

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE TECNOLOGIA
CARRERA DE GEODESIA TOPOGRAFIA Y GEOMATICA**



**PROYECTO DE GRADO
NIVEL LICENCIATURA**

**ESTUDIO TOPOGRAFICO DEL TRAMO
CARRETERO SAN BORJA – SAN IGNACIO DE
MOXOS EN EL DEPARTAMENTO DE BENI**

POSTULANTE: Lucio Yujra Huanca

TUTOR: Lic. Jaime Silva Mollinedo

La Paz - Bolivia
2021

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento de este proyecto va dirigido primeramente a Dios, ya que sin su bendición y su amor todo hubiera sido un fracaso.

A las autoridades universitarias, al director de la Carrera de Topografía y Geodesia y a los docentes que compartieron su experiencia durante toda mi etapa de estudio universitario para ser un profesional competente ante la sociedad.

A los familiares y amigos que de una y otra forma me colaboraron durante todo el proceso de mis estudios académicos.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a:

*En primer lugar, a Dios, y a mis padres
Francisco Yujra Mamani, Eugenia Huanca
Laura y a todos mis hermanos que han
estado pendiente, ya que ellos fueron los
principales motivos de mi inspiración para
hacer de mí una persona responsable
inculcándome valores y principios.*

*A mi hija Sharol Lizet Yujra M., ya que sin
su apoyo no hubiera logrado estar presente
en este grato momento de mi vida.*



INDICE GENERAL

Contenido	Página
RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I	
ASPECTOS GENERALES	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Planteamiento del Problema	3
1.3.1. Formulación del Problema	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Justificación	5
1.5.1. Justificación Técnica.....	5
1.5.2. Justificación Académica.....	5
1.5.3. Justificación Social.....	5
1.5.4. Justificación Económica.....	6
1.6. Ubicación del Área de Trabajo	6
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Estudio Topográfico	8
2.1. Definiciones de la Topografía	8
2.1.1 División de la Topografía.	9
2.1.2 Superficies de Nivel y Comparación.....	10
2.2. Nivelación	10
2.2.1. La Cota Absoluta de un Punto	11
2.2.2. Nivelación Geométrica	13
2.2.3. Control de Nivelaciones	13
2.2.3.1. Error de Cierre	14
2.2.3.2. Tolerancia del Error de Cierre.....	15
2.3. Definiciones de la Geodesia	15
2.3.1. Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS).....	16
2.3.2. NAVSTAR - GPS	17



2.3.3. GLONASS	17
2.3.4. Galileo	17
2.3.5. Estructura de los Sistemas de Navegación por Satélite	18
2.3.6. Métodos de Posicionamiento GNSS	18
2.3.6.1. Posicionamiento Puntual o Absoluto	19
2.3.6.2. Posicionamiento Relativo o Diferencial	19
2.3.6.3. Método Estático	22
2.3.6.4. Método Estático Rápido	23
2.3.6.5. Método Cinemático	23
2.3.6.6. Método Cinemático en Tiempo Real (RTK)	24
2.3.7. Sistemas de Referencia Geodésico	25
2.3.8. Sistema de Referencia Global.....	26
2.3.9. Sistema de Referencia WGS-84	26
2.3.10. Redes Geodésicas.....	28
2.3.10.1 Sistemas y Marcos de Referencia Internacionales	28
2.3.10.2 Sistemas y Marcos de Referencia Regionales	29
2.3.10.3 Marco de Referencia Geodésico Nacional	30
2.4. Definiciones de la Cartografía	31
2.4.1. Proyección Conforme	31
2.4.2. Proyecciones Cilíndricas.....	33
2.4.3. Proyección Cartográfica de Mercator	33
2.4.4. Proyecciones Cilíndricas de Mercator	36
2.4.5. Proyección Transversal de Mercator.....	36
2.4.6. Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)	38
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DEL PROYECTO	40
3.1. Metodología Empleada	40
3.2. Personal	44
3.3. Materiales, Herramientas y Equipos	47
3.4. Cronograma de Actividades	51
3.5. Costos del Proyecto.....	51
CAPÍTULO IV	52
DESARROLLO DEL PROYECTO	52



4.1. Reconocimiento del Lugar	52
4.2. Monumentación de Puntos de Control	53
4.3. Establecimiento de Puntos de Control Horizontal	55
4.3.1. Establecimiento de Puntos de Enlace a la RED MARGEN	55
4.3.2. Establecimiento de Red de Puntos Base de Control	60
4.3.3. Densificación de Puntos de Control	63
4.4. Establecimiento de Puntos de Control Vertical.....	68
4.4.1. Nivelación Geométrica en Campo.....	68
4.4.2. Trabajos de Gabinete de Nivelación	71
4.5. Levantamiento Topográfico.....	73
4.6. Generación del Modelo Digital de Terreno	78
4.6.1. Elaboración del Perfil Longitudinal	79
4.6.2. Elaboración de los Perfiles Transversales.....	81
CAPÍTULO V	
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	83
CAPÍTULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
6.1. Conclusiones	86
6.2. Recomendaciones	86
Bibliografía.....	87



INDICE DE FIGURAS

Contenido	Pagina
Figura No. 1 - Ubicación del área de trabajo.....	6
Figura No. 2 - Tramo A, San Borja.....	7
Figura No. 3 - Tramo B, San Ignacio de Moxos	7
Figura No. 4 - Planimetría de un levantamiento	9
Figura No. 5 - Representación de altimetría de un levantamiento topográfico	10
Figura No. 6 - Elevación o altitud de un punto	11
Figura No. 7 - Representación de las superficies del geoide y el elipsoide	11
Figura No. 8 - Plano horizontal de un punto sobre la superficie de la tierra.....	12
Figura No. 9 - Nivelación Geométrica Simple	13
Figura No. 10 - Nivelación de enlace	15
Figura No. 11 - Funcionamiento básico del GPS (GNSS).....	18
Figura No. 12 - Posicionamiento Absoluto	19
Figura No. 13 - Posicionamiento Relativo o Diferencial.....	20
Figura No. 14 - Elipsoide GRS 80, Sistema de Referencia Geodésica 1980.....	29
Figura No. 15 - Red MARGEN de Bolivia	30
Figura No. 16 - Proyección cónica conforme	32
Figura No. 17 - Proyecciones Cilíndricas	33
Figura No. 18 - Gerardo Mercator.....	34
Figura No. 19 - Mapa de Europa realizado por Gerardo Mercator	35
Figura No. 20 - Planisferio de Rumold Mercator, realizado en 1587	35
Figura No. 21 - Descripción de una zona de la proyección U.T.M.....	39
Figura No. 22 - Etapas para el desarrollo del estudio topográfico	40
Figura No. 23 - Flujograma metodológico del establecimiento de puntos de control ...	41
Figura No. 24 - Flujograma metodológico del establecimiento de BM`s.....	42
Figura No. 25 - Flujograma metodológico del levantamiento topográfico	43
Figura No. 26 - Diagrama de organización de personal para monumentación	44
Figura No. 27 - Diagrama de organización de personal para control horizontal	45
Figura No. 28 - Diagrama de organización de personal para control horizontal	45
Figura No. 29 - Diagrama de organización de personal para levantamiento	46
Figura No. 30 - Imagen satelital del área de trabajo.....	52



Figura No. 31 - Características de mojones elaborados en proyecto	54
Figura No. 32 - Estructura de la Red Geodésica Local	55
Figura No. 33 - Transferencia y conversión de datos GNSS.....	57
Figura No. 34 - Proceso de líneas Base GNSS de la Red Geodésica Local	58
Figura No. 35 - Ajuste de la Red Geodésica Local.....	59
Figura No. 36 - Resultados del ajuste de red	59
Figura No. 37 - Estructura de la Red de puntos base de control	60
Figura No. 38 - Proceso de las líneas base	62
Figura No. 39 - Ajuste de red de los puntos base	62
Figura No. 40 - Resultados del ajuste de red.	63
Figura No. 41 - Estructura de la densificación de puntos de control.....	63
Figura No. 42 - Ajuste de líneas base de puntos del tramo A	66
Figura No. 43 - Ajuste de líneas base de puntos del tramo B	66
Figura No. 44 - Descripción de la nivelación geométrica.....	69
Figura No. 45 - Descripción de los tramos de nivelación en campo	69
Figura No. 46 - Datos de campo transcritos a hoja de cálculos Excel	71
Figura No. 47 - Obtención del factor combinado de los puntos de control	73
Figura No. 48 - Levantamiento topográfico del tramo A	74
Figura No. 49 - Levantamiento topográfico del tramo b.....	75
Figura No. 50 - Transferencia y conversión de datos topográficos.....	77
Figura No. 51 - Construcción Del modelo digital de terreno del tramo A	78
Figura No. 52 - Construcción del modelo digital de terreno del tramo B.....	79
Figura No. 53 - Construcción del perfil longitudinal del tramo A	80
Figura No. 54 - Construcción del perfil longitudinal del tramo B	80
Figura No. 55 - Construcción del perfil transversal del tramo A.....	81
Figura No. 56 - Construcción del perfil transversal del tramo B.....	82
Figura No. 57 - Grafica de resumen de la monumentación de mojones.....	83
Figura No. 58 - Grafica de resumen de puntos de control horizontal por tramos.....	84
Figura No. 59 - Grafica de resumen total de puntos de control horizontal	84
Figura No. 60 - Grafica de resumen de puntos de control vertical.....	85



INDICE DE TABLAS

Contenido	Pagina
Tabla No. 1 - Personal de trabajo para monumentación de mojones	44
Tabla No. 2 - Personal de trabajo para puntos de control horizontal	45
Tabla No. 3 - Personal de trabajo para puntos de control vertical	45
Tabla No. 4 - Personal de trabajo para puntos de control vertical	46
Tabla No. 5 - Personal de trabajo para monumentación de mojones	46
Tabla No. 6 - Materiales empleados en proyecto	47
Tabla No. 7 - Herramientas empleados en proyecto	47
Tabla No. 8 - Equipos topográficos	48
Tabla No. 9 - Equipos GNSS empelados en proyecto	49
Tabla No. 10 - Equipos de nivelación topográfica	50
Tabla No. 11 - Otros equipos empleados en proyecto	50
Tabla No. 12 - Características de las observaciones GNSS en campo	56
Tabla No. 13 - Parámetros de ajuste de Red Geodésica Local GNSS	58
Tabla No. 14 - Características de las observaciones GNSS en campo	60
Tabla No. 15 - Características de las observaciones GNSS en campo	64
Tabla No. 16 - Total de puntos ajustados para control horizontal	67
Tabla No. 17 - Total de puntos densificados con equipos GNSS RTK	67
Tabla No. 18 - Características de la nivelación geométrica realizada	68
Tabla No. 19 - Verificación de cierres de los tramos de nivelación geométrica	72
Tabla No. 20 - Características del levantamiento topográfico	73
Tabla No. 21 - Características de los perfiles longitudinales	80
Tabla No. 22 - Características de los perfiles transversales	81



INDICE DE FOTOGRAFIAS

Contenido	Pagina
Fotografía No. 1 - Instalación del campamento del proyecto	52
Fotografía No. 2 - Reconocimiento del lugar.....	53
Fotografía No. 3 - Mojonos con plaquetas de aluminio	53
Fotografía No. 4 - Mojonos con identificación rustica.....	54
Fotografía No. 5 - Medición de puntos PB-001 y PB-002 en San Borja	56
Fotografía No. 6 - Medición de puntos PB-135 y PB-136 en San Ignacio de Moxos	57
Fotografía No. 7 - Medición de puntos PB-045 y PB-046 en población Totaizal	61
Fotografía No. 8 - Medición de puntos PB-091 y PB-092 en puente Chevejecure	61
Fotografía No. 9 - Densificación de puntos de control GNSS días 1, 2 y 3	64
Fotografía No. 10 - Densificación de puntos de control GNSS días 4, 5 y 6.....	65
Fotografía No. 11 - Densificación de puntos de control GNSS días 7, 8 y 9.....	65
Fotografía No. 12 - Densificación de coordenadas de BM's con equipos GNSS RTK..	67
Fotografía No. 13 - Identificaciones y mojonos de puntos BM.....	70
Fotografía No. 14 - Trabajo de nivelación geométrica de la primera brigada	70
Fotografía No. 15 - Equipo empleado durante nivelación geométrica en campo.....	71
Fotografía No. 16 - Levantamiento topográfico con estación total.....	74
Fotografía No. 17 - Levantamiento topográfico por secciones	75
Fotografía No. 18 - Levantamiento topográfico de diferentes elementos	76
Fotografía No. 19 - Levantamiento topográfico de humedales	76
Fotografía No. 20 - Levantamiento topográfico de lagunas.....	77

ANEXOS

- ANEXO A - Cronograma de Actividades
- ANEXO B - Costos de Proyecto
- ANEXO C - Reporte de Ajuste de Red Geodésica Local
- ANEXO D - Reporte de Puntos densificados
- ANEXO E - Lista de Coordenadas de Puntos de Control
- ANEXO F - Monografías de PB's
- ANEXO G - Planilla de Nivelaciones
- ANEXO H - Monografías de BM's
- ANEXO I - Planos



RESUMEN

El tema del presente proyecto tiene referencia a las actividades realizadas para el estudio topográfico del tramo carretero San Borja - San Ignacio de Moxos ubicado en el departamento de Beni, enfocado a la necesidad de un tratamiento integral de la vinculación caminera que demanda dicho departamento, siendo esto posible a través de la ejecución de diferentes trabajos topográficos y geodésicos.

El estudio topográfico realizado está ligado a referencias espaciales ya establecidas por controles horizontales y controles verticales, donde en Bolivia el Instituto Geográfico Militar es la entidad que con base en las estaciones SIRGAS, determina el Marco de Referencia Geodésico Nacional (Red MARGEN).

La metodología empleada para el desarrollo del presente estudio topográfico se sintetiza en dos segmentos de trabajo (Tramo A y Tramo B), debido a que el proyecto pasa por dos zonas del sistema U.T.M., a partir de ello las actividades se desarrollan en cuatro etapas importantes, estas son; Establecimiento del Control Horizontal, Establecimiento del Control Vertical, Mensura Topográfica y por último la Generación del Modelo Digital de Terreno.

A partir de ello los resultados obtenidos del presente proyecto se resumen en la materialización de 222 BM's y 136 PB's haciendo un total de 358 mojones, con relación a los puntos de control horizontal se tiene 4 puntos de vinculación a la Red MARGEN por medio de una Red Geodésica Local, 4 puntos Bases a través de sesiones de redes geodésicas, 128 puntos de Control por medio de densificaciones GNSS y 222 puntos Auxiliares a través de mensuras con equipos RTK, por otra parte se realizaron nivelaciones geométricas de los 358 puntos de control entre BM's y PB's, a partir de ello se realizó el levantamiento topográfico de 135 km con franjas de 30 metros a cada lado del eje carretero tomando en cuenta todos los detalles cercanos a dicho tramo. Posteriormente se tuvo como productos: 2 modelos digitales de terreno uno del tramo A y el otro del Tramo B, planos de 2 perfiles longitudinales y finalmente planos de secciones transversales



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

El presente proyecto está referido al desarrollo de un estudio topográfico que cubre el tramo carretero San Borja - San Ignacio de Moxos en el departamento de Beni, donde las principales actividades de dicho proyecto están enmarcadas en trabajos de georreferenciación, control horizontal, control vertical, mensura topográfica y en la elaboración de un modelo digital de terreno.

Actualmente se tiene presente la implementación de diversos proyectos carreteros en diferentes partes del Estado Boliviano, estos proyectos están enmarcados en trabajos de Estudios, Construcción y Mejoramiento de la infraestructura vial a través de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), donde se implementan trabajos como:

- Estudio de Factibilidad Técnico, Económico, Social e Impacto Ambiental (TESA).
- Estudios a Diseño Final de Carreteras.
- Construcción de Carreteras.

La ejecución de estos trabajos nace primordialmente de un estudio topográfico, el cual dicho estudio es la base principal para la ejecución de cualquier obra civil.

Las actividades del presente proyecto tienen como finalidad establecer la información necesaria para la Identificación, Caracterización y Análisis del terreno que, a través de una evaluación, permitirá tomar las mejores decisiones para un diseño final que sea adecuada al tramo carretero correspondiente.

El desarrollo de los trabajos para el estudio topográfico se realiza a partir de métodos y técnicas propias de la Geodesia y la Topografía que implican esencialmente trabajos de campo y trabajos de gabinete. A partir de ello, las principales actividades de la metodología empleada en el presente proyecto parten de un reconocimiento del lugar y la monumentación de puntos de Control, dando paso al establecimiento de puntos de control horizontal, establecimiento de puntos de control vertical, levantamiento topográfico y finalmente la generación del modelo digital de terreno del tramo carretero correspondiente.



1.2. Antecedentes

El Tramo San Borja - San Ignacio de Moxos, pertenece a la Ruta Fundamental No. 3 que une las ciudades de La Paz y Trinidad. Este tramo pertenece al Departamento del Beni, integrando las provincias Ballivián, Yacuma y Moxos, pasando por zonas de importante producción ganadera y agrícola.

El tránsito de los vehículos por los tramos indicados siempre fue caracterizado por ser muy dificultosos debido al daño severo que se produce en su estructura en varios de sus sectores, especialmente durante la época de lluvias.

El camino existente ejerce fuerte influencia en varias importantes poblaciones y colonias en todo su desarrollo, cuya actividad está ligada a la ganadería y la agricultura con la siembra de arroz y maíz, además de la industria de explotación maderera.

Con la finalidad de contar con un proyecto a diseño final actualizado y validado para su ejecución, la evaluación del Diseño Final licitado el año 2001 fue desarrollado y presentado en junio de 2006 por la consultora P.C.A. Ingenieros Consultores S.A. El tramo objeto de actualización: SAN BORJA – SAN IGNACIO DE MOXOS de 134.60 Km forma parte del ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA, IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑO FINAL DE LA CARRETERA RURRENABAQUE – YUCUMO – SAN BORJA Y DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA, IMPACTO AMBIENTAL Y REVISIÓN FINAL DE LA CARRETERA SAN BORJA – PUERTO GANADERO. La Administradora Boliviana de Carreteras, para dar continuidad al proceso de Construcción del tramo vial San Borja – San Ignacio de Moxos, el mismo que forma parte de la Red Vial Fundamental, siendo un segmento de la ruta F-3, realizó la actualización del Estudio a las condiciones presentes. A partir de ello se ejecuta el proyecto de Estudio Topográfico del tramo carretero San Borja - San Ignacio de Moxos en el departamento de Beni.

1.3. Planteamiento del Problema

La necesidad de un tratamiento integral a la vinculación caminera del departamento del Beni establece la demanda de una intervención en las rutas de la Red Vial Fundamental en las principales vías de comunicación del departamento para lograr una comunicación vial interna e interdepartamental permanente durante los 365 días de cada año, esto solo



es posible, a través de la ejecución de un proyecto a diseño final actualizado y válido para su ejecución, donde, el pilar fundamental y la base de cualquier proyecto, nace a partir de un estudio topográfico.

1.3.1. Formulación del Problema

¿Es posible realizar un estudio topográfico empleando métodos y técnicas propias de la topografía y la geodesia que garanticen la elaboración de un modelo digital de terreno que pueda ser empleada en la construcción de una carretera?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Realizar el estudio topográfico para el diseño y construcción de asfaltado del tramo carretero San Borja - San Ignacio de Moxos en el departamento de Beni.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Elaborar mojones de concreto para la monumentación de todos los puntos de control Horizontal y Vertical.
- Establecer puntos de vinculación a la Red MARGEN a través de una Red Geodésica Local.
- Determinar los puntos de Control Base a través de mediciones GNSS en modo estático y densificar puntos de Control Auxiliar por medio de mediciones GNSS en modo RTK.
- Desarrollar la medición de los puntos de Control Vertical, por medio de nivelaciones geométricas.
- Ejecutar el Levantamiento Topográfico, del terreno natural que cubre el tramo carretero, San Borja - San Ignacio de Moxos.
- Generar un Modelo Digital de Terreno del tramo carretero.
- Elaborar planos de perfil longitudinal y de perfiles transversales.
- Realizar un análisis de los resultados del proyecto.



1.5. Justificación

En el diseño y ejecución de cualquier proyecto de ingeniería de obras que tengan como asiento la superficie de la tierra, es imprescindible contar con las características del terreno, de igual manera un proyecto carretero exige la representación tridimensional de la superficie que permita realizar los diseños correspondientes, esto solo es posible a través de un estudio topográfico que permita construir un modelo digital de terreno. Es a partir de ello, que el presente proyecto de grado se justifica por el alto grado de importancia que significa trabajar en un estudio topográfico que servirá como base y pilar fundamental de los trabajos de ejecución (diseño, construcción, supervisión, mantenimiento), con respecto al proyecto carretero San Borja - San Ignacio de Moxos.

1.5.1. Justificación Técnica

El proyecto presenta el desarrollo de las actividades de campo y gabinete alineadas al marco metodológico que son propios de la geodesia y la topografía, realizando trabajos de ajuste de datos GNSS, generación de planillas de nivelación, procesamiento de datos topográficos y la construcción de un modelo digital de terreno que permita ser la base de análisis y diseño de tramo carretero correspondiente.

1.5.2. Justificación Académica

La ejecución de diferentes métodos y técnicas durante el presente proyecto, permite aplicar todos los conocimientos adquiridos durante el proceso universitario, al mismo tiempo la experiencia in situ abre a la práctica de adquirir nuevos conocimientos.

1.5.3. Justificación Social

El producto de un estudio topográfico asume un alto grado de importancia a nivel social, ya que esta es la base primordial para la cuantificación de costos que solicita un proyecto similar.

Por otro lado, la calidad del producto de un estudio topográfico en la representación del terreno, es de vital importancia para la sociedad beneficiaria del proyecto, puesto que, a mayor grado de fidelidad de la representación del terreno, mayor será la eficacia de un diseño que satisfaga la demanda social.

1.5.4. Justificación Económica

El estudio topográfico desempeña un papel muy importante en la planificación, ejecución y el cumplimiento del cronograma de tiempos establecidos en los trabajos de campo y gabinete, el cual permite optimizar costos, mejorando el rendimiento y garantizando resultados adecuados conforme a las exigencias de las entidades encargadas del proyecto a nivel general.

1.6. Ubicación del Área de Trabajo

La ubicación del área de trabajo que corresponde al estudio topográfico del tramo carretero San Borja - San Ignacio de Moxos, pertenece al Departamento de Beni y, cruza por las provincias: Ballivián, Yacuma y Moxos. Ver Figura No. 1.

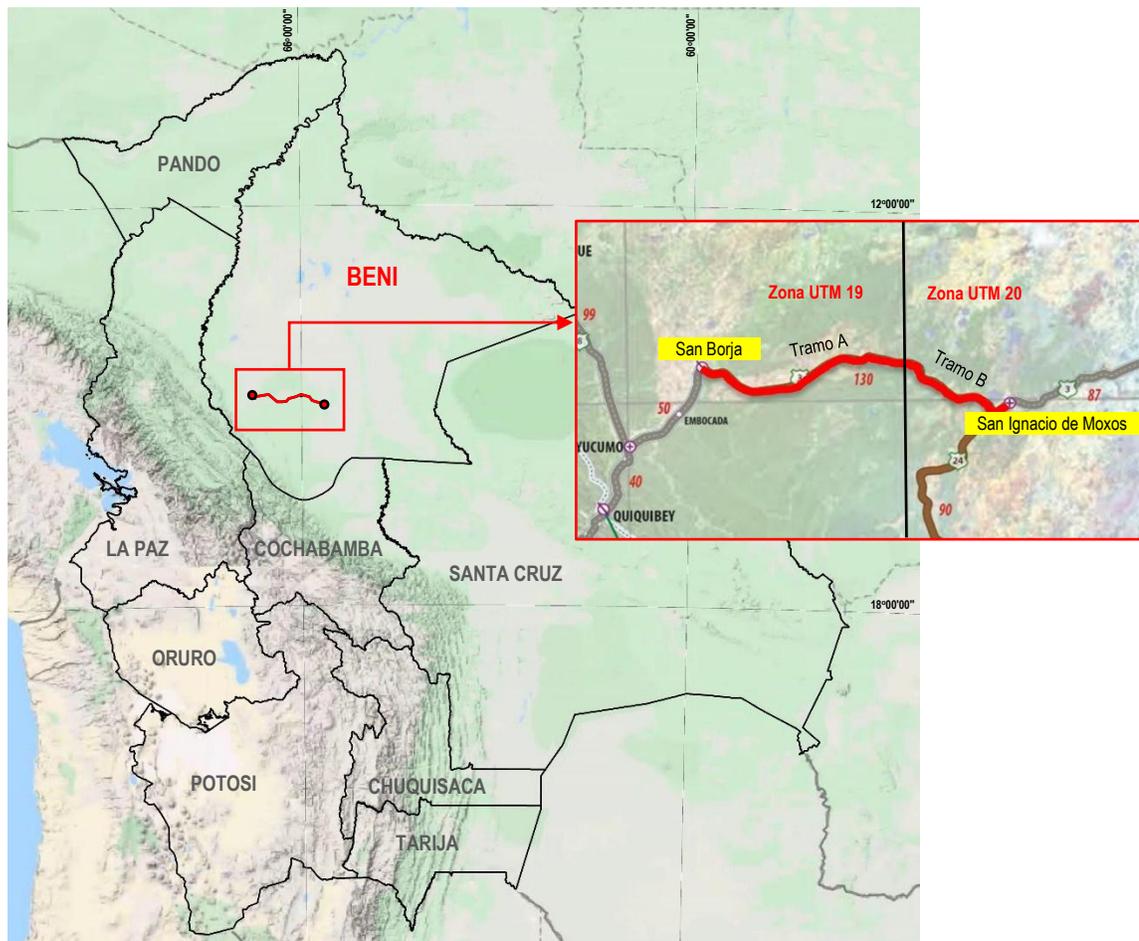


Figura No. 1 - Ubicación del área de trabajo
Fuente: Elaboración propia



El segmento de la red fundamental No. 3, tramo San Borja - San Ignacio de Moxos se caracteriza por atravesar dos zonas del sistema de proyección U.T.M., es por ello que para los trabajos, procesos y representación del presente proyecto han sido divididos en dos segmentos:

- **Tramo A:** de la progresiva Km. 53+000 hasta el límite de la zona 19 en la progresiva Km. 137+150. Ver (Figura No 2).

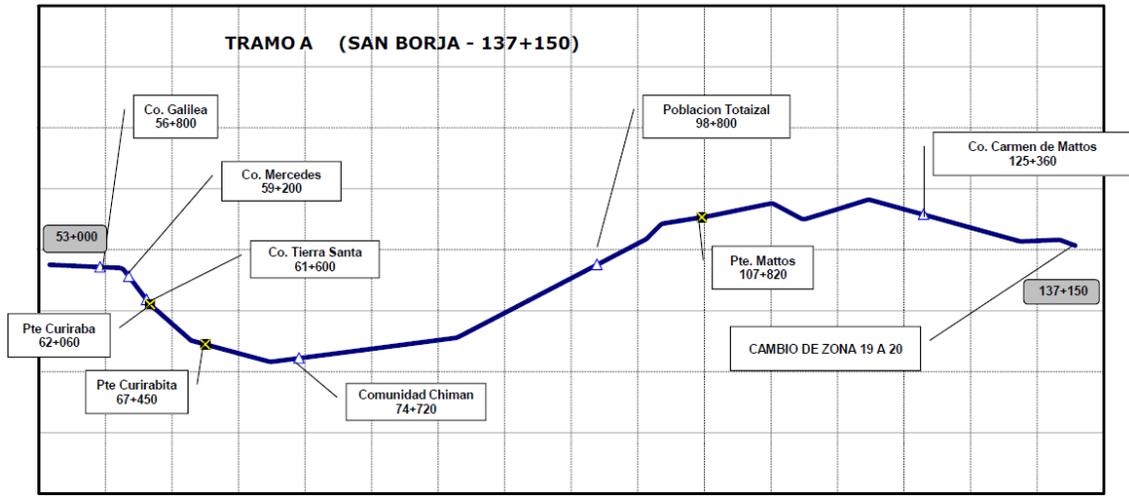


Figura No. 2 - Tramo A, San Borja
Fuente: Elaboración propia

- **Tramo B:** de la progresiva Km. 137+150 hasta el final del tramo en la progresiva Km. 187+600. Ver Figura No 3.

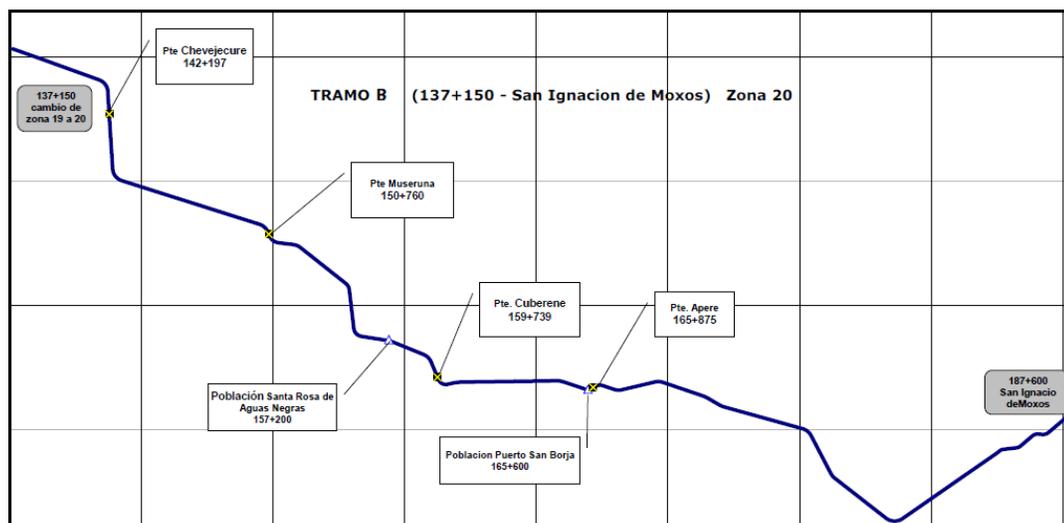


Figura No. 3 - Tramo B, San Ignacio de Moxos
Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Estudio Topográfico

El estudio topográfico, en términos generales, se trata de un conjunto de trabajos especializados en determinar un preciso análisis del terreno, para el posterior desarrollo de la ingeniería y localización de cualquier proyecto de obra civil.

Los estudios topográficos se realizan previo a la ejecución de una obra, y esta es la base esencial durante la ejecución de obras e incluso después del periodo de construcción. Y es que, resulta necesario contar con una referencia espacial tanto horizontal como vertical que permita ubicar de manera precisa en el terreno, cada uno de los elementos que serán construidos, permitiendo la elaboración de diseños civiles, se emplea como base para controlar volúmenes de movimientos de tierra, se emplea para la supervisión técnica, entre otros. Una de las principales características del estudio topográfico, como se dijo anteriormente, son los trabajos especializados, esto hace referencia a la sinergia entre las ciencias de la Geomática partiendo de la Geodesia para establecer las referencias espaciales enfocadas en el control horizontal, la Topografía para establecer la altimetría enfocada en el control vertical y el modelo digital del terreno y así mismo la Cartografía para establecer un sistema enfocada en la sistematización de toda la información técnica y proyectarla sobre un plano referencial local o universal.

2.1. Definiciones de la Topografía

Es la Ciencia, Arte y Tecnología que tiene por objeto la medición de pequeñas superficies terrestres el cual es considerado como plana, además de representar los mismos con todos sus accidentes, particularidades naturales o artificiales de su superficie y tiene una longitud aproximada de límite que es de 25 km o 625 km². La Topografía deriva del griego Topos (lugar) y Graphein (describir) y procede del vocablo “topo-grafos”, se puede traducir como la descripción exacta y minuciosa de un lugar, con todos los detalles naturales y artificiales.¹

¹ Definición de la topografía: Fuente Enciclopedia Libre Wikipedia, Topografía 2019.

Las mediciones en la Topografía se realizan mediante las medidas lineales y angulares, necesarias para la confección de los planos y mapas, actualmente se encuentra ligado a la Geodesia. Se debe tomar en cuenta las siguientes hipótesis sobre la diferencia de la Topografía con respecto a la Geodesia.

- La línea que une dos puntos sobre la superficie de la tierra es una línea recta.
- Las direcciones de la plomada, en dos puntos cuales quiera son paralelos.
- La superficie imaginaria de referencia, respecto a la cual se toman las alturas es una superficie plana.
- El ángulo formado por la intersección de dos líneas sobre la superficie terrestre es un ángulo plano y no esférico.

2.1.1 División de la Topografía.

La Topografía se divide en dos grandes aspectos, en sentido de la representación de la superficie de la tierra y se refiere a los siguientes:

- Planimetría. - Parte de Topografía, que estudia los métodos y procedimientos que nos servirán para conseguir la representación a escala sobre un plano, de todos los detalles topográficos artificiales y naturales, prescindiendo del relieve.

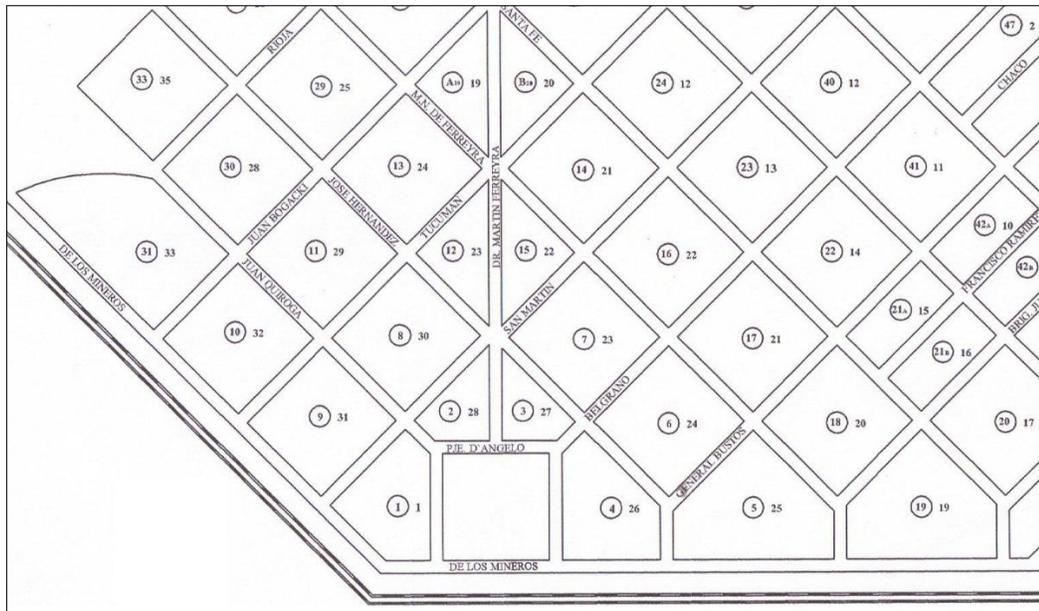


Figura No. 4 - Planimetría de un levantamiento
Fuente. Centro Municipal de Málaga

- Altimetría. - En esta parte de Topografía, se estudia los métodos que sirven para definir las posiciones relativas o absolutas, de los puntos sobre la superficie terrestre (tercera dimensión), proyectados sobre el plano vertical, mediante un procedimiento fundamental conocido como la nivelación, que nos sirve para determinar diferencias de elevaciones entre diferentes puntos de la tierra.

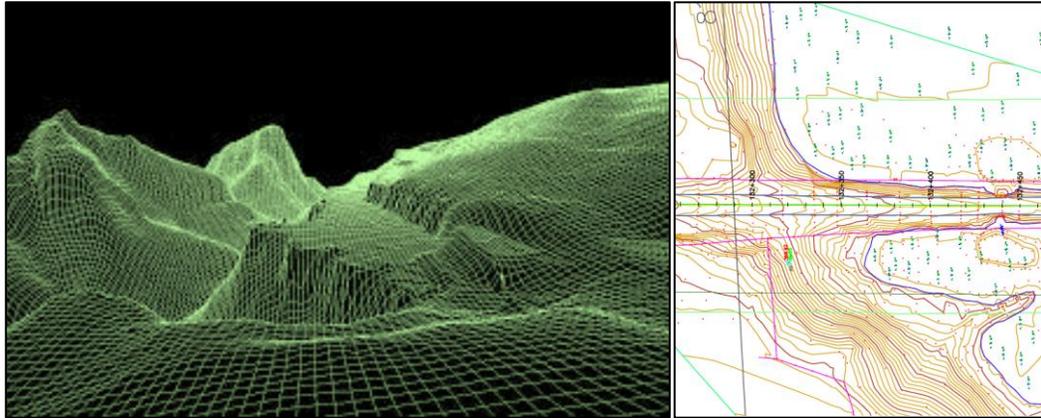


Figura No. 5 - Representación de altimetría de un levantamiento topográfico
Fuente. Enciclopedia Libre Wikipedia

2.1.2 Superficies de Nivel y Comparación.

- Altura. - La altura en Topografía se considera a la distancia vertical o desnivel existente entre dos puntos, con respecto a una superficie de comparación.
- Nivel Medio del Mar.- Es el nivel ± 000 adoptado convencionalmente y viene a ser el promedio de la pleamar y bajamar en un lugar. En nuestro caso en el Océano Pacífico (Arica – Chile).
- Cotas. - Valor de altura con respecto a un plano de comparación que puede ser aparente o verdadero.
- Bench Mark (B.M.) o Bancos de Nivel (B.N.). - Es la altitud de un punto, respecto al plano correspondiente al nivel medio del mar, se llama también cota absoluta.

2.2. Nivelación

La nivelación es el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra. La elevación o altitud es la distancia vertical medida desde la superficie de referencia hasta el punto considerado. La distancia vertical debe ser

medida a lo largo de una línea vertical definida como la línea que sigue la dirección de la gravedad o dirección de la plomada ², ver (Figura No. 5).

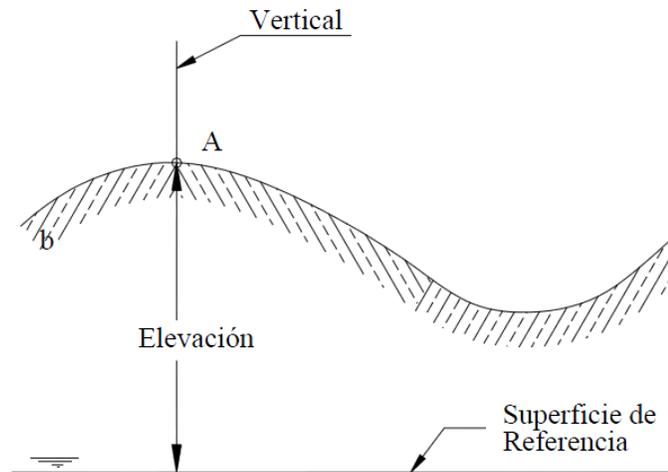


Figura No. 6 - Elevación o altitud de un punto
Fuente: Leonardo Casanova M.

2.2.1. La Cota Absoluta de un Punto

Es la distancia vertical entre la superficie equipotencial que pasa por dicho punto y la superficie equipotencial de referencia o superficie del elipsoide.

