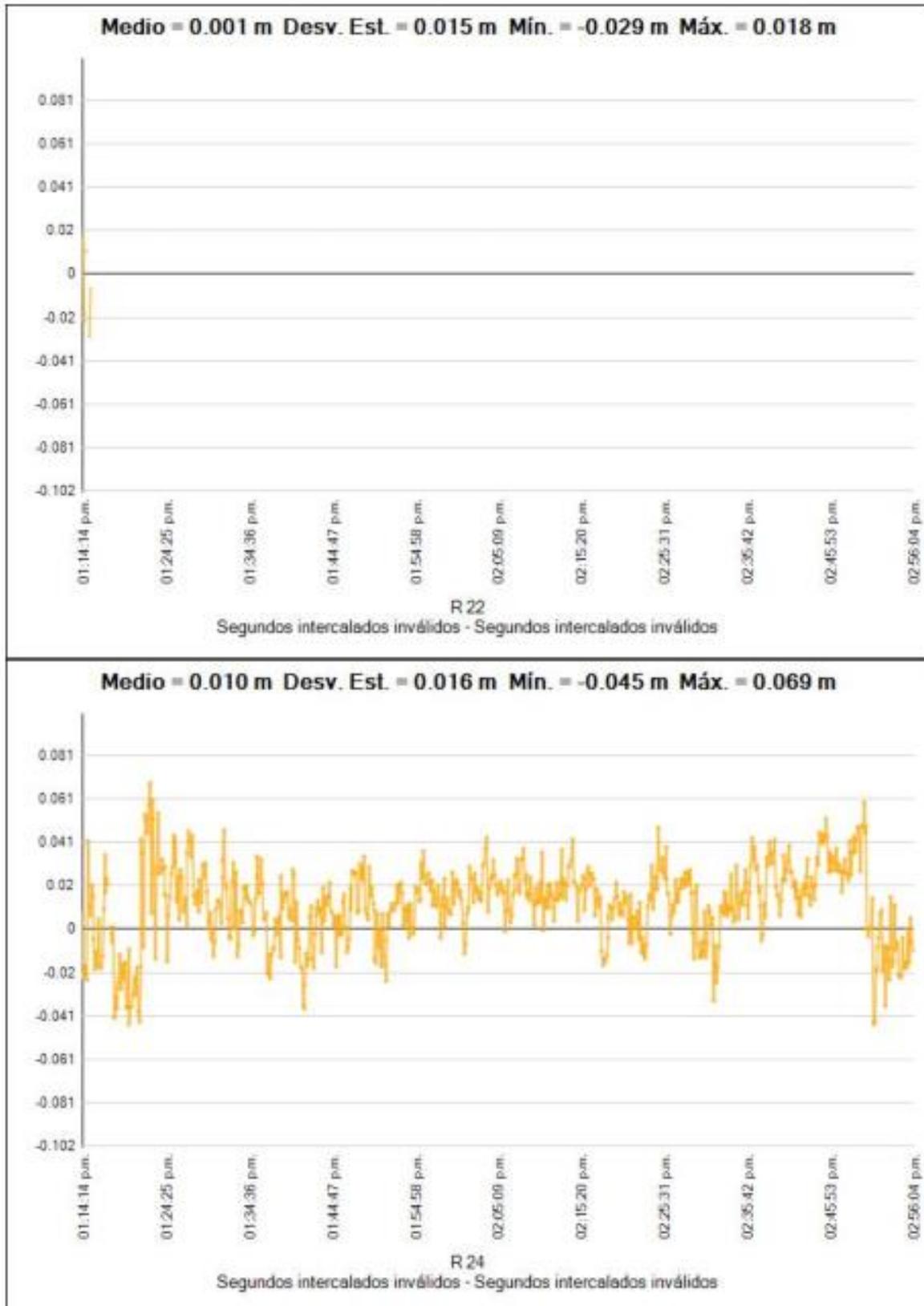














Estilo de procesamiento:

Máscara de elevación:	10°00'00.0"
Autoiniciar procesamiento:	Si
Iniciar numeración automática de ID:	AUTO0001
Vectores continuos:	No
Generar residuales:	Si
Modelo de antena:	Trimble Relative
Tipo de efeméride:	Automático
Frecuencia:	Múltiples frecuencias
Intervalo de procesamiento:	5 segundos
Forzar flotante:	No
Tipo de procesamiento de SIG:	Procesamiento automático de portadoras y códigos

Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador 	Fallida 
Precisión horizontal >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.100 m + 1.000 ppm	0.200 m + 1.000 ppm

08/08/2021 10:08:07 a.m.	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\11 santa cruz 5KM.vce	Trimble Business Center
-----------------------------	---	-------------------------



Anexo 3

Reporte de calidad de procesamiento de datos con Dron Phantom 4 RTK.



Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 2.8.104

Important: Click on the different icons for:

- Help to analyze the results in the Quality Report
- Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

Project	tesis_prueba
Processed	2021-09-30 11:25:04
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.34 cm / 0.92 in
Area Covered	0.5431 km ² / 54.3094 ha / 0.2098 sq. mi. / 134.271 acres
Time for Initial Processing (without report)	19m:42s

Quality Check

Images	median of 48054 keypoints per image	✓
Dataset	648 out of 648 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	0.32% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 14084 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 22 GCPs (22 3D), mean RME error = 0.009 m	✓

Preview



Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details

Number of Calibrated Images	648 out of 648
-----------------------------	----------------



Number of Geolocated Images

648 out of 648

? Initial Image Positions

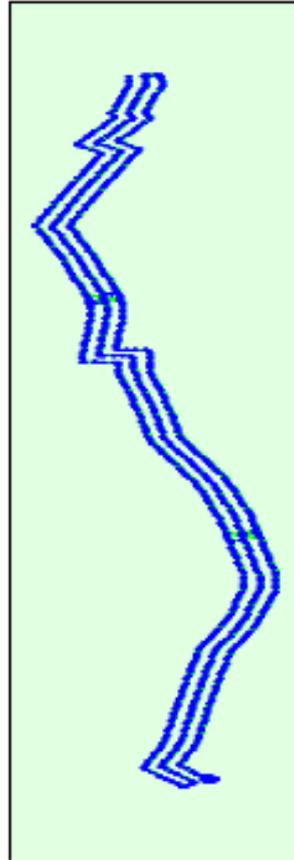


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

? Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



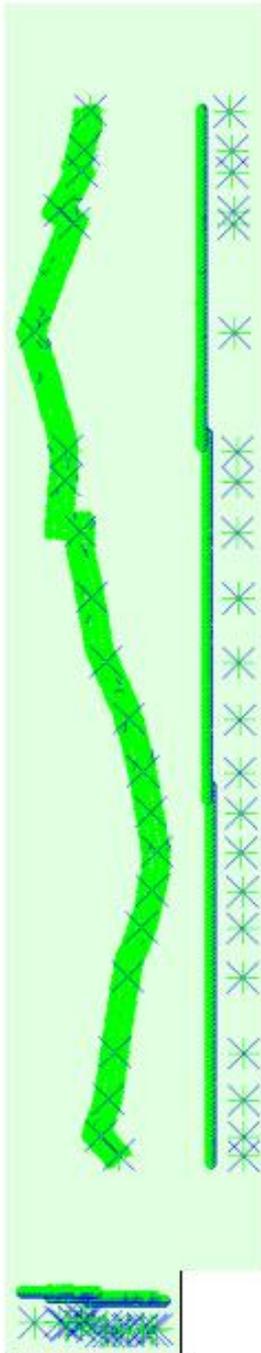


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane).

