

<b>6.1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>6.2. GENERALIDADES</b>	<b>6</b>
<b>6.2.1. PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO</b>	<b>6</b>
6.2.1.1. Profesional de terreno	6
6.2.1.2. Personal	6
<b>6.2.2. EQUIPOS TOPOGRÁFICOS</b>	<b>7</b>
6.2.2.1. Nivel	7
6.2.2.2. Teodolito y Taquímetro	7
6.2.2.3. Estaciones Totales	7
<b>6.2.3. EQUIPOS CON TECNOLOGÍA GNSS</b>	<b>8</b>
6.2.3.1. Equipos Geodésicos	8
6.2.3.2. Equipos Cartográficos	8
6.2.3.3. Equipos de Navegación	9
<b>6.2.4. SOFTWARE Y APLICACIONES TOPOGRÁFICAS</b>	<b>9</b>
<b>6.2.5. ACCESORIOS</b>	<b>10</b>
<b>6.2.6. PLANIFICACIÓN</b>	<b>10</b>
6.2.6.1. Personal e Instrumental	10
6.2.6.2. Metodología de Trabajo	11
<b>6.3. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)</b>	<b>12</b>
<b>6.3.1. GENERALIDADES</b>	<b>12</b>
<b>6.3.2. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>6.3.3. RECEPTORES Y SOFTWARES GNSS</b>	<b>13</b>
6.3.3.1. Receptores	13
6.3.3.2. Software GNSS	13
<b>6.3.4. TÉCNICAS DE MEDICIÓN</b>	<b>14</b>
6.3.4.1. Estática	14
6.3.4.2. Estático-Rápido	14
6.3.4.3. Cinemática Post-Proceso (PPK)	14
6.3.4.4. Cinemática Tiempo Real (RTK)	14
<b>6.3.5. EXIGENCIAS Y TOLERANCIAS</b>	<b>15</b>
<b>6.4. SISTEMA DE REFERENCIA Y PROYECCIONES</b>	<b>17</b>
<b>6.4.1. Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)</b>	<b>17</b>
<b>6.4.2. Proyección Local Transversal Mercator (LTM)</b>	<b>18</b>
<b>6.4.3. Plano Topográfico Local (PTL)</b>	<b>19</b>
6.4.3.1. Proyectos con Financiamiento Público	19
6.4.3.2. Proyectos con Financiamiento Privado	20

6.4.3.3. Parámetros de Transformación	21
<b>6.5. REFERENCIACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>22</b>
<b>6.5.1. REFERENCIA PLANIMÉTRICA</b>	<b>22</b>
6.5.1.1. Vinculación SIRGAS	22
6.5.1.1.1 Vinculación GNSS	22
6.5.1.1.2 Vinculación Mediante Topografía Clásica	22
6.5.1.2. Poligonal Principal GNSS (PPG)	22
6.5.1.2.1 Medición Poligonal Principal GNSS	23
6.5.1.2.2 Procesamiento de archivos GNSS	25
6.5.1.2.3 Registro de Terreno (bitácora)	25
6.5.1.2.4 Registros GNSS	25
6.5.1.2.5 Registro Post-procesamiento Método Estático	26
6.5.1.2.6 Entrega de Archivos y Registros	26
6.5.1.2.7 Resumen de Procedimientos para Referenciación Planimétrica	27
6.5.1.3. Poligonal Principal Mediante Topografía Clásica (PPC)	27
<b>6.5.2. REFERENCIA ALTIMÉTRICA</b>	<b>28</b>
6.5.2.1. Red de Vértices con Referencia Altimétrica	28
6.5.2.2. Métodos de Medición	28
6.5.2.2.1 Nivelación Simple Cerrada	29
6.5.2.2.2 Nivelación con doble posición instrumental	29
6.5.2.2.3 Nivelación Trigonométrica	29
6.5.2.3. Tolerancia	29
6.5.2.4. Compensación	29
6.5.2.5. Registro para Red Altimétrica	30
<b>6.5.3. FORMATOS DE ENTREGA</b>	<b>30</b>
<b>6.6. SISTEMA DE TRANSPORTE DE COORDENADAS (STC)</b>	<b>31</b>
<b>6.6.1. TIPOS DE POLIGONALES</b>	<b>31</b>
<b>6.6.2. PLANIFICACIÓN DE POLIGONALES</b>	<b>31</b>
6.6.2.1. Poligonal Primaria	31
6.6.2.2. Poligonal Auxiliar	32
6.6.2.3. Formatos de Entrega para el STC	33
<b>6.6.3. TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE MEDICIONES TRIGONOMÉTRICAS</b>	<b>33</b>
<b>6.6.4. TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE GNSS</b>	<b>36</b>
Soluciones con Post-Proceso	36
<b>6.6.5. DENSIFICACIÓN DE VÉRTICES</b>	<b>36</b>
<b>6.6.6. IDENTIFICACIÓN DE VÉRTICES</b>	<b>37</b>
<b>6.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	<b>38</b>