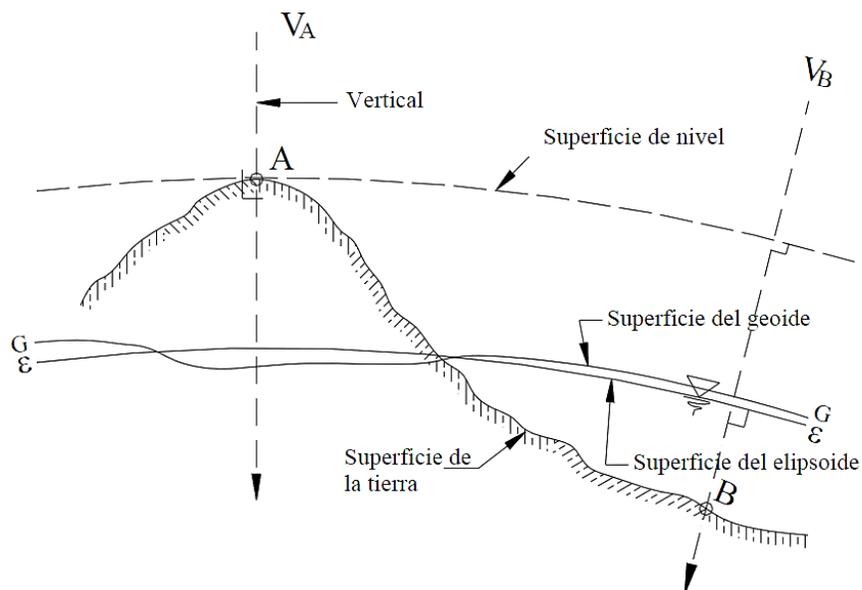


Figura No. 7 - Representación de las superficies del geode y el elipsoide
Fuente: Leonardo Casanova M.

² La nivelación topográfica, Leonardo Casanova M., Nociones de Topografía 2010.

Para determinar la cota absoluta es necesario obtener o calcular el desnivel o la diferencia de elevación entre ambos puntos a partir de un punto de referencia (BM), donde de acuerdo a la (Figura No. 7), se determina la siguiente expresión:

$$\Delta AB = Q_B - Q_A$$

Donde:

ΔAB = Diferencia entre superficies de nivel de los puntos A y B

Q_A = Cota de elevación de A

Q_B = Cota de elevación de B

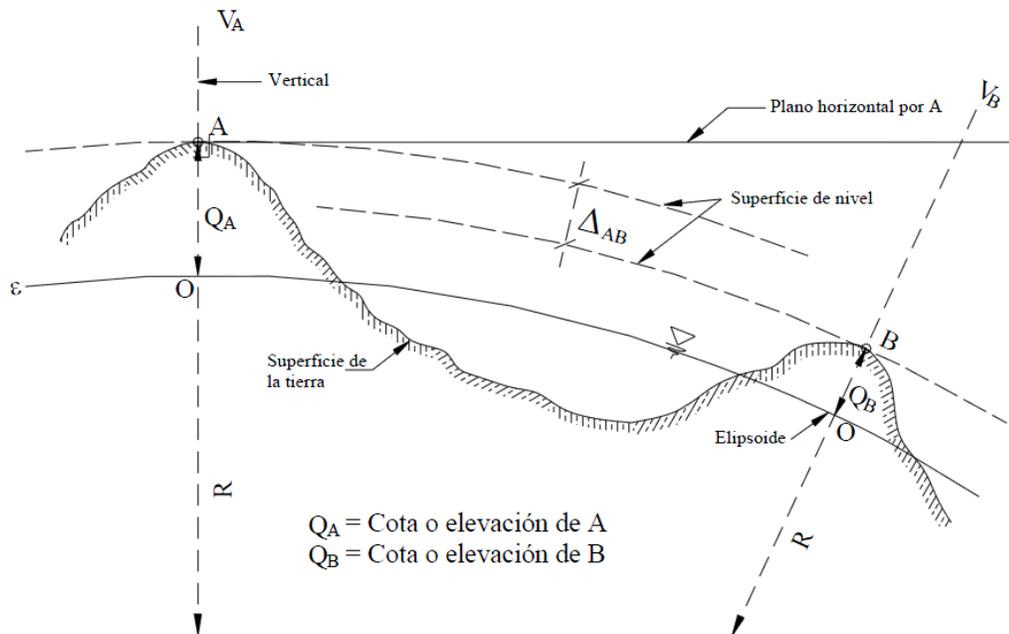


Figura No. 8 - Plano horizontal de un punto sobre la superficie de la tierra
 Fuente Leonardo Casanova M.

De acuerdo a la (Figura No. 8), tenemos:

$$(R + e_c)^2 = R^2 + D^2$$

$$R^2 + 2Re_c + e_c^2 = R^2 + D^2$$

$$e_c = \frac{D^2 - e_c^2}{2R}$$

$$e_r = K \frac{D^2}{2R}$$

Donde:

e_c = Efecto de curvatura

e_r = Efecto de refracción

R = Radio terrestre (6.370 km)

D = Distancia horizontal

2.2.2. Nivelación Geométrica

La nivelación geométrica o nivelación diferencial es el procedimiento topográfico que nos permite determinar el desnivel entre dos puntos mediante el uso del nivel y la mira vertical.³

La nivelación geométrica mide la diferencia de nivel entre dos puntos a partir de la visual horizontal lanzada desde el nivel hacia las miras colocadas en dichos puntos (Figura 9).

Cuando los puntos a nivelar están dentro de los límites del campo topográfico altimétrico y el desnivel entre dichos puntos se puede estimar con una sola estación, la nivelación recibe el nombre de nivelación geométrica simple. Cuando los puntos están separados a una distancia mayor que el límite del campo topográfico, o que el alcance de la visual, es necesario la colocación de estaciones intermedias y se dice que es una nivelación compuesta⁴, ver (Figura No. 9).

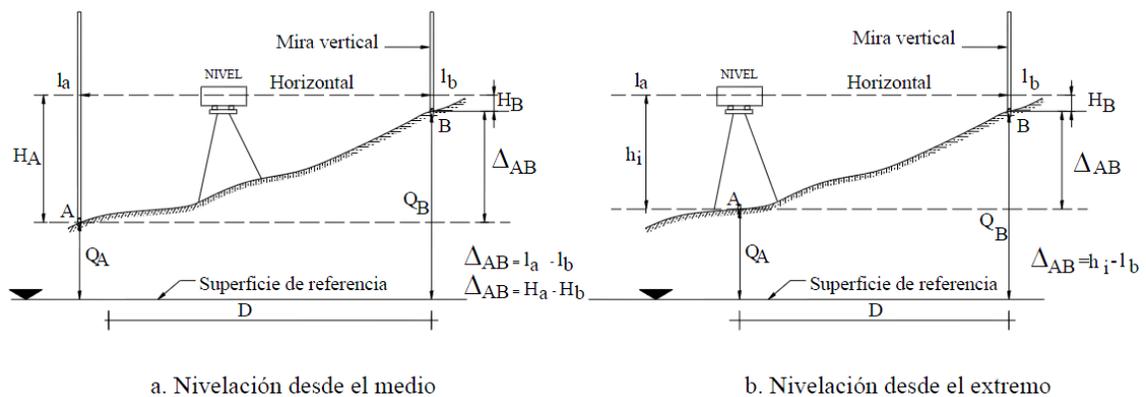


Figura No. 9 - Nivelación Geométrica Simple
Fuente Leonardo Casanova M.

2.2.3. Control de Nivelaciones

Para poder determinar el error de cierre de una nivelación, es necesario realizar una nivelación cerrada (de ida y vuelta) o una nivelación de enlace con puntos de control (BM) al inicio y al final de la nivelación.

³ Nivelación Geométrica, Leonardo Casanova M., Nociones de Topografía 2010

⁴ Nivelación Geométrica Simple, Leonardo Casanova M., Nociones de Topografía 2010



2.2.3.1. Error de Cierre

El error de cierre de una nivelación depende de la precisión de los instrumentos utilizados, del número de estaciones y de puntos de cambio y del cuidado puesto en las lecturas y colocación de la mira.

En una nivelación cerrada, en donde el punto de llegada es el mismo punto de partida, la cota del punto inicial debe ser igual a la cota del punto final, es decir: la suma de los desniveles debe ser igual a cero.

La diferencia entre la cota final y la inicial nos proporciona el error de cierre de la nivelación

$$E_n = Q_f - Q_i$$

El error de cierre también puede ser calculado por medio del desnivel total como:

$$E_n = \Sigma L_{AT} - \Sigma L_{AD}$$

La nivelación cerrada se puede realizar levantando los mismos puntos de ida y vuelta, o, preferiblemente, por caminos distintos, retornando siempre al punto inicial.

En una nivelación de enlace los puntos extremos forman parte de una red de nivelación de precisión, por lo que la cota o elevación de sus puntos son conocidas.

En este tipo de nivelación, la diferencia entre el desnivel medido y el desnivel real nos proporciona el error de cierre.

El desnivel medido se calcula por la siguiente ecuación

$$\Delta AB = \Sigma LAT - \Sigma LAD$$

y el desnivel real reemplazando los valores de las cotas conocidas en la ecuación, luego el error de cierre será:

$$E_n = (\Sigma LAT - \Sigma LAD) - (QB - QA)$$

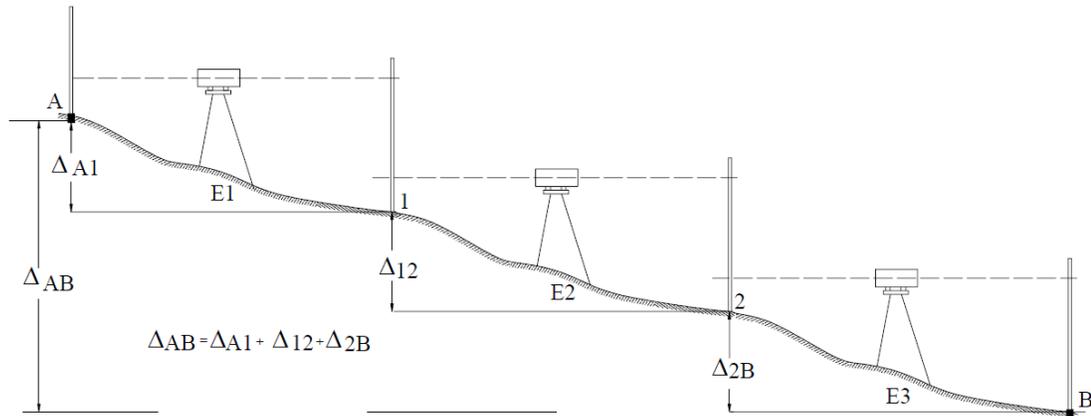


Figura No. 10 - Nivelación de enlace
Fuente: Leonardo Casanova M.

2.2.3.2. Tolerancia del Error de Cierre

La tolerancia del error de cierre depende de la importancia del trabajo, de la precisión de los instrumentos a utilizar y de las normativas existentes.

Las nivelaciones se pueden clasificar en nivelaciones de primer, segundo y tercer orden, siendo las de tercer orden las de uso común en los trabajos de ingeniería. La tolerancia de cierre generalmente se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$T_n = m \sqrt{K}$$

Donde:

T_n = Tolerancia para el error de cierre en mm

m = Valor dependiente de los instrumentos, método y tipo de nivelación requerida

K = Longitud total de la nivelación en Km

Para nivelaciones de tercer orden se recomienda un valor de m entre 12 y 15 mm

2.3. Definiciones de la Geodesia

Geodesia, palabra derivada de la voz griega *gêodaisia* (geo, Tierra; daien, dividir) de manera literal significa: "dividir la Tierra".⁵

⁵ Torge Wolfgang, 1983, Geodesia - Introducción, Editorial DIANA S.A, Traducido por: Gualterio Luthe Garcia, Mexico-Tlacoquemecatl.



El concepto básico de Geodesia, fue formulado en el siglo XIX, como “la ciencia de la medición y representación de la superficie de la Tierra”. En las primeras décadas del siglo XX, se consideraba a la Geodesia como la “ciencia, que trata de las investigaciones de la forma y dimensiones de la superficie terrestre”. Planteaba a su vez que los métodos empleados para alcanzar estos propósitos eran:

- La medición de longitudes de arcos (meridianos, paralelos o arcos oblicuos) en la superficie de la Tierra, combinada con la determinación de las posiciones astronómicas de puntos en estos arcos.
- La medición de distancias en una red de triángulos cubriendo un área, combinada igualmente con la determinación de posiciones astronómicas.
- La medición de la fuerza de gravedad en diferentes partes de la superficie terrestre.

Sin embargo, los diferentes avances obtenidos, tanto tecnológicos como científicos, dieron lugar hace tres décadas a la consideración del concepto que se tenía hasta entonces, este no reflejaba el papel que la geodesia representaba en los tiempos actuales, exigiendo por tanto el planteamiento de una nueva definición y alcance del concepto de geodesia. Sólo hasta 1973, una definición más amplia fue presentada, considerando la “Geodesia como la disciplina que trata con la medición y representación de la Tierra, incluyendo su campo de gravedad terrestre, en un espacio tridimensional variante con el tiempo”. Actualmente la geodesia se define como: “Ciencia matemática que tiene por objeto determinar la Figura y magnitud de la Tierra, así como su campo gravitatorio”.⁶

2.3.1. Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)

El Sistema Global de Navegación por Satélite (su acrónimo en inglés: GNSS), es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización, en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire, las 24 horas del día, sin importar las condiciones meteorológicas.

⁶ Zakatov P. S., 1981, CURSO DE GEODESIA SUPERIOR-Problemas de Geodesia Superior nociones fundamentales y definiciones, Editorial MIR, Traducido por: Jose Abel Rico Baez, URSS.



Esto permite determinar las coordenadas geográficas y la altura elipsoidal de un punto dado, como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales de la Tierra, para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, y otras actividades afines. En la actualidad los satélites que forman parte del GNSS, son el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos de América, y el Sistema Orbital Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS) de la Federación Rusa y Galileo entre otros.

2.3.2. NAVSTAR - GPS

El NAVSTAR-GPS (Navigation Satellite Timing and Ranking - Global Position System), conocido simplemente como GPS, fue desarrollado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos en el año 1973, y se declaró totalmente operable en el año 1993. El sistema está constituido por una red de 24 satélites que se mueven en órbita a unos 20.200 km de la tierra alrededor de seis planos, con una inclinación de 55 grados y tarda aproximadamente 11 horas y 58 minutos (12 horas sidéreas), en completar una órbita. El número exacto de satélites varía en función de los satélites que se retiran cuando ha transcurrido su vida útil.

2.3.3. GLONASS

El sistema GLONASS (Sistema Orbital Mundial de Navegación por Satélite), fue desarrollado por la ex Unión Soviética, actualmente administrado por la Federación Rusa. Consta de una constelación de 31 satélites, situados en tres planos orbitales con 8 satélites cada uno y siguiendo una órbita inclinada de $64,8^\circ$ con un radio de 25.510 km. La constelación de GLONASS se mueve en órbita alrededor de la Tierra, con una altitud de 19.100 km (diecinueve mil cien kilómetros), algo más bajo que el GPS (20.200 km), y tarda aproximadamente 11 horas y 15 minutos en completar una órbita.

2.3.4. Galileo

Galileo, es un sistema global de navegación por satélite (GNSS), desarrollado por la Unión Europea (UE) para uso civil. Estará formado por una constelación mundial de 30 satélites, distribuidos en tres planos inclinados con un ángulo de 56° hacia el ecuador, cada plano contará con diez satélites y cada uno tardará 14 horas para completar la órbita de la Tierra, a unos 23.616 km de altitud.

El sistema, además de prestar servicios de autonomía en radionavegación y ubicación en el espacio, será interoperable con los sistemas GPS y GLONASS. El usuario podrá calcular su posición con un receptor que utilizará satélites de distintas constelaciones.

2.3.5. Estructura de los Sistemas de Navegación por Satélite

Los sistemas de navegación por satélite, está formados por tres segmentos fundamentales, que son:

- Segmento espacial
- Segmento de control
- Segmento del usuario

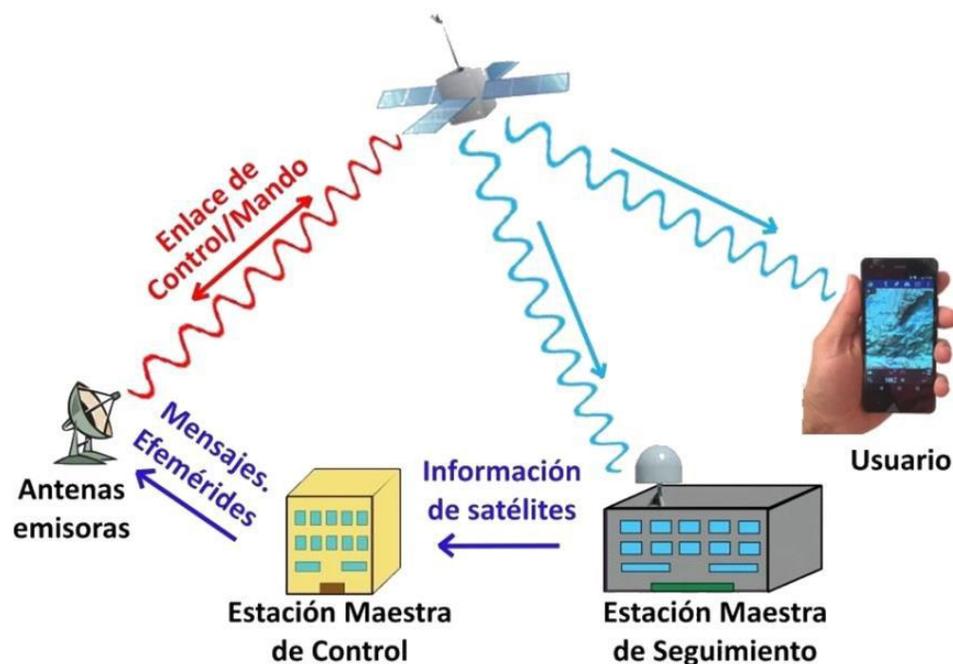


Figura No. 11 - Funcionamiento básico del GPS (GNSS)
Fuente. Albireo Topografía y Geomática (2016)

2.3.6. Métodos de Posicionamiento GNSS

Los métodos de posicionamiento GNSS no permiten una única clasificación, para clasificarlos se deberá atender a diferentes criterios. El GNSS es un sistema que permite el posicionamiento con distintos métodos de observación, de acuerdo a la instrumentación, a la exigencia de precisión y a la técnica de proceso de los observables. Por ello establecer una clasificación para el posicionamiento basado en técnicas GNSS y aumentación, es solo ordenar bajo algún criterio estas condiciones previas. GNSS

permite posicionamiento con distintos métodos de acuerdo a la instrumentación utilizada, la exigencia de precisión o la técnica de procesamiento de los observables.

2.3.6.1. Posicionamiento Puntual o Absoluto

El cálculo de la posición de un punto mediante la observación al menos a cuatro satélites, bien por pseudodistancia de código o fase, se denomina posicionamiento absoluto. En este tipo de posicionamiento se determinan las coordenadas 3D del receptor directamente en forma de coordenadas X, Y, Z y posteriormente a coordenadas geodésicas o, x, h utilizando como sistema de referencia el elipsoide WGS-84. Este posicionamiento es utilizado para navegación o como un paso previo al posicionamiento relativo de cada estación de la red GPS, ver (Figura No. 12).

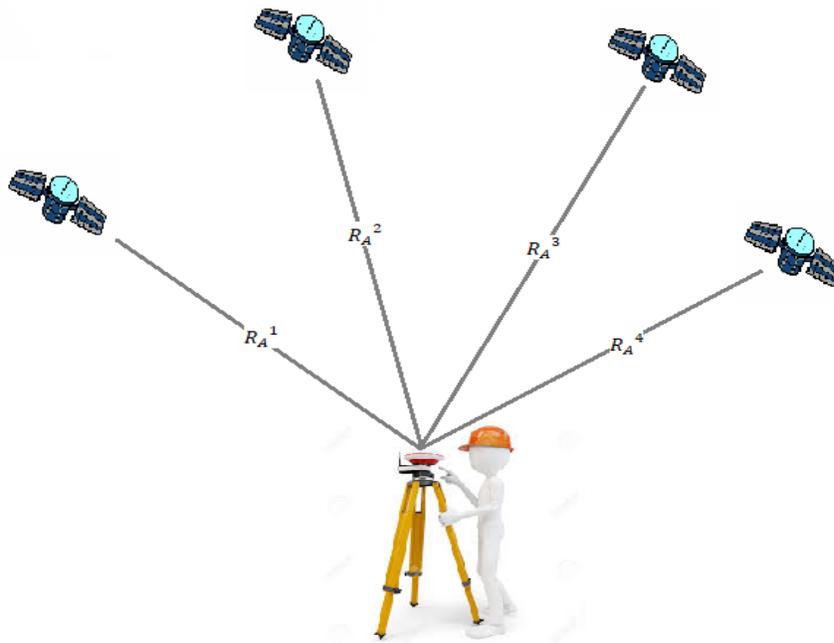


Figura No. 12 - Posicionamiento Absoluto
Fuente. Albireo Topografía y Geomática (2016)

2.3.6.2. Posicionamiento Relativo o Diferencial

El objetivo del posicionamiento relativo consiste en la determinación de las componentes del vector que une dos puntos A y B, donde uno de ellos se establece como fijo, a este vector se le llama base línea o línea base. Las citadas componentes se determinarán, bien en incrementos de coordenadas o en la determinación del azimut, de la distancia relativa y la diferencia de altura. Este posicionamiento puede hacerse tanto con pseudodistancias como con medidas de fase, ver (Figura No. 13). La metodología GNSS

diferencial utiliza dos equipos GNSS trabajando simultáneamente. Cada uno de los equipos se situará en una posición, con la condición de que una de las posiciones sea conocida. De este modo tendremos dos equipos a los que se denominará:

- Estación de referencia. (Inmóvil, en un punto de coordenadas conocidas)
- Móvil o Rover. (En movimiento, en puntos de coordenadas desconocidas)

Con esta metodología se consigue cuantificar algunos errores y corregirlos en tiempo real. En general, el receptor “fijo” GNSS estará en un punto de coordenadas conocidas y sus funciones serán:

- Analizar las señales de todos los satélites visibles.
- Calcular los errores recibidos en la recepción de la señal.
- Calcular los errores de forma individual, por satélite.
- Transmitir esta información al receptor móvil.

El receptor móvil recibe las correcciones y corrige sus observables.

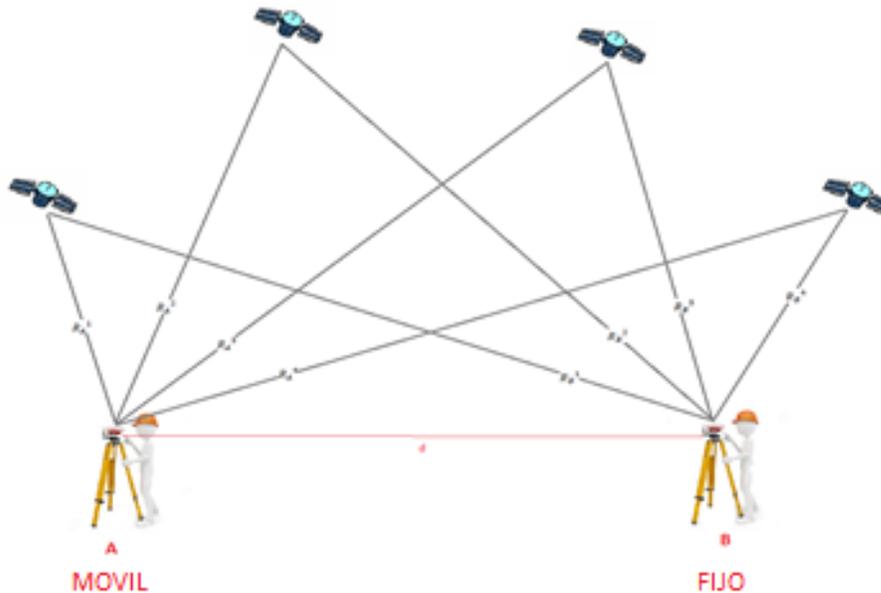


Figura No. 13 - Posicionamiento Relativo o Diferencial
Fuente. Albireo Topografía y Geomática (2016)

Las técnicas más empleadas, sus precisiones, nivel de complejidad y costos dependerán de dos factores:

- Equipo disponible.
- Precisión que se quiere obtener.



Las clasificaciones más tradicionales están en función:

a) Al observable utilizado

- Código y fase (centímetros) Equipo disponible. Con medidas de código.
- Precisión que se quiere obtener. Código (metros).

b) Del movimiento del receptor

- Estático, no se mueve durante la observación (mayor precisión y tiempo).
- Cinemático, se desplaza(n) el o los receptores durante la observación.
- Híbridos, combinación de los anteriores sistemas.

c) Del tipo de solución

- Absoluto, coordenadas de un punto aislado (X, Y, Z).
- Relativo y diferencial (DGPS), coordenadas de punto(s) con respecto a otro(s) (ΔX , ΔY , ΔZ).

d) De la disponibilidad de la solución

- Tiempo Real, cálculo y solución en campo (RTK).
- Post proceso, cálculo y solución en gabinete.

Dependientes del tipo de solución y observable utilizado:

a) Navegación autónoma – Posicionamiento absoluto por código

- Se utiliza un solo receptor, su precisión depende en gran parte del código S/A y la corrección Wide Area Augmentation System (WAAS).
- Proporciona instantáneamente la posición y/o tiempo.
- Los receptores utilizados son pequeñas unidades, portátiles y económicas.
- Hoy en día vienen integrados en celulares y vehículos.
- Es utilizado en navegación terrestre, aérea y marítima, como en algunos deportes

b) Diferencial por código (DGPS)

- Se requiere la corrección de las pseudodistancias.
- Se requiere un mínimo de dos receptores que reciban señales de SVs comunes.
- Proporciona instantáneamente la posición y/o tiempo.



Es utilizado en navegación costera, adquisición de datos para Sistemas de Información Geográfica (SIG), revisión de cartografía a escalas medias (1:10000, 1:25000, 1:50000), agricultura automatizada, control de vehículos, etc.

c) Relativo o Diferencial con código y fase

- Es el que mayor precisión ofrece y es el más utilizado en Geodesia y Topografía.
- Normalmente las soluciones son en post proceso, aunque pueden ser obtenidas en tiempo real (RTK).
- Se requieren conocer las coordenadas de por lo menos una estación utilizada como referencia.
- Se deben recolectar datos de un mínimo de 4 SVs con los receptores participantes en la sesión.

d) Relativo o Diferencial con código y fase, se logra:

- Eliminar el error de reloj de los SVs y receptores.
- Minimizar los retardos atmosféricos.
- Obtener precisiones de $5\text{mm} + 1 \text{ ppm} \times \text{llb}$ con código y fase
- Obtener coordenadas luego de Post proceso, Tiempo Real, Estático o Cinemático.

2.3.6.3. Método Estático

Este fue el primer método en ser desarrollado para levantamientos con GPS. Puede ser utilizado para la medición de líneas bases largas (generalmente 20km -16 millas - o más). Se coloca un receptor en un punto cuyas coordenadas son conocidas con precisión en el sistema de coordenadas WGS84. Este es conocido como el Receptor de Referencia. El otro receptor es colocado en el otro extremo de la línea base y es conocido como el Receptor Móvil (Wikipedia, 2015), Aplicaciones:

- Redes geodésicas Redes fundamentales que sirvan de apoyo a trabajos topográficos.
- Control Geodésico.
- Control de deformaciones y superficies y estructuras.
- En todo tipo de aplicaciones donde se requiera máxima precisión.
- Control de movimientos tectónicos.



Ventajas:

- Más preciso, eficiente y económico que los métodos topográficos tradicionales.
- Sustituye al método clásico de triangulación.

2.3.6.4. Método Estático Rápido

Este método es muy similar al método estático, tanto en el levantamiento como en su procesamiento, solo se puede realizar con equipos GPS de doble frecuencia (con código P). La segunda variante es que el tiempo de posicionamiento varía dependiendo de la línea base que no podrá ser mayor a 10 Km y con un tiempo de observación de 10 a 20 minutos (Wikipedia, 2015), Aplicaciones:

- Levantamientos de control, densificación.
- Sustituye al método clásico.
- Determinación de puntos de control, ingeniería civil, bases de replanteo.
- Levantamiento de detalles y deslindes.
- Cualquier trabajo que requiera la determinación rápida de un elevado número de puntos.
- Apoyos fotogramétricos.

Ventajas:

- Sencillo, rápido y eficiente comparado con los métodos clásicos
- No requiere mantener el contacto con los satélites entre estaciones.
- Se apaga y se lleva al siguiente punto.
- Reducido consumo de energía.
- Ideal para un control local.
- Mediante complejos algoritmos de cálculo resuelve todas las ambigüedades en breve tiempo.

2.3.6.5. Método Cinemático

El método cinemático es el más rápido en los levantamientos con equipo GPS, pero al mismo tiempo el más exigente en cuanto a la colecta de datos y procesamiento, por lo que debe ser extremadamente cuidadoso al realizar el levantamiento, para evitar la



pérdida de la señal de los satélites enganchados. Los tiempos de posicionamiento serán de dos minutos por lo menos (Wikipedia, 2015), Aplicaciones:

- Determinación de la trayectoria de objetos en movimiento.
- Levantamientos de ejes de carreteras y ferrocarriles.
- Medición de perfiles transversales.
- Levantamientos hidrográficos, Batimetría.
- Es muy útil para vuelos fotogramétricos, levantamientos de carreteras y levantamientos hidrográficos.

Ventajas:

- Mediciones continuas rápidas y económicas.
- Debe mantenerse el contacto con los satélites.
- El receptor móvil registra datos a intervalos predeterminados.
- Permite obtener coordenadas de trayectorias.

2.3.6.6. Método Cinemático en Tiempo Real (RTK)

Este método tiene gran utilidad en el replanteo, los equipos requieren estar conectados a un radio MODEM, el cual transmite las correcciones de error que se presentan al captar la señal de los satélites, estos errores son transmitidos por el radio MODEM al rover y este compensa y corrige, realizándose esta simultáneamente, los equipos deben ser capaces de trabajar en esta modalidad y el radio MODEM tiene un alcance de 10 Km. Como máximo además que debe tener línea de vista entre la estación y el rover, por el radio MODEM (Wikipedia, 2015), Funcionamiento:

- Permite obtener coordenadas de puntos luego de un post proceso realizado de forma inmediata a la recepción de datos necesarios
- Este cálculo es realizado por un software adecuado que debe ir en el receptor que se encuentra en la estación de referencia y esta corrección es transmitida vía modem al receptor móvil
- Permiten el proceso de observables de código y fase
- Permite obtener coordenadas con precisiones sub decímetro



Desventajas

- Esta limitado por el alcance del radio modem
- No se tiene acceso a los datos crudos
- Tiene limitaciones en las correcciones atmosféricas

2.3.7. Sistemas de Referencia Geodésico

En primer lugar, se considera necesario hacer notar la diferencia entre sistema de referencia y marco de referencia, que se usaron y se siguen usando como sinónimos y que con la evolución de la tecnología se acercan cada vez más.

- Sistema de Referencia. - Los sistemas de referencia geodésicos definen la forma y dimensión de la Tierra, así como el origen y orientación de los sistemas de coordenadas. Un sistema de referencia está definido por un modelo matemático y un punto fundamental o punto datum.
 - Modelo matemático, es el Elipsoide de Referencia.
 - El punto fundamental o punto datum, es el punto de origen o inicio de coordenadas.

El elipsoide de referencia, define la forma matemática de la Tierra, el punto datum define la posición del elipsoide en relación con el centro de la Tierra, a partir de la cual se densifica en redes de control geodésico, la cual provee un marco de referencia. Un sistema de referencia geodésico es un recurso matemático que permite asignar coordenadas a puntos sobre la superficie terrestre. Deben distinguirse los llamados sistemas locales que utilizan para su definición un elipsoide determinado y un punto datum y los sistemas globales cuyos parámetros están dados por una terna rectangular (X, Y, Z) cuyo origen se encuentra en el geocentro del planeta. Para definir las coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura) cuentan con un elipsoide de revolución asociado. Esta es una definición rigurosa pero abstracta, pues tanto el centro como los ejes son inaccesibles en la práctica.

- Marco de Referencia Geodésico. - Constituyen la materialización del sistema de referencia sobre la superficie terrestre. A los fines prácticos un sistema de



referencia se materializa mediante un conjunto de mojones geodésicos implantados en una región, a los que se le han asignado coordenadas. Es claro que tales coordenadas han surgido de un cierto proceso de medición estando, por tanto, afectadas de errores. Es cierto también que a un mismo sistema de referencia puede corresponderle más de un marco producto de la materialización de dicho sistema en distintas zonas, países o regiones.

2.3.8. Sistema de Referencia Global

Se define como un sistema geocéntrico aquél que especifica una terna de ejes ortogonales cartesianos X, Y, Z centrado en el centro de masas de la Tierra. Estos sistemas terrestres (fijados a la Tierra) tienen el eje X solidario al meridiano origen de las longitudes y el eje Z próximo al eje de rotación, por lo tanto, este sistema “gira” juntamente con la Tierra. Estos sistemas resultan imprescindibles para ubicar puntos ligados al planeta Tierra. A diferencia de los sistemas geodésicos locales, los sistemas geocéntricos son tridimensionales y de alcance global. El concepto de punto datum desaparece, y es reemplazado por el origen y orientación de la terna de referencia.

En el sistema de referencia global, el centro de masas de la Tierra coincide con el centro de gravedad del elipsoide de referencia, por tanto, el origen de coordenadas es el centro de la Tierra, definiendo un sistema tridimensional cartesiano de coordenadas conocido como coordenadas espaciales. El más reciente y ampliamente utilizado es el WGS84 (Sistema Geodésico del Mundo de 1984).

2.3.9. Sistema de Referencia WGS-84

El acrónimo WGS 84 deviene de World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial 1984). Se trata de un sistema de referencia creado por la Agencia de Mapeo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América (Defense Mapping Agency - DMA) para sustentar la cartografía producida en dicha institución y las operaciones del Departamento de Defensa (DoD). Este sistema geodésico estuvo estrechamente ligado al desarrollo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) sirviendo durante mucho tiempo para expresar las posiciones tanto de los puntos terrestres como de los satélites integrantes del segmento espacial (a través de las efemérides transmitidas).



Desde el punto de vista militar, WGS 84 es el sistema oficial aprobado por la Junta de Comandantes en Jefe de los Estados Unidos de América para las operaciones militares en todo el mundo. Casi todo el equipamiento militar actual incluyendo sistemas de navegación y armamentos emplean de algún modo este sistema de referencia mundial. El WGS 84 no es sólo un sistema geocéntrico fijado a la Tierra, Earth Centered, Earth-Fixed (ECEF) de ejes X, Y, Z sino además un sistema de referencia para la forma de la Tierra (elipsoide) y un modelo gravitacional. El WGS 84 se ha popularizado por el uso intensivo de GPS y se han determinado parámetros de transformación para convertir coordenadas a todos los sistemas geodésicos locales y otros sistemas geocéntricos. La DMA llegó a la definición de este sistema después de haber ensayado otros tres anteriores: WGS 60, WGS 66 y WGS 72, este último a partir del sistema satelitario Transit (Transit Doppler Reference Frame - NSWC 9Z - 2) y muy parecido al actual WGS 84, al punto que para pasar de uno al otro sólo es necesario un corrimiento del origen de coordenadas de 4.5 metros, una rotación alrededor del eje Z de 0.814 segundos de arco y una diferencia de factor de escala de -0.6 ppm. El WGS 84 es un Sistema Convencional Terrestre (CTS) tal que:

- El origen de coordenadas X Y Z es el centro de masas de la Tierra,
- El eje Z pasa por el polo convencional terrestre (CTP) definido por el Bureau Internacional de la Hora (BIH) para la época 1984.
- El eje X es la intersección entre el meridiano origen de longitudes definido por el BIH para la época 1984 y el plano del ecuador CTP.
- El eje Y completa con los ejes anteriores una terna derecha de ejes fijos a la Tierra, está en el Ecuador, a 90° al este del eje X.
- El origen de la terna así definida sirve además de centro geométrico del elipsoide WGS-84, y el eje Z es su eje de revolución.
- El semieje mayor (a) del elipsoide 1984 mide 6378137 metros.
- El achatamiento $(a-b) / a$, siendo b el semieje menor, es 1/298.257223563
- Otros parámetros, además de los anteriores, son: constante de gravitación terrestre $GM = 3986005 \times 10^8 \text{m}^3\text{s}^{-2}$ velocidad angular de la Tierra $w = 7292115 \times 10^{-11} \text{rad/seg}$ coeficiente gravitacional de segundo grado normalizado $C20 = -484.16685 \times 10^{-6}$ velocidad de la luz en el vacío $c = 299792458 \text{ m s}^{-1}$



2.3.10. Redes Geodésicas

José Millán (Geodesia y Topografía. Cádiz. JM Ediciones, 2006), define una red geodésica como:

“La figura formada por una constelación de puntos distribuidos con cierta simetría por el territorio, y enlazados entre sí por las visuales correspondientes, proyectada sobre un elipsoide de revolución que se emplea como superficie de referencia”

Esta definición corresponde a la Geodesia clásica; antiguamente, la distribución de los vértices de una red se veía forzada a la geometría y a las limitaciones del instrumental empleado, que requería de inter - visibilidad entre los vértices, por lo que se ubicaban en los lugares más elevados posibles.

Una definición moderna de Redes Geodésicas es la siguiente:

“Es la figura formada por una constelación de puntos, enlazados entre sí que se distribuyen de forma simétrica sobre el territorio y que se proyectan sobre un elipsoide de revolución empleado como superficie de referencia”

La geometría de la red tenía gran importancia para las redes calculadas mediante triangulación y trilateración, este principio aún es válido para las mediciones con GPS, pero no es determinante. (Luis Moreno Jasqui. Guía Práctica del GPS. México. 2011).

2.3.10.1 Sistemas y Marcos de Referencia Internacionales

En 1988 se estableció el servicio del IERS (International Earth Rotation Service) desde el 2003 mantiene la misma sigla, pero se ha renombrado como “International Earth Rotation and Reference System Service” (Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia). El IERS es la organización internacional actual encargada de definir, realizar y promover el sistema de referencia terrestre internacional, así como el marco de referencia terrestre internacional, de acuerdo a la definición adoptada en Viena por la Asamblea General de la UGG en 1991.

El sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS) es un sistema espacial global de referencia que rota junto con la tierra en su movimiento diurno en el espacio.

El Servicio Internacional de la Rotación Terrestre y los Sistemas de Referencia (IERS) son los responsables de proporcionar referencias globales a las comunidades astronómica, geodésica y geofísica y supervisa la realización del ITRS.

2.3.10.2 Sistemas y Marcos de Referencia Regionales

SIRGAS⁷ es una organización sin ánimo de lucro, cuyos objetivos principales se centran en la definición y mantenimiento de un marco de referencia tridimensional geocéntrico para las Américas incluyendo un sistema de referencia vertical asociado al campo de gravedad terrestre. Su definición es idéntica a la del Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS⁸), y su realización es de una densificación regional del Marco Internacional de Referencias Terrestre (ITRF⁹).

SIRGAS provee el soporte necesario para el desarrollo y combinación de todo tipo de actividades prácticas y científicas relacionadas con la determinación precisa de coordenadas, navegación, investigación en geociencias y aplicaciones multidisciplinarias. En particular, SIRGAS se constituye en la capa fundamental de la infraestructura de datos espaciales en la región. La conversión de coordenadas geocéntricas a coordenadas geodésicas, se adelanta utilizando los parámetros del elipsoide GRS-80.