Overlap



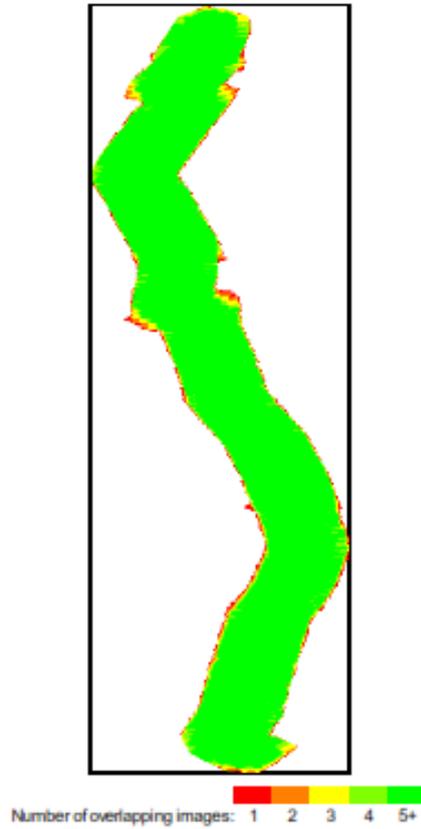


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	9273116
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	2733736
Mean Reprojection Error [pixels]	0.11598

Internal Camera Parameters

FC6310R_8.8_4864x3648_Optimized for Project X(47912a360ecc9852077673cd71049fa0) (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 9.625 [mm]

EXIF ID: FC6310R_8.8_4864x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3727.830 [pixel] 9.836 [mm]	2429.510 [pixel] 6.410 [mm]	1819.150 [pixel] 4.800 [mm]	0.007	-0.029	0.028	-0.000	-0.001
Optimized Values	3740.066 [pixel] 9.868 [mm]	2429.817 [pixel] 6.411 [mm]	1818.951 [pixel] 4.799 [mm]	0.007	-0.029	0.028	-0.000	-0.001

The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.



2D Keypoints Table

1

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	48054	14084
Min	21798	105
Max	64497	22965
Mean	47925	14310

3D Points from 2D Keypoint Matches

1

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	1457784
In 3 Images	521828
In 4 Images	263085
In 5 Images	159127
In 6 Images	91461
In 7 Images	57208
In 8 Images	42858
In 9 Images	33479
In 10 Images	27308
In 11 Images	20570
In 12 Images	15170
In 13 Images	11158
In 14 Images	9221
In 15 Images	7746
In 16 Images	5933
In 17 Images	3959
In 18 Images	2246
In 19 Images	1176
In 20 Images	825
In 21 Images	512
In 22 Images	315
In 23 Images	207
In 24 Images	156
In 25 Images	118
In 26 Images	99
In 27 Images	63
In 28 Images	74
In 29 Images	43
In 30 Images	27

2D Keypoint Matches

1

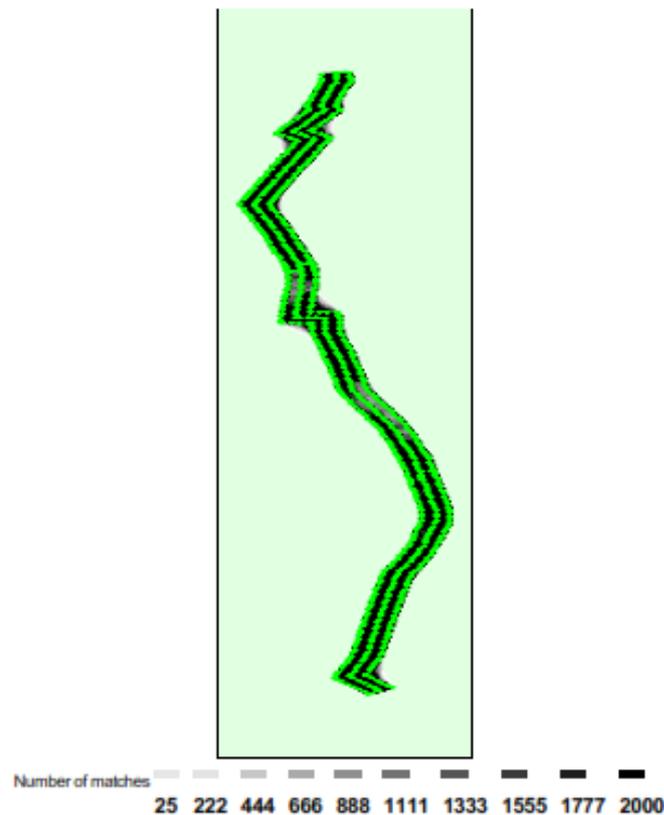


Figure 5: Top view of the image computed positions with a link between matching images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1 (3D)	0.020/ 0.020	0.004	-0.012	0.001	0.574	19 / 19
2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.011	0.008	0.008	0.615	19 / 19
3 (3D)	0.020/ 0.020	0.012	-0.005	-0.007	0.675	17 / 17
4 (3D)	0.020/ 0.020	-0.005	-0.000	-0.002	0.598	21 / 21
5 (3D)	0.020/ 0.020	0.039	-0.016	0.007	0.599	27 / 27
6 (3D)	0.020/ 0.020	0.031	-0.009	0.006	0.444	21 / 21
7 (3D)	0.020/ 0.020	-0.006	0.007	-0.003	0.649	15 / 15
8 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	-0.003	0.003	0.734	16 / 16
9 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	0.002	-0.003	0.444	17 / 17
10 (3D)	0.020/ 0.020	-0.000	-0.003	-0.001	0.528	22 / 22
11 (3D)	0.020/ 0.020	-0.003	0.007	-0.000	0.606	16 / 16
12 (3D)	0.020/ 0.020	0.006	-0.007	-0.001	0.518	15 / 15
13 (3D)	0.020/ 0.020	-0.006	0.006	-0.001	0.511	17 / 17
14 (3D)	0.020/ 0.020	0.004	-0.003	0.002	0.501	16 / 16
15 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	-0.003	-0.001	0.567	16 / 16
16 (3D)	0.020/ 0.020	0.002	0.002	0.002	0.684	17 / 17
17 (3D)	0.020/ 0.020	-0.011	-0.000	-0.002	0.551	19 / 19
18 (3D)	0.020/ 0.020	0.008	0.001	0.000	0.677	14 / 14
19 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	-0.003	0.003	0.493	11 / 11
IGN 1 (3D)	0.020/ 0.020	0.002	-0.002	0.003	0.479	20 / 20



IGN 2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.060	0.021	-0.012	1.036	15 / 15
IGN 3 (3D)	0.020/ 0.020	-0.005	0.011	-0.005	0.678	15 / 15
Mean [m]		-0.000033	0.000012	-0.000125		
Sigma [m]		0.017486	0.007882	0.004447		
RMS Error [m]		0.017486	0.007882	0.004449		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

1

0 out of 648 geolocated and calibrated images have been labeled as inaccurate.

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	0.00	0.00	0.00
-3.00	0.00	51.54	54.17	55.86
0.00	3.00	48.46	45.83	44.14
3.00	6.00	0.00	0.00	0.00
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.113905	-0.009627	-3.847855
Sigma [m]		0.056257	0.050655	0.107382
RMS Error [m]		0.127040	0.051562	3.849353

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.113905	-0.009627	-3.847855

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

1

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Georeference Verification

1



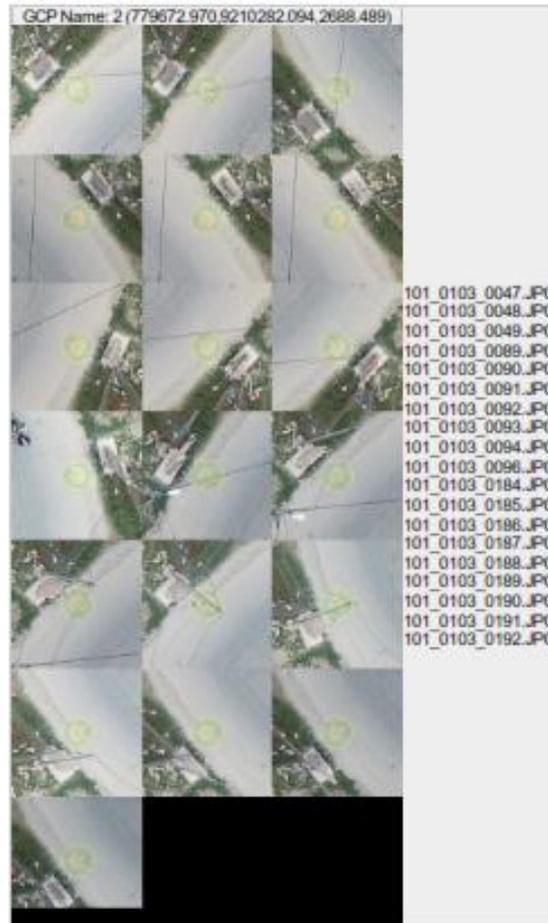
























Figure 7: Images in which GCPs have been marked (yellow circle) and in which their computed 3D points have been projected (green circle). A green circle outside of the yellow circle indicates either an accuracy issue or a GCP issue.

Processing Options



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-8700 CPU @ 3.20GHz RAM 32GB GPU: NVIDIA GeForce RTX 2070 (Driver: 30.0.14.7212)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit
Camera Model Name	FC6310R_8.8_4864x3648_Optimized for Project X(47912a360ecc9852077673cd71049fa0) (RGB)
Image Coordinate System	WGS84 (egm96)



Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS84 / UTMzone 17S (egm96)
Output Coordinate System	WGS84 / UTMzone 17S (egm96)
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard, Internal Parameters Optimization: All, External Parameters Optimization: All, Rematch: no

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes, Maximum Number of Triangles: 1000000, Texture Size: 8192x8192
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group 1
Advanced: Use Densification Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no
Time for Point Cloud Densification	01h:12m:02s
Time for 3D Textured Mesh Generation	10m:24s

Results

Number of Generated Tiles	15
Number of 3D Densified Points	82748854
Average Density(per m ³)	263.31

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (2.34 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes, Surface Smoothing: yes, Sharp
DSM Generation	yes, Method: Inverse Distance Weighting, Merge Tiles: yes
Time for DSM Generation	40m:39s
Time for Orthomosaic Generation	48m:23s



Anexo 4

Certificados de calibración de equipos.



IMPORTACIONES, REPRESENTACIONES, VENTAS Y MANTENIMIENTO
DE SISTEMAS, EQUIPOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS.

AV. ALBERTO ALEXANDER Nº 2201 - LINCE - LIMA - PERU
CENTRAL TELEFONICA: 205-3000 FAX: 472-2252
E-mail: gerencia@isetek.com.pe
http://www.isetek.com.pe

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD N° 19 - 09271

CLIENTE: INGEOMATICA S.R.L

EQUIPO: Receptor GPS
MARCA: Trimble
MODELO: R8S
SERIE: 5513R00158

FECHA DE MANTENIMIENTO: 13-Nov - 2020

FECHA DE VENCIMIENTO: 12-Nov-2021

ISETEK S.A. Certifica que el equipo topográfico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo Real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

Precisión Levantamiento GPS Post Proceso (Estática de Alta Precisión)

HORIZONTAL	3 mm + 0.1 ppm RMS
VERTICAL	3.5 mm + 0.4 ppm RMS

CERTIFICADO POR  ING. ENRIQUE CORNEJO GARAY Gerente de Servicio Técnico	SELLO DE GARANTIA 	FECHA DE EMISION Noviembre 13, 2020
---	--	--



GEOTEK Amamos la precisión, soñamos la exactitud!



CERTIFICADO DE CALIBRACION

DATOS DEL EQUIPO

Nombre :	ESTACION TOTAL	Precisión Angular :	01"
Marca :	LEICA	Lectura mínima :	01"/03"
Modelo :	T506 PLUS 1" R500	Precisión de distancia :	Preciso: ±1.5 mm+2 ppm Preciso Rápido: 2.0 mm+2 ppm
Serie :	1892629	Alcance :	3,500 mts.c/01 prisma - no prisma: 500 mts

LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L., a través de su servicio técnico CERTIFICA que el equipo en mención se encuentra totalmente revisado, controlado, calibrado y 100% operativo, cumpliendo con las especificaciones Técnicas de fábrica y los Estándares Internacionales establecidos (DIN18723).

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro. : C1497
Fecha : 10/05/2021

EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO:

LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L. para controlar y calibrar este instrumento se contrasta con un colimador original marca SANWEI, modelo F550/04 con número de serie 18875120022 con una distancia focal en 500 mm; de doble retículo y uno de ellos está enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01"; que es patronado periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM2A precisión al 01" con el método de lectura Directe-Inversa y referendado con un nivel LEICA modelo NA320 de precisión +/- 2.5 mm nivelación doble en 1 km.
Desviación estándar basada en la norma ISO 9001 /ISO 14001 del nivel automático NA320 LEICA de precisión +/- 2.5 mm en nivelación doble de 1 km. Las condiciones ambientales son, en temperatura: 23.7° C con variaciones que no excedieron +/- 0.5°C con una presión atmosférica de 760 mm Hg y con humedad relativa de 52%.

LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L., no se responsabiliza por desajustes y/o descalibraciones en los equipos causados por un inadecuado transporte del mismo o mala manipulación del usuario; la periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo.

TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Certificado de calibración LOD-004-2021 emitido por INACAL – Instituto Nacional de Calidad – Laboratorio de Longitud y Ángulo.

Patrón	Marca	Modelo	Serie
Nivel automático	LEICA	NA730	5732310
Distanciómetro	LEICA	D1	1271050421

RESULTADOS ANGULARES

ANGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISION	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	0°00'00"	180°00'01"	1"	± 1" OPERATIVO
VERTICAL	360°00'00"	90°00'00"	370°00'01"	1"	± 1" OPERATIVO

RESULTADOS DISTANCIAS INCLINADAS

OBJETIVO	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISION	RESULTADO
PRISMA P01	9.076m	9.076m	-2mm	± (2mm + 2ppm)	OPERATIVO
PRISMA P02	12.132m	12.131m	-1 mm	± (2mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR1	16.297m	16.296m	-1 mm	± (3mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR2	19.740m	19.742m	+2 mm	± (3mm + 2ppm)	OPERATIVO

CALIBRACION Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
10/05/2021		X	06 meses	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	Obra
LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L. RUC: 20605988980	VARGAS CHOMBA NELSON JAIRO, RUC: 10470265103	
LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L. RUC: 20605988980 Av. Circunvalación N° 607 - Santiago de Surco		
Sello y firma	Sello y firma	

LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L. RUC 20605988980 RPC 971957848
Av. Circunvalación N°607 Urb.San Ignacio de Monterrico - Santiago de Surco - Lima - Perú





IMPORTACIONES, REPRESENTACIONES, VENTAS Y MANTENIMIENTO
DE SISTEMAS, EQUIPOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS.

AV. ALBERTO ALEXANDER N° 2201 - LINCE - LIN
CENTRAL TELEFONICA: 205-3000 FAX: 472
E-mail: gerencia@isetek.com.pe
http://www.isetek.com.pe

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD N° 19 – 09183

CLIENTE: INGEOMATICA S.R.L.

EQUIPO: Receptor GPS

MARCA: Trimble

MODELO: R8S

SERIE: 5451R00425

FECHA DE MANTENIMIENTO: 16 –NOV- 2020

FECHA DE VENCIMIENTO: 15 –NOV- 2021

ISETEK S.A. Certifica que el equipo topográfico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo Real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

Precisión Levantamiento GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic)

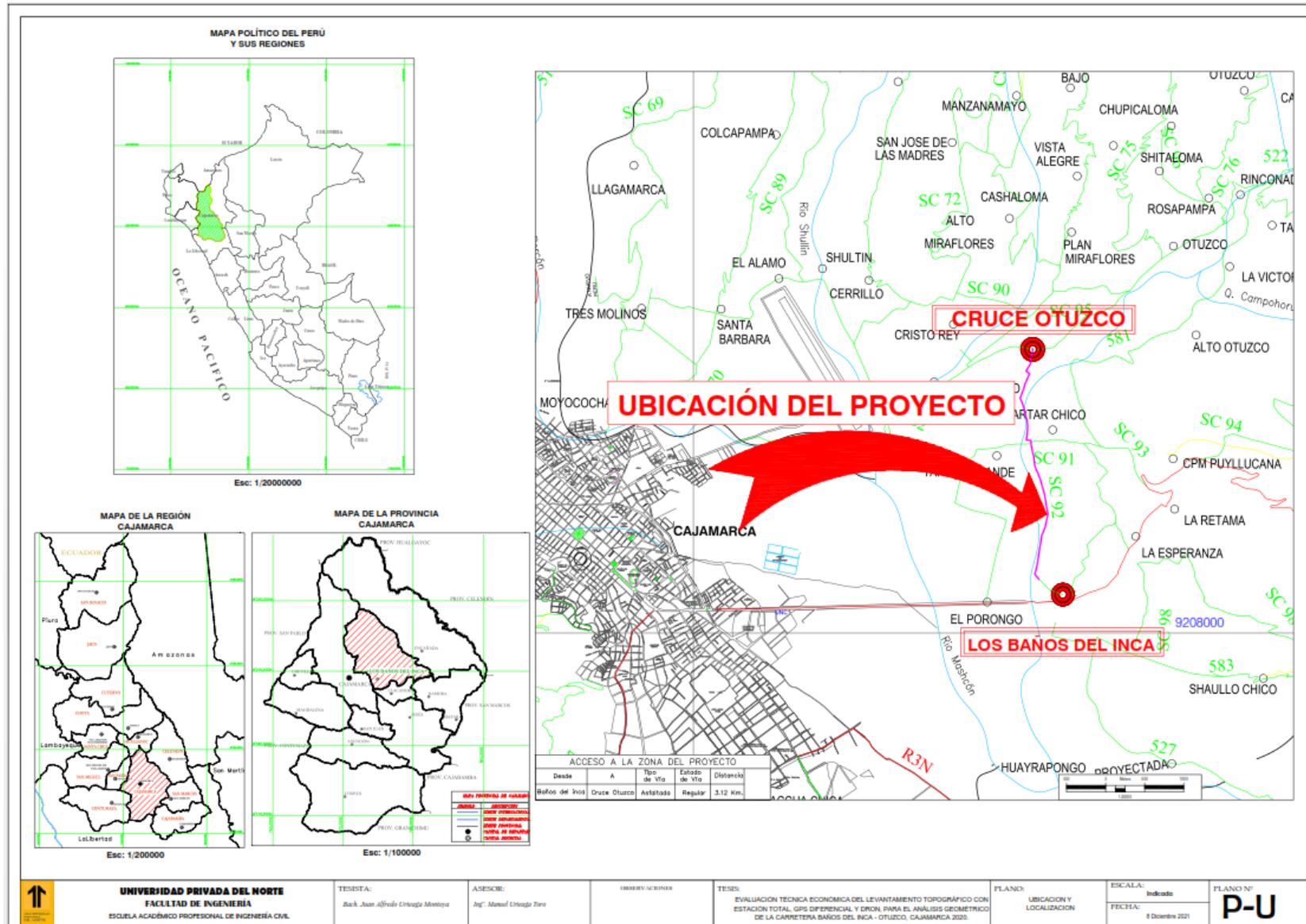
HORIZONTAL	3 mm + 0.1 ppm RMS
VERTICAL	3.5 mm + 0.4 ppm RMS

CERTIFICADO POR	SELLO DE GARANTIA	FECHA DE EMISION
 ING. ENRIQUE CORNEJO GARAY Gerente de Servicio Técnico		Noviembre 16, 2020



Anexo 5

Plano de ubicación y localización.