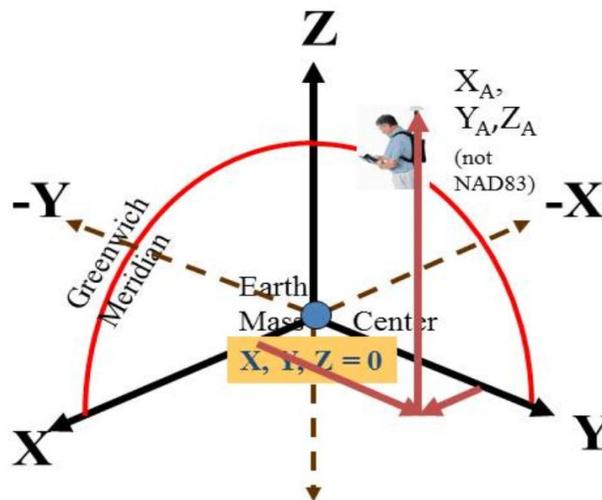


Figura No. 14 - Elipsoide GRS 80, Sistema de Referencia Geodésica 1980
Fuente. Geodesia y Topografía. Cádiz. JM

⁷ SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.

⁸ ITRS: International Terrestrial Reference System - Sistema Internacional de Referencia Terrestre.

⁹ ITRF: International Terrestrial Reference Frame - Marco de Referencia Terrestre Internacional.

2.3.10.3 Marco de Referencia Geodésico Nacional

El Instituto Geográfico Militar (IGM), en su calidad de entidad responsable de las redes de referencia en Bolivia, ha participado activamente en el establecimiento y mantenimiento de SIRGAS. En la campaña SIRGAS95 se ocuparon las estaciones Camiri (CAMI), Clara (CLAR), Huichurata (HUIC), Ollague (OLLA), Riberalta (RIBE) y San Juan de Chiquitos (CHIQ). En la campaña SIRGAS de 2000 se agregaron las estaciones: Entre Rio (ENRI) e Ixiamas (IXIA).

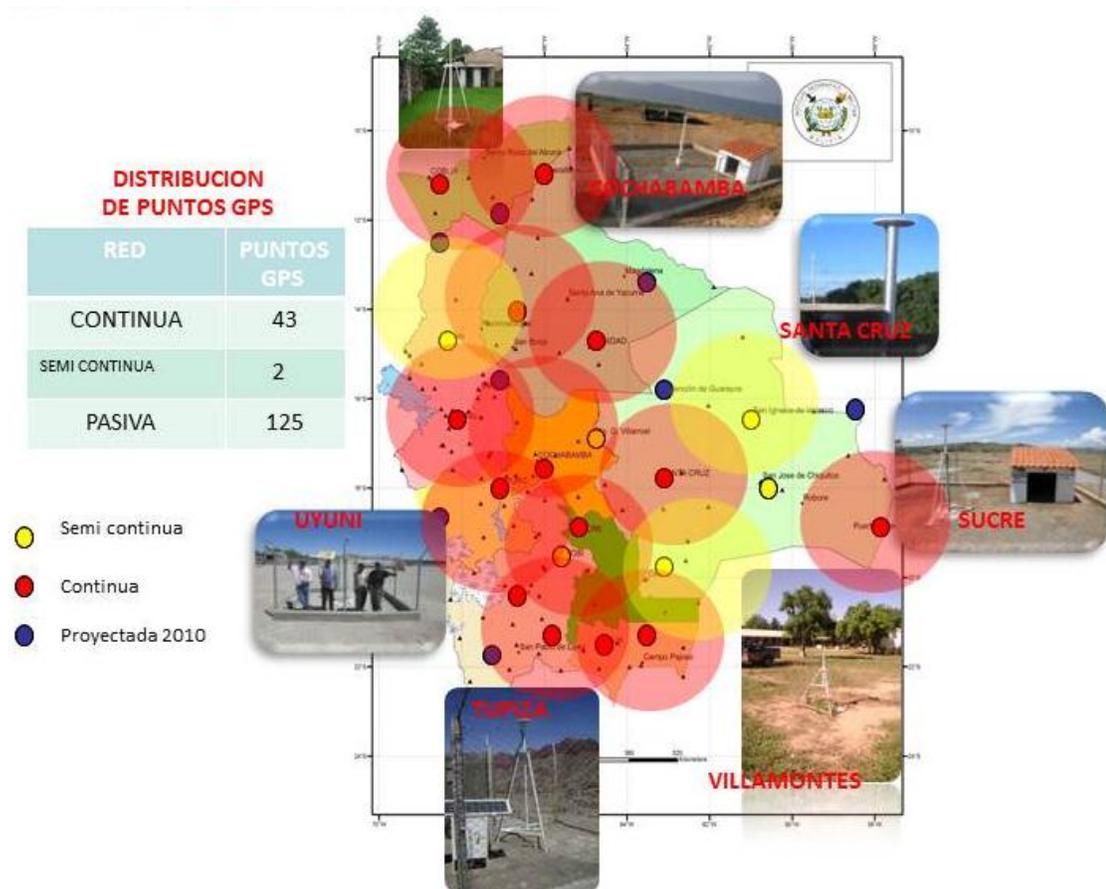


Figura No. 15 - Red MARGEN de Bolivia
Fuente. Instituto Geográfico Militar de Bolivia

Dentro de la red de estación continuas existen receptores de doble frecuencia que colectan datos las 24 horas de los 7 días de la semana y son empleados como estaciones de referencia para aplicaciones Geodésicas, Topográficas, Cartográficas y SIG, ya que las estaciones cuentan con protocolo IP como mecanismo de comunicación.



2.4. Definiciones de la Cartografía

La representación de datos espaciales es el campo de estudio de la Cartografía. A lo largo de la historia, el hombre ha sentido la necesidad de representar la superficie terrestre y los objetos situados sobre ella. El objetivo de los primeros mapas era servir de apoyo a la navegación, indicaban por tanto los rumbos (direcciones) que era necesario seguir para ir de un puerto a otro. La exactitud en la representación de las Tierras emergidas se consideraba accesoria, siendo lo fundamental la exactitud en rumbos y distancias entre puertos. En los inicios del período colonial ya no bastaba con poder llegar a puerto, sino que había que medir distancias y superficies sobre los nuevos territorios para conseguir un mejor dominio de estos. Por otro lado, se hace necesario representar los diversos elementos, recursos y factores ambientales de la superficie terrestre para conseguir una mejor visión de la distribución de los fenómenos naturales y asentamientos humanos sobre la superficie terrestre.

Ya en el siglo XVII, cartógrafos como Mercator demostraron que un sistema de proyección geométrico, junto con un sistema de localización basado en coordenadas cartesianas, es decir basadas en un par de ejes ortogonales (X e Y), formando una cuadrícula, mejoraba la fiabilidad de distancias, áreas o ángulos medidos sobre los mapas. Al finalizar el siglo XVIII, los estados europeos habían alcanzado el grado de organización suficiente como para establecer sociedades geográficas cuyo cometido era representar sobre mapas la superficie terrestre, sus características y los elementos físicos y humanos situados sobre ellas.

Una Proyección Cartográfica es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la Superficie de Referencia (Elipsoide) y los puntos de un plano llamado Plano de proyección. Puesto que cualquier punto del elipsoide está definido por sus coordenadas geográficas latitud y longitud (φ , λ) y cualquier punto del plano lo está por sus coordenadas cartesianas Este Norte (X , Y), existirá una serie infinita de relaciones que ligen (φ , λ) con (X , Y). Cada una de estas infinitas relaciones será un Sistema de Proyección Cartográfico

2.4.1. Proyección Conforme

Conformidad, Cuando un plano de proyección mantiene los ángulos, que forman dos líneas en la superficie terrestre, se dice que la proyección es conforme. Forma, una

proyección es conforme u ortomórfica si se conservan los ángulos relativos alrededor de cada punto. Es ésta por tanto una condición local (infinitesimal). De todas formas, si se representa toda la Tierra es habitual que haya uno o más puntos singulares en los que esta condición no se da. En una proyección conforme las grandes superficies aparecen distorsionadas en la forma, pero los elementos pequeños mantienen su forma. En estas proyecciones la escala Local es isótropa, es decir, el factor de escala cada punto es el mismo en todas las direcciones. El hecho de que los ángulos se conserven localmente hace que el ángulo con el que se cortan dos líneas sea el mismo que en la realidad, y así, por ejemplo, meridianos y paralelos se cortan en ángulo recto. Una proyección no puede ser simultáneamente conforme y equivalente. Las proyecciones conformes son las más usadas en mapas topográficos.

Las proyecciones conformes preservan las formas locales. Las líneas de la grilla sobre el globo forman ángulos perpendiculares. Para preservar los ángulos individuales que describen las relaciones espaciales, una proyección conforme debe presentar una grilla de líneas que se intercepten en ángulos de 90° sobre el mapa. Esto se logra manteniendo todos los ángulos, incluyendo aquellos entre las intersecciones de los arcos. El problema es que el área encerrada por una serie de arcos será distorsionada en el proceso. No existe un sistema de proyección que pueda preservar la forma cuando se trabaja con grandes regiones.

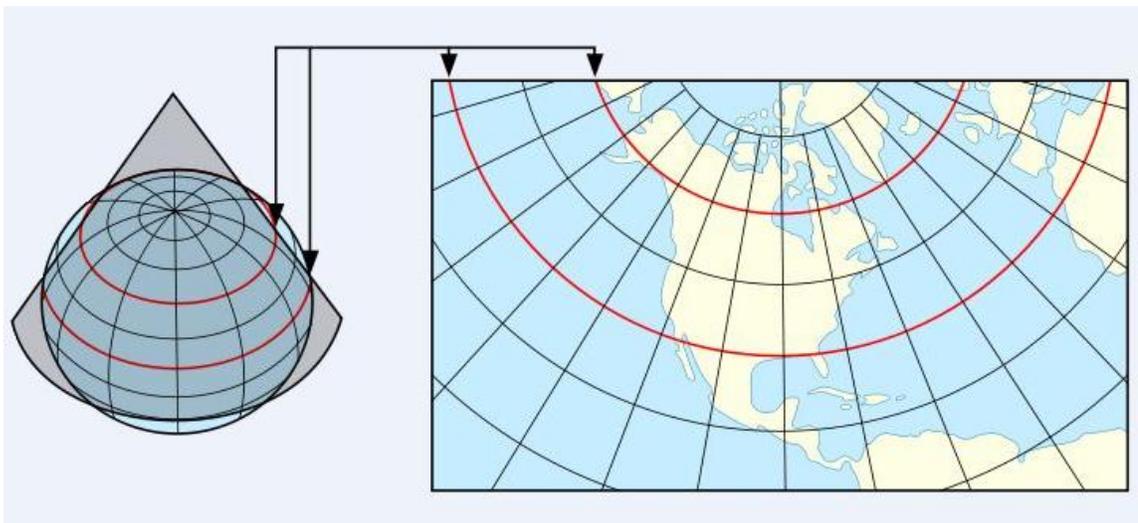


Figura No. 16 - Proyección cónica conforme
Fuente. Enciclopedia Libre Wikipedia

2.4.2. Proyecciones Cilíndricas

Las proyecciones cilíndricas también pueden tener una línea de tangencia o dos líneas secantes alrededor del globo. La proyección de Mercator es una de las proyecciones cilíndricas más comunes, y el Ecuador es usualmente su línea de tangencia. Los meridianos son proyectados geoméricamente en la superficie del cilindro, produciendo un ángulo de 90° en las intersecciones con los paralelos. El cilindro puede ser “cortado” a lo largo de un meridiano, y abierto, para producir la proyección cilíndrica final. Los meridianos están equidistantes, mientras que el distanciamiento entre los paralelos disminuye hacia los polos. Esta proyección es de tipo conforme y representa direcciones verdaderas a lo largo de líneas rectas.

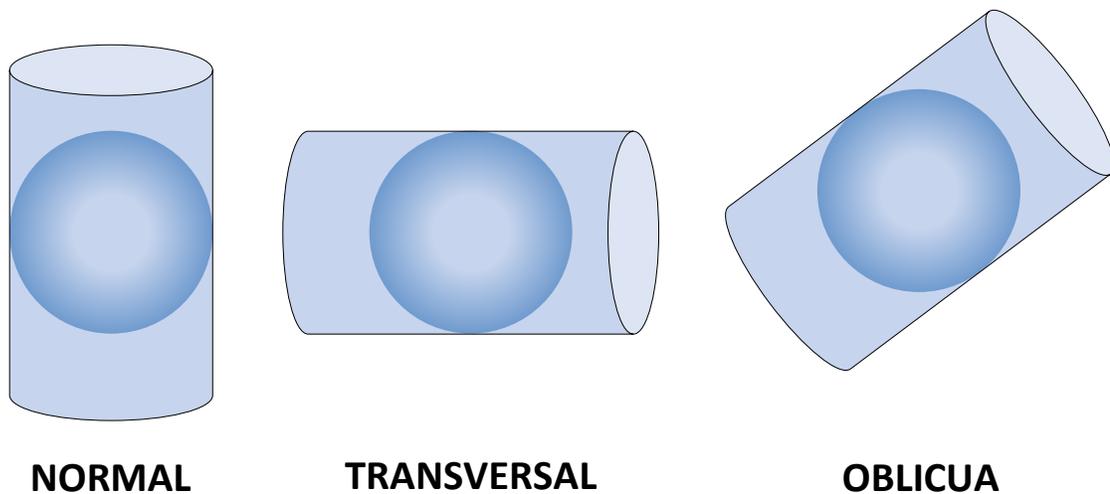


Figura No. 17 - Proyecciones Cilíndricas
Fuente. Enciclopedia Libre Wikipedia

2.4.3. Proyección Cartográfica de Mercator

Una proyección cartográfica es la correspondencia matemática biunívoca entre los puntos localizados en la superficie de una esfera, elipsoide u otro cuerpo geométrico de referencia y sus transformados en un plano de proyección, como la superficie es un elipsoide del cual se proyectan al plano estas sufren deformaciones como ser lineal, angular y superficial. La Proyección Cartográfica de Mercator, introducida en 1569 por el geógrafo Flamenco Gerardus Mercator, se concibe como desarrollo cilíndrico a lo largo del ecuador. Los meridianos están representados por rectas verticales equidistantes los

paralelos por rectas horizontales cuanto más lejos está el Ecuador más exagerado están las distancias¹⁰.



Figura No. 18 - Gerardo Mercator
Fuente. Enciclopedia Larousse

Gerardo Mercator o Gerardus Mercator (5 de marzo, 1512 -2 de diciembre, 1594) fue un cartógrafo Belga, recordado por su proyección de Mercator. Nació con el nombre Gerard de Cremere (o Kremer) en Rupelmonde, Flandes. "Mercator" es la latinización de su nombre, que significa "mercader". Recibió su educación formal del humanista Macropedius en Bolduque y en la Universidad de Leuven. Aunque nunca viajó mucho, desarrolló siendo joven un interés en la geografía como un medio de ganarse la vida. Mientras vivió en Leuven trabajó junto a Gemma Frisius y Gaspar Myrica entre 1535 y 1536 en la construcción de un globo terráqueo. Posteriormente, Mercator publicó un mapa de Palestina (en 1537), un planisferio (en 1538) y un mapa de Flandes en 1540. A lo largo de estos años, aprendió a escribir en itálica, un tipo de letra más adecuado para los grabados en cobre de los mapas.

¹⁰ Fuente Enciclopedia LAROUSSE, ilustrada Tomo 6,

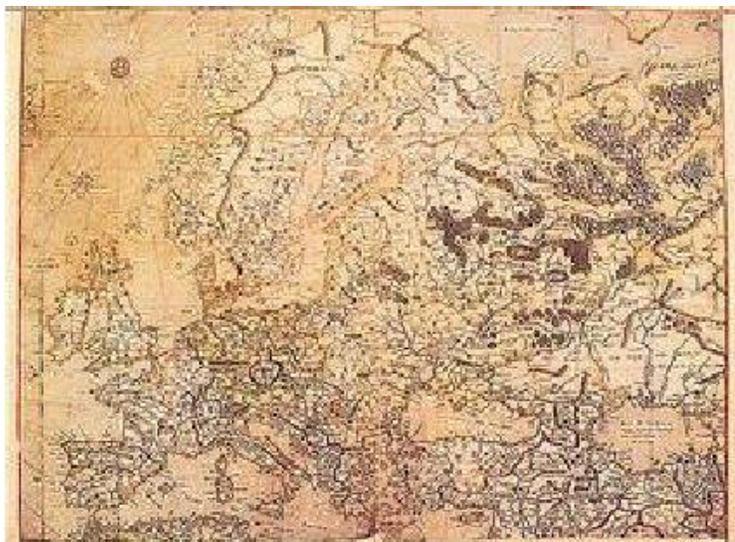


Figura No. 19 - Mapa de Europa realizado por Gerardo Mercator
Fuente. Enciclopedia Larousse

En 1544 es acusado de hereje y pasa en prisión siete meses. En 1552, se traslada a Duisburgo donde abre un taller de cartografía. Trabajó en la realización de un mapa, compuesto por seis paneles, de Europa que completó en 1554, y también se dedicó a enseñar matemática. Realizó algunos otros mapas y, finalmente, fue nombrado cosmógrafo de la corte por el duque Wilhelm de Cléveris, en 1564. Durante estos años, concibió la idea de una nueva proyección para su uso en los mapas, que usó por primera vez en 1569; lo novedoso era que las líneas de longitud eran paralelas, lo cual facilitaba la navegación por mar al poderse marcar las direcciones de las brújulas en líneas rectas.

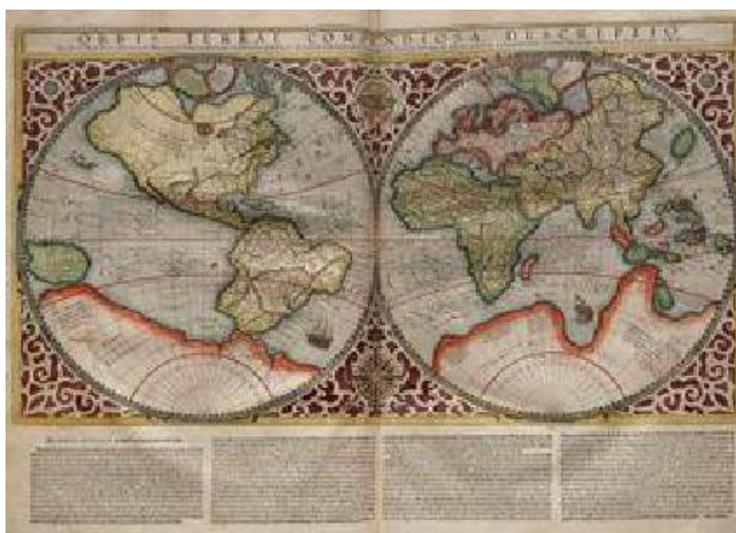


Figura No. 20 - Planisferio de Rumold Mercator, realizado en 1587
Fuente. Enciclopedia Larousse



Fue uno de los primeros en utilizar la palabra atlas para designar a un conjunto de mapas, y estimuló a Abraham Ortelius a hacer el primer atlas moderno, *Theatrum Orbis Terrarum* en 1570. Posteriormente Mercator produciría su propio atlas en varios tomos, el primero de los cuales fue publicado en 1578 y consistía en una versión corregida de los mapas de Ptolomeo, aunque esta edición también incluía algunos errores propios de Mercator. En 1585, se publicaron mapas de Francia, Alemania y Holanda, y en 1588 se agregaron mapas de los Balcanes y Grecia. Su hijo, Rumold Mercator, una vez muerto su padre, concluiría la obra publicando más mapas en 1595.¹¹

2.4.4. Proyecciones Cilíndricas de Mercator

Las proyecciones cilíndricas se basan en el artificio de circunscribir un cilindro alrededor de la esfera terrestre. Este cilindro es tangente a la esfera a lo largo de un círculo máximo. Cuando desarrollamos el cilindro cortándolo a lo largo de una de sus generatrices, se transforma en un rectángulo, uno de cuyos lados es la longitud del círculo máximo terrestre ($2\pi R$). En todas las proyecciones de este grupo, los paralelos son líneas rectas, cuya longitud es la misma que la del Ecuador, mientras que los meridianos son también líneas rectas paralelas separados entre sí una longitud que es correcta solamente en el Ecuador. Paralelos y meridianos se cortan entre sí ortogonalmente.

Como un claro ejemplo de esta proyección se muestra el desarrollo de todo el globo terráqueo en la proyección Mercator. Utilizado para la representación del planisferio de la Tierra Las variaciones de tipos de proyecciones Mercator según la posición del cilindro, se las pueden clasificar en las siguientes:

- Normal, El eje de la figura coincide con el de la esfera.
- Oblicua. El eje de la figura está comprendido entre 0 y 90.
- Transversal. El eje de la figura es perpendicular al de la esfera.

2.4.5. Proyección Transversal de Mercator

Esta proyección fue concebida inicialmente por el científico Alemán Johann Heinrich Lambert en 1772, pero su desarrollo analítico se adjudica a Carl Friederich Gauss. Es

¹¹ Fuente Enciclopedia libre Wikipedia.



rigurosamente conforme, por lo que los meridianos y paralelos se interceptan en ángulo recto manteniendo así las formas de los elementos representados.

Cilíndrica de zona uniforme. - Es la transversal de la proyección Cilíndrica de zona uniforme normal, que fue propuesta por Lambert en 1772. El meridiano central es una línea recta. Los meridianos situados a 90 grados del meridiano central son también líneas rectas. El Ecuador es una línea recta. El resto de los paralelos y los meridianos son curvas complejas. La longitud de la escala verdadera es el meridiano central o de las dos líneas de longitud espaciadas uniformemente del meridiano central. El área no se distorsiona en ninguna parte de esta proyección. Una forma didáctica de graficarlo es mediante la utilización de un cilindro transversal al eje de rotación y que envuelve al elipsoide terrestre. Para cubrir todo el elipsoide se utilizan numerosos cilindros transversales lo que deriva en que cada cilindro tiene un campo específico de acción llamado "huso", el que está definido por un meridiano central al cual pertenece y por un ancho de huso expresado en grados de desarrollo longitudinal, en estricto rigor, se trata entonces de un sistema de proyecciones que cubre el elipsoide y que dada la posición de cada cilindro, se hace recomendable para territorios donde predomine la extensión Norte - Sur, las distorsiones en sentido Este-Oeste son mayores que en sentido Norte-Sur. Como todos los usos del sistema de proyección tienen igual ancho, analíticamente todos se definen de igual manera. Así, las funciones matemáticas para efectuar todo tipo de cálculos son idénticas en cada huso.

Por definición este sistema proyectivo tiene un campo de escala definido por un error máximo, esto significa que los límites del huso estarán dados mientras el error asociado no exceda cierta norma. El meridiano central de cada huso, posee la particularidad de ser el único representado por una línea recta y poseer igual valor de escala en todo su largo y los valores X de la proyección tienen como origen dicho meridiano.

Alrededor del mundo, son numerosos los ejemplos de la utilización de proyecciones TM con diferentes parámetros que los países del mundo han adoptado para normar la representación de su territorio siendo las más utilizadas:

- Proyección Universal Transversa de Mercator (U.T.M.)
- Proyección Gauss Krüger
- Local Transversa de Mercator



2.4.6. Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)

La proyección UTM se emplea habitualmente dada la importancia militar y sobre todo, debido a que el servicio de Defensa de Estados Unidos los estandarizó para su empleo mundial en la década de 1940, y fue creada para homogenizar la representación cartográfica de países vinculados a los esfuerzos militares de ese país.

La proyección UTM está dentro de las llamadas proyecciones cilíndricas, por emplear un cilindro en una determinada posición espacial para proyectar las situaciones geográficas. Es un sistema poli cilíndrico que abarca la totalidad del elipsoide en sentido longitudinal y desde los 80° S a los 84° N en sentido latitudinal. Para controlar las deformaciones producidas al alejarse del meridiano central, esta proyección está formada por 60 husos de 6° de ancho cada uno. Asociado a un elipsoide de referencia, y los husos se orientan desde los 180° W aumentando hacia el Oeste, de tal manera que el meridiano de Greenwich corresponde al borde o separación de los husos 30 y 31.

Si proyectamos el total del mundo en un plano, se observa que la distancia entre los paralelos aumenta a medida que se alejan de la línea del Ecuador hacia los polos, debido a ello la representación cartográfica presenta cerca de los polos una distorsión excesiva, razón por la cual recientemente la UGGI (Unión Geodésica y Geofísica Internacional), dispuso que cada una de las 60 zonas debían acotar su latitud a 84 grados de latitud norte (latitud 84° N) y 80 grados de latitud sur (latitud 80° S).

Como una forma de reducir las deformaciones producidas en los bordes de cada huso, (lugar geométrico en que el plano de proyección está más alejado del elipsoide) el meridiano central no es equidistante ($k_0 = 0.9996$), de manera que el cilindro que representa al plano cartográfico es secante al elipsoide. Así, los factores de deformación de escala “k” tienen un valor mínimo de $k = 0.9996$ en el meridiano central, nulo a lo largo de una línea cóncava hacia el meridiano central que dista unos 180 Km de él ($k = 1$) y un valor máximo de $k = 1.001$ en el borde del Huso.

Para evitar que la distorsión de las magnitudes aumente lineales aumenta conforme que se aumente la distancia al meridiano central se aplica un factor de proyección k, a las distancias $k=0.9996$, de modo que la posición del cilindro de proyección sea secante al elipsoide, creándose dos líneas en las que el módulo de anamorfosis lineal sea la unidad.

La transformación geométrica creada con la proyección hace que únicamente dos líneas se consideran “rectas”, (en la misma dirección de meridianos y paralelos); el meridiano central del huso y paralelo 0° (Ecuador), en los que ambos coinciden con el meridiano geográfico y paralelo principal (Ecuador).

El meridiano central, por lo tanto, se encuentra orientado en la dirección del norte geográfico y el paralelo 0° se encuentra orientado en rumbo 90°-180°, dirección Este (E) y oeste (W).

El factor de escala aumenta en mayor magnitud conforme aumenta la distancia al meridiano central. Esta distorsión lineal presenta un mínimo de un -0.04% a un máximo de +0.096%.

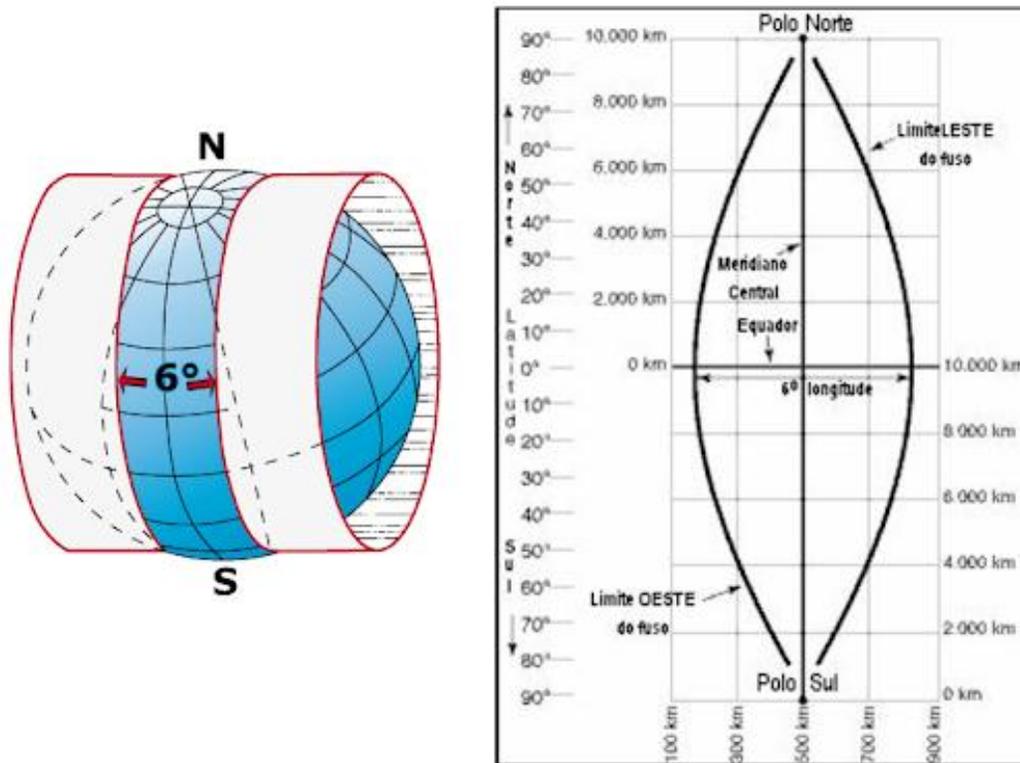


Figura No. 21 - Descripción de una zona de la proyección U.T.M.
Fuente. Enciclopedia Libre Wikipedia



CAPÍTULO III METODOLOGÍA DEL PROYECTO

3.1. Metodología Empleada

La realización del estudio topográfico del presente proyecto, está enmarcada en una metodología de trabajo que es desarrollada por etapas, donde, cada uno de los trabajos son realizados por diferentes métodos técnicos, esencialmente para el control horizontal, el control vertical y el levantamiento topográfico. Particularmente los métodos empleados que se verán más adelante, están relacionados a los requerimientos de la entidad encargada de la administración y fiscalización del proyecto, la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

A partir de ello, la metodología empleada en la ejecución del trabajo de estudio topográfico del tramo carretero San Borja - San Ignacio de Moxos, sigue una línea de procesos, ver (Figura No. 22), estos procesos se resumen en cuatro etapas importantes: el Establecimiento del Control Horizontal, el Establecimiento del Control Vertical, la Mensura Topográfica y por último la Generación del Modelo Digital de Terreno.

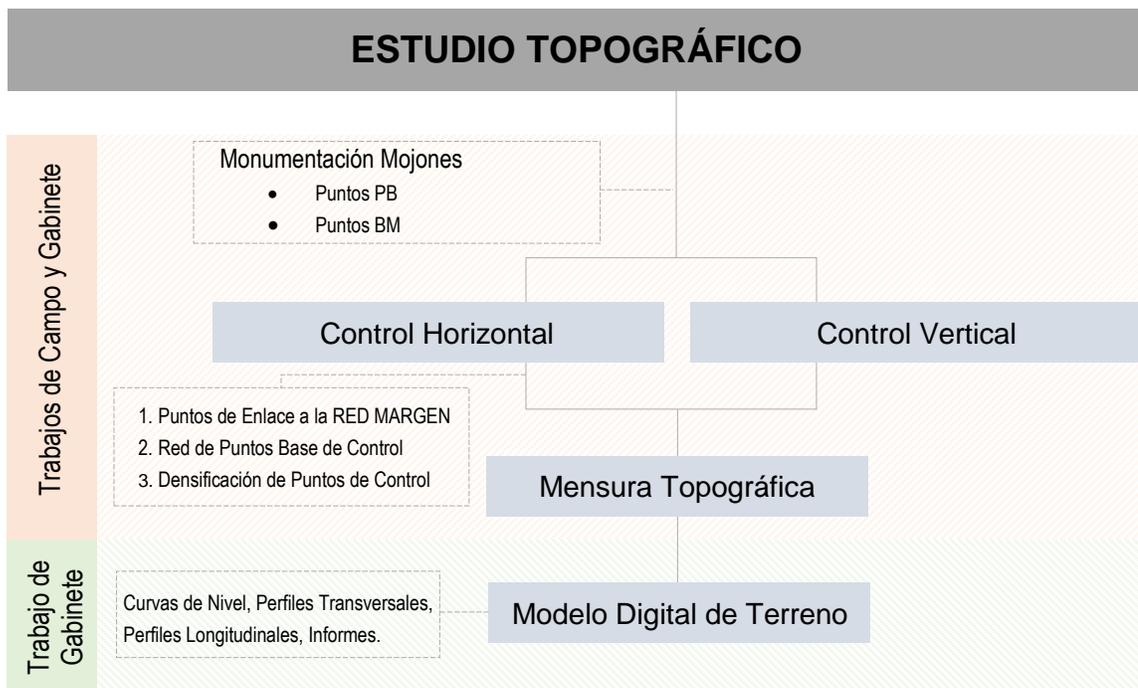


Figura No. 22 - Etapas para el desarrollo del estudio topográfico
Fuente. Elaboración propia



La ejecución de la primera etapa del presente proyecto, procede de acuerdo al siguiente flujograma, ver (Figura No. 23), que detalla la metodología empleada en los trabajos realizados para el establecimiento de los puntos de control horizontal.

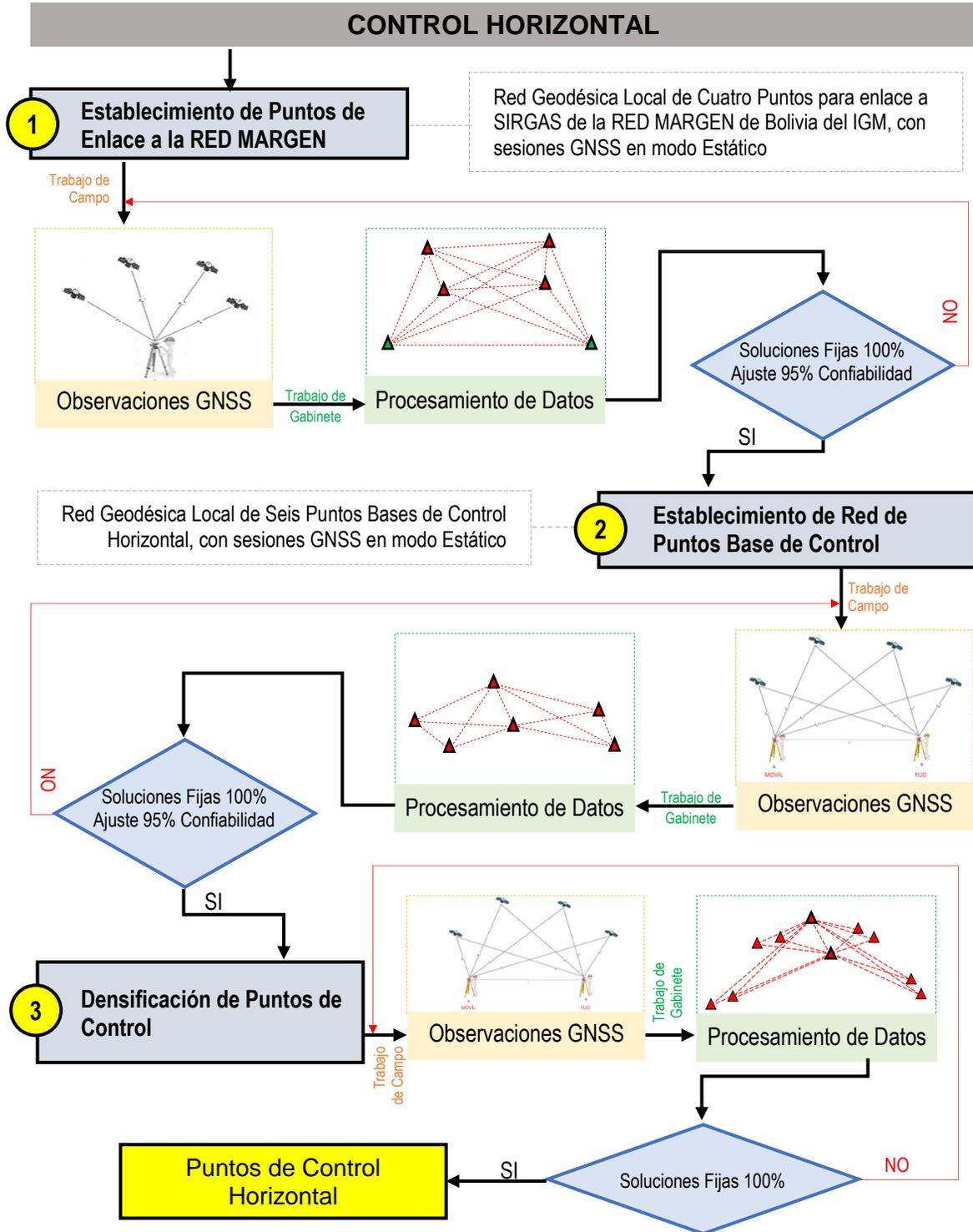


Figura No. 23 - Flujograma metodológico del establecimiento de puntos de control
 Fuente. Elaboración propia

Con respecto a la siguiente etapa, los métodos de trabajo son de acuerdo al siguiente flujograma, ver (Figura No. 24), que detalla el establecimiento del control vertical.

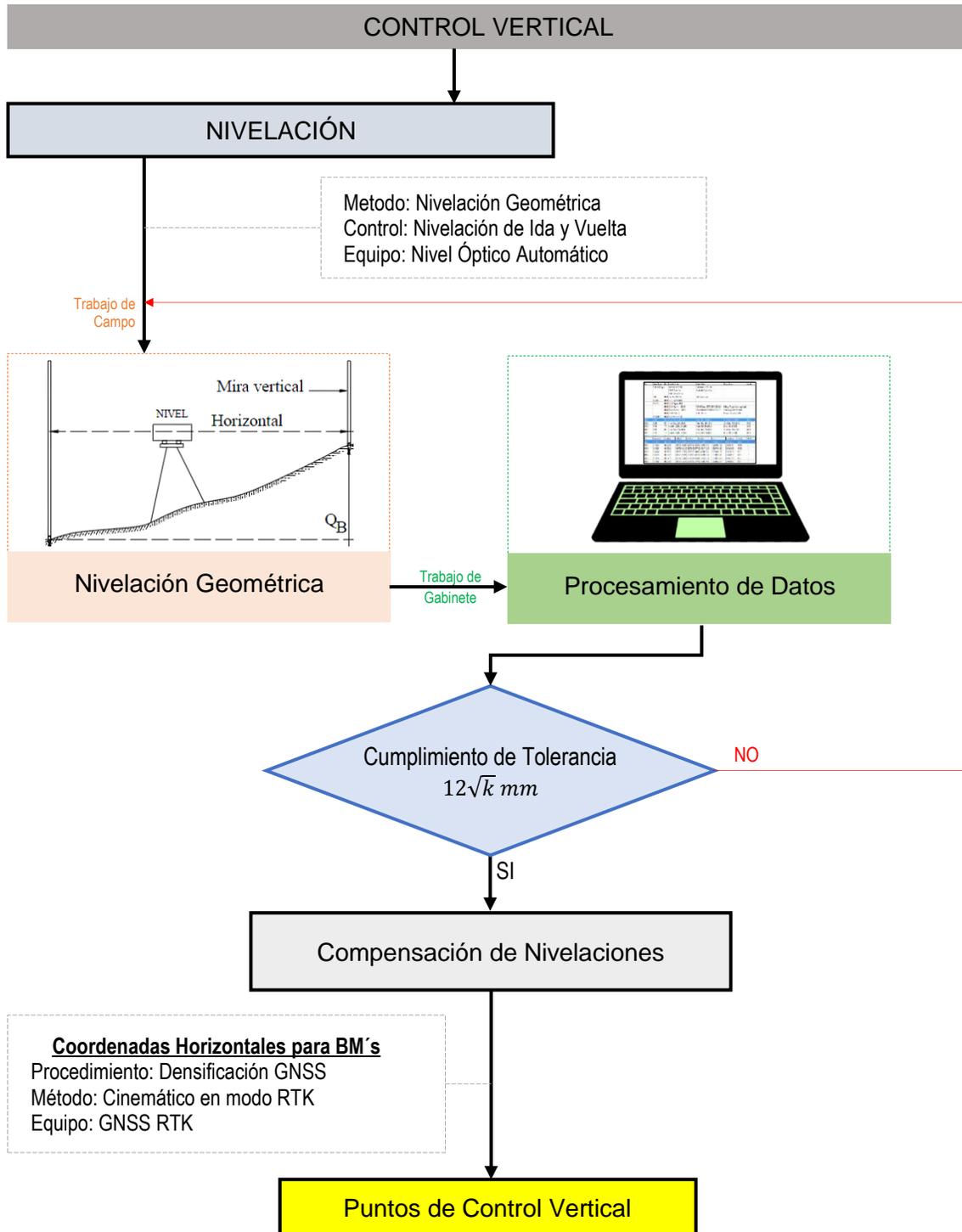


Figura No. 24 - Flujograma metodológico del establecimiento de BM's
Fuente. Elaboración propia

Con relación a la etapa posterior, el levantamiento topográfico está definido de acuerdo al siguiente flujograma, ver (Figura No. 25).

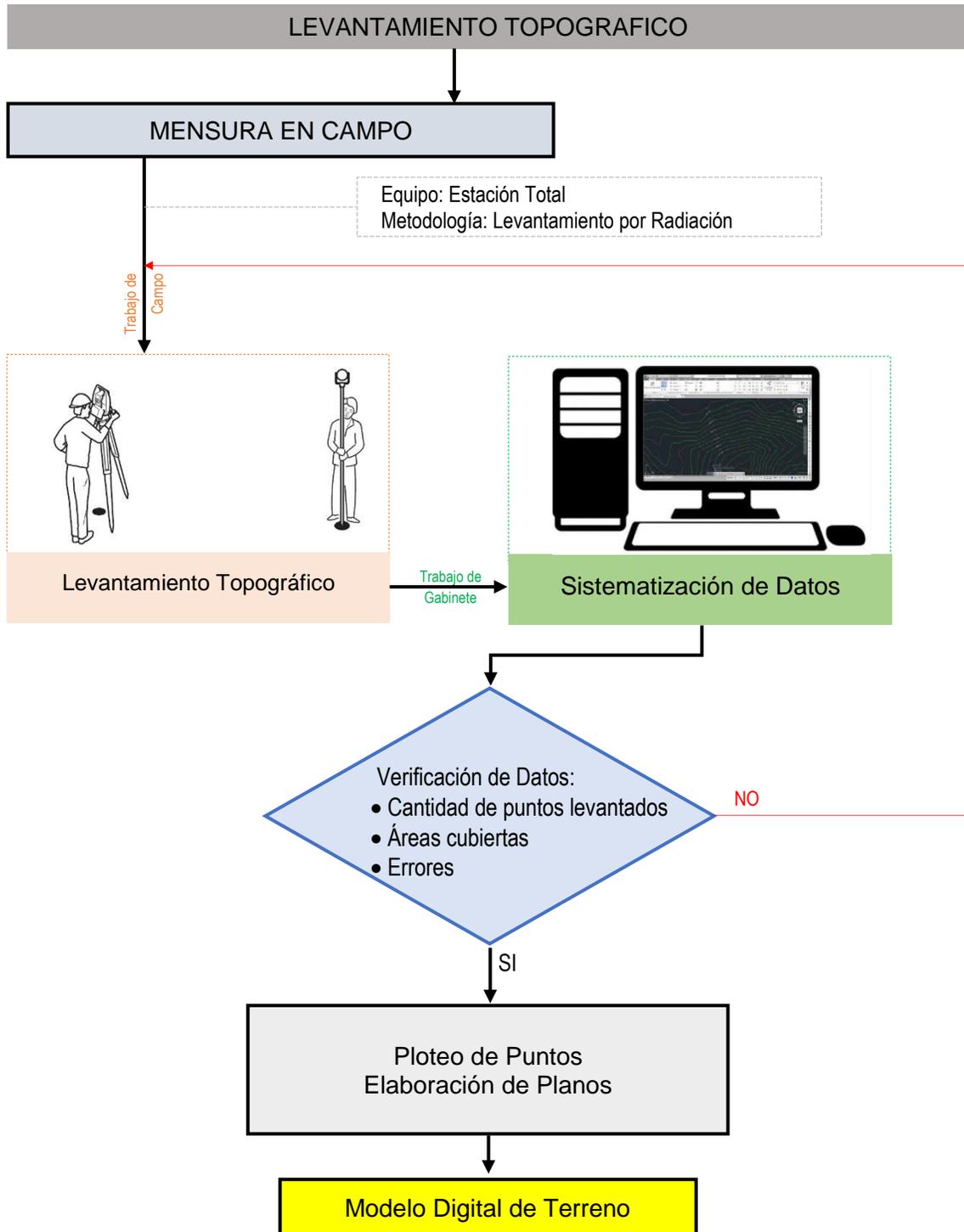


Figura No. 25 - Flujograma metodológico del levantamiento topográfico
Fuente. Elaboración propia



3.2. Personal

Teniendo en cuenta la metodología de trabajo empleada en el presente proyecto, el personal de trabajo es organizado de acuerdo a las diferentes etapas del proyecto en general.

- **Personal para Monumentación de Mojonés**

Para los trabajos de monumentación de más de 300 mojones en campo, fue designado el siguiente personal:

Personal	Cantidad	Función
Topógrafo Geodesta	1	Planificación y coordinación del establecimiento de mojones del proyecto en general
Obrero	8	Construcción e identificación de mojones en campo
Peón	8	Apoyo en la construcción e identificación de mojones en campo
Conductor	1	Movilización y transporte de personal

Tabla No. 1 - Personal de trabajo para monumentación de mojones
Fuente. Elaboración propia

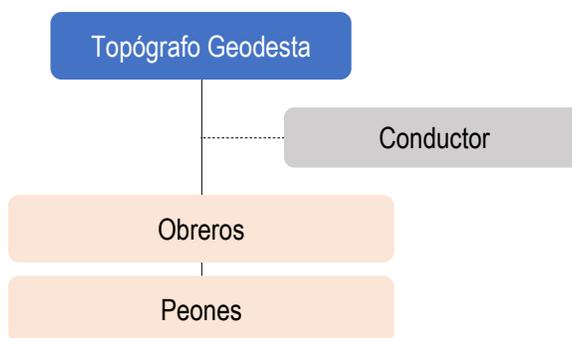


Figura No. 26 - Diagrama de organización de personal para monumentación
Fuente. Elaboración propia

- **Personal para Establecimiento de Puntos de Control Horizontal**

El establecimiento de puntos de control posee diferentes trabajos de acuerdo a la metodología establecida anteriormente, para las observaciones GNSS de más de 130 puntos de control, fue designado el siguiente personal:



Personal	Cantidad	Función
Topógrafo Geodesta	1	Planificación y coordinación de sesiones GNSS (Red Geodésica Local, Puntos Bases y Puntos de Control), y proceso de ajuste de datos GNSS
Técnico	4	Operadores de campo para observaciones GNSS
Conductor	1	Movilización y transporte de personal

Tabla No. 2 - Personal de trabajo para puntos de control horizontal
 Fuente. Elaboración propia

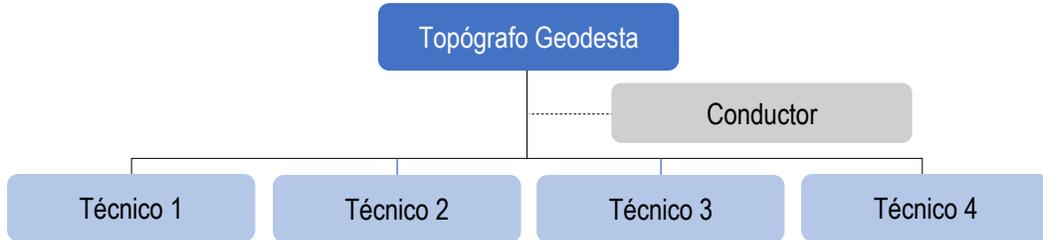


Figura No. 27 - Diagrama de organización de personal para control horizontal
 Fuente. Elaboración propia

• **Personal para Establecimiento de Puntos de Control Vertical**

Con relación a la metodología señalada para el establecimiento de más de 300 puntos de control (BM`s y Puntos GNSS), fue designado el siguiente personal:

Personal	Cantidad	Función
Topógrafo Geodesta	4	Nivelación geométrica y proceso de datos de todos los puntos de control vertical
Alarife	8	Auxiliares de campo para nivelaciones geométricas
Conductor	1	Movilización y transporte de personal

Tabla No. 3 - Personal de trabajo para puntos de control vertical
 Fuente. Elaboración propia

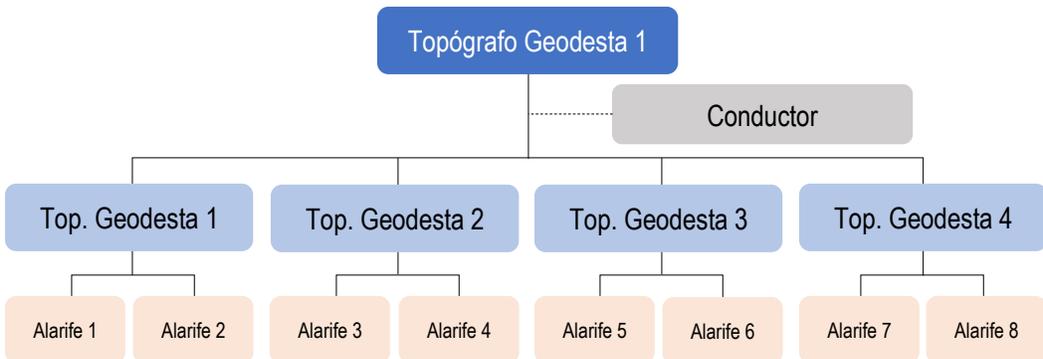


Figura No. 28 - Diagrama de organización de personal para control horizontal
 Fuente. Elaboración propia



- **Personal para Levantamiento Topográfico**

En cuanto al levantamiento topográfico se organizan brigadas, donde fue designado el siguiente personal:

Personal	Cantidad	Función
Topógrafo Geodesta	4	Levantamiento topográfico en campo y proceso de datos en gabinete
Alarife	12	Auxiliares de campo para levantamiento topográfico
Conductor	1	Movilización y transporte de personal

Tabla No. 4 - Personal de trabajo para puntos de control vertical
 Fuente. Elaboración propia

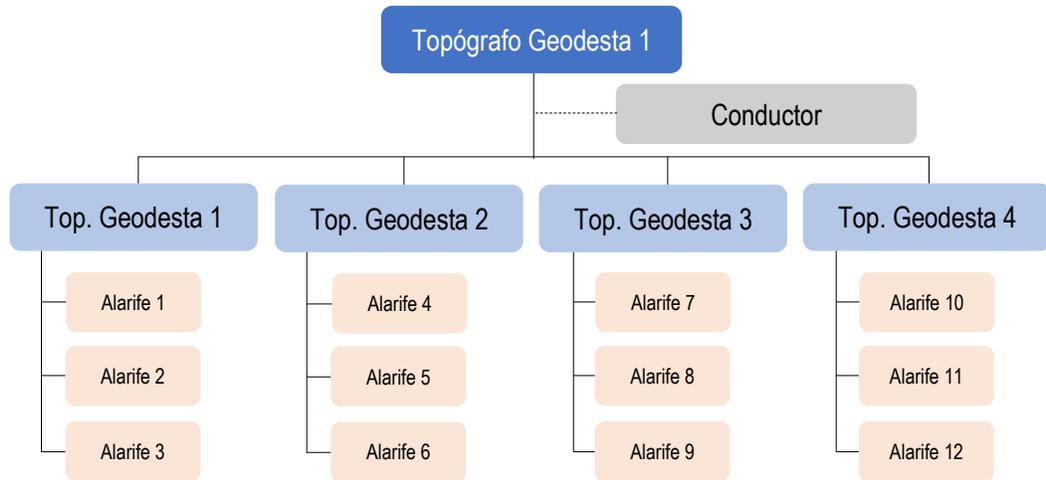


Figura No. 29 - Diagrama de organización de personal para levantamiento topográfico
 Fuente. Elaboración propia

- **Personal para Trabajos de Gabinete**

Para los trabajos de gabinete, fue designado el siguiente personal:

Personal	Cantidad	Función
Topógrafo Geodesta	1	Elaboración del Modelo Digital de Terreno
Técnico Auxiliar	1	Colaboración en trabajos de gabinete

Tabla No. 5 - Personal de trabajo para monumentación de mojones
 Fuente. Elaboración propia

La participación del personal es imprescindible para el actual proyecto, así mismo la organización, es por ello que todas las actividades tanto de campo como de gabinete están de acuerdo a un cronograma de actividades del proyecto en general, ver anexo A.



3.3. Materiales, Herramientas y Equipos

Durante el desarrollo de todas las actividades de campo y gabinete del presente proyecto, se emplean diferentes utillajes técnicos en diferentes etapas de dicho proyecto que son descritos a continuación:

- **Materiales**

Material	Descripción
Cemento	Materiales para la construcción de mojones de puntos de control horizontales y verticales, además de su señalización de identificación respectiva.
Arena	
Bulones	
Pintura	
Brochas	
Utillajes de construcción	
Tableros y Libretas	Materiales de escritorio para los diferentes tipos de apuntes necesarios durante el desarrollo del proyecto en campo y gabinete.
Hojas de papel	
Marcadores	
Carpetas	

Tabla No. 6 - Materiales empleados en proyecto
 Fuente. Elaboración propia

- **Herramientas**

Herramienta / Software	Descripción
AutoCAD 3D Civil 2016	Elaboración de Modelo Digital de Terreno
Leica GeoOffice	Transferencia y Gestión de datos de Estación Total (Leica)
Google Earth	Imágenes de referencias geográfica
SASPlanet	Descarga de Imágenes Satelitales
Trimble Business Center	Postproceso GNSS
Trimble Business Center	Cálculo de Factor Combinado
Instar South	Transferencia y conversión a Rinex de datos GNSS
Sokkia Link	Transferencia y Gestión de datos de Estación Total (Sokkia)
Microsoft Office Word	Gestión de Información
Microsoft Office Excel	Gestión de libreta de cálculos

Tabla No. 7 - Herramientas empleados en proyecto
 Fuente. Elaboración propia

- **Equipos**

Equipos Topográficos:

Estación Total	
Marca	Leica
Modelo	TS06
Cantidad	2
Detalles	
<ul style="list-style-type: none"> • TELESCOPIO <ul style="list-style-type: none"> - Aumento Óptico: 30X - Campo Visual: 1°20 - Distancia Mínima de Enfoque: 1.30 m. • MEDICIÓN DE DISTANCIAS <ul style="list-style-type: none"> - Sin Prisma: 1000 m. - Con Un Prisma: 3500 m. • MEDICIÓN DE ANGULO <ul style="list-style-type: none"> - Precisión Angular: 2" 	
	
Estación Total	
Marca	Sokkia
Modelo	CX105
Cantidad	2
Detalles	
<ul style="list-style-type: none"> • TELESCOPIO <ul style="list-style-type: none"> - Aumento Óptico: 30X - Campo Visual: 1°20 - Distancia Mínima de Enfoque: 1.30 m. • MEDICIÓN DE DISTANCIAS <ul style="list-style-type: none"> - Sin Prisma: 1500 m. - Con Un Prisma: 5000 m. • MEDICIÓN DE ANGULO <ul style="list-style-type: none"> - Precisión Angular: 2" 	
	
Otros	
Accesorios de campo	Trípodes, Jalones y Prismas

Tabla No. 8 - Equipos topográficos
 Fuente. Elaboración propia

Equipos GNSS:

Receptor GNSS / RTK		
Marca	South	
Modelo	S86	
Cantidad	2	
Detalles		
<ul style="list-style-type: none"> • Doble Frecuencia L1 L2 • Precisión en modo estático Hz: 3mm + 0.5 ppm • Precisión en modo estático Vertical 5mm+0.5ppm 		
Receptor GPS		
Marca	South	
Modelo	Star S68	
Cantidad	1	
Detalles		
<ul style="list-style-type: none"> • Simple Frecuencia L1 • Precisión en modo estático Hz: 3mm + 1 ppm • Precisión en modo estático Vertical 5mm + 1 ppm 		
Receptor GNSS		
Marca	South	
Modelo	S82	
Cantidad	1	
Detalles		
<ul style="list-style-type: none"> • Doble Frecuencia L1 L2 • Precisión en modo estático Hz: 3mm + 0.5 ppm • Precisión en modo estático Vertical 5mm+0.5ppm 		
Receptor GNSS / RTK		
Marca	South	
Modelo	Galaxy G6	
Cantidad	2	
Detalles		
<ul style="list-style-type: none"> • Triple Frecuencia L1 L2 L5 • Precisión en modo estático Hz: 2mm + 1 ppm • Precisión en modo estático Vertical 4mm+1ppm 		
Otros		
Accesorios de campo	Trípodes, Bases Nivelantes, Baterías Externas	

Tabla No. 9 - Equipos GNSS empelados en proyecto
 Fuente. Elaboración propia

Equipos Topográficos de Nivelación:

Nivel Automático			
Marca	Sokkia		
Modelo	B20		
Cantidad	3		
Detalles			
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento: 32x • Precisión: +/- 0.7 mm / km • Circulo Horizontal de 360 grados 			
Nivel Automático			
Marca	Foif		
Modelo	DSZ2		
Cantidad	1		
Detalles		<p style="text-align: center;">Otros</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento: 32x • Precisión: +/- 0.7 mm + 1.5 ppm • Nivel esférico: 8`/2mm 			
Accesorios de campo	Trípodes, Miras de nivelación, Ganchos de Giro (Sapos).		

Tabla No. 10 - Equipos de nivelación topográfica

Fuente. Elaboración propia

Otros Equipos:

Vehículo de Transporte	Toyota / Hilux	
Equipo de Computación	Laptop Toshiba	
GPS Navegador	Garmin eTrex 10	
Handy de Comunicación	Motorola MOD MH230	

Tabla No. 11 - Otros equipos empleados en proyecto

Fuente. Elaboración propia



3.4. Cronograma de Actividades

El calendario donde se establece los tiempos en los que se desarrolla el proyecto, es parte fundamental de la planificación donde un cronograma de actividades es una herramienta gráfica de gran ayuda para el avance del proyecto, el cronograma permite visualizar los tiempos (días / meses), tareas y fases del proyecto a nivel general, para el ello el diagrama de Gantt es una herramienta para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado. Dentro del cronograma de actividades del proyecto se definen los siguientes aspectos:

- Definición de tareas
- Secuenciación de tareas
- Establecimiento de los tiempos
- Distribución de tareas

El presente proyecto cumple las actividades desarrolladas de acuerdo al cronograma de actividades expuesta en el Anexo A.

3.5. Costos del Proyecto

El costo del proyecto es la suma total de dinero asignado en diferentes ítems con el propósito de cubrir todos los gastos del proyecto durante el periodo de tiempo específico de todas las actividades realizadas durante del estudio topográfico realizado en el presente proyecto. La determinación de los costos es establecida de acuerdo a las diferentes actividades realizadas que son definidas en los siguientes ítems:

- Item I - Construcción de Mojones
- Item II - Georreferenciación GNSS
- Item III - Nivelación
- Item IV - Levantamiento Topográfico
- Item V - Trabajos de Gabinete
- Item VI - Otros Costos

El presente proyecto tuvo un costo total de Sus 61.166,80 (426.332,60 Bs), los detalles de cada ítem se muestran en el Anexo B.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Reconocimiento del Lugar

Dentro de un cronograma de actividades (ver anexo A), elaborado durante la planificación del presente proyecto, se emplean imágenes satelitales del área de trabajo (imágenes Google Earth y SasPlanet), para trazar diferentes aspectos técnicos y a partir de un reconocimiento del lugar en campo, lograr definir las diferentes operaciones del proyecto, entre ellos se pueden mencionar: la ubicación y organización del campamento, la alimentación, el sistema de movilización del personal, entre otros.



Figura No. 30 - Imagen satelital del área de trabajo
Fuente. SasPlanet



Fotografía No. 1 - Instalación del campamento del proyecto
Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 2 - Reconocimiento del lugar
Fuente. Elaboración propia

4.2. Monumentación de Puntos de Control

En esta fase del proyecto, se materializan un total de 358 mojones con material de concreto, donde, 136 son identificadas con plaquetas de aluminio pertenecientes a puntos de control horizontal “PB`s” (ver fotografía No. 3), y 288 mojones con identificación rustica pertenecientes a puntos de control vertical “BM`s” (ver fotografía No.4).



Fotografía No. 3 - Mojones con plaquetas de aluminio
Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 4 - Mojones con identificación rustica
 Fuente. Elaboración propia

Los mojones fueron establecidos y distribuidos en las partes más sobresalientes, visibles entre sí y con distancias variables (BM's entre 500 m y PB's entre 1,5 km). La construcción de los mojones se realizó de acuerdo a las especificaciones exigidas por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras), mismas que estas basadas en especificaciones del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH).

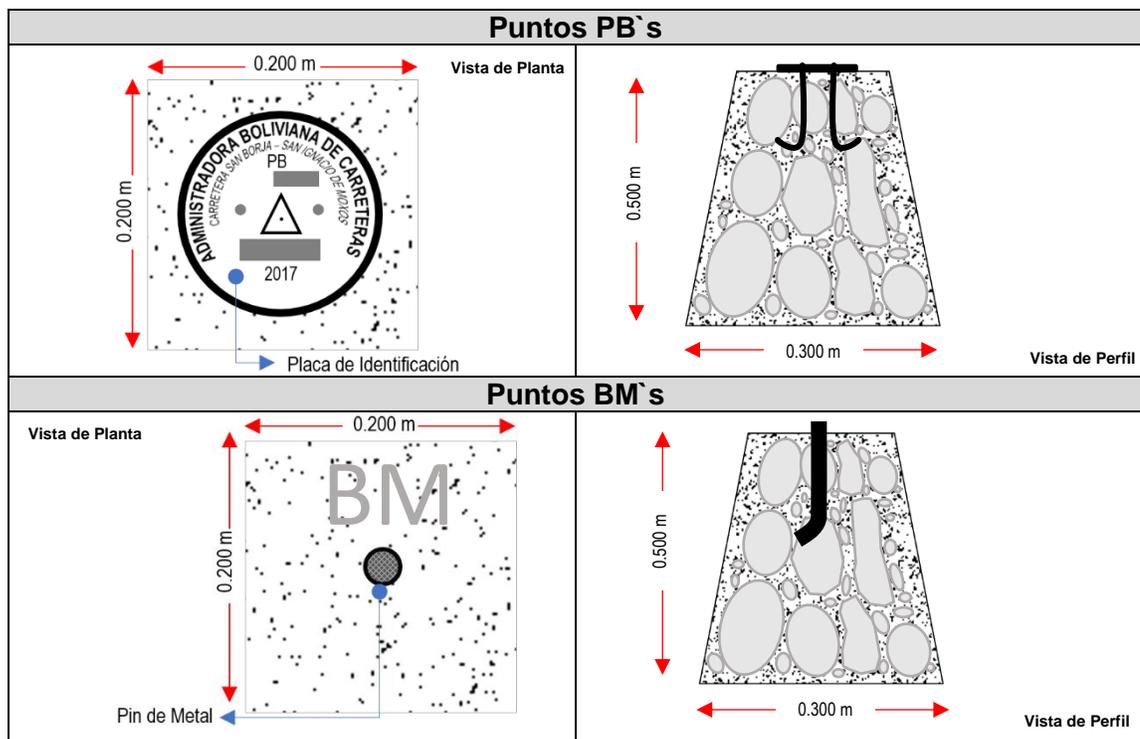


Figura No. 31 - Características de mojones elaborados en proyecto
 Fuente. Elaboración propia

4.3. Establecimiento de Puntos de Control Horizontal

El establecimiento de los puntos de control horizontal realizados en el presente proyecto, es desarrollado en tres períodos de trabajo:

1. Establecimiento de Puntos de Enlace a la RED MARGEN
2. Establecimiento de Red de Puntos Base de Control
3. Densificación de Puntos de Control

De acuerdo a la metodología señalada anteriormente (ver Capítulo III - Metodología Empleada, Control Horizontal), el desarrollo de estos tres periodos de trabajo se debe a consecuencia de tres aspectos fundamentales: Primero a la magnitud del proyecto (134,6 km de longitud de tramo carretero), Segundo a la distancia que supera los 10 km entre el proyecto y los puntos de enlace de la RED MARGEN (Estaciones continuas BLPZ en La Paz y TRDD en Trinidad), y Tercero a la disponibilidad de equipos en el proyecto (4 receptores GPS/GNSS).

4.3.1. Establecimiento de Puntos de Enlace a la RED MARGEN

Debido a la magnitud del trabajo y la distancia entre el proyecto y los puntos de la RED MARGEN, se realiza una Red Geodésica Local, ver (Figura No. 31), donde se forma una geometría de cuatro puntos enlazados entre si (puntos: PB-001; PB-002; PB-135; PB-136), que son referenciados o vinculados con dos puntos de la RED MARGEN de Bolivia (estaciones continuas: BLPZ y TRDD).

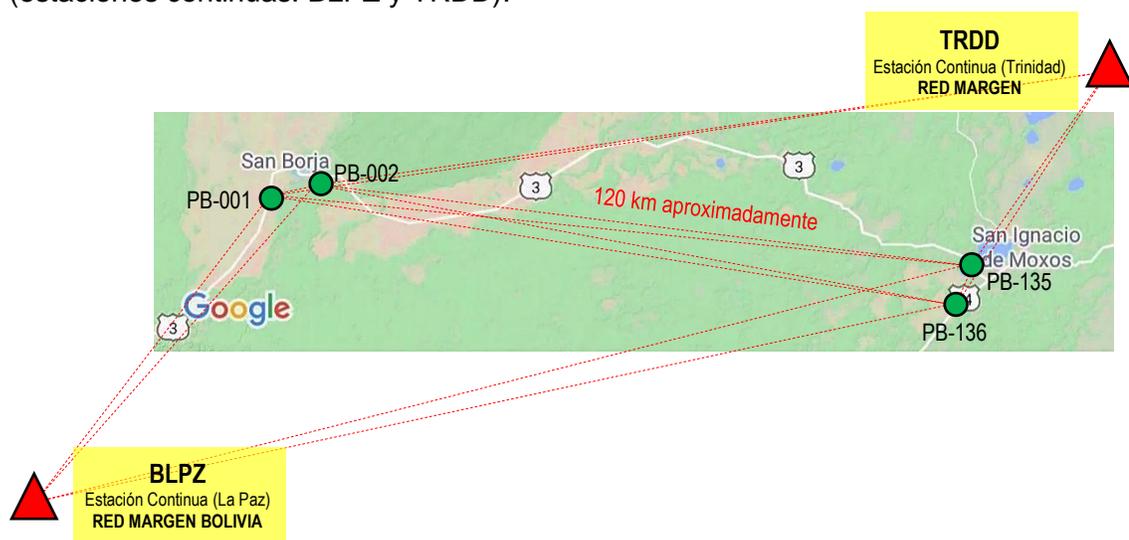


Figura No. 32 - Estructura de la Red Geodésica Local
Fuente. Elaboración propia

La medición de los puntos PB's (PB-001; PB-002; PB-135; PB-136), se realizaron a través de observaciones GNSS empleando cuatro receptores en sesiones de más de nueve horas en modo estático, en la tabla No. 12 se describe las características técnicas empleadas durante las observaciones GNSS en campo.

Método de Observación	Red Geodésica Local en modo Estático			
Punto Base de Referencia y Control	BLPZ y TRDD - Estaciones Continuas Red MARGEN			
Intervalo de Grabación	5 segundos			
Mascara de Elevación	15° desde el Horizonte			
DETALLES				
Punto	Tiempo Sesión	Altura Antena (metros)	No. Sesión	Descripción
BLPZ	Continua	0.000	1	Estación Continua Red de Operaciones MARGEN-SIRGAS a cargo del IGM-Bolivia
TRDD	Continua	0.000	1	Estación Continua Red de Operaciones MARGEN-SIRGAS a cargo del IGM-Bolivia
PB-001	9 h 36 min 50 s	1.882 (Inclinado)	1	Mojón de cemento solido ubicado al inicio del tramo carretero en San Borja
PB-002	9 h 40 min 30 s	1.938 (Inclinado)	1	Mojón de cemento solido ubicado al inicio del tramo carretero en San Borja
PB-135	9 h 35 min 05 s	1.536 (Inclinado)	1	Mojón de cemento solido ubicado al Final del tramo carretero en San Ignacio de Moxos
PB-136	9 h 36 min 00 s	1.544 (Inclinado)	1	Mojón de cemento solido ubicado al Final del tramo carretero en San Ignacio de Moxos

Tabla No. 12 - Características de las observaciones GNSS en campo

Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 5 - Medición de puntos PB-001 y PB-002 en San Borja

Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 6 - Medición de puntos PB-135 y PB-136 en San Ignacio de Moxos
Fuente. Elaboración propia

Luego de las observaciones en campo se realiza los procesos de datos correspondientes, inicialmente la transferencia de datos del receptor a la computadora y la conversión de toda la información cruda de los colectores al formato estándar rinex para su posterior proceso.

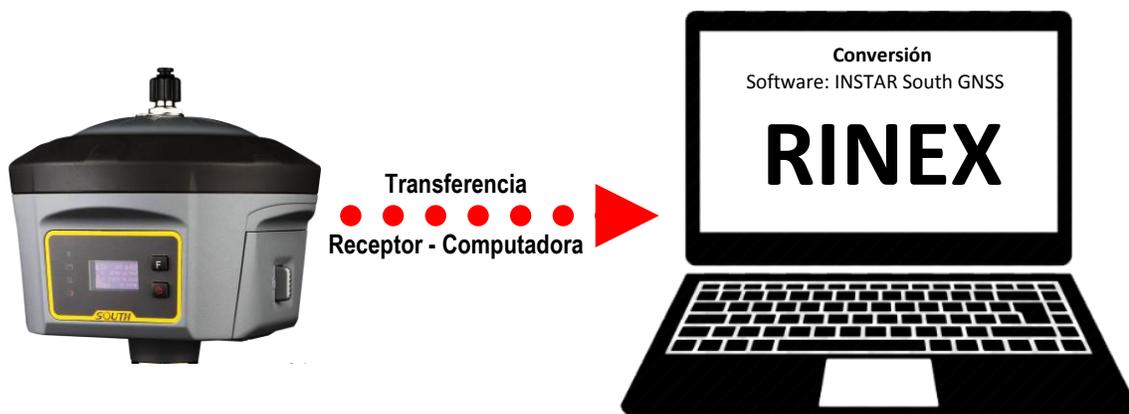


Figura No. 33 - Transferencia y conversión de datos GNSS
Fuente. Elaboración propia

Para el ajuste de la Red Geodésica Local se emplea el software Trimble Business Center, donde el proceso para la solución de las ambigüedades es determinado por



ciertos parámetros (ver tabla No. 13), que son establecidos en la configuración del software empleado para el proceso y ajuste de los datos GNSS.

Parámetros Establecidos para Procesamiento GNSS			
Sistema de Referencia		Sistema de Referencia Global WGS-1984	
Zona Horaria		UTC-04:00 La Paz	
Unidad Lineal		Metros	
Unidad Angular		Sexagesimal (Grados-Minutos-Segundos)	
Punto de Control (Beni)	TRDD	Latitud	14° 49' 37,637334"
		Longitud	64° 53' 25,713438"
		Altura Elip.	181,416 metros
Punto de Control (La Paz)	BLPZ	Latitud	16° 31' 47,465568"
		Longitud	68° 10' 05,814333"
		Altura Elip.	4090,652 metros
Intervalo de Muestreo	5 segundos	Mascara de Elevación	15° Desde el Horizonte
Efemérides	Precisas	Tipo de Solución de Ambigüedades	Fijo
Propiedades de los Puntos para procesamiento GNSS			
Punto	Modo	Altura Antena	Tipo Altura
BLPZ	Estático (Est. Continua)	0.000	
TRDD	Estático (Est. Continua)	0.000	
PB-001	Estático	1.882	Inclinado
PB-002	Estático	1.938	Inclinado
PB-135	Estático	1.536	Inclinado
PB-136	Estático	1.544	Inclinado

Tabla No. 13 - Parámetros de ajuste de Red Geodésica Local GNSS
 Fuente. Elaboración propia

Con los parámetros definidos de los puntos PB-001, PB-002, PB-135 y PB-136 a partir de la referencia de los puntos BLPZ y TRDD de la Red MARGEN, se realiza el proceso de las líneas base, ver (Figura No 33).

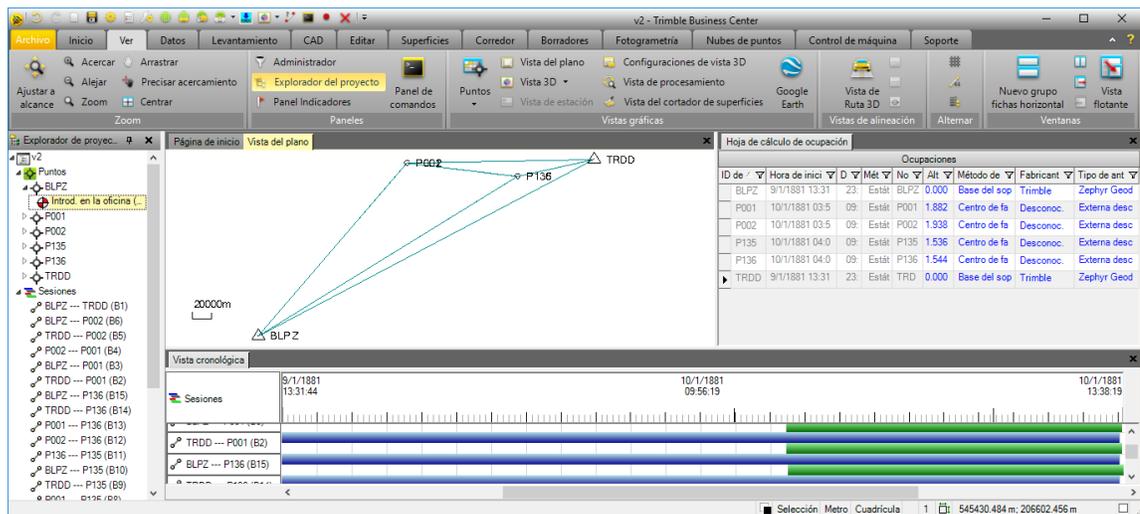


Figura No. 34 - Proceso de líneas Base GNSS de la Red Geodésica Local
 Fuente. Trimble Business Center



Finalmente se realiza el ajuste de la red de líneas base procesadas, donde los resultados cumplen las condiciones fijadas en la metodología empleada del presente proyecto (ver anexo C - Reporte de Ajuste de Red Geodésica Local).

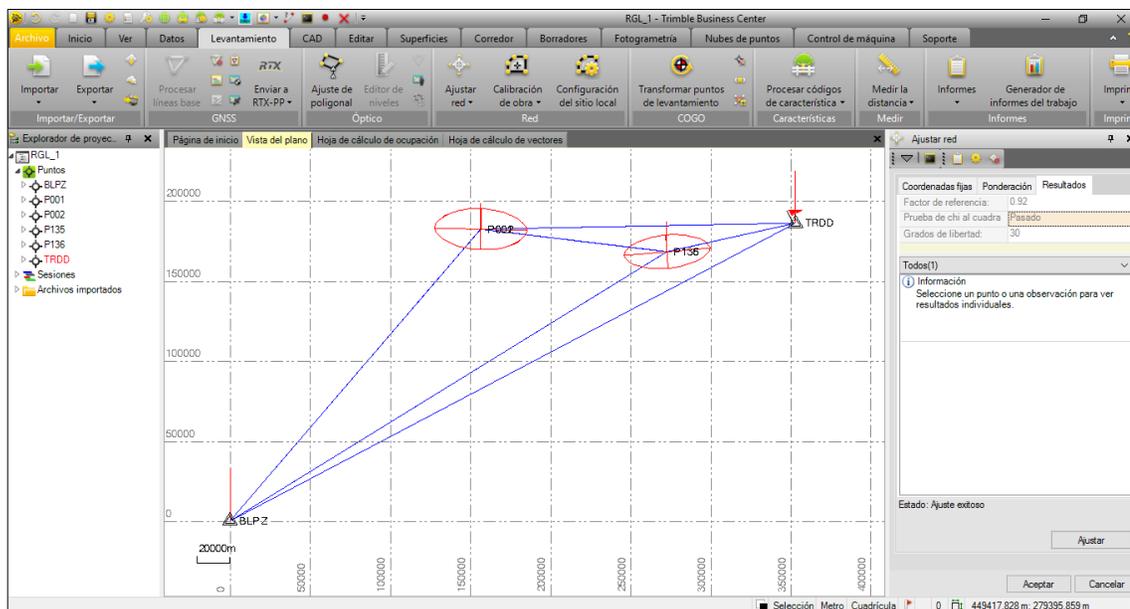


Figura No. 35 - Ajuste de la Red Geodésica Local
 Fuente. Trimble Business Center

En síntesis, los resultados del ajuste de la Red Geodésica Local muestran soluciones fijas para todos los puntos con un ajuste del 95% de confiabilidad (ver anexo C - Reporte de Ajuste de Red Geodésica Local), estos resultados dan paso a los trabajos de establecimiento de la red de puntos base de control.

Resultados del procesamiento							
Guardar	Observación	Tipo de solución	Precisión horiz. (95%)	Precisión vert. (95%)	RCM	Longitud	
<input checked="" type="checkbox"/>	BLPZ --- P002	Fija	0.008	0.006	0.001	240249.602	
<input checked="" type="checkbox"/>	BLPZ --- P136	Fija	0.000	0.007	0.002	320299.605	
<input checked="" type="checkbox"/>	BLPZ --- P135	Fija	0.004	0.009	0.001	320416.343	
<input checked="" type="checkbox"/>	BLPZ --- P001	Fija	0.002	0.009	0.001	240170.739	
<input checked="" type="checkbox"/>	BLPZ --- TRDD	Fija	0.009	0.001	0.001	398791.180	
<input checked="" type="checkbox"/>	P136 --- P135	Fija	0.001	0.001	0.000	118.185	
<input checked="" type="checkbox"/>	P002 --- P001	Fija	0.001	0.001	0.000	127.955	
<input checked="" type="checkbox"/>	P002 --- P136	Fija	0.000	0.009	0.000	116913.086	
<input checked="" type="checkbox"/>	P002 --- P135	Fija	0.001	0.001	0.000	116992.914	
<input checked="" type="checkbox"/>	P001 --- P136	Fija	0.004	0.000	0.000	117040.680	
<input checked="" type="checkbox"/>	TRDD --- P001	Fija	0.004	0.006	0.001	196382.110	
<input checked="" type="checkbox"/>	TRDD --- P002	Fija	0.005	0.005	0.001	196254.421	
<input checked="" type="checkbox"/>	TRDD --- P136	Fija	0.007	0.004	0.000	82125.358	
<input checked="" type="checkbox"/>	TRDD --- P135	Fija	0.007	0.006	0.000	82021.080	
<input checked="" type="checkbox"/>	P001 --- P135	Fija	0.004	0.006	0.000	117120.510	

Presione <Guardar> para guardar los resultados del procesamiento. 15 observaciones seleccionadas para guardar

Figura No. 36 - Resultados del ajuste de red
 Fuente. Trimble Business Center

4.3.2. Establecimiento de Red de Puntos Base de Control

Se realiza una red de puntos base, ver (Figura No. 36), enlazados entre si (puntos de control horizontal: PB-045; PB-046; PB-091; PB-092), que son referenciados o vinculados con los puntos de la Red Geodésica Local obtenidas anteriormente (puntos de control: PB-001, PB-002, PB-135 y PB-136).