Anexo 6

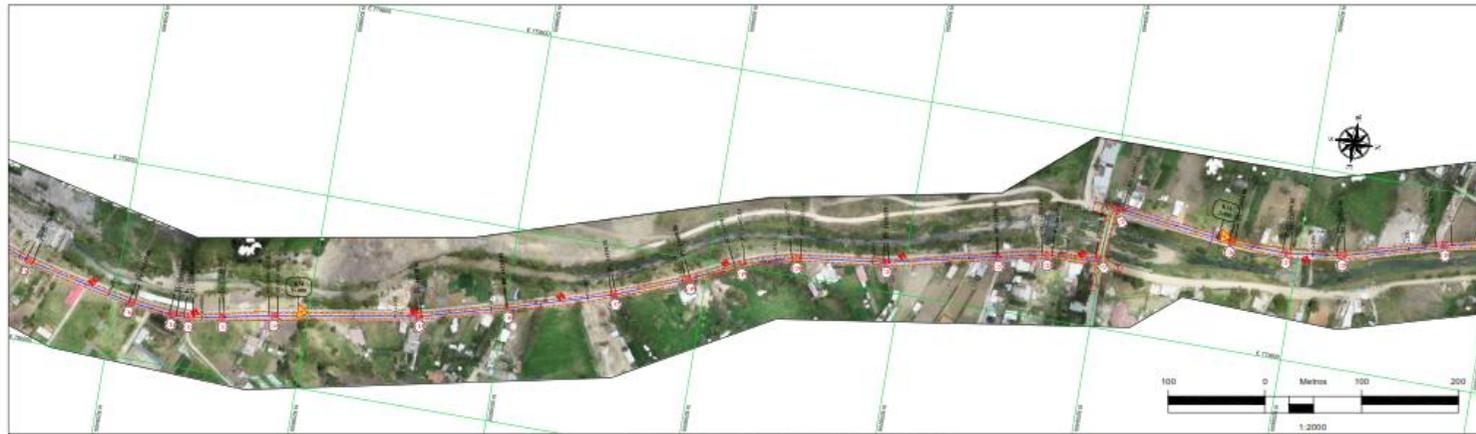
Plano de planta y perfil progresivas km 0+00+0 – km 1+00+0.





Anexo 7

Plano de planta y perfil progresivas km 1+00+0 – km 2+00+0.



PLANO DE PLANTA PROGRESIVA 01+000 - 02+000
Esc: 1/2000

CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVA											
ESTACION	COORDENADA X	COORDENADA Y	ANGULO	RADIO	LONG. CURVA	ORDENADA	P.C.	P.T.	P.C. SIG.	P.T. SIG.	P.C. SIG.
01+000	4100.00	1000.00	90.00	100.00	100.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00
01+200	4100.00	1000.00	90.00	100.00	100.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00
01+400	4100.00	1000.00	90.00	100.00	100.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00
01+600	4100.00	1000.00	90.00	100.00	100.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00
01+800	4100.00	1000.00	90.00	100.00	100.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00
02+000	4100.00	1000.00	90.00	100.00	100.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00	4100.00	1000.00

CUADRO DE DATOS - (WGS 84 - UTM)			
PROYECTO	BAÑOS DEL INCA - OTUZCO	ESTACION	01+000
PROYECTO	BAÑOS DEL INCA - OTUZCO	ESTACION	01+200
PROYECTO	BAÑOS DEL INCA - OTUZCO	ESTACION	01+400
PROYECTO	BAÑOS DEL INCA - OTUZCO	ESTACION	01+600
PROYECTO	BAÑOS DEL INCA - OTUZCO	ESTACION	01+800
PROYECTO	BAÑOS DEL INCA - OTUZCO	ESTACION	02+000



PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL PROGRESIVA KM 1+000 - 2+000

<p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>TESISTA: Bach. Juan Alfredo Ortega Montoya</p>	<p>ASESOR: Ing. Marco Ortega Diaz</p>	<p>UNIVERSIDAD</p>	<p>TEMA: EVALUACION TECNICA ECONOMICA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL, GPS DIFERENCIAL Y DRON PARA EL ANALISIS GEOMETRICO DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - OTUZCO, CAJAMARCA 2020.</p>	<p>PLANO: PLANO PLANTA - PERFIL Escala 1:1000 - 2:1000</p>	<p>ESCALA: Indicada</p> <p>FECHA: 5 Diciembre 2021</p>	<p>PLANO N° P-P2</p>
--	---	---	--------------------	---	--	--	---------------------------------



Anexo 8

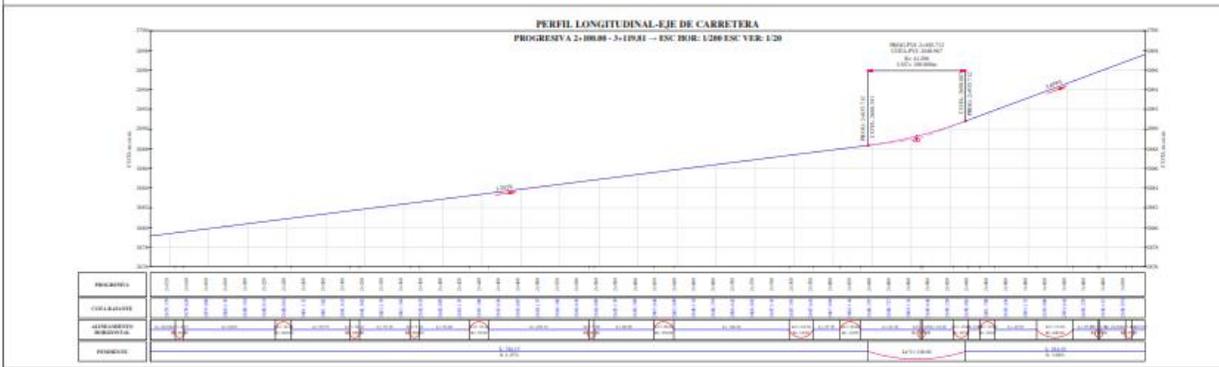
Plano de planta y perfil progresivas km 2+00+0 – km 3+12+0.



PLANO DE PLANTA PROGRESIVA 02+000 - 03+120
Esc: 1/2000

CURVA DE CONVERGENCIA Y ELEMENTOS DE CURVA												
CURVA	ABRIGADO	DELTA	RAÍDO	TANG.	LONG. CURVA	LONG. CUERPO	EXTENSIÓN	ORDEN	P.T.	P.C.	P.T.	P.C. EXTE.
C20	I	0°47'32.07"	90	0.266	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C21	I	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C22	I	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C23	D	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C24	I	0°47'32.07"	90	0.266	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C25	I	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C26	D	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C27	I	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C28	I	0°47'32.07"	90	0.266	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C29	D	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C30	I	0°47'32.07"	90	0.266	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C31	I	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C32	I	0°10'52.07"	90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ELEVACION DE PUNTO AGUA AL 1%			
ORDENACION	ESTE	NORTE	COTA
0001	77000.720	100000.000	1000.000
0002	77000.720	100000.000	1000.000
0003	77000.720	100000.000	1000.000
0004	77000.720	100000.000	1000.000