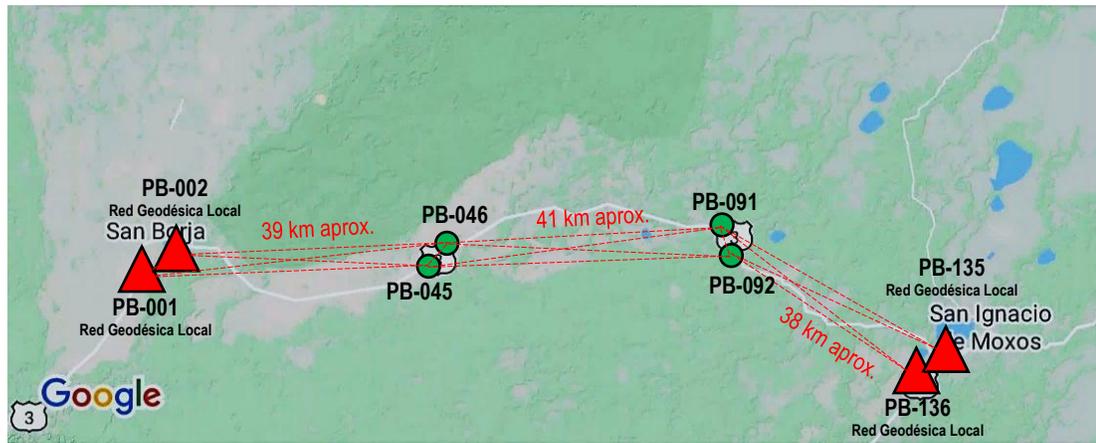


Figura No. 37 - Estructura de la Red de puntos base de control
 Fuente. Elaboración propia

Las observaciones GNSS de campo se realizan empleando cuatro receptores en tres sesiones de más de tres horas en modo estático, en la tabla No. 14 se describe las características técnicas empleadas.

Método de Observación	Redes en modo Estático			
Punto Base de Referencia y Control	PB-001 / PB-002 / PB-135 / PB-136 (Red Geodésica Local)			
Intervalo de Grabación	5 segundos			
Mascara de Elevación	15° desde el Horizonte			
DETALLES				
Punto	Tiempo Sesión	Altura Antena (metros)	No. Sesión	Descripción
PB-001	3 h 42 min 55 s	1.823 (Inclinado)	1	Punto de Control, mojón de cemento sólido
PB-002	3 h 44 min 25 s	1.812 (Inclinado)	1	Punto de Control, mojón de cemento sólido
PB-135	3 h 12 min 50 s	1.865 (Inclinado)	3	Punto de Control, mojón de cemento sólido
PB-136	3 h 18 min 30 s	1.882 (Inclinado)	3	Punto de Control, mojón de cemento sólido
PB-045	3 h 37 min 20 s	1.460 (Inclinado)	1 - 2	Mojón de cemento sólido, población Totaizal
PB-046	3 h 43 min 10 s	1.475 (Inclinado)	1 - 2	Mojón de cemento sólido, población Totaizal
PB-091	3 h 30 min 05 s	1.502 (Inclinado)	2 - 3	Mojón de cemento sólido, Puente Chevejecure
PB-092	3 h 27 min 10 s	1.536 (Inclinado)	2 - 3	Mojón de cemento sólido, Puente Chevejecure

Tabla No. 14 - Características de las observaciones GNSS en campo
 Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 7 - Medición de puntos PB-045 y PB-046 en población Totaizal
Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 8 - Medición de puntos PB-091 y PB-092 en puente Chevejecure
Fuente. Elaboración propia

Con la transferencia de datos del receptor a la computadora y la conversión de toda la información cruda de los colectores al formato rinex, se realiza el proceso de las líneas base y el ajuste de red correspondiente.

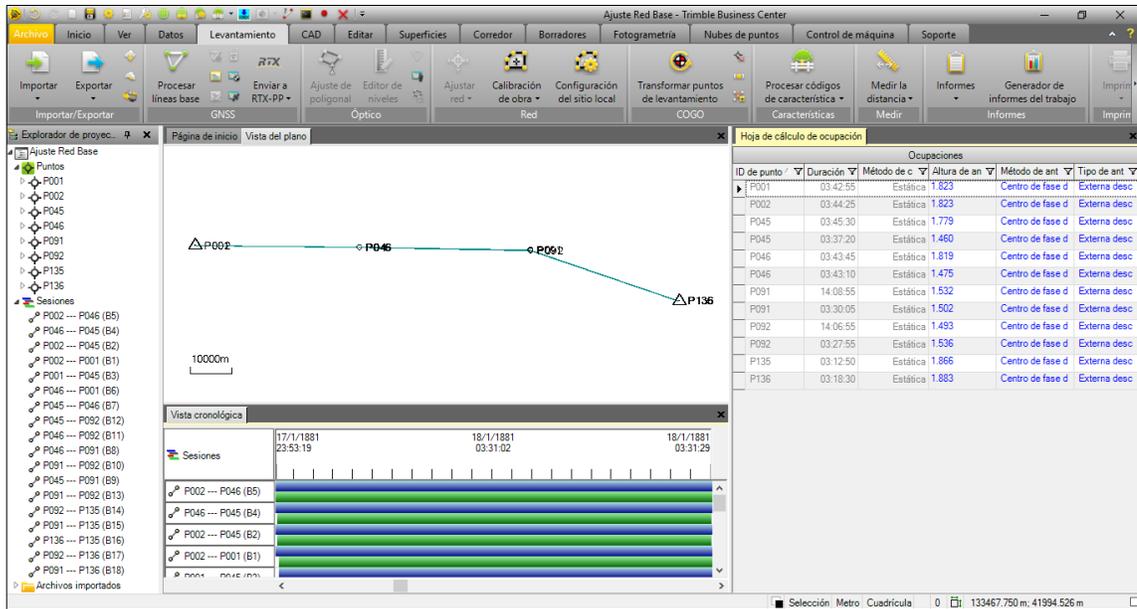


Figura No. 38 - Proceso de las líneas base
 Fuente. Trimble Business Center

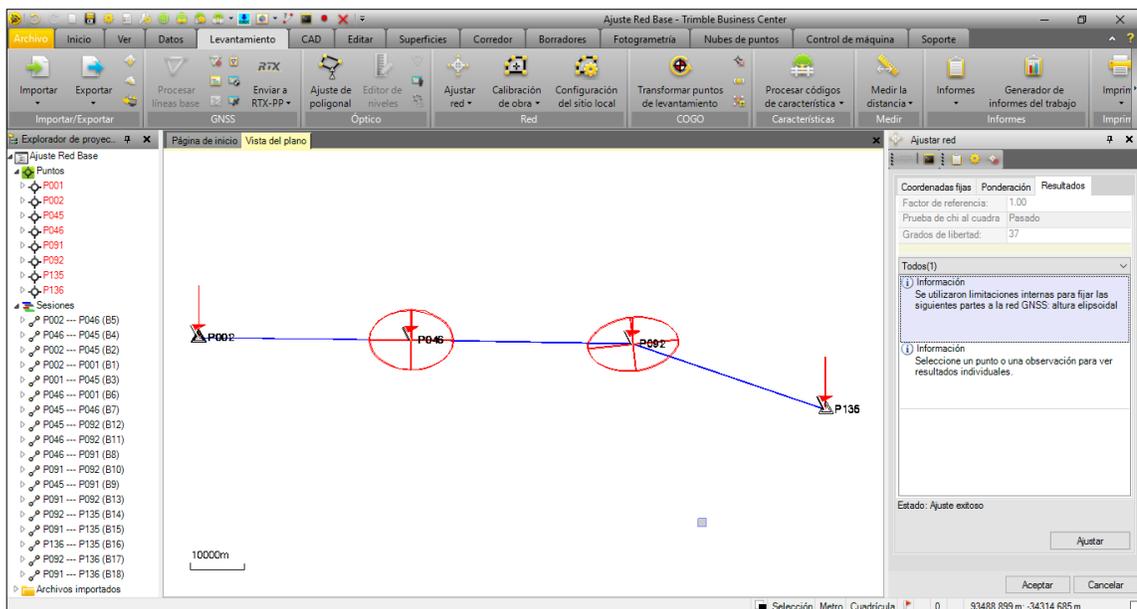


Figura No. 39 - Ajuste de red de los puntos base
 Fuente. Trimble Business Center



Los resultados del ajuste de la red de los puntos base muestran soluciones fijas para todos los puntos con un ajuste del 95% de confiabilidad (ver anexo C - Reporte de Ajuste de Puntos Bases), estos resultados dan paso a los trabajos de densificación de Puntos de control.

Procesar líneas base							
Resultados del procesamiento							
Guarda	Observación	Tipo de solució	Precisión horiz. (95%)	Precisión vert. (95%)	RCM	Longitud	
<input checked="" type="checkbox"/>	P002 --- P045	Fija	0.003	0.014	0.000	39270.737	<input type="button" value="Guardar"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	P002 --- P046	Fija	0.003	0.016	0.000	39386.526	<input type="button" value="Cancelar"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	P002 --- P001	Fija	0.001	0.002	0.000	127.960	<input type="button" value="Orden ..."/>
<input checked="" type="checkbox"/>	P045 --- P091	Fija	0.004	0.012	0.000	41177.619	<input type="button" value="Informe"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	P045 --- P092	Fija	0.004	0.013	0.000	41090.426	<input type="button" value="Configuración ..."/>
<input checked="" type="checkbox"/>	P045 --- P091	Fija	0.004	0.012	0.000	41062.149	
<input checked="" type="checkbox"/>	P045 --- P092	Fija	0.004	0.017	0.000	41205.622	
<input checked="" type="checkbox"/>	P046 --- P045	Fija	0.001	0.001	0.000	135.068	
<input checked="" type="checkbox"/>	P001 --- P046	Fija	0.003	0.017	0.000	39514.430	
<input checked="" type="checkbox"/>	P135 --- P092	Fija	0.004	0.016	0.000	37689.312	
<input checked="" type="checkbox"/>	P136 --- P092	Fija	0.009	0.019	0.000	37748.973	
<input checked="" type="checkbox"/>	P136 --- P091	Fija	0.011	0.020	0.000	37824.685	
<input checked="" type="checkbox"/>	P001 --- P045	Fija	0.003	0.015	0.000	39398.648	
<input checked="" type="checkbox"/>	P135 --- P091	Fija	0.004	0.015	0.000	37765.410	
<input checked="" type="checkbox"/>	P136 --- P135	Fija	0.001	0.003	0.000	118.191	
<input checked="" type="checkbox"/>	P046 --- P045	Fija	0.001	0.001	0.000	135.070	
<input checked="" type="checkbox"/>	P091 --- P092	Fija	0.001	0.001	0.000	162.940	
<input checked="" type="checkbox"/>	P091 --- P092	Fija	0.001	0.001	0.000	162.943	

Presione <Guardar> para guardar los resultados del procesamiento. 18 observaciones seleccionadas para guardar

Figura No. 40 - Resultados del ajuste de red.
 Fuente. Trimble Business Center

4.3.3. Densificación de Puntos de Control

Finalmente, dentro del establecimiento de los puntos de control horizontal con la vinculación de la Red Geodésica Local a la Red MARGEN y los Puntos Base del presente proyecto, se realiza la densificación de los puntos de control. Dicha densificación, se caracteriza por tener longitudes cortas entre cada par desde donde partirán o cerrarán las mediciones topográficas.

Se realizan diferentes sesiones GNSS en modo estático, vinculados a los puntos de las redes geodésicas realizadas anteriormente (red puntos de control: PB-001, PB-002, PB-045, PB-046, PB-091, PB-092, PB-135 y PB-136).



Figura No. 41 - Estructura de la densificación de puntos de control
 Fuente. Elaboración propia

Las observaciones GNSS de campo se realizan empleando seis equipos receptores en diferentes sesiones de entre 70 a 150 minutos cada punto en modo estático, en la tabla No. 15 se describen algunas características.

Método de Observación	Cinemático en modo Estático		
Intervalo de Grabación	5 segundos		
Mascara de Elevación	15° desde el Horizonte		
DETALLES			
Sesiones	Puntos Medidos	Puntos de Control	Tiempo Sesión
Día 1	PB-003/ PB-004/ PB-005/ PB-006/ PB-007/ PB-008	PB-001 PB-002	Entre 60-120 min
Día 2	PB-009/ PB-010/ PB-011/ PB-012/ PB-013/ PB-014/ PB-015/ PB-016/ PB-017/ PB-018/ PB-019/ PB-020/ PB-021/ PB-022	PB-007 PB-008	Entre 50-140 min
Día 3	PB-023/ PB-024/ PB-025/ PB-026/ PB-027/ PB-028/ PB-029/ PB-030/ PB-031/ PB-032/ PB-033/ PB-034	PB-021 PB-022	Entre 45-130 min
Día 4	PB-035/ PB-036/ PB-037/ PB-038/ PB-039/ PB-040/ PB-041/ PB-042/ PB-043/ PB-044	PB-045 PB-046	Entre 45-120 min
Día 5	PB-047/ PB-048/ PB-049/ PB-050/ PB-051/ PB-052/ PB-053/ PB-054/ PB-055/ PB-056/ PB-057/ PB-058	PB-045 PB-046	Entre 50-150 min
Día 6	PB-059/ PB-060/ PB-061/ PB-062/ PB-063/ PB-064/ PB-065/ PB-066/ PB-067/ PB-068/ PB-069/ PB-070/ PB-071/ PB-072	PB-045 PB-046	Entre 60-160 min
Día 7	PB-073/ PB-074/ PB-075/ PB-076/ PB-077/ PB-078/ PB-079/ PB-080/ PB-081/ PB-082/ PB-083/ PB-084/ PB-085/ PB-086/ PB-087/ PB-088/ PB-089/ PB-090 PB-093/ PB-094	PB-091 PB-092	Entre 40-80 min
Día 8	PB-095/ PB-096/ PB-097/ PB-098/ PB-100/ PB-101/ PB-102/ PB-103/ PB-104/ PB-105/ PB-106/ PB-107/ PB-108/ PB-109/ PB-110/ PB-111/ PB-112/ PB-113/ PB-114	PB-091 PB-092	Entre 50-90 min
Día 9	PB-115/ PB-116/ PB-117/ PB-118/ PB-119/ PB-120/ PB-121/ PB-122/ PB-123/ PB-124/ PB-125/ PB-126/ PB-127/ PB-128/ PB-129/ PB-130/ PB-131/ PB-132/ PB-133/ PB-134	PB-135 PB-136	Entre 40-70 min

Tabla No. 15 - Características de las observaciones GNSS en campo

Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 9 - Densificación de puntos de control GNSS días 1, 2 y 3

Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 10 - Densificación de puntos de control GNSS días 4, 5 y 6
Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 11 - Densificación de puntos de control GNSS días 7, 8 y 9
Fuente. Elaboración propia

Luego de los trabajos de campo con las observaciones GNSS, se efectúan los trabajos de gabinete donde se realizan las transferencias de datos de todos los receptores a la computadora, además se realiza la conversión de toda la información cruda a formato rinex. A partir de ello se realiza el proceso de las líneas base de todos los puntos densificados en campo.

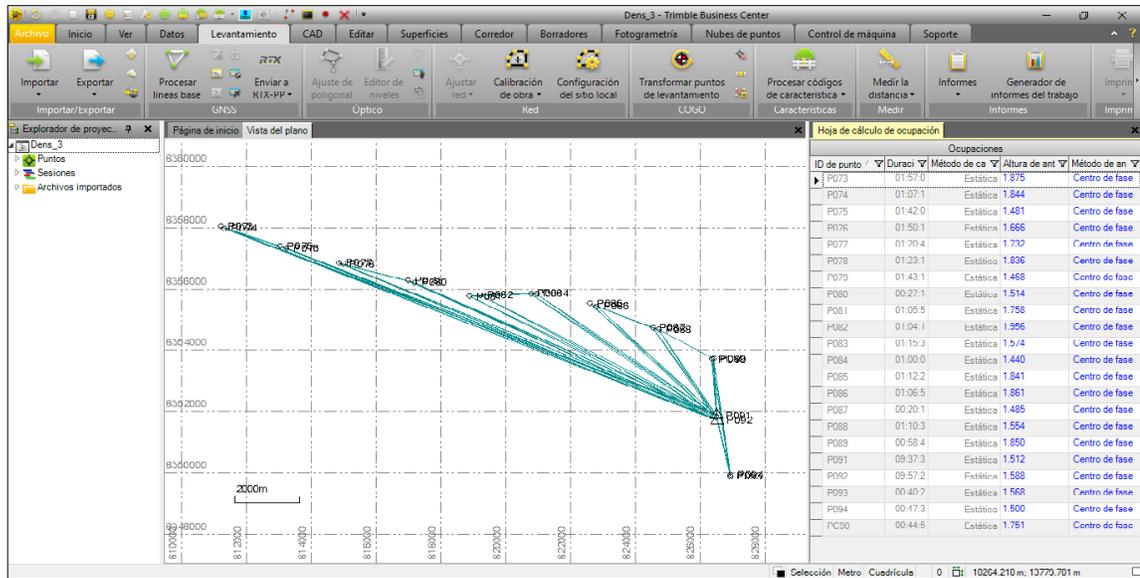


Figura No. 42 - Ajuste de líneas base de puntos del tramo A
 Fuente. Trimble Business Center

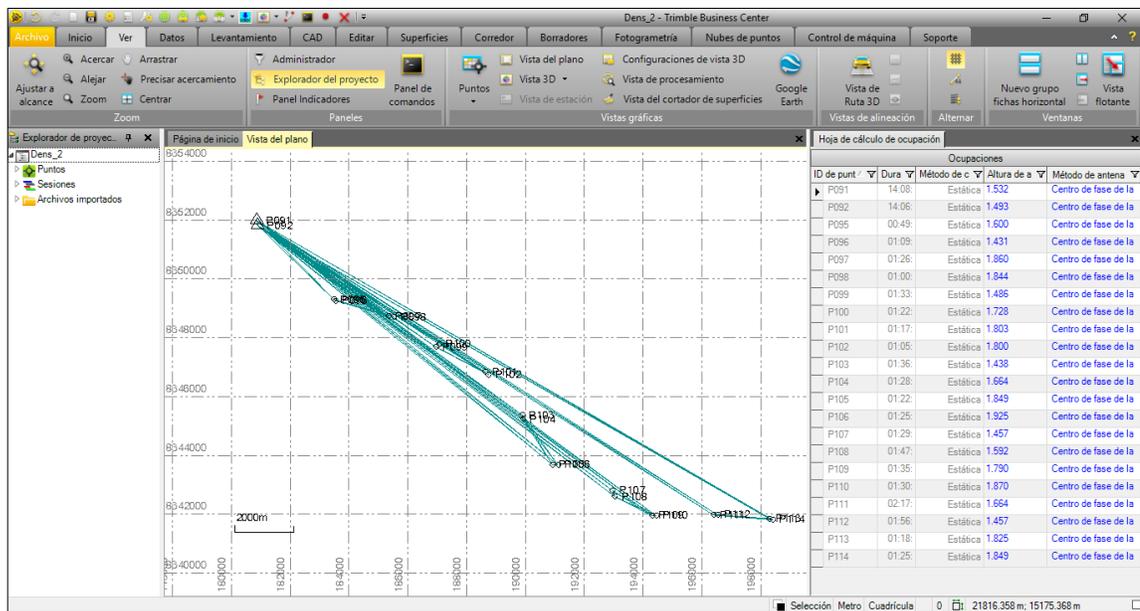


Figura No. 43 - Ajuste de líneas base de puntos del tramo B
 Fuente. Trimble Business Center

Los resultados de los ajustes de los diferentes procesos muestran soluciones fijas para todos los puntos (ver anexo D - Reporte de Puntos Densificados), los resultados finales son traducidos en una lista de coordenadas (ver anexo E - Lista de Coordenadas de Puntos de Control), en la tabla No. 16 se muestra algunas características de los resultados de los puntos de control horizontal.

Tramo	Puntos	Detalles	Sistema de Coordenadas
Tramo A	86	De PB-001 a PB-086	WGS-84 UTM Zona 19 Sur
Tramo B	50	De PB-087 a PB-136	WGS-84 UTM Zona 20 Sur

Monografías de los puntos de control horizontal ver anexo F

Tabla No. 16 - Total de puntos ajustados para control horizontal

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, con los puntos de control horizontal ya establecidos, se realiza la densificación de las coordenadas horizontales de los puntos BM's a través de mediciones con equipos GNSS en modo RTK, estos puntos al estar distanciados a no más de 500 metros entre sí y además de ser puntos de control vertical, son también considerados como puntos auxiliares durante el levantamiento topográfico.



Fotografía No. 12 - Densificación de coordenadas de BM's con equipos GNSS RTK

Fuente. Elaboración propia

En la tabla No. 17 se muestra algunas características de los resultados de la densificación de coordenadas horizontales de los puntos BM's empleando equipos GNSS en modo RTK.

Tramo	Puntos	Sistema de Coordenadas	Detalle
Tramo A	139	WGS-84 UTM Zona 19 Sur	Puntos BM's
Tramo B	50	WGS-84 UTM Zona 20 Sur	

Tabla No. 17 - Total de puntos densificados con equipos GNSS RTK

Fuente. Elaboración propia



4.4. Establecimiento de Puntos de Control Vertical

El establecimiento de puntos de control vertical es realizado por trabajos de nivelaciones, así como todos los trabajos topográficos, las nivelaciones se pueden efectuar por diversos métodos.

De acuerdo a la metodología empleada en el proyecto (ver Capítulo III - Metodología Empleada, Control Vertical), se realizan nivelaciones geométricas el cual es el procedimiento más adecuado para transportar la cota de un punto de referencia a otro, esta nivelación es empleada para controles de un estudio de caminos a cualquier nivel, encontrando aplicación cuando se presentan actividades especiales de tipo estudio, construcción, control o replanteo donde se tiene la necesidad de determinar con certeza desniveles al milímetro.

4.4.1. Nivelación Geométrica en Campo

Debido a la magnitud del trabajo se conforman cuatro brigadas de trabajo, donde se realiza la nivelación geométrica de todos los puntos de control entre BM's y PB's, que son referenciados o vinculados con el banco de nivel BK-R-3 de la Red de Nivelación IGM 2015 de Bolivia, además son usados como puntos de control los puntos BKR de la línea de nivelación de primer orden San Borja - Trinidad del IGM que fueron encontrados durante la inspección de campo, en la tabla No. 18 se describen algunas de las características de la nivelación realizada.

Nivelación Geométrica	
Método de Nivelación	Nivelación Geométrica
Método de Control	Nivelación con recorridos de Ida y Vuelta
Puntos Nivelados	222 BM's - 136 PB's
Punto de Referencia	BK-R-3 Red de Nivelación de Primer Orden I.G.M. Bolivia
Puntos de Control	BK-R-8, PCA-BM169, PCA-BM183, PCA-BM192, BK-R-26, BK-R-30, BK-R-31, PCA-BM231 y PCA-BM360
Cota de partida	Cota del punto BK-R-3: 198,141 msnm

Tabla No. 18 - Características de la nivelación geométrica realizada

Fuente. Elaboración propia

A nivel general del proyecto, los trabajos de nivelación geométrica son realizados con recorridos de ida y vuelta para el control de calidad y determinación de la precisión de acuerdo a las especificaciones de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras), misma que determina que

el control vertical de nivelación deberá ser de Tercer Orden debiendo cumplir la siguiente tolerancia: $12\sqrt{k}$ mm.

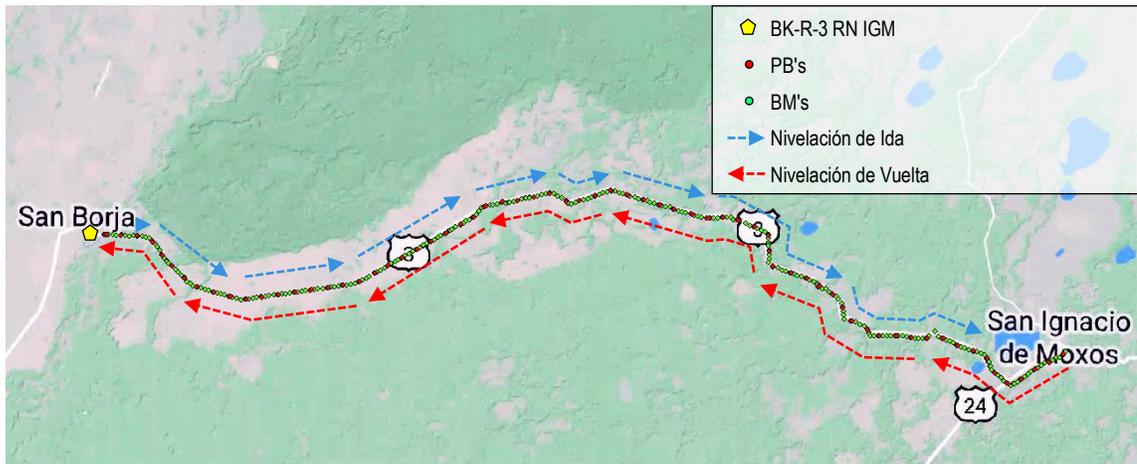


Figura No. 44 - Descripción de la nivelación geométrica
 Fuente. Elaboración propia

Los puntos de control de la línea "BKR" de nivelación del IGM y otros BM's de proyectos anteriores, son los que definen los tramos de las nivelaciones geométricas realizadas en campo por las diferentes brigadas, en la (Figura No. 44), se muestran detalles de los tramos de nivelación.

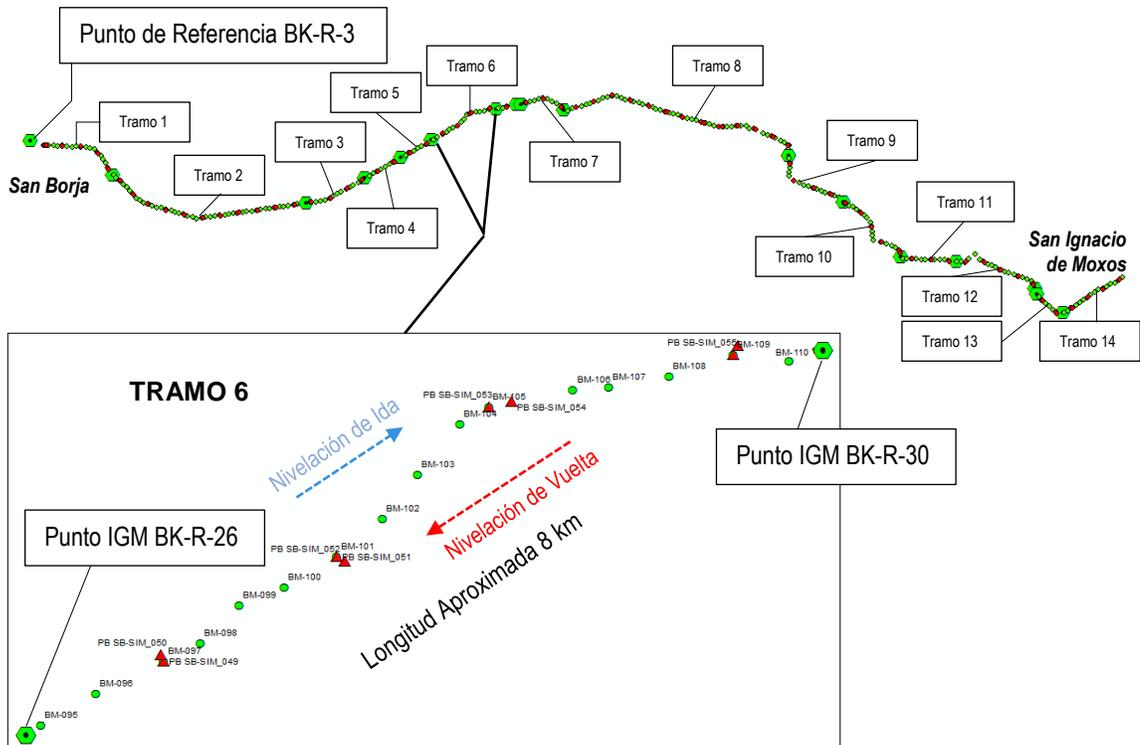


Figura No. 45 - Descripción de los tramos de nivelación en campo
 Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 13 - Identificaciones y mojones de puntos BM
Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 14 - Trabajo de nivelación geométrica de la primera brigada
Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 15 - Equipo empleado durante nivelación geométrica en campo
 Fuente. Elaboración propia

4.4.2. Trabajos de Gabinete de Nivelación

A la conclusión del trabajo de campo se procede al trabajo de gabinete de acuerdo a las siguientes tareas:

- **Chequeo General de Libretas**

Se procede a la revisión detallada de los resultados contenidos en cada libreta elaborada por las diferentes brigadas de campo tras los trabajos de nivelación geométrica, además, se realiza la transcripción de libretas a hojas de cálculo Excel para realizar el proceso de verificación de cierres, ver (Figura No 45).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
109	BM ANT(BM183)	-0.129	0.130	1	-0.130	179.215	179.241	-0.131	179.215	BM ANT(BM183)	179.215	ΔH PCA	ΔH GEO	Error (mm)	Tolerancia
110	BM-079	-0.894	0.896	2	-0.895	178.320		-0.897	178.318	BM ANT(BM-192)	177.423	1.792	-1.767	25	25
111	BM-080	0.717	-0.718	-1	0.718	179.038		0.716	179.034						
112	PB-041 (BM-081)	-0.488	0.490	2	-0.489	178.549		-0.491	178.543						
113	PB-042	-0.200	0.202	2	-0.201	178.348		-0.203	178.340						
114	BM-082	-0.026	0.028	2	-0.027	178.321		-0.029	178.311						
115	BM-083	-0.117	0.115	-2	-0.116	178.205		-0.118	178.193						
116	BM-084	-0.491	0.492	1	-0.491	177.713		-0.493	177.699						
117	PB-043 (BM-085)	0.225	-0.228	-3	0.226	177.940		0.226	177.923						
118	PB-044	0.404	-0.404	0	0.404	178.344		0.402	178.325						
119	BM-086	-1.237	1.235	-2	-1.236	177.108		-1.238	177.087						
120	BM-087	0.797	-0.795	2	0.796	177.904		0.794	177.881						
121	BM ANT(BM-192)	-0.456	0.455	-1	-0.456	177.423	177.448	-0.458	177.423	BM ANT(BM-192)	177.423	ΔH PCA	ΔH GEO	Error (mm)	Tolerancia
122	BM-088	-0.346	0.342	-4	-0.344	177.079		-0.346	177.077	BK-R-26	175.793	1.63	-1.611	19	25
123	PB-045 (BM-089)	-0.419	0.421	2	-0.420	176.659		-0.422	176.655					-1.630	
124	PB-046	0.300	-0.302	-2	0.301	176.960		0.299	176.954						
125	BM-090	-0.196	0.198	2	-0.197	176.763		-0.199	176.755						
126	BM-091	-0.125	0.125	0	-0.125	176.638		-0.127	176.628						
127	BM-092	0.513	-0.516	-3	0.515	177.153		0.513	177.141						
128	PB-047 (BM-093)	-1.237	1.235	-2	-1.236	175.917		-1.239	175.902						
129	BM-094	-0.397	0.397	0	-0.397	175.520		-0.399	175.503						
130	BK-R-26	0.294	-0.292	2	0.293	175.793	175.813	0.291	175.794	BK-R-26	175.793	ΔH PCA	ΔH GEO	Error (mm)	Tolerancia
131	BM-095	-0.374	0.373	-1	-0.374	175.420		-0.373	175.421	BK-R-30	174.029	1.764	-1.789	-24	34

Figura No. 46 - Datos de campo transcritos a hoja de cálculos Excel
 Fuente. Elaboración propia



- **Verificación de Cierres**

Se determina el error de cierre por la diferencia entre las nivelaciones de ida y las nivelaciones de vuelta, de cada tramo realizado en campo.

El error de cierre debe ser compensada si es inferior a la tolerancia establecida por la ABC (fórmula para el cálculo de tolerancia: $12\sqrt{k} \text{ mm}$), esta fórmula es calculada en función de la longitud del tramo nivelado (ver tabla No. 19), los cálculos realizado para la determinación de cierres y compensaciones se pueden ver en el anexo G - Planilla de Nivelaciones.

No	Tramo	Distancia (km)	Desnivel Ida (m)	Desnivel Vuelta (m)	Error de cierre (mm)	Tolerancia $12\sqrt{k}$ (mm)
1	BK-R-3	9.16	4.8020	-4.8065	-4.5	36.3098
	BK-R-8					
2	BK-R-8	23.02	11.0760	-11.0555	20.5	57.5800
	PCA-BM169					
3	PCA-BM169	7.01	3.0480	-3.0220	26.0	31.7790
	PCA-BM183					
4	PCA-BM183	4.51	1.7920	-1.7670	23.0	25.4858
	PCA-BM-192					
5	PCA-BM-192	3.51	1.6300	-1.6105	19.5	22.4799
	BK-R-26					
6	BK-R-26	8.01	1.7640	-1.7885	-24.5	33.9711
	BK-R-30					
7	BK-R-30	2.51	2.2130	-2.2285	-15.5	19.0037
	BK-R-31					
8	BK-R-31	5.51	0.4980	-0.5235	-25.5	28.1725
	PCA-BM-231					
9	PCA-BM-231	26.53	5.5570	-5.6425	-58.0	61.8038
	BK-R-47					
10	BK-R-47	8.51	1.5290	-1.5485	-19.5	35.0157
	BK-R-51					
11	BK-R-51	9.02	-2.1150	2.1105	-4.5	36.0300
	BK-R-55					
12	BK-R-55	6.01	0.3590	-0.3855	-26.5	29.4239
	BK-R-58					
13	BK-R-58	10.02	5.9490	-5.9835	-34.5	37.9773
	PCA-BM-351					
14	PCA-BM-351	4.12	-1.6520	1.6405	-11.5	24.3492
	PCA-BM-360					

Tabla No. 19 - Verificación de cierres de los tramos de nivelación geométrica
 Fuente. Elaboración propia

Debido a que no se cuenta con errores de cierres superiores a las tolerancias establecidas, se realizaron las compensaciones correspondientes (ver anexo H - Monografías de BM's).



4.5. Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico es el procedimiento en terreno más frecuente en cualquier tipo de estudio, consiste en que a partir de la red de puntos de control horizontal y vertical se realizan mediciones sobre el relieve del terreno, registrando objetos, singularidades y todo elemento que permita una adecuada representación de toda la faja que sigue el tramo carretero del presente proyecto. El levantamiento topográfico de fajas de terreno comprometidas en el presente estudio vial, se ejecuta mediante: Taquimetría con Estaciones Totales, aplicando el método de levantamiento por Radiación. El método de levantamiento por radiación resulta apropiado cuando, en torno de una estación (en nuestro caso PB's y BM's), se toman un gran número de puntos de detalle del terreno, en la tabla No. 20 se ve las características técnicas del levantamiento topográfico.

Método de levantamiento	Levantamiento por Radiación con Estación Total	
Puntos de Estación	Puntos BM's y PB's	
Tipo de Coordenadas	Coordenadas Absolutas UTM (Tramo A: zona 19 sur, Tramo B: zona 20 sur)	
Correcciones	Corrección Atmosférica, de acuerdo a cambio de temperatura	Corrección por Escala, uso de Factor Combinado en cada punto de estación de acuerdo a su monografía

Tabla No. 20 - Características del levantamiento topográfico

Fuente. Elaboración propia

El trabajo con Estaciones Totales debe cumplir ciertos criterios de corrección, entre ellas las correcciones atmosféricas, correcciones por constantes y correcciones por escala, este último está relacionado con el factor combinado para presentar valores de distancia convertidas a U.T.M. es por ello que se tiene el cálculo de dichos factores de acuerdo a los diferentes puntos de control a través del software Trimble Business Center (ver anexo D - Reporte de Puntos Densificados).

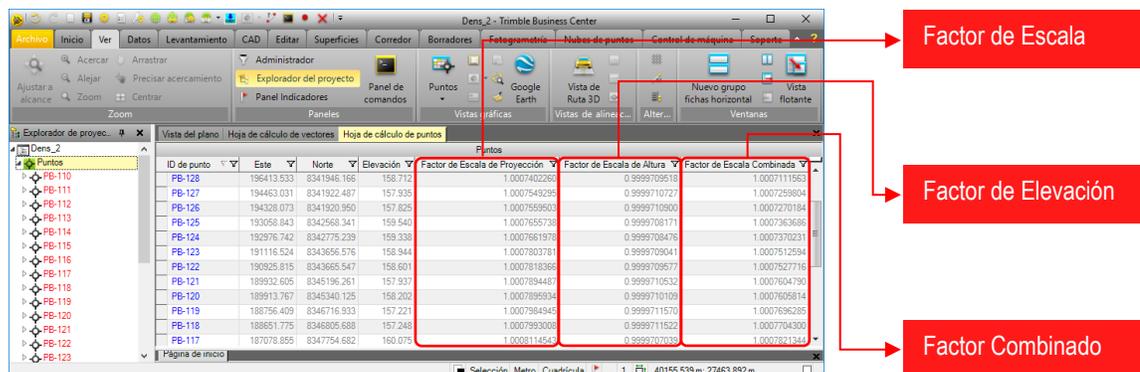


Figura No. 47 -Obtención del factor combinado de los puntos de control

Fuente. Trimble Business Center

Teniendo en cuenta que la longitud del tramo carretero supera los 130 kilómetros y al mismo tiempo pasa por dos zonas U.T.M. (zona 19 y zona 20), se conforman cuatro brigadas topográficas, realizando trabajos en dos tramos de del proyecto (Tramo A y Tramo B), una empleando coordenadas absolutas de la zona U.T.M. 19 y la otra empleando coordenadas absolutas de la zona U.T.M. 20.