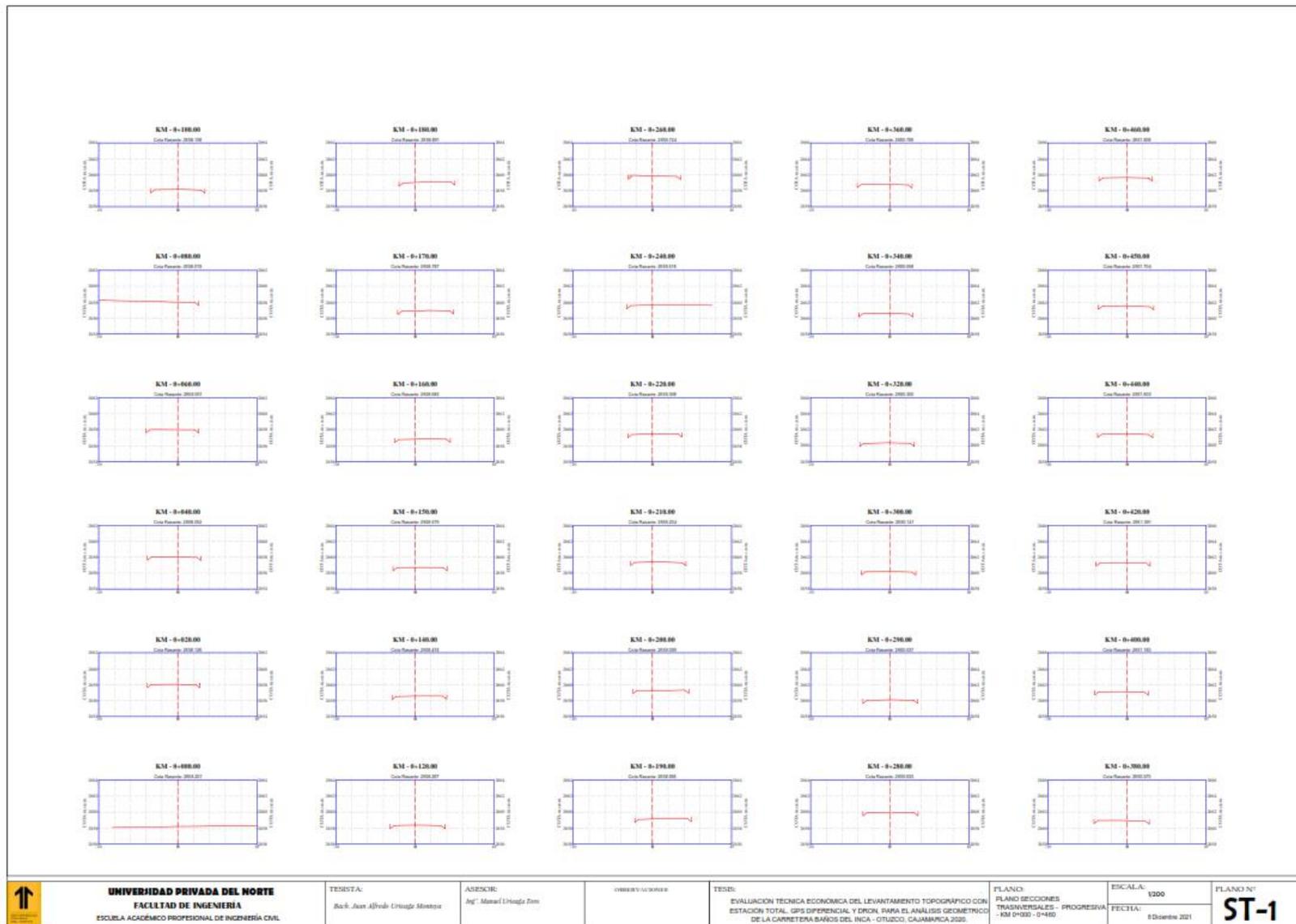


PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL PROGRESIVA KM 2+000 - 3+120



Anexo 9

Planos de secciones transversales.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESISTA:
Bach. Juan Alfredo Urteaga Montoya

ASESOR:
Ing. Manuel Urteaga Zúñiga

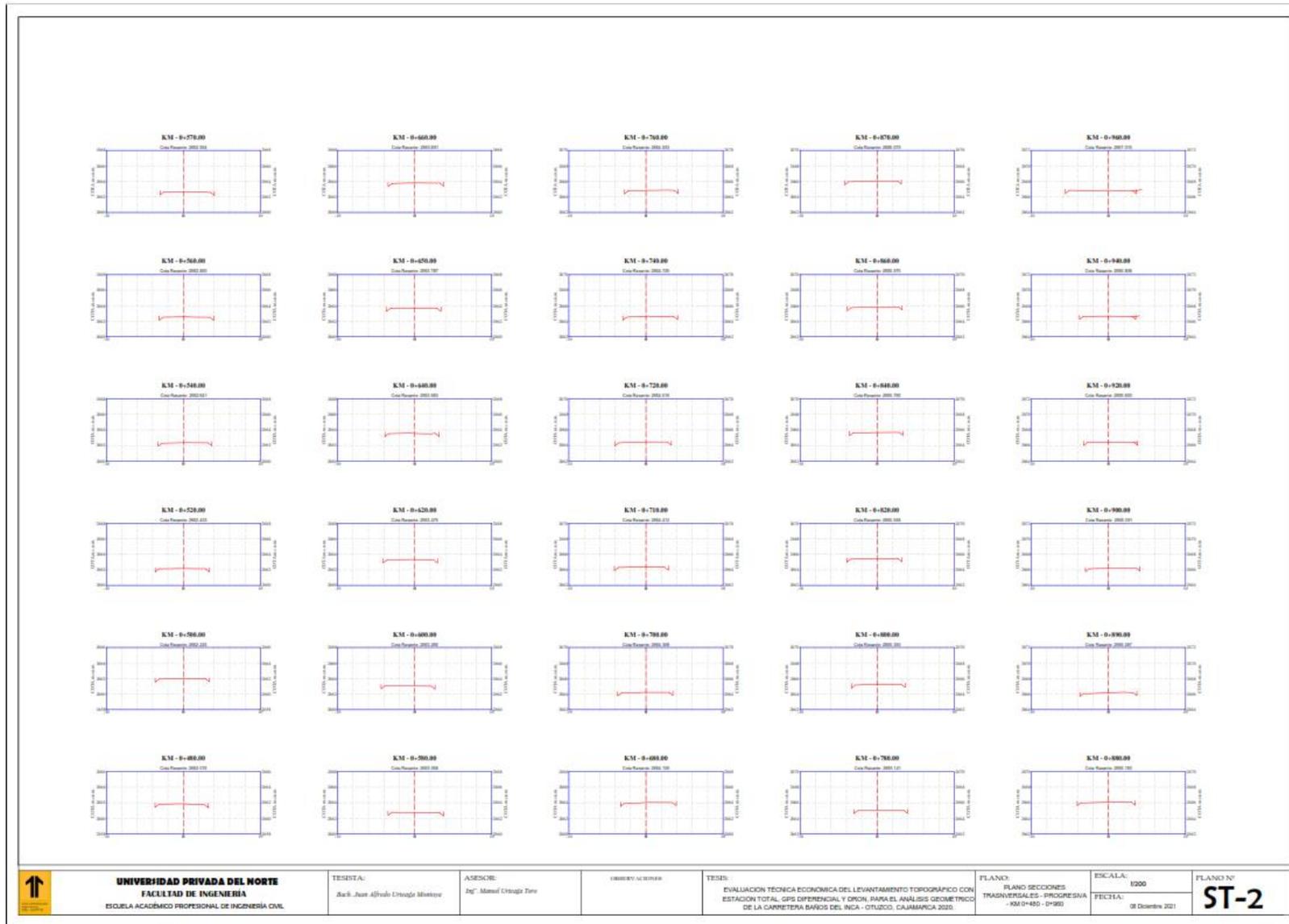
CARRERA Y AÑO DE CURSO:

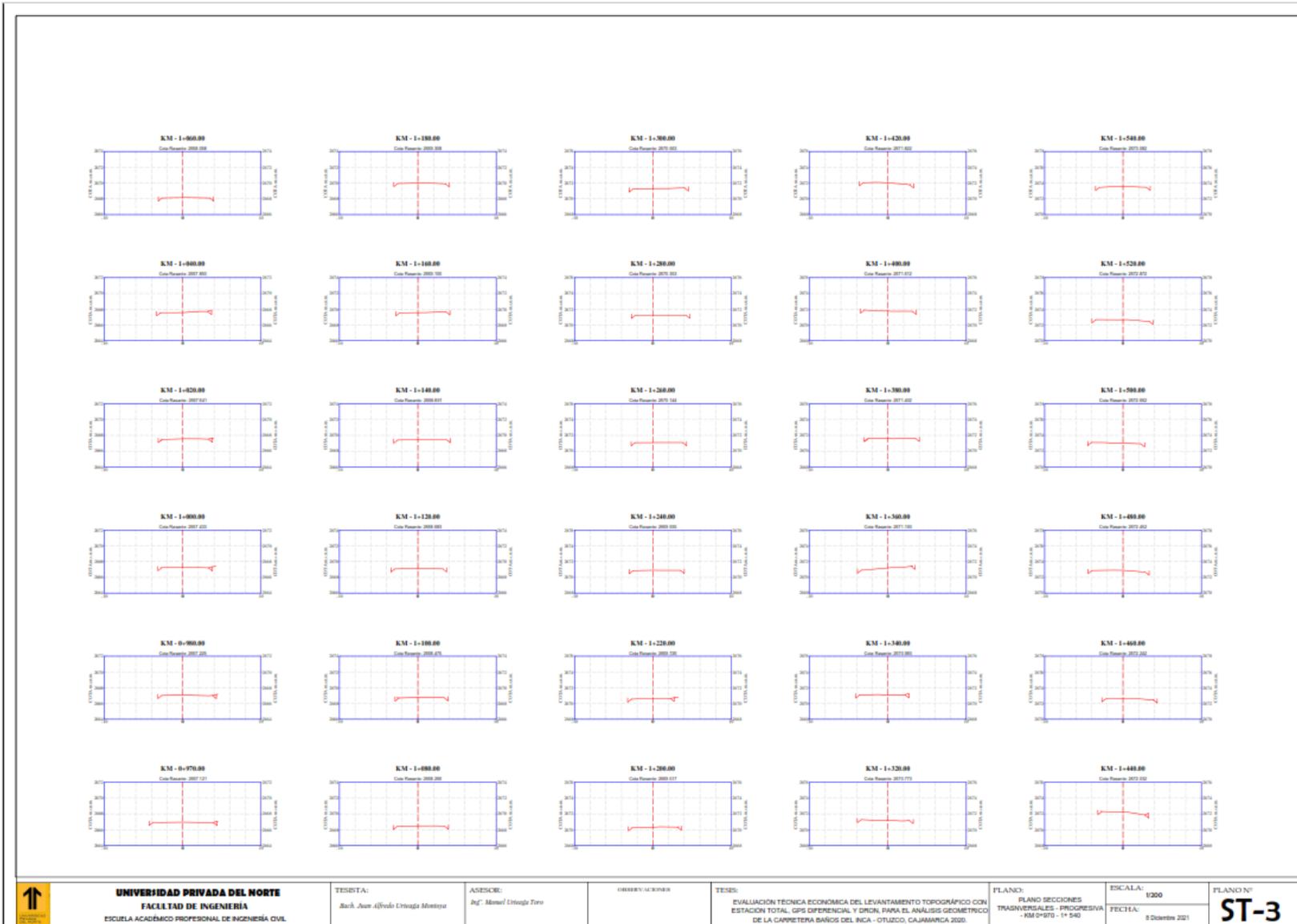
TESIS:
EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL, GPS DIFERENCIAL Y DRON PARA EL ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - OTUZCO, CAJAMARCA 2020