Fotografía No. 16 - Levantamiento topográfico con estación total
Fuente. Elaboración propia

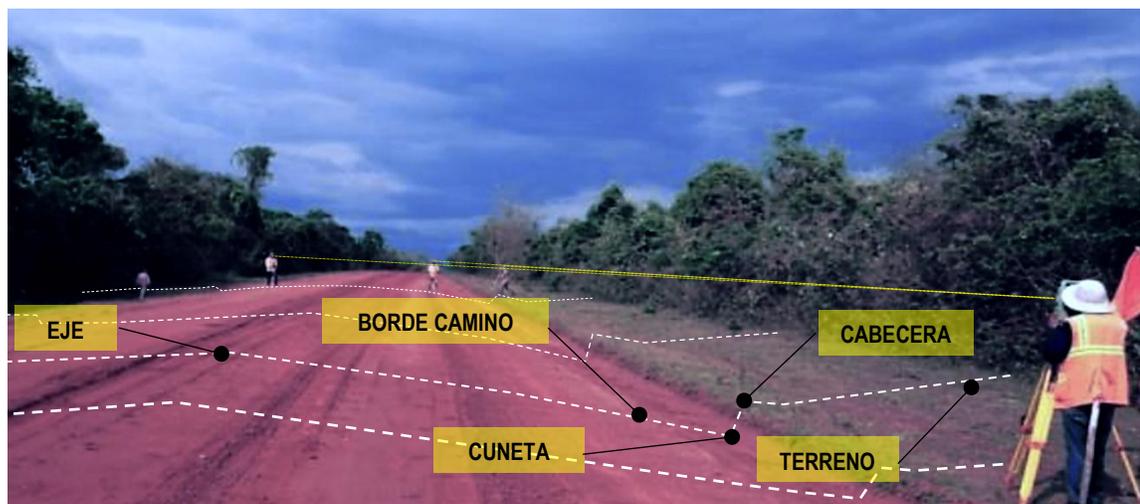


Figura No. 48 - Levantamiento topográfico del tramo A
Fuente. Elaboración propia



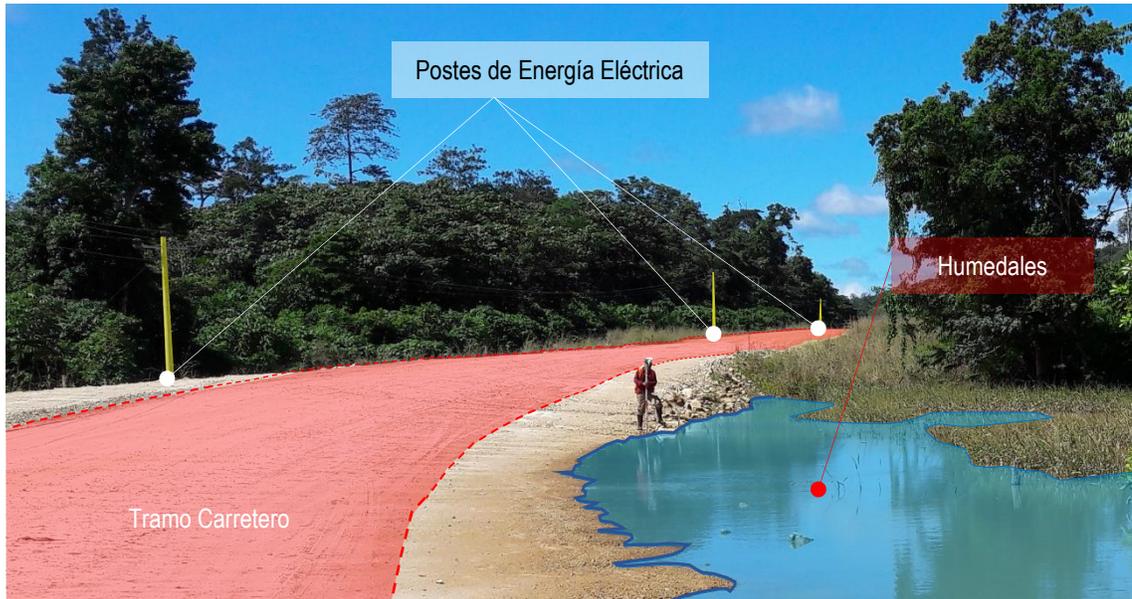
Figura No. 49 - Levantamiento topográfico del tramo b
Fuente. Elaboración propia

Para una adecuada representación de toda la faja del tramo carretero, la mensura de todos los elementos de terreno se realiza a través de levantamientos por secciones transversales al eje carretero, tomando los siguientes puntos: bordes de camino, eje carretero, cunetas, cabeceras, taludes y elementos de terreno natural.



Fotografía No. 17 - Levantamiento topográfico por secciones
Fuente. Elaboración propia

Durante los trabajos de mensura en los diferentes tramos y con las diferentes brigadas se tomaron en cuenta la presencia asentamientos urbanos, postes de energía eléctrica, ríos, humedales, lagunas y otros elementos naturales y artificiales cercanos a la franja del tramo carretero.



Fotografía No. 18 - Levantamiento topográfico de diferentes elementos
Fuente. Elaboración propia

El tramo carretero en toda su extensión, atraviesa por varios humedales entre pantanos y lagunas con caudales y niveles de agua elevadas como se ve en la fotografía No.19.



Fotografía No. 19 - Levantamiento topográfico de humedales
Fuente. Elaboración propia



Fotografía No. 20 - Levantamiento topográfico de lagunas
Fuente. Elaboración propia

Luego de las jornadas de los trabajos de mensura en campo, las actividades en gabinete son referidos a los procesos de sistematizar la información obtenida, inicialmente la transferencia de datos de las estaciones totales a la computadora y finalmente la organización de toda la información cruda para su posterior tratamiento digital.

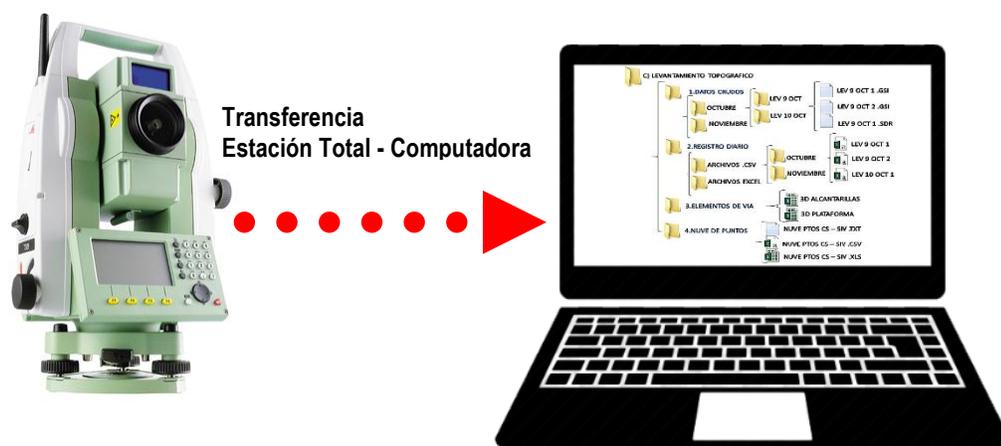


Figura No. 50 - Transferencia y conversión de datos topográficos
Fuente. Elaboración propia

4.6. Generación del Modelo Digital de Terreno

Luego de los trabajos técnicos de campo, toda la información debe ser resumida, agrupada, organizada y constituida en un modelo digital de terreno representada por curvas de nivel.

Como ya se mencionó anteriormente el proyecto carretero pasa por dos zonas UTM (zona 19 y zona 20), es por ello que se realiza la construcción de dos modelos digitales de terreno (tramo A y tramo B), empleando el software AutoCAD Civil 3d.

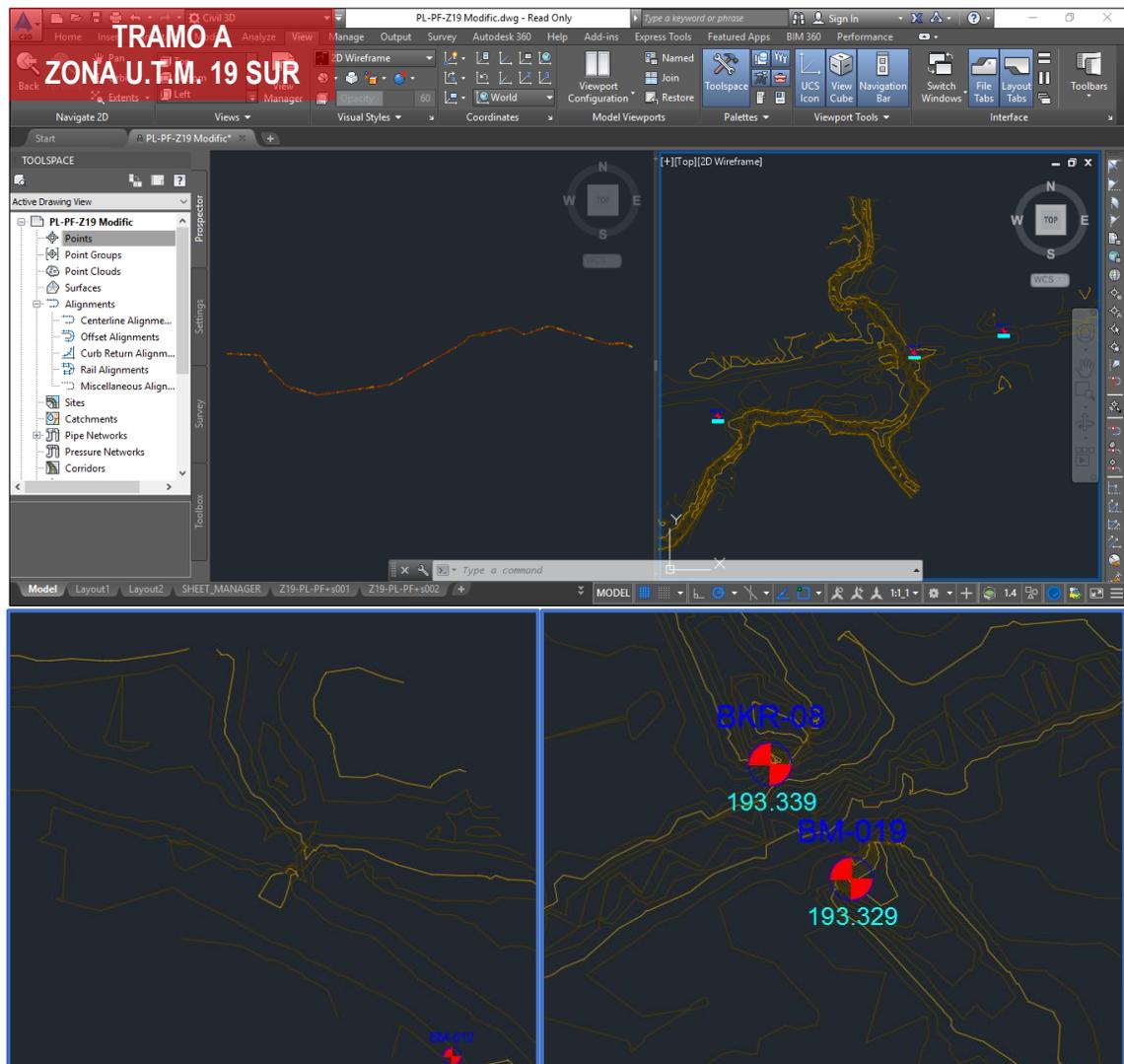


Figura No. 51 - Construcción Del modelo digital de terreno del tramo A
Fuente. Autodesk AutoCAD Civil 3d

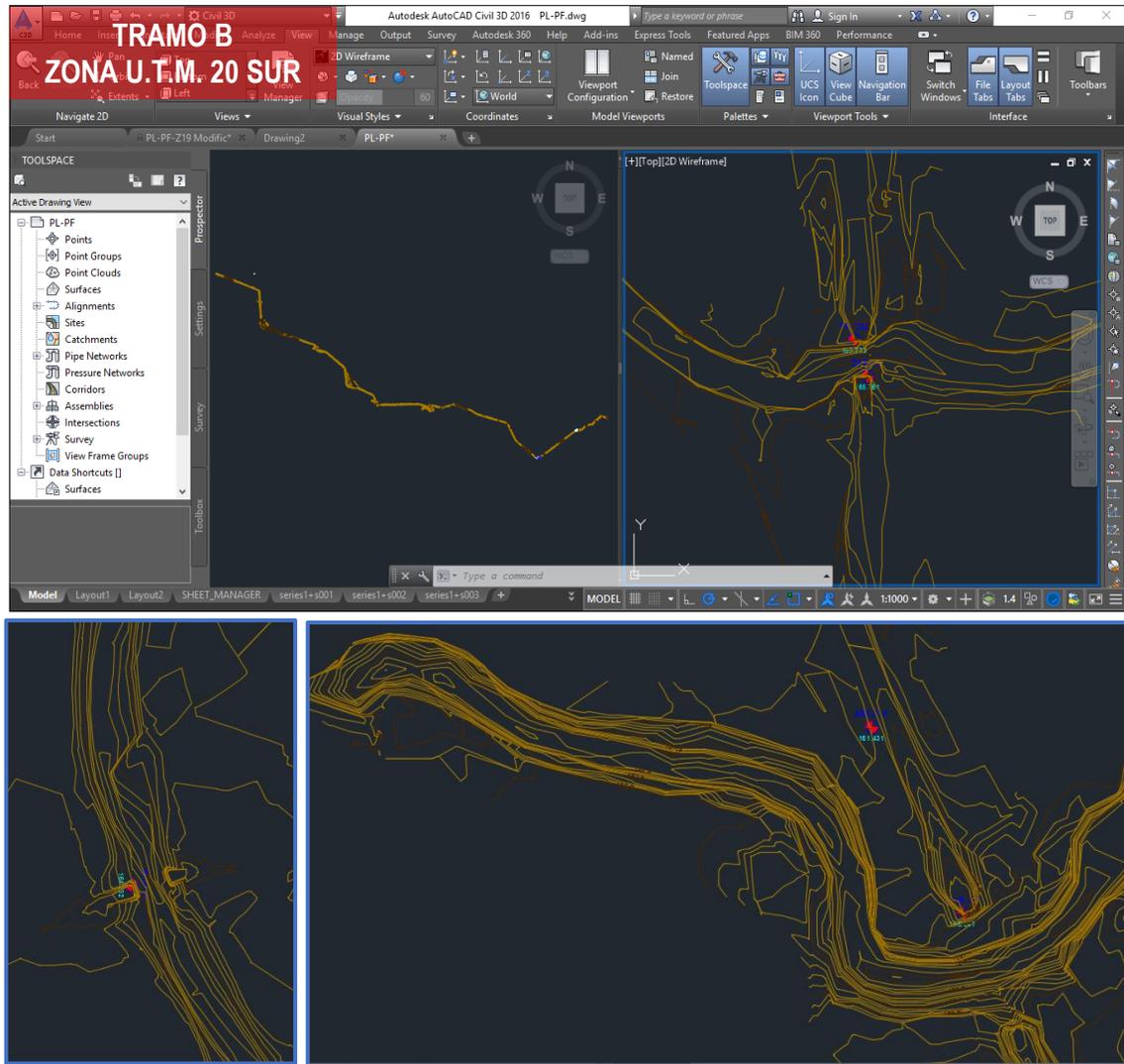


Figura No. 52 - Construcción del modelo digital de terreno del tramo B
Fuente. Autodesk AutoCAD Civil 3d

4.6.1. Elaboración del Perfil Longitudinal

El perfil longitudinal corresponde a una aproximación fidedigna de una alineación, el cual está sobre la superficie terrestre proporcionando una idea muy clara del comportamiento de los desniveles que presenta el eje longitudinal del tramo carretero.

A partir esencialmente de la red de nivelación y de igual manera de los puntos de control horizontal que establecen el levantamiento topográfico del cual se genera el modelo digital de terreno, se logra construir dos perfiles longitudinales correspondientes al tramo A y tramo B empleando el software AutoCAD Civil 3d (ver anexo I - Planos), en la tabla No. 21 se ve las características de los perfiles longitudinales.



Perfil Longitudinal	Tramo A		Tramo B	
Sistema de Coordenadas	WGS-84 U.T.M. Zona 19 Sur		WGS-84 U.T.M. Zona 20 Sur	
Longitud de tramo	84,15 km		50,45 km	
Progresivas	Cada 40 m		Cada 40 m	
Planos	Escala Horizontal	1:2000	Escala Horizontal	1:2000
	Escala Vertical	1:200	Escala Vertical	1:200

Tabla No. 21 - Características de los perfiles longitudinales
 Fuente. Elaboración propia

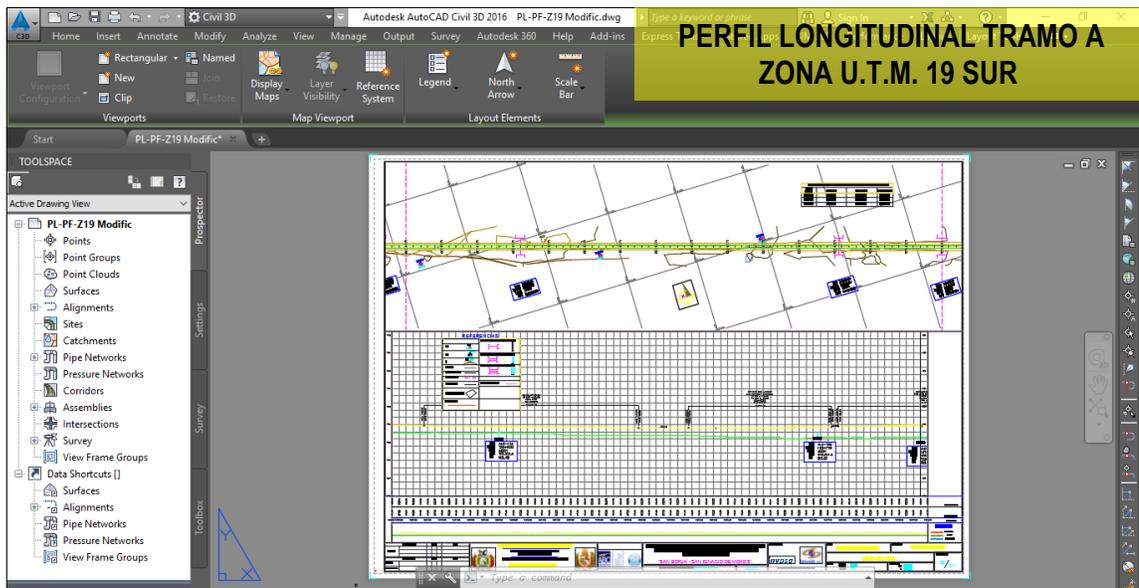


Figura No. 53 - Construcción del perfil longitudinal del tramo A
 Fuente. Autodesk AutoCAD Civil 3d

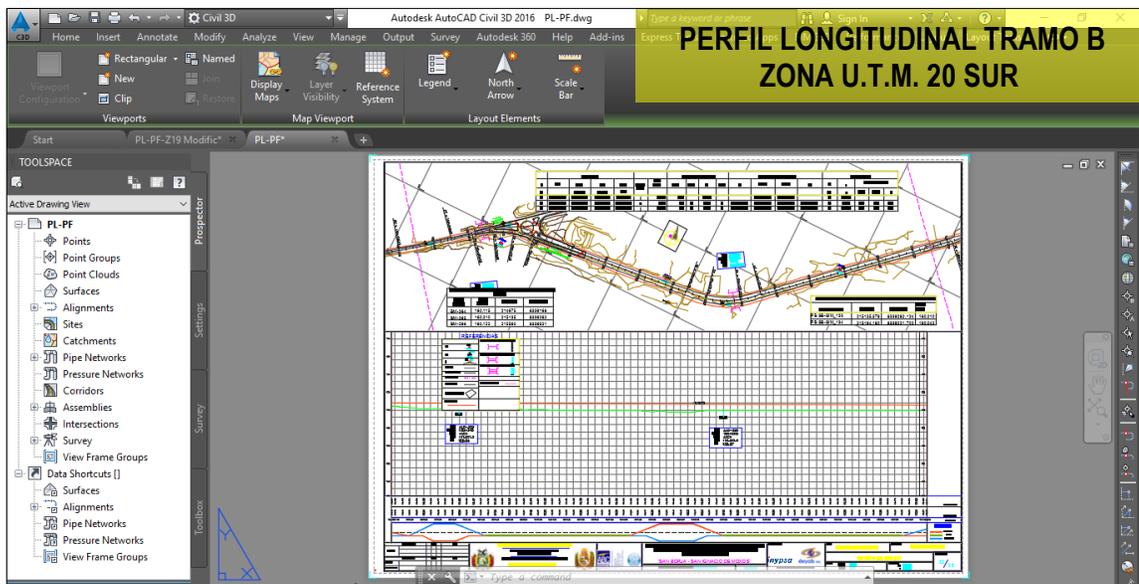


Figura No. 54 - Construcción del perfil longitudinal del tramo B
 Fuente. Autodesk AutoCAD Civil 3d



4.6.2. Elaboración de los Perfiles Transversales

Al igual que los perfiles longitudinales, los perfiles transversales son alineaciones, pero en forma transversal a un eje, en el presente caso será al eje carretero sobre el terreno natural de los tramos A y B, done la construcción de los perfiles transversales se realiza empleando el software AutoCAD Civil 3D, en la tabla No. 22 se ven las características de la construcción de los perfiles transversales.

Perfil Transversal	Tramo A		Tramo B	
Sistema de Coordenadas	WGS-84 U.T.M. Zona 19 Sur		WGS-84 U.T.M. Zona 20 Sur	
Longitud de tramo	84,15 km		50,45 km	
Secciones	Cada 20 m		Cada 20 m	
Ancho Transversal	De 40 m (20 metros a cada lado del eje)		De 40 m (20 metros a cada lado del eje)	
Planos	Escala Horizontal	1:500	Escala Horizontal	1:500
	Escala Vertical	1:500	Escala Vertical	1:500

Tabla No. 22 - Características de los perfiles transversales

Fuente. Elaboración propia

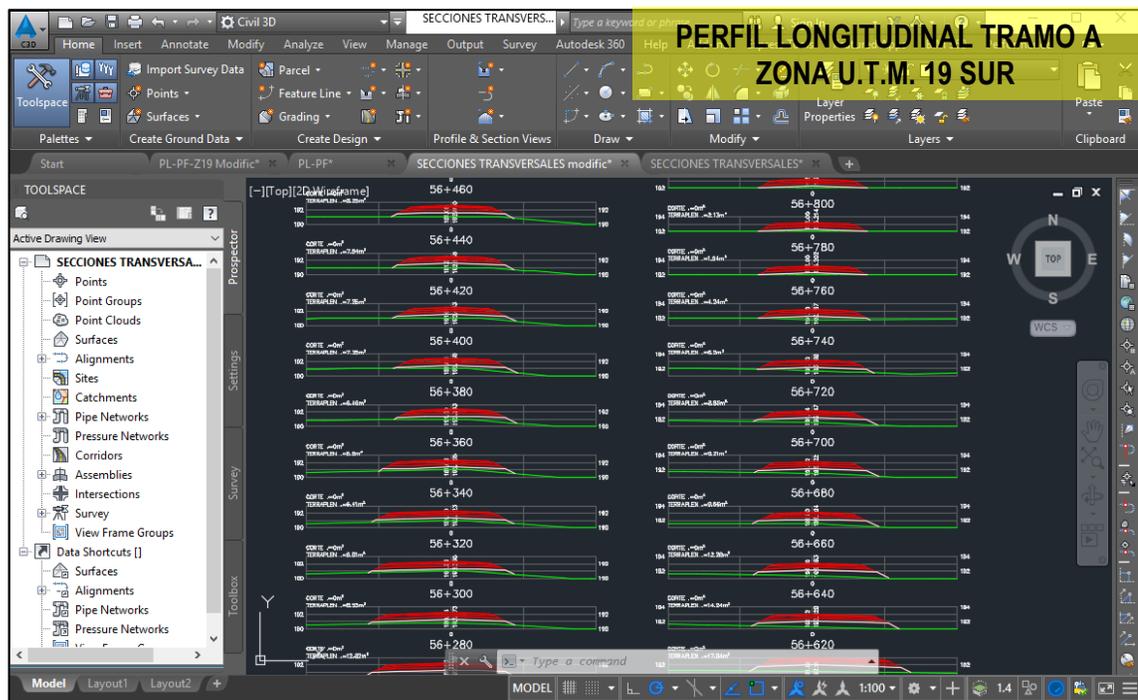


Figura No. 55 - Construcción del perfil transversal del tramo A

Fuente. Autodesk AutoCAD Civil 3d

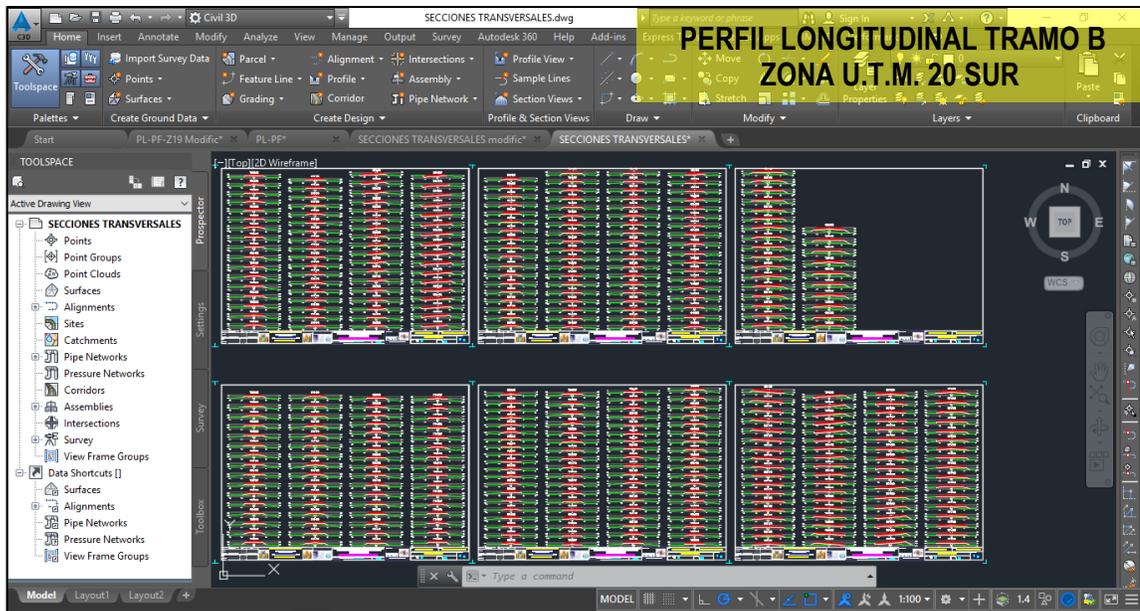


Figura No. 56 - Construcción del perfil transversal del tramo B
Fuente. Autodesk AutoCAD Civil 3d

Finalmente, tanto los perfiles longitudinales como los perfiles transversales son representados en diferentes planos (ver anexo I - Planos), donde las mismas contendrán información cartográfica y topográfica, la cual, el resultado del estudio topográfico que establece la base de los trabajos de ingeniería con relación a carreteras.



CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En definitiva, a la conclusión de todos los trabajos técnicos realizados en el presente proyecto, es importante revisar y analizar los resultados obtenidos a través del desarrollo de las diferentes actividades tanto de campo como de gabinete.

- Con relación a los trabajos de monumentación de mojones se tiene lo siguiente:

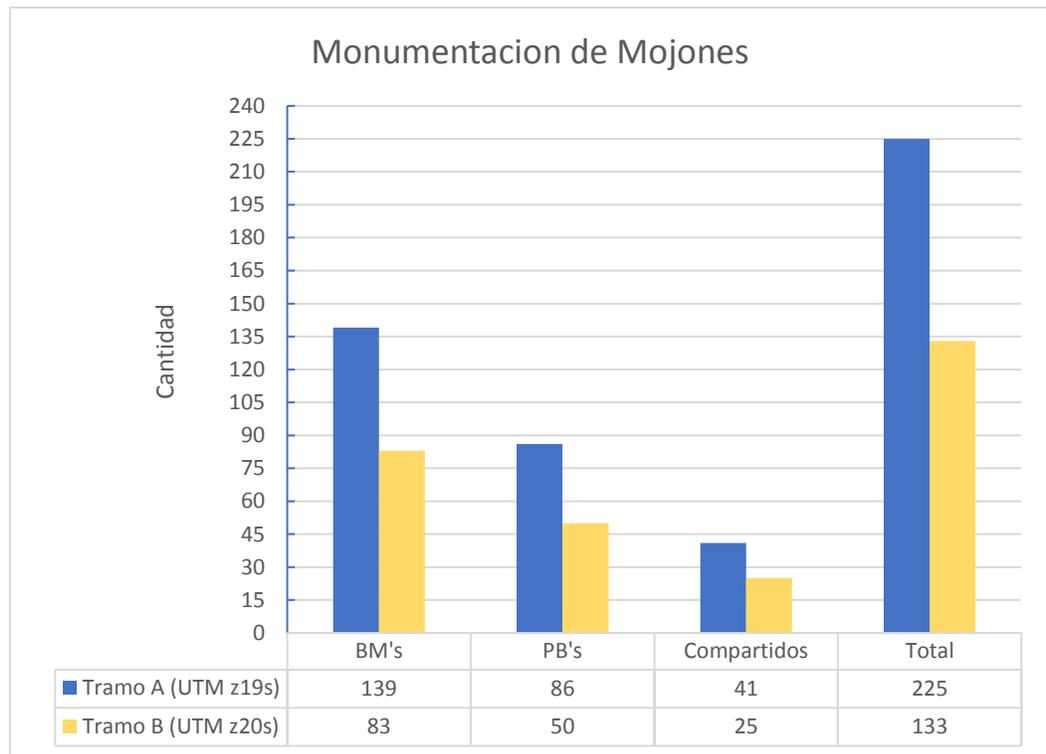


Figura No. 57 - Grafica de resumen de la monumentación de mojones
 Fuente. Elaboración propia

A nivel general del proyecto se materializaron 222 BM's y 136 PB's haciendo un total de 358 mojones, donde en el tramo A se encuentran: 139 BM's, 86 PB's y 41 de ellos comparten como puntos BM y PB, con relación al tramo B se tiene: 83 BM's, 50 PB's y 25 de ellos comparten como puntos BM y PB.

- Por otra parte, los trabajos de establecimiento de control horizontal se realizaron en tres periodos teniendo lo siguiente:

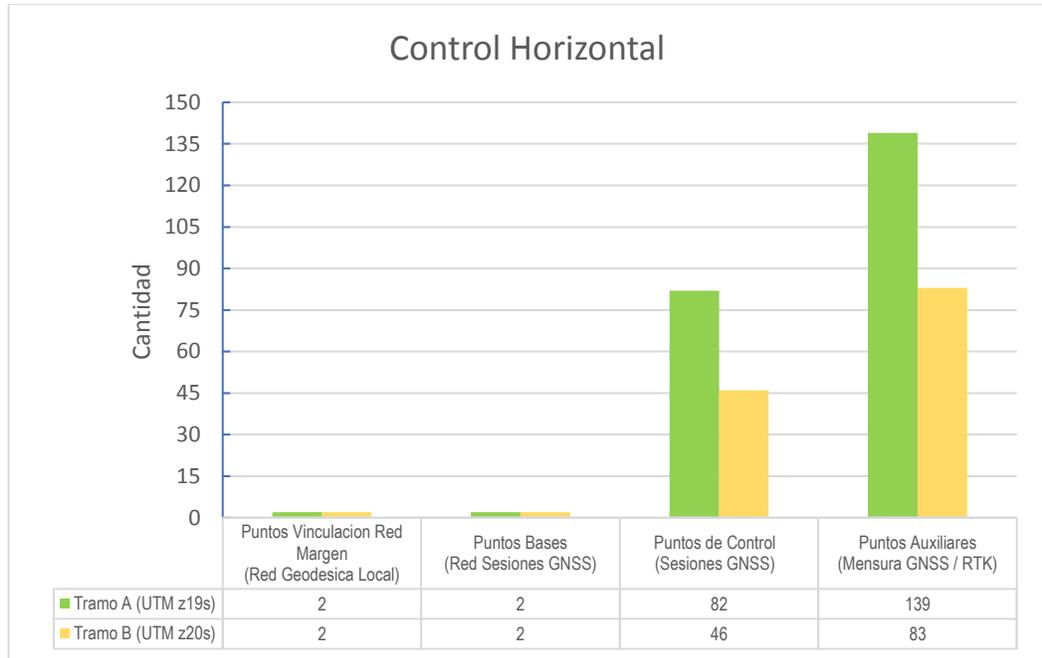


Figura No. 58 - Gráfica de resumen de puntos de control horizontal por tramos
 Fuente. Elaboración propia

Se realizaron 2 puntos de vinculación a la Red MARGEN por cada tramo, de igual manera 2 puntos bases por tramo, mientras que dentro de los puntos de control densificados se tiene que 82 se encuentran el tramo A y 46 en el tramo B, con respecto a los puntos auxiliares medidos por equipos GNSS en modo RTK, se tienen 139 en el tramo A y 83 en tramo B.

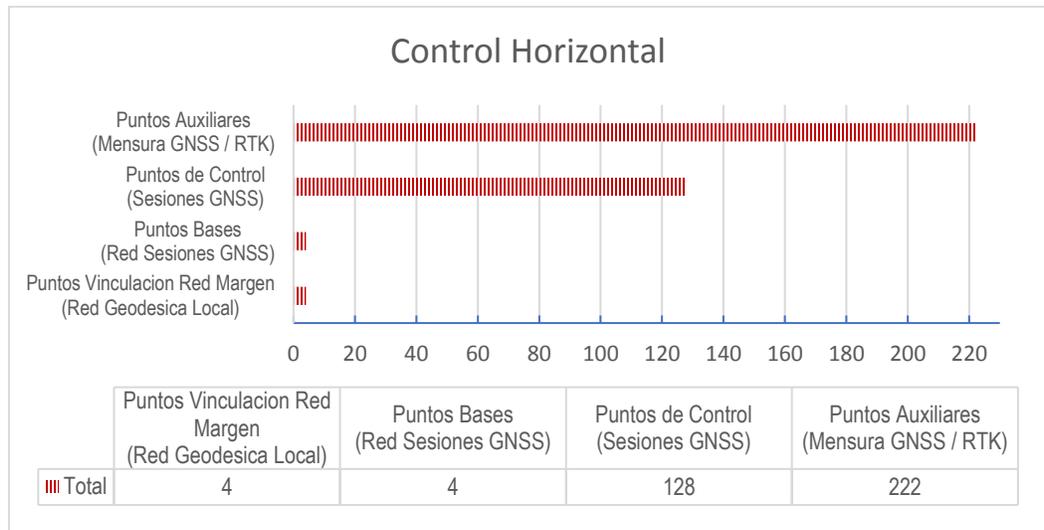


Figura No. 59 - Grafica de resumen total de puntos de control horizontal
 Fuente. Elaboración propia



- Con respecto a los puntos de control vertical se tiene lo siguiente:

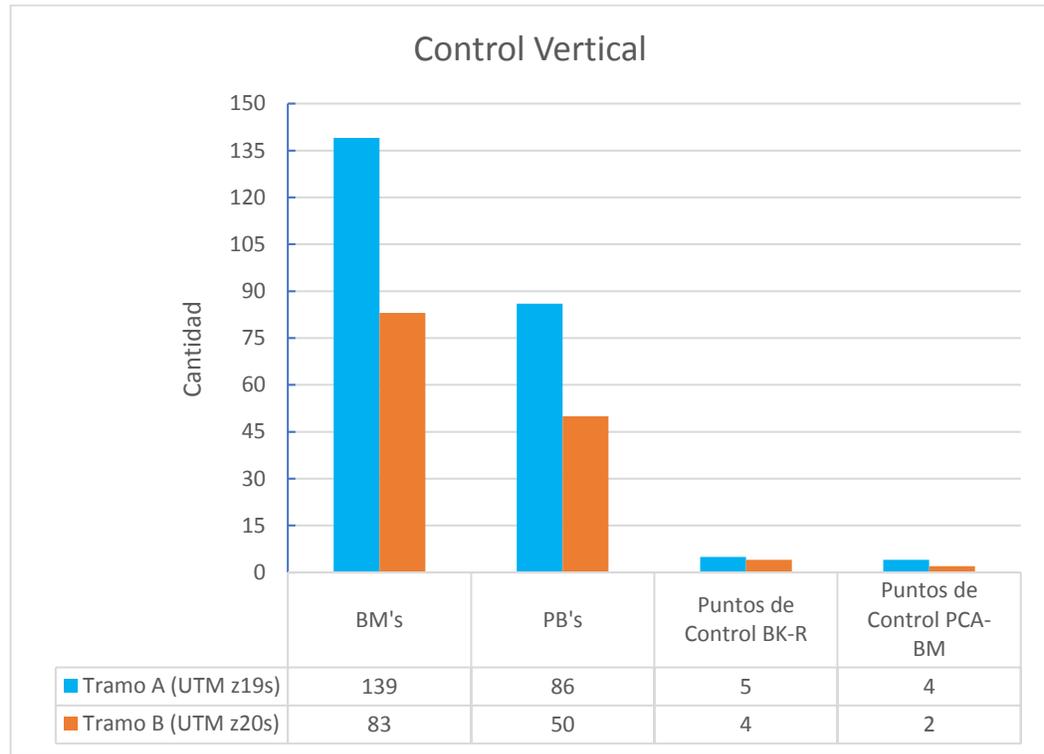


Figura No. 60 - Grafica de resumen de puntos de control vertical
 Fuente. Elaboración propia

A nivel general del proyecto se tuvo 15 puntos de control vertical correspondientes al IGM, 4 en el tramo A y 2 en el tramo B, a partir de ello se establecieron 358 puntos de control vertical donde se tiene: 139 BM's y 86 PB's en el tramo A, por otro lado 83 BM's y 50 PB's en tramo B.

Finalmente, con los resultados del levantamiento topográfico realizado a partir de los puntos de control horizontal y vertical se tuvo como productos: 2 modelos digitales de terreno uno del tramo A y el otro del Tramo B, planos de 2 perfiles longitudinales y finalmente planos de secciones transversales como resultados del estudio topográfico del tramo carretero San Borja - San Ignacio de Moxos.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

En conclusión, se logró realizar el estudio topográfico del tramo carretero San Borja - San Ignacio de Moxos en el departamento de Beni, llegando a cumplir con satisfacción los trabajos técnicos planteados en el presente proyecto, donde:

- Se realizó la monumentación de los puntos de control Horizontal y Vertical.
- Se establecieron puntos de vinculación a la Red Margen y puntos Base por medio de una Red Geodésica Local.
- Se establecieron puntos de Control Auxiliar por medio de mediciones GNSS en modo RTK.
- Se establecieron puntos de Control Vertical por medio de nivelaciones geométricas.
- Se realizó el Levantamiento Topográfico del terreno natural que cubre el tramo carretero.
- Se generaron dos Modelos Digitales de Terreno del tramo carretero.
- Se elaboraron los perfiles Longitudinales y Perfiles Transversales.

6.2. Recomendaciones

Dentro del marco de los trabajos realizados en el presente proyecto, es preciso señalar las siguientes recomendaciones:

- El trabajo realizado constituye la base para la ejecución del proyecto carretero en sus diferentes etapas, por lo tanto, se recomienda realizar inspecciones de manera constante de control vertical y control horizontal en los diferentes tramos del proyecto correspondiente.
- Dentro de los trabajos técnicos se recomienda conocer de manera puntual el uso adecuado de los equipos topográficos y geodésicos empleados en campo además de los parámetros necesarios que se requieren al momento de operarlos en campo.



Bibliografía

- Asin, F. M. (1983). *Geodesia y Cartografía Matemática*. Madrid.
- Asín, F. M. (1983). *Geodesia y Cartografía Matemática*. Madrid.
- C.N.R., M. d. (2014). *Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos*. Santiago.
- Cartesia. (2010). *Metodos Topograficos*. Obtenido de <http://www.cartesia.org>
- Cartesia. (2014). *Foro Cartesia*. Obtenido de <http://www.cartesia.org>
- Casanova, L. (2010). *Sistema GPS/GNSS*.
- Chile, C. (2015). *Cartografía Chile*. Obtenido de <http://www.cartografia.cl>
- Enciclopedia_Libre_Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia*. Obtenido de <http://www.wikipedia.org>
- Geomensor. (2005). *Topografía y Cartografía*. Obtenido de <http://www.geomensor.com>
- Geomensor, E. (2016). *Elgeomensor*. Obtenido de <http://www.elgeomensor.cl/downloads/cartografia>
- Gusman, J. (2007). *Principios y Aplicaciones de Geodesia Satelitaria*. La Paz.
- Larousse. (1993). *Enciclopedia Larousse Ilustrada*. Santiago_Chile: Larousse S.A.
- MBN. (2010). *Manual de Normas Técnicas de Mensura. Segunda Edición 2010*. Chile.
- Mendoza, J. (2009). *Topografía Técnicas Modernas*.
- Millán, J. (2006). *Geodesia y Topografía*. Cadiz - España: JM Ediciones.
- Mineriae. (2010). *Introducción a la Topografía*. Obtenido de <http://www.mineriae.com>
- Moreno_Jasqui, L. (2011). *Guía Práctica del GPS*. Mexico D.F.
- Ortiz, G. (2010). *Apuntes de Topografía y Geodesia*. Obtenido de <http://www.gabrielortiz.org>
- Torge, W. (1983). *Geodesia Introducción*. Tlacoquemecatl: DIANA S.A.
- Vera, M. A. (s.f.). *Geodesia Modulo I*.
- Wikipedia. (2010). *Enciclopedia Libre Wikipedia*. Obtenido de <http://www.wikipedia.org>
- Zakatov. (1981). *Geodesia Superior*. URSS: MIR.

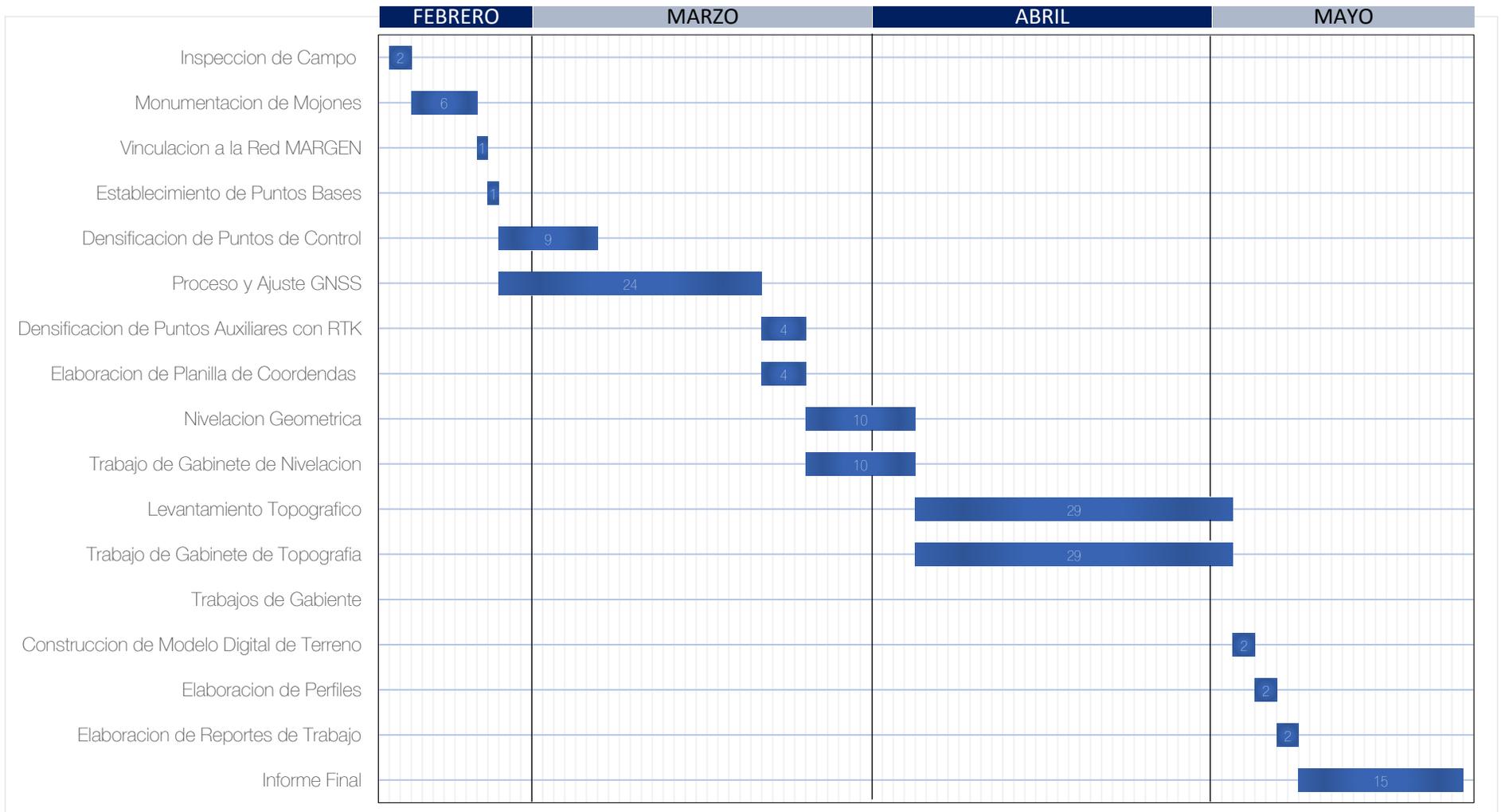
ANEXOS

ANEXO A

Cronograma de Actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Proyecto: Estudio Topográfico del Tramo Carretero San Borja - San Ignacio de Moxos en el Departamento de Beni
Responsable: Lucio Yujra Huanca
Tipo de Grafica: Diagrama de Gantt
Duración: 98 Días (16 Actividades)



ANEXO B

Costos de Proyecto

Planilla Costo de Proyecto
ESTUDIO TOPOGRÁFICO
Tramo Carretero San Borja - San Ignacio de Moxos

ÍTEM I - AMOJONAMIENTO					
	A	B	C	D	E
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DÍAS	COSTO UNITARIO DOLARES AMERICANOS	=B*C*D VALOR TOTAL DOLARES AMERICANOS
PERSONAL					
Operario	Encargado de la materialización de mojones	8	6	18	\$ 864,00
Personal de Apoyo	Ayudante de campo	8	6	14	\$ 672,00
HERRAMIENTAS Y MATERIALES					
Arena	Construcción de mojones	60	1	5	\$ 300,00
Bulones	Placas de identificación para puntos de control	222	1	3	\$ 666,00
Cemento	Construcción de mojones	26	1	5	\$ 130,00
Pintura	Representación de mojones	15	1	15	\$ 225,00
Utilidades de Construcción	Clavos, botes, horma, etc.	7	1	15	\$ 105,00
TOTAL COSTOS DE AMOJONAMIENTO					\$ 2.962,00

ÍTEM II - GEORREFERENCIACIÓN					
	A	B	C	D	E
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DÍAS	COSTO UNITARIO DOLARES AMERICANOS	=B*C*D VALOR TOTAL DOLARES AMERICANOS
PERSONAL					
Técnico	Topógrafo Geodesta	1	28	29	\$ 812,00
Auxiliar de Campo	Operadores técnicos	4	28	20	\$ 2.240,00
Auxiliar de Campo	Macheteros	8	28	18	\$ 4.032,00
EQUIPOS					
GPS/GNSS	Receptores en Modo Estático (Red Geodésica)	6	24	30	\$ 4.320,00
GNSS	Receptores en modo RTK (Puntos Auxiliares)	1	4	100	\$ 400,00
Laptop	Equipo de sistematización de la Información de Campo	4	28	2	\$ 224,00
HERRAMIENTAS Y MATERIALES					
Base Permanente GPS/GNSS	BLPZ (INGA) y TRDD (Trinidad) Red MARGEN Bolivia I.G.M.	2	1	25	\$ 50,00
Utilitarios de Campo	Libretas, paneles descriptivos, etc.	10	1	2	\$ 20,00
TOTAL COSTOS DE GEORREFERENCIACIÓN					\$ 12.098,00

ÍTEM III - NIVELACIÓN GEOMÉTRICA					
	A	B	C	D	E
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DÍAS	COSTO UNITARIO DOLARES AMERICANOS	=B*C*D VALOR TOTAL DOLARES AMERICANOS
PERSONAL					
Técnico	Topógrafo Geodesta	4	10	29	\$ 1.160,00
Auxiliar de Campo	Alarife	8	10	18	\$ 1.440,00
Auxiliar de Campo	Macheteros	8	10	18	\$ 1.440,00
EQUIPOS					
Nivel Geométrico	Nivel Topográfico Digital	4	10	17	\$ 680,00
Handis	Radios de Comunicación Operador/Auxiliar	4	10	1	\$ 40,00
Laptop	Equipo para la sistematización de la Información de Campo	4	10	2	\$ 80,00
HERRAMIENTAS Y MATERIALES					
Utilitarios de Campo	Libretas de campo, material de campo, etc.	1	1	1	\$ 1,00
TOTAL COSTOS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA					\$ 4.841,00

ÍTEM IV - LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO					
	A	B	C	D	E
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DÍAS	COSTO UNITARIO DOLARES AMERICANOS	=B*C*D VALOR TOTAL DOLARES AMERICANOS
PERSONAL					
Técnico	Topógrafo Geodesta	4	29	29	\$ 3.364,00
Auxiliar de Campo	Alarife	8	29	18	\$ 4.176,00
Auxiliar de Campo	Macheteros	8	29	18	\$ 4.176,00
EQUIPOS					
Estación Total	Equipo Topográfico Electrónico	4	29	20	\$ 2.320,00
Handis	Radios de Comunicación Operador/Auxiliar	16	29	1	\$ 464,00
Laptop	Equipo para la sistematización de la Información de Campo	4	29	2	\$ 232,00
HERRAMIENTAS Y MATERIALES					
Puntos Transitorios	Clavos estriados para Puntos Transitorios	10	1	2	\$ 20,00
Libretas	Apuntes de características de levantamiento topográfico	5	1	1	\$ 5,00
TOTAL COSTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO					\$ 14.757,00

ÍTEM V - TRABAJOS DE GABINETE					
	A	B	C	D	E
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DÍAS	COSTO UNITARIO DOLARES AMERICANOS	=B*C*D VALOR TOTAL DOLARES AMERICANOS
PERSONAL					
Técnico Cadista	Topógrafo Geodesta para la construcción del MDT	1	21	25	\$ 525,00
Auxiliar	Tecnico auxiliar para la sistematización de datos	1	21	14	\$ 294,00
EQUIPOS					
Equipo PC	Procesos, ajustes, elaboración de reporte técnico, etc.	1	21	2	\$ 42,00
HERRAMIENTAS Y MATERIALES					
Material de Escritorio	Impresiones, Hojas, Anillados, etc.	5	1	15	\$ 75,00
TOTAL COSTOS DE TRABAJOS DE GABINETE					\$ 936,00

ÍTEM VI - OTROS COSTOS					
	A	B	C	D	E
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DÍAS	COSTO UNITARIO DOLARES AMERICANOS	=B*C*D VALOR TOTAL DOLARES AMERICANOS
Viáticos	Alimentación del personal	24	98	4	\$ 9.408,00
Estadía	Lugar de Alojamiento de Personal	24	98	3	\$ 7.056,00
Transporte (Chofer / Vehículo)	Traslado de Personal y Equipos en Area de Trabajo	4	98	35	\$ 13.720,00
Primeros Auxilios (Auxiliar en Enfermería)	Personal de Primeros Auxilios	1	98	20	\$ 1.960,00
TOTAL COSTOS OTROS					\$ 32.144,00

COSTO TOTAL					
				SUBTOTAL COSTOS ÍTEM I+II+III+IV+V+VI	(1) \$ 67.738,00
				IVA 16%	(2) \$ 10.838,08
				COSTO TOTAL (1)+(2)	\$ 78.576,08

ANEXO C

Reporte de Ajuste de Red Geodésica Local

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	RED_GEODESICA_LOCAL.vce	Nombre:	UTM
Tamaño:	499 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	27/02/2017 01:01:07 p.m. (UTC:-4)	Zona:	19 South (69W)
Zona horaria:	Hora estándar oeste, Sudamérica	Geoide:	EGM96 (Global)
Número de referencia:		Datum vertical:	egm96

Informe de ajuste de red

Configuraciones del ajuste

Errores de configuración

GNSS

Error en la altura de antena: 0.000 m

Error de centrado: 0.000 m

Visualización de la covarianza

Horizontal:

Error lineal propagado [E]: EE.UU.

Término constante [C]: 0.000 m

Escarar en error lineal [S]: 1.960

Tridimensional

Error lineal propagado [E]: EE.UU.

Término constante [C]: 0.000 m

Escarar en error lineal [S]: 1.960

Estadísticas del ajuste

Número de iteraciones para un ajuste exitoso: 2

Factor de referencia de red: 1.00

Prueba de chi al cuadrado (95%): Pasado

Nivel de confianza de la precisión: 95%

Grados de libertad: 31

Estadísticas de vectores con posprocesamiento

Factor de referencia: 1.00

Número de redundancias: 31.00

Escarar a priori: 2.45

Límites de punto de control

ID de punto	Tipo	Este σ (Metro)	Norte σ (Metro)	Altura σ (Metro)	Elevación σ (Metro)
INGA	Global	Fijo	Fijo	Fijo	
TRDD	Global	Fijo	Fijo	Fijo	

Fijo = 0.000001(Metro)

Coordenadas de cuadrícula ajustadas

ID de punto	Este (Metro)	Este Error (Metro)	Valor norte (Metro)	Valor norte Error (Metro)	Elevación (Metro)	Elevación Error (Metro)	Límite
INGA	588751.180	?	8172270.659	?	4045.738	?	LLh
P001	745911.418	0.003	8353742.924	0.002	190.418	0.010	
P002	746039.258	0.003	8353736.590	0.002	190.363	0.010	
P135	862128.987	0.003	8339173.632	0.002	157.067	0.009	
P136	862219.135	0.003	8339250.277	0.002	157.076	0.009	
TRDD	942489.496	?	8356729.059	?	155.104	?	LLh

Coordenadas geodésicas ajustadas

ID de punto	Latitud	Longitud	Altura (Metro)	Altura Error (Metro)	Límite
INGA	S16°31'47.465568"	W68°10'05.814333"	4090.652	?	LLh
P001	S14°52'46.163131"	W66°42'51.898016"	216.955	0.010	
P002	S14°52'46.326512"	W66°42'47.620800"	216.899	0.010	
P135	S14°59'51.694670"	W65°37'59.947454"	183.474	0.009	
P136	S14°59'49.159740"	W65°37'56.973035"	183.485	0.009	
TRDD	S14°49'37.637334"	W64°53'25.713438"	181.416	?	LLh

Coordenadas ECEF ajustadas

ID de punto	X (Metro)	X Error (Metro)	Y (Metro)	Y Error (Metro)	Z (Metro)	Z Error (Metro)	3D Error (Metro)	Límite
INGA	2275960.358	?	-5681183.750	?	-1804179.071	?	?	LLh
P001	2437443.912	0.005	-5663603.567	0.009	-1627272.354	0.003	0.010	
P002	2437560.824	0.004	-5663551.787	0.009	-1627277.193	0.003	0.010	
P135	2542464.168	0.005	-5613505.923	0.008	-1639901.046	0.003	0.010	
P136	2542553.440	0.005	-5613487.635	0.008	-1639825.788	0.003	0.010	
TRDD	2617088.090	?	-5584468.126	?	-1621662.278	?	?	LLh

Componentes de la elipse de error

ID de punto	Semieje mayor (Metro)	Semieje menor (Metro)	Acimut
P001	0.004	0.002	79°
P002	0.003	0.002	78°
P135	0.004	0.002	80°
P136	0.004	0.002	80°

Observaciones GNSS ajustadas

Parámetros de transformación

Rotación del acimut: -0.003 sec (95%) 0.001 sec

Factor de escala: 1.00000004 (95%) 0.00000001

ID de observación		Observación	Error a posteriori	Residual	Estandarizada Residual
P002 --> P136 (PV5)	Acimut	96°31'01"	0.003 sec	-0.001 sec	-0.362
	ΔAlt.	-33.414 m	0.010 m	0.017 m	1.467
	Dist. elip	116990.847 m	0.003 m	0.009 m	2.357
P002 --> P001 (PV1)	Acimut	272°14'57"	1.646 sec	-0.821 sec	-2.325
	ΔAlt.	0.056 m	0.003 m	0.000 m	-0.950
	Dist. elip	127.952 m	0.002 m	0.000 m	1.490
INGA --> P001 (PV10)	Acimut	40°40'30"	0.002 sec	0.002 sec	0.999
	ΔAlt.	-3873.697 m	0.010 m	0.001 m	0.080
	Dist. elip	240072.439 m	0.003 m	0.007 m	2.093
INGA --> P002 (PV9)	Acimut	40°41'57"	0.002 sec	0.002 sec	1.834
	ΔAlt.	-3873.753 m	0.010 m	0.000 m	-0.025
	Dist. elip	240151.292 m	0.003 m	-0.004 m	-1.977
P001 --> P136 (PV6)	Acimut	96°30'46"	0.003 sec	0.006 sec	1.913
	ΔAlt.	-33.470 m	0.010 m	0.010 m	0.679
	Dist. elip	117118.444 m	0.003 m	0.004 m	0.800
P135 --> P136 (PV4)	Acimut	48°45'23"	1.834 sec	-0.373 sec	-1.166
	ΔAlt.	0.011 m	0.003 m	0.000 m	-1.522
	Dist. elip	118.182 m	0.001 m	0.000 m	-0.977
INGA --> P135 (PV8)	Acimut	58°22'47"	0.001 sec	-0.002 sec	-1.499
	ΔAlt.	-3907.178 m	0.009 m	-0.002 m	-0.245
	Dist. elip	320202.068 m	0.003 m	0.000 m	0.120
INGA --> TRDD (PV11)	Acimut	62°15'02"	0.001 sec	0.000 sec	-0.365
	ΔAlt.	-3909.236 m	0.000 m	0.004 m	0.502
	Dist. elip	398703.449 m	0.003 m	-0.002 m	-1.218
TRDD --> P002 (PV14)	Acimut	268°04'23"	0.002 sec	-0.002 sec	-1.217
	ΔAlt.	35.483 m	0.010 m	0.005 m	0.529
	Dist. elip	196256.007 m	0.003 m	0.002 m	0.783
INGA --> P136 (PV7)	Acimut	58°22'35"	0.001 sec	-0.001 sec	-0.992
	ΔAlt.	-3907.167 m	0.009 m	0.000 m	0.033
	Dist. elip	320318.817 m	0.003 m	0.001 m	0.193

P001 --> P135 (PV3)	Acimut	96°33'19"	0.003 sec	0.003 sec	0.938
	ΔAlt.	-33.481 m	0.010 m	-0.011 m	-0.941
	Dist. elip	117038.600 m	0.003 m	-0.003 m	-0.675
TRDD --> P135 (PV13)	Acimut	256°37'06"	0.004 sec	0.002 sec	0.555
	ΔAlt.	2.058 m	0.009 m	-0.004 m	-0.427
	Dist. elip	82123.582 m	0.003 m	0.002 m	0.641
P002 --> P135 (PV2)	Acimut	96°33'35"	0.003 sec	0.001 sec	0.330
	ΔAlt.	-33.425 m	0.010 m	-0.004 m	-0.348
	Dist. elip	116911.010 m	0.003 m	0.002 m	0.550
TRDD --> P136 (PV12)	Acimut	256°39'26"	0.004 sec	0.001 sec	0.383
	ΔAlt.	2.069 m	0.009 m	-0.001 m	-0.093
	Dist. elip	82019.304 m	0.003 m	-0.001 m	-0.470
TRDD --> P001 (PV15)	Acimut	268°04'32"	0.002 sec	0.000 sec	-0.157
	ΔAlt.	35.539 m	0.010 m	0.003 m	0.283
	Dist. elip	196383.691 m	0.003 m	0.000 m	0.032

Términos de covarianza

Punto de origen	Al punto		Componentes	Error a posteriori	Precisión horiz. (Razón)	Precisión 3D (Razón)
INGA	TRDD	Acimut	62°15'02"	0.000 sec	1 : 0	1 : 0
		ΔAlt.	-3909.236 m	0.000 m		
		ΔElev.	-3890.633 m	0.000 m		
		Dist. elip	398703.466 m	0.000 m		
P001	INGA	Acimut	220°16'53"	0.002 sec	1 : 97862507	1 : 97928198
		ΔAlt.	3873.697 m	0.010 m		
		ΔElev.	3855.320 m	0.010 m		
		Dist. elip	240072.449 m	0.002 m		
P001	P002	Acimut	92°14'58"	1.654 sec	1 : 84418	1 : 84399
		ΔAlt.	-0.056 m	0.003 m		
		ΔElev.	-0.055 m	0.003 m		
		Dist. elip	127.952 m	0.002 m		
P001	P135	Acimut	96°33'19"	0.003 sec	1 : 37369142	1 : 37335127
		ΔAlt.	-33.481 m	0.010 m		
		ΔElev.	-33.351 m	0.010 m		
		Dist. elip	117038.605 m	0.003 m		
P001	P136	Acimut	96°30'46"	0.003 sec	1 : 37112043	1 : 37078817
		ΔAlt.	-33.470 m	0.010 m		
		ΔElev.	-33.342 m	0.010 m		

		Dist. elip	117118.449 m	0.003 m		
P001	TRDD	Acimut	88°32'35"	0.002 sec	1 : 70347026	1 : 70274674
		ΔAlt.	-35.539 m	0.010 m		
		ΔElev.	-35.314 m	0.010 m		
		Dist. elip	196383.700 m	0.003 m		
P002	INGA	Acimut	220°18'19"	0.002 sec	1 : 100307881	1 : 100335865
		ΔAlt.	3873.753 m	0.010 m		
		ΔElev.	3855.375 m	0.010 m		
		Dist. elip	240151.302 m	0.002 m		
P002	P135	Acimut	96°33'35"	0.003 sec	1 : 38328752	1 : 38291600
		ΔAlt.	-33.425 m	0.010 m		
		ΔElev.	-33.296 m	0.010 m		
		Dist. elip	116911.014 m	0.003 m		
P002	P136	Acimut	96°31'01"	0.003 sec	1 : 38054913	1 : 38018558
		ΔAlt.	-33.414 m	0.010 m		
		ΔElev.	-33.287 m	0.010 m		
		Dist. elip	116990.851 m	0.003 m		
P002	TRDD	Acimut	88°32'26"	0.002 sec	1 : 72690431	1 : 72605711
		ΔAlt.	-35.483 m	0.010 m		
		ΔElev.	-35.259 m	0.010 m		
		Dist. elip	196256.015 m	0.003 m		
P135	INGA	Acimut	237°41'27"	0.001 sec	1 : 116875276	1 : 117222249
		ΔAlt.	3907.178 m	0.009 m		
		ΔElev.	3888.671 m	0.009 m		
		Dist. elip	320202.082 m	0.003 m		
P135	P136	Acimut	48°45'23"	1.826 sec	1 : 108569	1 : 109052
		ΔAlt.	0.011 m	0.003 m		
		ΔElev.	0.009 m	0.003 m		
		Dist. elip	118.182 m	0.001 m		
P135	TRDD	Acimut	76°48'34"	0.004 sec	1 : 28553915	1 : 28568681
		ΔAlt.	-2.058 m	0.009 m		
		ΔElev.	-1.962 m	0.009 m		
		Dist. elip	82123.586 m	0.003 m		
P136	INGA	Acimut	237°41'15"	0.001 sec	1 : 116301521	1 : 116680041
		ΔAlt.	3907.167 m	0.009 m		
		ΔElev.	3888.662 m	0.009 m		
		Dist. elip	320318.830 m	0.003 m		
P136	TRDD	Acimut	76°50'53"	0.004 sec	1 : 28336671	1 : 28352466
		ΔAlt.	-2.069 m	0.009 m		
		ΔElev.	-1.971 m	0.009 m		
		Dist. elip	82019.308 m	0.003 m		

ANEXO D

Reporte de Puntos densificados

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	DIA-22-02-2017.vce	Nombre:	UTM
Tamaño:	767 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	22/03/2017 06:19:06 p.m. (UTC:-4)	Zona:	19 South (69W)
Zona horaria:	Hora estándar oeste, Sudamérica	Geoide:	EGM96 (Global)
Número de referencia:		Datum vertical:	egm96
Descripción:			

Resultados

De	A	Acimut de la cuadrícula	Distancia de cuadrícula	Δ Elevación
P045	P046	60°13'21"	135.147	0.289

Cuadrícula	Local (UTM)	Cartesianas (WGS-84)
------------	-------------	----------------------

De: [P045](#)

Este:	785317.8837 m	Latitud:	S14°53'00.294454"	X:	2473530.1922 m
Norte:	8352872.0366 m	Longitud:	W66°20'53.965777"	Y:	-5647796.6070 m
Elevación:	173.255 m	Altura:	199.797 m	Z:	-1627687.725 m
Convergencia:	-0°40'53.595467"				

Inverso:

Acimut de la cuadrícula:	60°13'21"	Acimut anterior NS:	59°32'27"	ΔX:	113.817 m
Distancia de cuadrícula:	135.147 m	Acimut posterior NS:	239°32'26"	ΔY:	30.341 m
ΔElevación:	0.289 m	Distancia elipsooidal :	135.065 m	ΔZ:	66.098 m
Corrección t-T :	-0°00'00.048821"	Distancia del terreno:	135.069 m	Distancia de desnivel:	135.069 m
Factor de escala de altura:	0.9999686090	ΔAltura:	0.293 m		
Factor de escala de cuadrícula:	1.0006073956				
Factor combinado:	1.0005759855				

A: [P046](#)

Este:	785435.1856 m	Latitud:	S14°52'58.066803"	X:	2473644.0089 m
Norte:	8352939.1552 m	Longitud:	W66°20'50.070853"	Y:	-5647766.2663 m
Elevación:	173.544 m	Altura:	200.090 m	Z:	-1627621.628 m
Convergencia:	-0°40'54.498196"				

De	A	Acimut de la cuadrícula	Distancia de cuadrícula	Δ Elevación
P046	P047	62°44'18"	1948.435	-1.023

Cuadrícula	Local (UTM)	Cartesianas (WGS-84)
------------	-------------	----------------------

De: P046					
Este:	785435.1856 m	Latitud:	S14°52'58.066803"	X:	2473644.0089 m
Norte:	8352939.1552 m	Longitud:	W66°20'50.070853"	Y:	-5647766.2663 m
Elevación:	173.544 m	Altura:	200.090 m	Z:	-1627621.628 m
Convergencia:	-0°40'54.498196"				

Inverso:					
Acimut de la cuadrícula:	62°44'18"	Acimut anterior NS:	62°03'24"	ΔX:	1669.290 m
Distancia de cuadrícula:	1948.435 m	Acimut posterior NS:	242°03'09"	ΔY:	476.602 m
ΔElevación:	-1.023 m	Distancia elipsoidal :	1947.239 m	ΔZ:	882.214 m
Corrección t-T :	-0°00'00.650818"	Distancia del terreno:	1947.300 m	Distancia de desnivel:	1947.301 m
Factor de escala de altura:	0.9999686696	ΔAltura:	-0.971 m		
Factor de escala de cuadrícula:	1.0006139391				
Factor combinado:	1.0005825894				

A: P047					
Este:	787167.1960 m	Latitud:	S14°52'28.376870"	X:	2475313.2988 m
Norte:	8353831.6451 m	Longitud:	W66°19'52.524129"	Y:	-5647289.6646 m
Elevación:	172.521 m	Altura:	199.119 m	Z:	-1626739.413 m
Convergencia:	-0°41'07.971695"				

De	A	Acimut de la cuadrícula	Distancia de cuadrícula	Δ Elevación
P047	P048	55°35'26"	186.782	-0.527

Cuadrícula	Local (UTM)	Cartesianas (WGS-84)
------------	-------------	----------------------

De: P047					
Este:	787167.1960 m	Latitud:	S14°52'28.376870"	X:	2475313.2988 m
Norte:	8353831.6451 m	Longitud:	W66°19'52.524129"	Y:	-5647289.6646 m
Elevación:	172.521 m	Altura:	199.119 m	Z:	-1626739.413 m
Convergencia:	-0°41'07.971695"				

Inverso:					
Acimut de la cuadrícula:	55°35'26"	Acimut anterior NS:	54°54'19"	ΔX:	150.744 m
Distancia de cuadrícula:	186.782 m	Acimut posterior NS:	234°54'17"	ΔY:	36.546 m
ΔElevación:	-0.527 m	Distancia elipsoidal :	186.666 m	ΔZ:	103.862 m
Corrección t-T :	-0°00'00.077288"	Distancia del terreno:	186.672 m	Distancia de desnivel:	186.672 m
Factor de escala de altura:	0.9999687649	ΔAltura:	-0.521 m		

ANEXO E

Lista de Coordenadas de Puntos de Control

PLANILLA DE COORDENADAS Y ALTURAS NIVELADAS TRAMO - A

SISTEMA DE COORDENADAS									
WGS-1984 U.T.M. ZONA 19 SUR									
ID PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA NIVELADA	FACTOR COMBINADO	ID PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA NIVELADA	FACTOR COMBINADO
PB-001	745911.418	8353742.924	193.702	1.0003140	PB-044	783723.684	8351967.795	178.325	1.0005643
PB-002	746039.258	8353736.590	193.647	1.0003148	PB-045	785317.884	8352872.037	176.655	1.0005758
PB-003	747829.124	8353709.776	191.778	1.0003261	PB-046	785435.186	8352939.155	176.954	1.0005765
PB-004	747809.747	8353648.324	191.928	1.0003259	PB-047	787167.196	8353831.645	175.902	1.0005890
PB-005	749824.400	8353528.538	191.027	1.0003385	PB-048	787321.295	8353937.196	175.231	1.0005901
PB-006	749832.832	8353609.873	191.093	1.0003385	PB-049	789025.049	8354931.136	175.236	1.0006023
PB-007	751574.526	8352968.097	188.295	1.0003498	PB-050	788994.022	8354985.124	174.515	1.0006021
PB-008	751687.813	8352819.802	187.888	1.0003505	PB-051	790549.028	8355849.402	173.725	1.0006135
PB-009	752720.351	8351334.250	189.262	1.0003568	PB-052	790614.618	8355813.508	173.213	1.0006140
PB-010	752837.144	8351164.355	189.218	1.0003575	PB-053	791886.221	8357168.005	171.591	1.0006234
PB-011	754005.360	8349953.977	189.116	1.0003648	PB-054	792087.868	8357216.834	171.478	1.0006249
PB-012	754066.880	8349913.049	188.912	1.0003652	PB-055	794039.092	8357628.990	171.583	1.0006390
PB-013	755444.420	8348547.011	188.905	1.0003739	PB-056	794080.630	8357708.990	171.526	1.0006394
PB-014	755476.975	8348447.092	189.022	1.0003741	PB-057	795885.569	8357884.340	171.218	1.0006526
PB-015	757115.651	8347381.565	187.980	1.0003847	PB-058	795899.921	8357854.477	171.734	1.0006526
PB-016	756982.424	8347419.962	188.097	1.0003838	PB-059	797917.108	8358337.935	170.138	1.0006676
PB-017	758979.015	8346781.536	187.355	1.0003967	PB-060	797962.326	8358317.847	170.554	1.0006747
PB-018	759054.580	8346756.317	187.339	1.0003972	PB-061	799843.359	8358819.642	171.402	1.0006814
PB-019	760923.104	8346261.216	187.512	1.0004092	PB-062	799864.484	8358695.705	171.127	1.0006890
PB-020	761057.360	8346221.899	187.367	1.0004101	PB-063	801857.578	8357828.129	171.138	1.0007024
PB-021	762913.877	8345906.966	185.552	1.0004224	PB-064	801824.228	8357793.366	171.731	1.0006964
PB-022	763050.614	8345929.892	185.632	1.0004233	PB-065	803457.497	8357850.476	171.404	1.0007156
PB-023	764828.042	8346170.405	185.695	1.0004349	PB-066	803394.964	8357837.851	171.114	1.0007083
PB-024	764954.742	8346122.855	185.808	1.0004357	PB-067	805320.496	8358411.365	170.953	1.0007226
PB-025	766769.798	8346442.092	184.727	1.0004478	PB-068	805335.341	8358462.157	170.573	1.0007302
PB-026	766926.764	8346459.861	184.451	1.0004489	PB-069	807318.970	8359058.989	169.875	1.0007453
PB-027	768837.286	8346734.858	183.314	1.0004617	PB-070	807269.465	8359139.335	170.075	1.0007376
PB-028	768979.117	8346755.402	183.728	1.0004626	PB-071	809198.318	8358596.783	167.623	1.0007532
PB-029	770751.477	8347006.474	182.792	1.0004746	PB-072	809343.059	8358533.523	167.564	1.0007536
PB-030	770896.895	8347032.786	182.240	1.0004756	PB-073	811211.364	8358005.843	168.514	1.0007681
PB-031	772838.439	8347305.042	182.456	1.0004887	PB-074	811306.126	8357944.223	168.432	1.0007689
PB-032	772979.217	8347321.609	182.794	1.0004896	PB-075	813022.539	8357360.131	168.121	1.0007822
PB-033	774656.168	8347562.061	181.533	1.0005011	PB-076	813237.095	8357293.863	168.108	1.0007839
PB-034	774725.901	8347575.951	181.312	1.0005016	PB-077	814852.040	8356811.623	167.770	1.0007965
PB-035	776706.920	8347990.755	180.544	1.0005153	PB-078	814968.833	8356772.120	167.892	1.0007974
PB-036	776818.691	8348059.178	180.426	1.0005160	PB-079	816984.039	8356236.456	166.296	1.0008134
PB-037	778523.841	8349049.133	180.181	1.0005278	PB-080	817194.314	8356170.958	168.243	1.0008147
PB-038	778681.955	8349102.838	180.130	1.0005289	PB-081	818881.041	8355731.914	165.731	1.0008284
PB-039	780116.138	8349914.149	179.256	1.0005390	PB-082	819224.128	8355766.612	166.008	1.0008310
PB-040	780227.963	8349982.258	179.835	1.0005397	PB-083	820772.219	8355811.078	165.602	1.0008434
PB-041	781822.325	8350884.755	178.543	1.0005509	PB-084	820947.737	8355813.591	165.226	1.0008448
PB-042	781961.885	8350965.233	178.340	1.0005519	PB-085	822612.820	8355490.292	163.747	1.0008583
PB-043	783605.774	8351901.532	177.923	1.0005635	PB-086	822812.376	8355404.844	164.545	1.0008598

SISTEMA DE COORDENADAS									
WGS-1984 U.T.M. ZONA 19 SUR									
ID PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA NIVELADA	FACTOR COMBINADO	ID PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA NIVELADA	FACTOR COMBINADO
BK-R-3	744392.099	8354216.040	198.141	1.000314	BM-086	784086.061	8352177.025	177.087	1.000890
PCA BM-106	745808.345	8353713.140	194.493	1.000315	BM-087	784470.616	8352389.250	177.881	1.000890
BM-001	745911.491	8353743.199	193.702	1.000326	PCA BM-192	784485.296	8352415.120	177.423	1.000893
BM-002	746326.496	8353694.201	193.709	1.000326	BM-088	784960.054	8352666.022	177.077	1.000893
BM-003	746844.172	8353743.070	193.246	1.000338	BM-089	785318.342	8352872.223	176.655	1.000891
BM-004	747262.007	8353670.003	193.010	1.000339	BM-090	785882.529	8353125.214	176.755	1.000891
BM-005	747809.650	8353648.264	191.928	1.000350	BM-091	786290.440	8353426.178	176.628	1.000891
BM-006	748285.418	8353603.170	190.597	1.000351	BM-092	786657.098	8353633.040	177.141	1.000891
BM-007	748841.524	8353569.213	189.749	1.000357	BM-093	787167.827	8353831.901	175.902	1.000892
BM-008	749313.068	8353672.028	191.097	1.000357	BM-094	787576.352	8354110.143	175.503	1.000892
BM-009	749824.418	8353528.546	191.027	1.000365	BKR-26	787812.555	8354277.225	175.794	1.000892
BM-010	750364.556	8353493.226	189.795	1.000365	BM-095	787940.294	8354364.119	175.421	1.000892
BM-011	750820.302	8353462.122	188.431	1.000374	BM-096	788423.451	8354642.183	175.644	1.000892
BM-012	751306.313	8353354.127	188.448	1.000374	BM-097	789025.214	8354931.203	175.236	1.000893
BM-013	751574.733	8352968.181	188.295	1.000385	BM-098	789348.670	8355089.272	174.957	1.000893
BM-014	751959.196	8352622.080	188.280	1.000384	BM-099	789687.693	8355424.281	174.991	1.000893
BM-015	752233.263	8352242.107	189.376	1.000397	BM-100	790085.398	8355578.162	173.569	1.000893
BM-016	752480.651	8351827.264	189.930	1.000397	BM-101	790549.535	8355849.607	173.725	1.000894
BM-017	752720.534	8351334.324	189.262	1.000409	BM-102	790948.200	8356183.081	172.285	1.000894
BM-018	753073.323	8350878.131	189.461	1.000410	BM-103	791257.522	8356573.212	171.746	1.000894
BKR-8	753343.237	8350531.096	193.339	1.000422	BM-104	791633.646	8357016.262	171.924	1.000894
BM-019	753360.230	8350507.093	193.329	1.000423	BM-105	791886.635	8357168.173	171.591	1.000894
BM-020	753622.204	8350207.083	189.292	1.000435	BM-106	792628.398	8357318.161	171.568	1.000895
BM-021	754005.441	8349954.010	189.116	1.000436	BM-107	792945.009	8357345.004	172.013	1.000895
BM-022	754441.204	8349508.083	188.292	1.000448	BM-108	793477.386	8357434.156	171.551	1.000895
BM-023	754782.321	8349182.130	188.459	1.000449	BM-109	794039.500	8357629.155	171.583	1.000895
BM-024	755128.406	8348765.165	188.580	1.000462	BM-110	794531.552	8357569.224	171.788	1.000896
BM-025	755445.054	8348547.268	188.905	1.000463	BKR-30	794829.021	8357665.008	174.030	1.000896
BM-026	755836.407	8348033.165	189.581	1.000475	BM-111	794965.201	8357698.082	171.288	1.000896
BM-027	756252.260	8347770.106	188.372	1.000476	BM-112	795448.288	8357753.117	171.411	1.000896