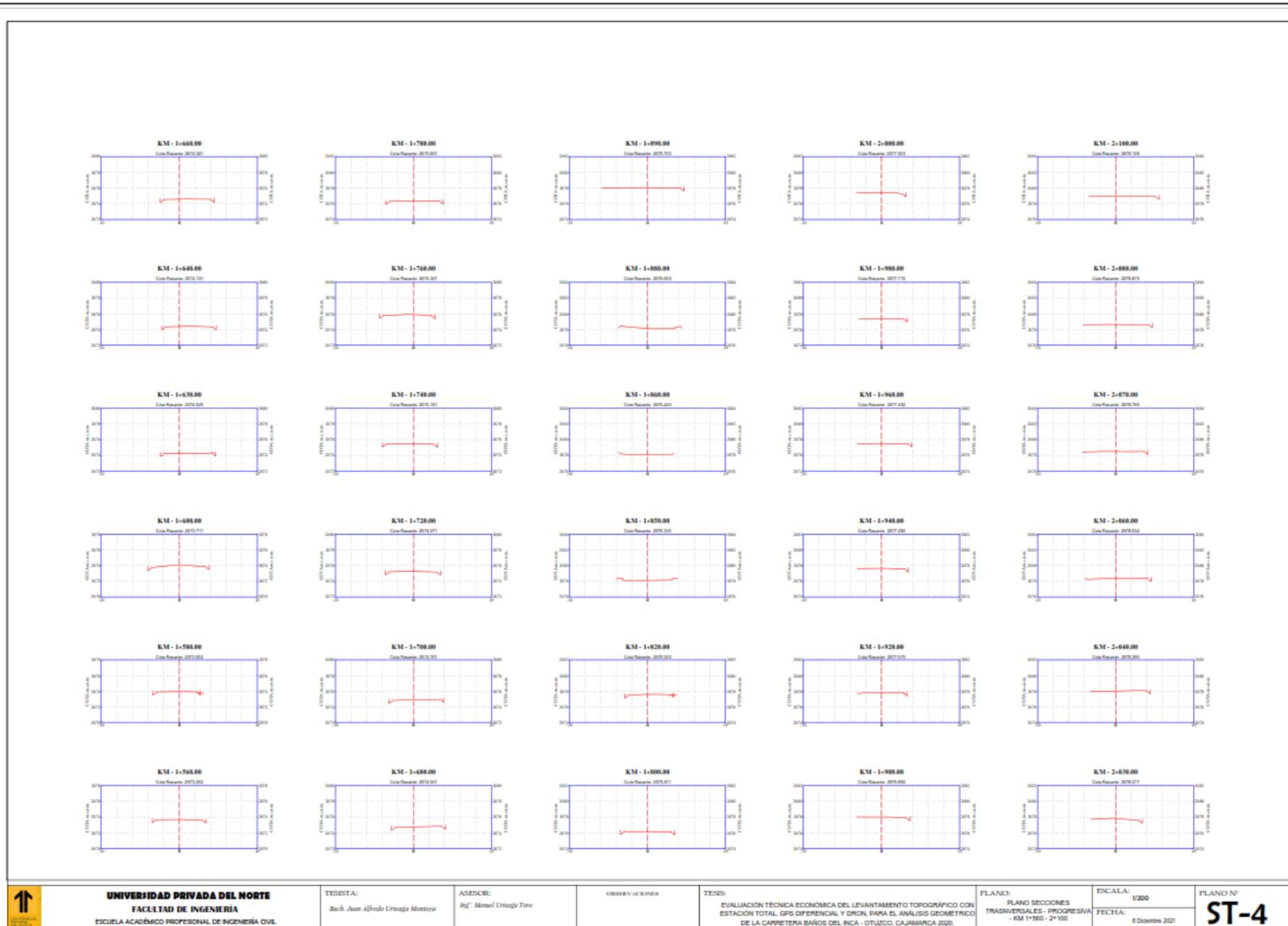
PLANO:
PLANO SECCIONES TRANSVERSALES - PROGRESIVA - KM 0+000 - 0+480

ESCALA: 1:200
FECHA: 8 Diciembre 2021

PLANO N°
ST-1







UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESISTA:
Bach. Juan Alfredo Urteaga Montoya

ASESOR:
Ing. Manuel Urteaga Toro

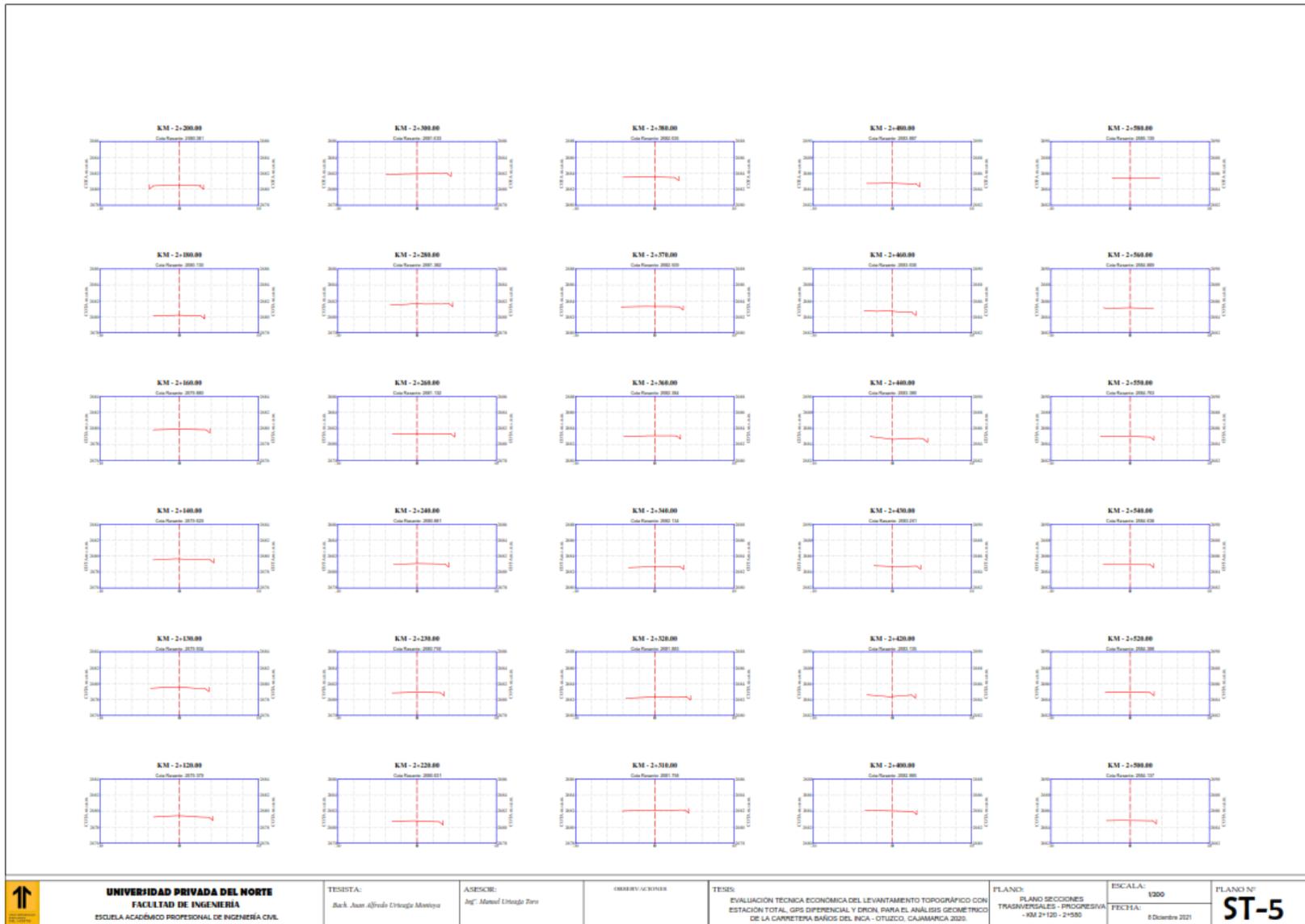
OBSERVACIONES

TESIS:
EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL, GPS DIFERENCIAL Y DRON PARA EL ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - OTUZCO, CAJAMARCA 2020.

PLANO:
PLANO SECCIONES
TRANSVERSALES - PROGRESIVA
- KM 1+560 - 2+100

ESCALA: 1/300
FECHA:
8 Diciembre 2021

PLANO N°
ST-4



	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	TESISTA: <i>Bach. Juan Alfredo Urteaga Montoya</i>	ASESOR: <i>Jef. Manuel Urteaga Toro</i>	OBJETO/ACRÓNICOS	TEMA: EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL, GPS DIFERENCIAL Y DRON, PARA EL ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA – OTUZCO, CAJAMARCA 2020.	PLANO: PLANO SECCIONES TRANSVERSALES - PROGRESIVA -KM 2+100 - 2+500	ESCALA: 1:500	FECHA: 8 Diciembre 2021	PLANO N° ST-5