BM-028	756586.511	8347538.207	188.730	1.000489	BM-113	795885.721	8357884.402	171.218	1.000897
BM-029	756982.491	8347419.990	188.097	1.000490	BM-114	796470.082	8358046.033	171.117	1.000897
BM-030	757517.294	8347231.119	191.420	1.000501	BM-115	796899.141	8358136.057	172.202	1.000897
BM-031	758035.687	8347051.279	188.981	1.000502	BKR-31	797033.572	8358143.232	171.817	1.000897
BM-032	758470.346	8346983.140	187.494	1.000515	BM-116	797431.165	8358264.067	170.235	1.000897
BM-033	758979.263	8346781.637	187.355	1.000516	PCA BM-221	797452.526	8358174.213	170.752	1.000898
BM-034	759570.007	8346658.003	187.011	1.000528	BM-117	797917.205	8358337.974	170.138	1.000898
BM-035	759980.668	8346538.271	187.954	1.000529	BM-118	798403.136	8358397.055	171.195	1.000898
BM-036	760387.640	8346416.260	187.914	1.000539	BM-119	798855.639	8358583.259	170.914	1.000898
BM-037	760923.462	8346261.362	187.512	1.000540	BM-120	799390.084	8358699.034	171.120	1.000899
BM-038	761341.224	8346137.091	187.320	1.000551	BM-121	799864.572	8358695.741	171.127	1.000899
BM-039	761871.604	8345981.245	186.864	1.000552	BM-122	800345.013	8358720.005	172.019	1.000899
BM-040	762340.657	8345794.267	186.939	1.000564	BM-123	800842.652	8358420.264	170.931	1.000899
BM-041	762914.264	8345907.122	185.552	1.000564	BM-124	801277.403	8358185.163	170.576	1.000899
BM-042	763316.400	8345957.162	185.571	1.000576	BM-125	801857.674	8357828.168	171.138	1.000900
BM-043	763870.404	8345981.164	185.577	1.000577	BM-126	802107.360	8357591.146	171.515	1.000900
BM-044	764285.317	8346089.129	185.454	1.000589	PCA BM-231	802141.222	8357563.090	171.318	1.000900
BM-045	764828.528	8346170.602	185.695	1.000590	BM-127	802497.316	8357468.128	170.451	1.000900
BM-046	765391.537	8346247.218	185.767	1.000602	BM-128	803033.412	8357688.167	171.589	1.000901
BM-047	765805.263	8346304.107	186.375	1.000602	BM-129	803457.779	8357850.591	171.404	1.000901
BM-048	766355.042	8346385.017	185.060	1.000613	BM-130	803977.481	8357952.195	169.687	1.000901
BM-049	766770.307	8346442.298	184.727	1.000614	BM-131	804463.647	8358102.262	170.924	1.000901
BM-050	767317.274	8346518.111	184.391	1.000623	BM-132	804928.664	8358271.270	170.949	1.000902
BM-051	767734.642	8346577.260	183.917	1.000625	BM-133	805321.163	8358411.635	170.953	1.000902
BM-052	768297.485	8346597.197	183.694	1.000639	BM-134	805846.394	8358554.160	170.562	1.000902
BM-053	768837.506	8346734.947	183.314	1.000639	BM-135	806332.635	8358790.258	169.908	1.000902
BM-054	769265.441	8346796.179	183.631	1.000653	BM-136	806796.689	8358963.280	169.985	1.000902
BM-055	769822.043	8346874.017	184.061	1.000653	BM-137	807269.517	8359139.356	170.075	1.000903
BM-056	770225.691	8346934.280	182.988	1.000668	BM-138	807801.668	8359008.271	168.955	1.000903
BM-057	770752.031	8347006.699	182.792	1.000668	BM-139	808284.660	8358813.268	167.943	1.000903
BM-058	771316.296	8347084.120	182.423	1.000682	BM-140	808719.074	8358681.030	168.106	1.000903
BM-059	771736.046	8347143.018	182.065	1.000682	BM-141	809198.754	8358596.960	167.623	1.000904
BM-060	772281.351	8347222.142	182.502	1.000697	BM-142	809617.230	8358407.093	167.328	1.000904
BM-061	772838.758	8347305.171	182.456	1.000696	BM-143	810190.205	8358296.083	168.293	1.000904
BM-062	773268.239	8347362.097	182.341	1.000709	BM-144	810589.314	8358092.127	168.448	1.000904
BM-063	773686.087	8347423.035	182.124	1.000708	BM-145	811211.724	8358005.989	168.514	1.000904
BM-064	774244.147	8347502.059	182.210	1.000723	BM-146	811698.075	8357834.030	168.107	1.000905
PCA BM-169	774234.184	8347501.075	182.263	1.000723	BM-147	812062.626	8357678.254	166.894	1.000905
BM-065	774656.541	8347562.212	181.533	1.000738	BM-148	812571.327	8357515.133	167.468	1.000905
BM-066	775205.069	8347642.028	181.099	1.000738	BM-149	813022.624	8357360.165	168.121	1.000905
BM-067	775731.597	8347717.242	180.854	1.000753	BM-150	813492.214	8357233.087	168.306	1.000906
BM-068	776238.587	8347791.238	180.839	1.000754	BM-151	813956.638	8357103.259	167.912	1.000906
BM-069	776707.301	8347990.909	180.544	1.000768	BM-152	814450.015	8357072.006	168.021	1.000906
BM-070	777086.604	8348199.245	180.864	1.000769	BM-153	814852.579	8356811.842	167.770	1.000906
BM-071	777568.525	8348472.213	180.750	1.000782	BM-154	815458.417	8356617.169	167.596	1.000906
BM-072	777932.258	8348680.105	180.369	1.000784	BM-155	815945.081	8356495.033	167.115	1.000907
BM-073	778523.968	8349049.184	180.181	1.000796	BM-156	816390.352	8356408.143	166.503	1.000907
BM-074	778908.104	8349234.042	180.149	1.000797	BM-157	816984.246	8356236.539	166.296	1.000907
BM-075	779280.617	8349443.250	179.882	1.000813	BM-158	817407.694	8356107.282	166.991	1.000907
BM-076	779810.340	8349678.138	179.486	1.000815	BM-159	817875.575	8356001.233	166.822	1.000908
BM-077	780116.317	8349914.222	179.256	1.000828	BM-160	818302.040	8355823.016	168.058	1.000908
BM-078	780584.242	8350181.098	179.346	1.000831	BM-161	818881.553	8355732.122	165.731	1.000908
PCA BM-183	780592.151	8350208.061	179.215	1.000843	BM-162	819363.503	8355728.204	165.718	1.000908
BM-079	781083.223	8350465.090	178.318	1.000845	BM-163	819743.517	8355755.210	165.739	1.000909
BM-080	781466.023	8350682.010	179.034	1.000858	BM-164	820267.438	8355715.178	165.626	1.000909
BM-081	781822.705	8350884.909	178.543	1.000860	BM-165	820772.640	8355811.249	165.602	1.000909
BM-082	782300.217	8351157.088	178.311	1.000874	BM-166	821276.036	8355843.014	165.051	1.000909
BM-083	782774.135	8351424.055	178.193	1.000875	BM-167	821827.621	8355829.252	163.887	1.000909
BM-084	783262.489	8351704.199	177.699	1.000889	BM-168	822177.306	8355573.124	163.437	1.000910
BM-085	783606.420	8351901.794	177.923	1.000889	BM-169	822613.343	8355490.504	163.747	1.000910

PLANILLA DE COORDENADAS Y ALTURAS NIVELADAS TRAMO - B

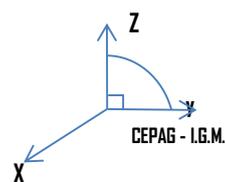
SISTEMA DE COORDENADAS WGS-1984 U.T.M. ZONA 20 SUR									
ID PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA NIVELADA	FACTOR COMBINADO	ID PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA NIVELADA	FACTOR COMBINADO
PB-087	178838.997	8354742.631	163.184	1.000846	PB-112	196550.590	8341950.858	160.393	1.000710
PB-088	179025.464	8354692.043	162.950	1.000845	PB-113	198307.533	8341824.273	159.988	1.000697
PB-089	180734.049	8353799.254	162.967	1.000831	PB-114	198436.801	8341781.227	160.224	1.000696
PB-090	180682.532	8353772.752	162.907	1.000832	PB-115	200191.714	8341729.976	160.579	1.000683
PB-091	180875.341	8351949.458	163.161	1.000831	PB-116	200291.688	8341768.843	160.432	1.000682
PB-092	180903.396	8351788.814	162.968	1.000831	PB-117	202144.144	8341820.107	159.750	1.000669
PB-093	181359.676	8349976.668	162.537	1.000827	PB-118	202275.871	8341772.334	159.566	1.000668
PB-094	181361.959	8350032.181	162.941	1.000827	PB-119	203916.923	8341057.134	160.508	1.000656
PB-095	183487.452	8349277.400	161.870	1.000810	PB-120	204035.744	8340988.048	160.444	1.000655
PB-096	183555.045	8349237.391	162.207	1.000810	PB-121	205909.736	8340355.308	161.302	1.000641
PB-097	185356.110	8348707.783	161.714	1.000796	PB-122	205956.531	8340411.495	161.106	1.000641
PB-098	185540.900	8348675.153	161.606	1.000794	PB-123	207559.607	8339561.997	160.214	1.000629
PB-099	186967.164	8347656.426	161.442	1.000783	PB-124	207629.437	8339478.470	160.581	1.000629
PB-100	187079.074	8347753.518	162.228	1.000782	PB-125	208606.642	8337866.012	160.113	1.000622
PB-101	188652.002	8346804.518	159.403	1.000771	PB-126	208693.216	8337793.411	160.235	1.000621

PB-102	188756.631	8346715.763	159.267	1.000770	PB-127	210110.825	8336627.446	161.328	1.000611
PB-103	189913.989	8345338.954	160.265	1.000761	PB-128	210247.092	8336515.054	162.060	1.000610
PB-104	189932.824	8345195.098	160.029	1.000761	PB-129	211739.780	8337069.787	159.430	1.000599
PB-105	190926.041	8343664.379	160.704	1.000753	PB-130	211855.359	8337154.623	159.358	1.000598
PB-106	191116.727	8343655.453	160.850	1.000751	PB-131	213457.304	8338280.339	160.945	1.000587
PB-107	192976.969	8342774.067	161.158	1.000737	PB-132	213538.177	8338391.886	160.671	1.000586
PB-108	193059.059	8342567.178	161.597	1.000737	PB-133	215135.379	8339282.124	160.210	1.000575
PB-109	194328.300	8341919.783	159.923	1.000727	PB-134	215164.180	8339221.702	160.042	1.000575
PB-110	194463.262	8341921.315	160.000	1.000726	PB-135	216808.595	8340244.236	159.987	1.000563
PB-111	196413.760	8341944.998	160.721	1.000711	PB-136	216896.577	8340323.251	159.989	1.000563
SISTEMA DE COORDENADAS WGS-1984 U.T.M. ZONA 20 SUR									
ID PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA NIVELADA	FACTOR COMBINADO	ID PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA NIVELADA	FACTOR COMBINADO
BM-171	177960.033	8355089.033	165.116	1.000589	BM-221	196413.964	8341945.203	160.721	1.000782
BM-172	178420.123	8354811.123	163.435	1.000590	BM-222	196821.104	8341950.104	160.366	1.000771
BM-173	178839.049	8354742.683	163.184	1.000602	BM-223	197390.210	8341961.210	159.739	1.000770
BM-174	179269.166	8354550.166	162.586	1.000602	BM-224	197920.134	8341950.134	159.472	1.000761
BM-175	179818.197	8354334.197	162.695	1.000613	BM-225	198307.814	8341824.554	159.988	1.000761
BM-176	180254.035	8354130.035	163.123	1.000614	BM-226	198810.019	8341691.019	161.068	1.000753
BM-177	180734.324	8353799.529	162.967	1.000623	BKR-58	199205.281	8341740.281	165.988	1.000751
BM-178	180723.141	8353381.141	163.498	1.000625	BM-227	199278.085	8341757.085	161.298	1.000737
BM-179	180760.274	8352922.274	164.965	1.000639	BM-228	199780.198	8341757.198	160.696	1.000737
TR-28	180783.205	8352718.205	165.723	1.000639	BM-229	200191.878	8341730.140	160.579	1.000727
BKR-47	180793.216	8352691.216	165.761	1.000653	BM-230	200546.245	8342116.245	158.863	1.000726
BM-180	180771.107	8352408.107	163.375	1.000653	BM-231	201215.180	8342599.180	158.634	1.000711
BM-181	180875.387	8351949.503	163.161	1.000668	BM-232	201704.035	8342007.035	159.122	1.000710
BM-182	180906.070	8351433.070	163.248	1.000668	BM-233	202144.357	8341820.320	159.750	1.000697
BM-183	180861.218	8350890.218	162.767	1.000682	BM-234	202671.206	8341627.206	159.726	1.000696
BM-184	180855.004	8350476.004	162.013	1.000682	BM-235	203064.045	8341484.045	160.158	1.000683
BM-185	181359.829	8349976.821	162.537	1.000697	BM-236	203481.177	8341271.177	160.624	1.000682
BM-186	181997.231	8349816.231	162.812	1.000696	BM-237	203917.067	8341057.278	160.508	1.000669
BM-187	182536.159	8349591.159	162.561	1.000709	BM-238	204490.166	8340787.166	161.585	1.000668
BM-188	182952.273	8349447.273	161.960	1.000708	BM-239	204921.209	8340712.209	161.735	1.000656
BM-189	183487.699	8349277.647	161.870	1.000723	BM-240	205447.188	8340560.188	161.663	1.000655
BM-191	184388.219	8348962.219	162.773	1.000738	BM-242	206362.016	8340293.016	160.055	1.000641
BM-192	184861.203	8348813.203	162.714	1.000738	BM-243	206887.120	8340138.120	160.424	1.000629
BM-193	185356.313	8348707.985	161.714	1.000753	BM-244	207382.066	8339899.066	160.233	1.000629
BM-194	185870.178	8348507.178	160.627	1.000754	BM-245	207559.668	8339562.058	160.214	1.000622
BM-195	186348.227	8348310.227	160.798	1.000768	BM-246	207809.128	8339093.128	160.449	1.000621
BM-196	186790.128	8348113.128	161.452	1.000769	PCA BM-351	207855.011	8339079.011	160.039	1.000611
BKR-51	186852.066	8347864.066	164.232	1.000782	BM-247	208040.276	8338581.276	160.974	1.000610
BM-197	186967.290	8347656.551	161.442	1.000784	BKR-63	208072.015	8338543.015	160.054	1.000599
BM-198	187486.243	8347502.243	160.857	1.000796	BM-248	208282.087	8338194.087	160.306	1.000598
BM-199	187875.181	8347428.181	160.638	1.000797	BM-249	208606.674	8337866.044	160.113	1.000587
BM-200	188311.203	8347086.203	159.715	1.000813	BM-250	208998.102	8337540.102	160.358	1.000586
BM-201	188652.116	8346804.633	159.403	1.000815	BM-251	209390.244	8337216.244	159.858	1.000575
BM-202	189125.164	8346498.164	160.579	1.000828	BM-252	209804.027	8336871.027	160.097	1.000575
BM-203	189438.052	8346202.052	161.184	1.000831	BM-253	210110.918	8336627.539	161.328	1.001194
BM-204	189833.159	8345766.159	159.559	1.000843	BM-254	210588.007	8336359.007	162.026	1.001195
BM-205	189914.064	8345339.029	160.265	1.000845	PCA BM-360	210949.196	8336547.196	161.691	1.001607
BM-206	190029.252	8344784.252	159.886	1.000858	BM-255	211051.199	8336568.199	160.701	1.001917
BM-207	190029.123	8344374.123	160.433	1.000860	BM-256	211403.030	8336823.030	160.107	1.002227
BM-208	190210.098	8343835.098	162.345	1.000874	BM-257	211739.902	8337069.909	159.430	1.002537
BM-209	190926.241	8343664.579	160.704	1.000875	BM-258	212287.059	8337405.059	160.210	1.002847
BM-210	191625.177	8343497.177	161.624	1.000889	BM-259	212646.200	8337734.200	159.705	1.003157
BM-211	192148.270	8343274.270	160.949	1.000889	BM-260	213047.041	8338043.041	160.145	1.003467
BM-212	192604.267	8343069.267	160.939	1.000890	BM-261	213457.572	8338280.607	160.945	1.003776
BM-214	193172.122	8342297.122	161.431	1.000893	BM-263	214286.240	8338892.240	160.844	1.004396
BKR-55	193238.099	8342162.099	166.347	1.000893	BM-264	214675.033	8339168.033	160.115	1.004706
BM-215	193447.155	8341920.155	160.546	1.000893	BM-265	215135.439	8339282.184	160.210	1.005016
BM-216	193818.251	8341913.251	159.883	1.000810	BM-266	215560.035	8339521.035	160.122	1.005326
BM-217	194328.562	8341920.045	159.923	1.000810	BM-267	215974.097	8339840.097	160.342	1.005636
BM-218	194878.221	8341927.221	159.777	1.000796	BM-268	216453.268	8339915.268	159.945	1.005945
BM-219	195432.279	8341932.279	159.983	1.000794	BM-269	216808.875	8340244.516	159.987	1.006255
BM-220	195858.080	8341939.080	160.283	1.000783	BM-270	217208.253	8340595.253	159.893	1.006565

ANEXO F

Monografías de Estaciones Base

Monografías de PB's



**MARCO DE REFERENCIA GEODESICO NACIONAL
MARGEN - SIRGAS (ESTACIONES ACTIVAS)**

DESCRIPCION DE LA ESTACION CGPS. BLPZ (LA PAZ)

1. FORMULARIO.-

PREPARADO POR:	INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR - BOLIVIA		
FECHA DE MONUMENTACION :	Mayo del 2005		
FECHA DE OBSERVACION :		AJUSTE:	

2. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GPS.-

NOMBRE DE LA ESTACIÓN:	BLPZ		
CÓDIGO NACIONAL E INTERNACIONAL :	BLPZ		
MARCO DE REFERENCIA ESTACION:	Esta estacion pertenece a la red MARGEN-SIRGAS		
SISTEMA DE REF. DE LA ESTACION:	WGS - 84 (Sistema de Referencia Global)		
INSTITUCIÓN A GARGO DEL MANTENIMIENTO:	IGM - Dpto. III-Ops de Campo		

3. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN.-

DPTO. :	LA PAZ		
PROVINCIA :	MURILLO		
CIUDAD :	EL ALTO		
LUGAR :	INSTALACIONES DEL REGIMIENTO RC-4 INGAVI		

4. COORDENADAS.-

GEODESICAS

COORDENADAS GEODESICAS DATUM EPOCA (MARZO-10)						
COORDENADAS GEODESICAS				COORDENADAS CARTESIANAS		DESVIACION STANDAR
LATITUD	16	31	47,465568	X	2275960,358	0,002
LONGITUD	68	10	5,814333	Y	-5681183,75	0,002
ALT. ELIP.	4.090,652 m			Z	-1804179,07	0,005
ALT. GEOM.	4040,9412 M.S.N.M.					

MONOGRAFIA DEL PUNTO



5. INFORMACIÓN EQUIPO GPS.-

5.1. RECEPTOR

TIPO :	Trimble	MODELO	Netrs 1,1-3
Nº SERIE	4705127706	CODIGO	TRM 41249

5.2 ANTENA

TIPO :	Trimble	MODELO	Zephyr Geodetic
Nº SERIE:	12466293	CODIGO	TRM 41249
ALTURA ANTENA:	2,072 m.		
Para efectos de Post Proceso (Ajustes) utilizar Altura Antena 0,0			

6. INFORMACION ADICIONAL.-

Para la información técnica contactar a:

Nombre:	Sección Cepag-Instituto Geografico Militar Bolivia
Dirección:	Estado Mayor General, Av. Saavedra No.2303-Ciudad de La Paz-Bolivia
Telefono:	(000)2149407 - 2149021- 2149123
Fax :	591-02-2228329
E-mail:	www.igmbolivia.gob.bo, igm@ejercito.mil.bo, cepag@igmbolivia.gob.bo



MARCO DE REFERENCIA GEODÉSICO NACIONAL
MARGEN - SIRGAS (ESTACIONES ACTIVAS)

DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN CGPS. TRDD (BENI)

1. FORMULARIO.-

PREPARADO POR:	INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR - BOLIVIA		
FECHA DE MONUMENTACIÓN:	Mayo del 2012		
FECHA DE OBSERVACIÓN:		AJUSTE:	

2. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GPS.-

NOMBRE DE LA ESTACIÓN:	TRDD
CÓDIGO NACIONAL E INTERNACIONAL:	TRDD
MARCO DE REFERENCIA ESTACIÓN:	Esta estación pertenece a la red MARGEN-SIRGAS
SISTEMA DE REF. DE LA ESTACIÓN:	WGS - 84 (Sistema de Referencia Global)
INSTITUCIÓN A GARGO DEL MANTENIMIENTO:	IGM - Dpto. III-Ops de Campo

3. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN.-

DPTO.:	BENI
PROVINCIA:	CERCADO
CIUDAD:	TRINIDAD
LUGAR:	INSTALACION MILITAR DEL DISTRITO GEOGRÁFICO DE TRINIDAD

4. COORDENADAS GEODÉSICAS.-

COORDENADAS GEODÉSICAS DATUM ÈPOCA (MARZO-10)					
COORDENADAS GEODÉSICAS				COORDENADAS CARTESIANAS	
LATITUD	14	49	37.637334	X	2617088.090
LONGITUD	64	53	25.713438	Y	-5584468.126
ALT. ELIP.	181,416 m.			Z	-1621662.278
ALT. GEOM.					

MONOGRAFÍA DEL PUNTO



5. INFORMACIÓN EQUIPO GPS.-

5.1. RECEPTOR

TIPO:	TRIMBLE NETRS	MODELO:	Trimble 1,31
N° SERIE:	4705127707	CODIGO:	

5,2 ANTENA

TIPO:	TRM 41249,00	MODELO:	Trimble
N°SERIE:	60054971	CODIGO:	
ALTURA ANTENA:	2.850 m.		

6. INFORMACIÓN ADICIONAL.-

Para la información técnica contactar a:

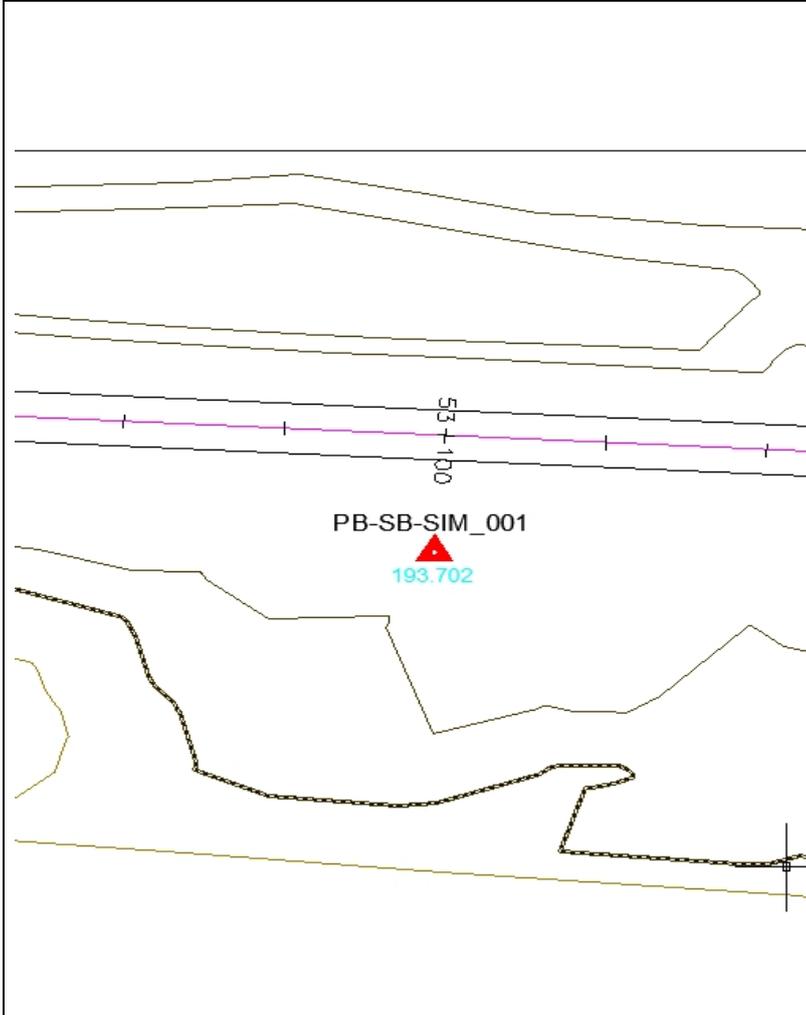
Nombre:	Sección CEPAG-Instituto Geográfico Militar Bolivia		
Dirección:	Estado Mayor General, Av. Saavedra No.2303-Ciudad de La Paz-Bolivia		
Telefono:	CEPAG. 2149127 - COMERCIALIZACION - 2149484		
Fax:	591-02-2228329		
E-mail:	cepag@igmbolivia.gob.bo	www.igmbolivia.gob.bo	

MONOGRAFIA

MONOGRAFIA DE PUNTOS CONTROL GPS (POLIGONAL BASE)

NOMBRE DEL PUNTO	COORDENADAS GEODESICAS (WGS-84 19S)			COORDENADAS UTM (WGS - 84 19S)		
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPS.	ESTE	NORTE	COTA ORT.
PB-001	14° 52' 46.163131" S	66° 42' 51.898016" W	216,955	745911.418	8353742.924	193.702

FOTOS



UBICACIÓN DEL PUNTO

El Punto de Control GPS PB-001 se encuentra en progresiva 53+100, al borde de camino lado derecho en sentido de las progresivas.

DESCRIPCION DEL PUNTO

El punto base PB-001 esta materializado por un mojon de tipo hormigon, con una plaqueta en la parte superior central el cual indica el punto y lleva la numeracion correspondiente.

INFORMACION RECEPTOR

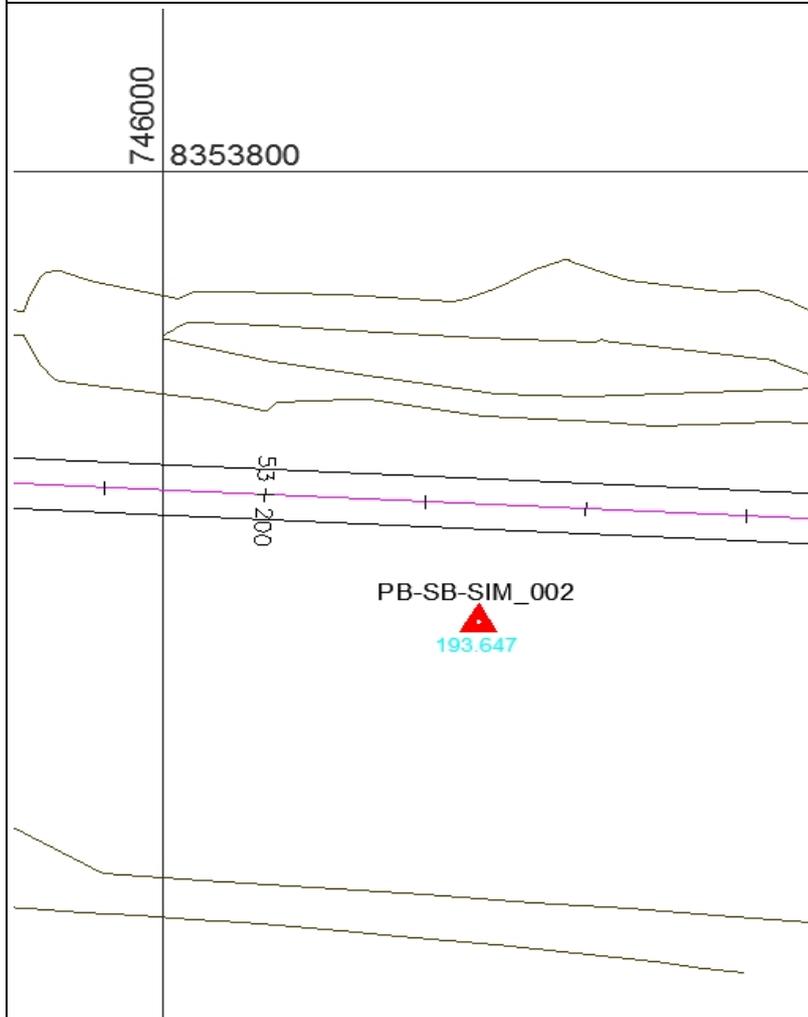
MARCA	SOUTH
-------	-------

MONOGRAFIA

MONOGRAFIA DE PUNTOS CONTROL GPS (POLIGONAL BASE)

NOMBRE DEL PUNTO	COORDENADAS GEODESICAS (WGS-84 19S)			COORDENADAS UTM (WGS - 84 19S)		
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPS.	ESTE	NORTE	COTA ORT.
PB-002	14° 52' 46.326512" S	66° 42' 47.620800" W	216,899	746039.258	8353736.59	193.647

FOTOS



UBICACIÓN DEL PUNTO
 El Punto de Control GPS PB-002 se encuentra en progresiva 53+230, al borde de camino lado derecho en sentido de las progresivas.

DESCRIPCION DEL PUNTO
 El punto base PB-002 esta materializado por un mojon de tipo hormigon, con una plaqueta en la parte superior central el cual indica el punto y lleva la numeracion correspondiente.

INFORMACION RECEPTOR	
MARCA	SOUTH

ANEXO G

Planilla de Nivelaciones

PLANILLA DE NIVELACION

PROYECTO CARRETERO SAN BORJA - SAN IGNACIO DE MOXOS

PUNTO BM	DESNIVEL IDA	DESNIVEL VUELTA	ERROR DEL TRAMO (mm)	DESNIVEL MEDIA	ALTURA NIVELADA
BK-R-3					198.141
BM-106	-3.649	3.648	-1	-3.649	194.493
PB-001 (BM-001)	-0.792	0.790	-2	-0.791	193.702
PB-002	-0.055	0.055	0	-0.055	193.647
BM-002	-0.690	0.691	1	0.062	193.709
BM-003	-0.463	0.462	-1	-0.463	193.246
BM-004	-0.237	0.235	-2	-0.236	193.010
PB-003	-1.230	1.235	5	-1.233	191.778
PB-004(BM-005)	0.150	-0.151	-1	0.151	191.928
BM-006	-1.332	1.330	-2	-1.331	190.597
BM-007	-0.849	0.848	-1	-0.849	189.749
BM-008	1.350	-1.347	3	1.349	191.097
PB-005(BM-009)	-0.071	0.070	-1	-0.070	191.027
PB-006	0.068	-0.065	3	0.066	191.093
BM-010	-1.296	1.301	4	-1.299	189.795
BM-011	-1.362	1.365	3	-1.364	188.431
BM-012	0.017	-0.016	1	0.016	188.448
PB-007 (BM-013)	-0.151	0.154	3	-0.152	188.295
PB-008	-0.408	0.406	-2	-0.407	187.888
BM-014	0.391	-0.393	-2	0.392	188.280
BM-015	1.097	-1.094	3	1.096	189.376
BM-016	0.554	-0.555	-1	0.555	189.930
PB-009 (BM-017)	-0.669	0.668	-1	-0.669	189.262
PB-010	-0.044	0.044	0	-0.044	189.218
BM-018	0.243	-0.244	-1	0.244	189.461
BK-R-8	3.875	-3.872	3	3.874	193.339
BM-019	-0.010	0.011	1	-0.011	193.329
BM-020	-4.036	4.037	1	-4.037	189.292
PB-011 (BM-021)	-0.176	0.177	1	-0.177	189.116
PB-012	-0.204	0.203	-1	-0.204	188.912
BM-022	-0.621	0.620	-1	-0.621	188.292
BM-023	0.166	-0.168	-2	0.167	188.459
BM-024	0.120	-0.123	-3	0.121	188.580
PB-013 (BM-025)	0.324	-0.325	-1	0.325	188.905
PB-014	0.118	-0.117	1	0.118	189.022
BM-026	0.557	-0.561	-4	0.559	189.581
BM-027	-1.210	1.208	-2	-1.209	188.372
BM-028	0.359	-0.356	3	0.358	188.730
PB-016	-0.751	0.748	-3	-0.750	187.980
PB-015 (BM-029)	0.116	-0.117	-1	0.117	188.097

BM-030	3.325	-3.321	4	3.323	191.420
BM-031	-2.437	2.440	3	-2.439	188.981
BM-032	-1.486	1.488	2	-1.487	187.494
PB-017 (BM-033)	-0.139	0.140	1	-0.139	187.355
PB-018	-0.016	0.015	-1	-0.015	187.339
BM-034	-0.329	0.328	-1	-0.328	187.011
BM-035	0.943	-0.944	-1	0.944	187.954
BM-036	-0.042	0.038	-4	-0.040	187.914
PB-019(BM-037)	-0.402	0.402	0	-0.402	187.512
PB-020	-0.146	0.145	-1	-0.146	187.367
BM-038	-0.046	0.047	1	-0.047	187.320
BM-039	-0.456	0.457	1	-0.457	186.864
BM-040	0.075	-0.075	0	0.075	186.939
PB-021(BM-041)	-1.386	1.387	1	-1.387	185.552
PB-022	0.081	-0.079	2	0.080	185.632
BM-042	-0.060	0.062	2	-0.061	185.571
BM-043	0.006	-0.006	0	0.006	185.577
BM-044	-0.125	0.122	-3	-0.124	185.454
PB-023 (BM-045)	0.243	-0.240	3	0.242	185.695
PB-024	0.113	-0.112	1	0.113	185.808
BM-046	-0.041	0.041	0	-0.041	185.767
BM-047	0.610	-0.607	3	0.608	186.375
BM-048	-1.314	1.316	2	-1.315	185.060
PB-025 (BM-049)	-0.332	0.335	3	-0.334	184.727
PB-026	-0.276	0.275	-1	-0.276	184.451
BM-050	-0.060	0.060	0	-0.060	184.391
BM-051	-0.473	0.475	2	-0.474	183.917
BM-052	-0.222	0.225	3	-0.224	183.694
PB-027 (BM-053)	-0.381	0.378	-3	-0.380	183.314
PB-028	0.414	-0.413	1	0.414	183.728
BM-054	-0.096	0.098	2	-0.097	183.631
BM-055	0.431	-0.430	1	0.430	184.061
BM-056	-1.072	1.075	3	-1.074	182.988
PB-029 (BM-057)	-0.195	0.196	1	-0.196	182.792
PB-030	-0.552	0.553	1	-0.553	182.240
BM-058	0.181	-0.185	-4	0.183	182.423
BM-059	-0.357	0.358	1	-0.358	182.065
BM-060	0.437	-0.436	1	0.437	182.502
PB-031 (BM-061)	-0.047	0.044	-3	-0.045	182.456
PB-032	0.338	-0.337	1	0.338	182.794
BM-062	-0.451	0.454	3	-0.453	182.341
BM-063	-0.218	0.216	-2	-0.217	182.124
BM-064	0.087	-0.084	3	0.085	182.210
BM ANT(BM169TR40)	0.055	-0.056	-1	0.056	182.263
PB-033 (BM-065)	-0.726	0.730	4	-0.728	181.535

ANEXO H

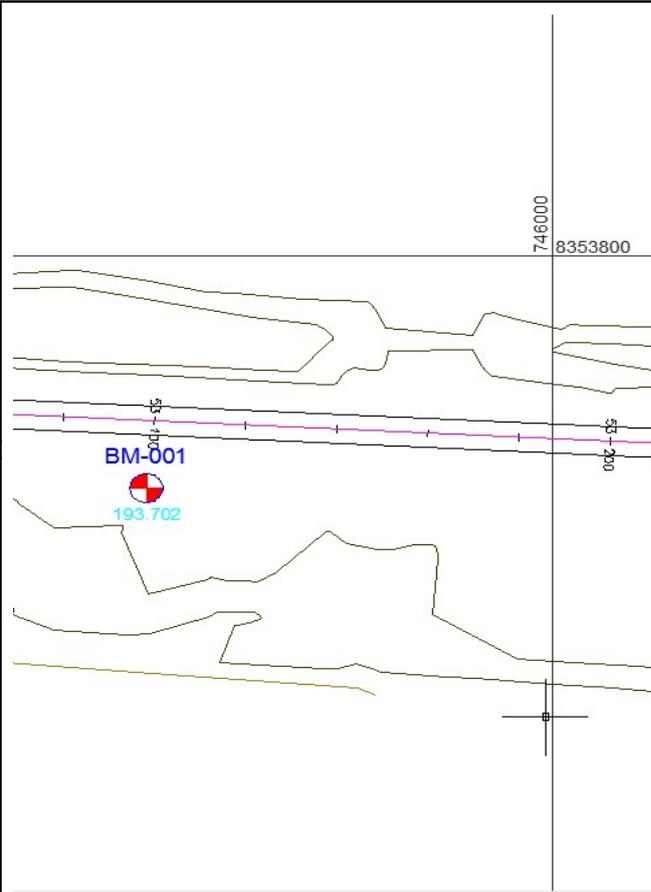
Monografías de BM's

MONOGRAFIA

MONOGRAFIA DE BANCOS DE NIVEL BM

NOMBRE DEL PUNTO	COORDENADAS UTM			DATOS		
	ESTE	NORTE	COTA GEOM.	SISTEMA DE REFERENCIA	SISTEMA DE PROY.	ZONA
BM-001	745911	8353743	193.702	WGS - 84	UTM	19

FOTOS



INFORMACION RECEPTOR	
MARCA	SOKKIA
SERIE	B20

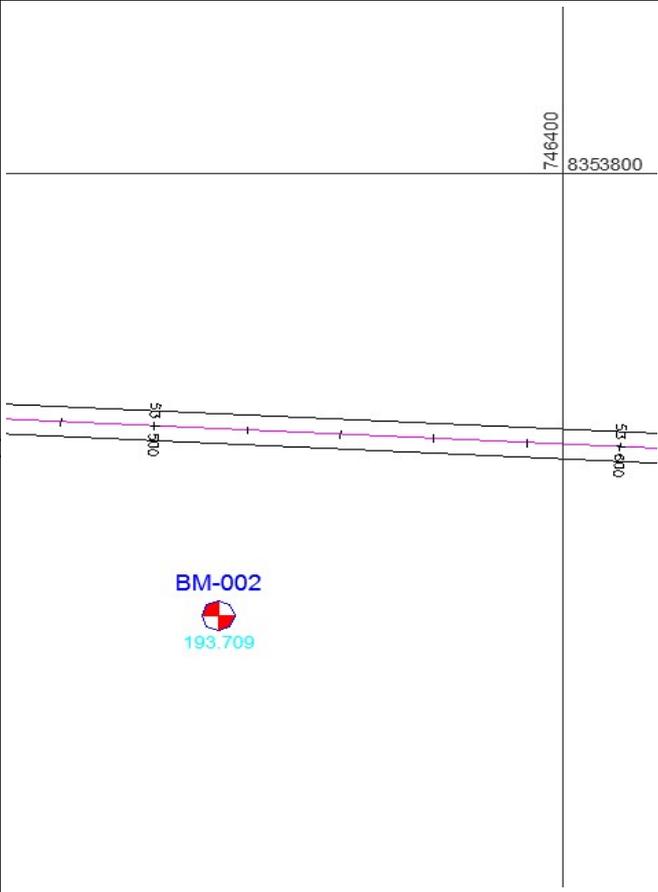
UBICACIÓN DEL PUNTO

El Punto BM-001 se encuentra en progresiva 53+100, al borde de camino lado derecho en sentido de las progresivas.

DESCRIPCION DEL PUNTO

El punto BM-001 esta materializado por un mojon de tipo hormigon, con una plaqueta en la parte superior central el cual indica el punto y lleva la numeracion correpondiente.

MONOGRAFIA

MONOGRAFIA DE BANCOS DE NIVEL BM												
NOMBRE DEL PUNTO	COORDENADAS UTM			DATOS								
	ESTE	NORTE	COTA GEOM.	SISTEMA DE REFERENCIA	SISTEMA DE PROJ.	ZONA						
BM-002	746326	8353694	193.709	WGS - 84	UTM	19						
FOTOS												
												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INFORMACION RECEPTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MARCA</td> <td>SOKKIA</td> </tr> <tr> <td>SERIE</td> <td>B20</td> </tr> </tbody> </table>					INFORMACION RECEPTOR		MARCA	SOKKIA	SERIE	B20
INFORMACION RECEPTOR												
MARCA	SOKKIA											
SERIE	B20											
<p>UBICACIÓN DEL PUNTO El Punto BM-002 se encuentra en progresiva 53+520, al borde de camino lado derecho en sentido de las progresivas.</p> <p>DESCRIPCION DEL PUNTO El punto BM-002 esta materializado por un mojon de tipo hormigon, con una pin de acero en la parte superior central el cual indica el punto y lleva la numeracion correpondiente.</p>												

ANEXO I

Planos