<b>6.7.1. LEVANTAMIENTOS COORDENADOS</b>	<b>38</b>
6.7.1.1. Consideraciones	38
6.7.1.2. Tolerancias	38
6.7.1.3. Levantamientos con Estación Total	39
6.7.1.4. Levantamientos GNSS	39
<b>6.7.2. LEVANTAMIENTOS AEROFOTGRAMÉTRICO</b>	<b>40</b>
6.7.2.1. Obtención de Fotografías	40
6.7.2.2. Georreferenciación de Imágenes Aéreas	41
6.7.2.3. Apoyo Terrestre	41
6.7.2.4. Restitución Fotogramétrica	41
6.7.2.5. Tolerancias	42
6.7.2.6. Residuales	42
6.7.2.7. Vértices de Apoyo	42
<b>6.7.3. LEVANTAMIENTO MEDIANTE LASER TRANSPORTADO</b>	<b>42</b>
6.7.3.1. Láser Aéreo	43
<b>6.7.4. PERFILES TOPOGRÁFICOS</b>	<b>44</b>
6.7.4.1. Perfil Longitudinal	44
6.7.4.2. Perfil Transversal	45
<b>6.8. CATASTROS</b>	<b>46</b>
<b>6.8.1. CATASTROS COMPLEMENTARIOS</b>	<b>46</b>
<b>6.8.2. CATASTROS INDEPENDIENTES</b>	<b>46</b>
<b>6.8.3. DATOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>46</b>
<b>6.9. REPLANTEO DE OBRAS DE VIALIDAD</b>	<b>48</b>
<b>6.9.1. EXIGENCIAS PARA EL REPLANTEO Y TRAZADO DEL DISEÑO VIAL</b>	<b>48</b>
6.9.1.1. Etapa 1: Obras Previas	48
6.9.1.2. Etapa 2: Obras de Pavimentación	48
<b>6.9.2. REPLANTEO DESDE EL STC</b>	<b>49</b>
6.9.2.1. Replanteo con Estación Total	49
6.9.2.2. Replanteo con Instrumental GNSS	49
<b>6.10. ENTREGAS</b>	<b>51</b>
<b>6.10.1. INFORME PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS</b>	<b>51</b>
<b>6.10.2. INFORME TÉCNICO TOPOGRÁFICO</b>	<b>52</b>
<b>6.10.3. PLANOS</b>	<b>54</b>
<b>6.11. EXIGENCIAS SEGÚN TIPO DE INGRESO</b>	<b>55</b>
<b>6.11.1. Sección de Revisión e Inspección de Proyectos y Obras Particulares</b>	<b>55</b>
6.11.1.1.1 Procedimiento Topográfico para Proyectos	55

6.11.1.1.2 Procedimiento Topográfico para Obras	57
<b>6.11. ANEXOS</b>	<b>58</b>
<b>6.11.1. MONOGRAFÍA</b>	<b>58</b>
<b>6.11.2. MONUMENTACIÓN</b>	<b>59</b>

## 6.1. INTRODUCCIÓN

Es probable que los principales aportes técnicos a la planificación urbana y regional en los últimos 35 años haya sido la incorporación de sistemas de información geográfico y los avances técnicos de la geodesia, vale decir la medición de las dimensiones del globo terráqueo y la materia existente en el espacio urbano y regional y su representación en variadas formas de cartografía.

Considerando que los diferentes proyectos urbanos, sean éstas pavimentaciones, equipamientos, parques urbanos, loteos habitacionales u otros, guardan una estrecha relación espacial y funcional con las redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias, agua potable y de servicios en general, los que utilizan el mismo espacio o bien público, es que resulta conveniente adoptar en el desarrollo de todos los proyectos urbanos, un sistema único de referencia derivado del Sistema de Coordenada UTM.

Tal sistema, unitario en su referencia, hace posible relacionar espacialmente los proyectos y así, aprovechar sus complementariedades, obteniendo intervenciones y proyectos urbanos más eficientes (a menor costo). Dado que el Servicio de Vivienda y Urbanización de la Región Metropolitana, tiene por función administrar todas las obras de pavimentación de calzadas y aceras de la región, sea las relativas a nuevas urbanizaciones, o aquellas derivadas por el interés de una empresa concesionaria de algún servicio público (electricidad, agua potable, gas, telecomunicaciones, etc.), de mejorar o ampliar sus redes (Rotura y Reposición de Pavimentos) y que en atención a ello, convergen en SERVIU un sinnúmero de proyectos privados de intervención urbana y otros asociados a mejoramientos urbanos, financiados sectorialmente, regionalmente o localmente (Municipios), es que este Servicio ha elaborado una red de puntos georreferenciados a coordenadas UTM, que permiten referenciar los diversos proyectos de intervención urbana que se ejecutan en el territorio regional.

## 6.2. GENERALIDADES

### 6.2.1. PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Los trabajos de mensura deberán ser realizados y supervisados por personal capacitado y competente. Dicho personal deberá certificar con un título técnico y/o profesional de un establecimiento educacional reconocido por el estado. No se aceptarán trabajos realizados por prácticos en topografía.

Se solicitará el personal técnico capacitado para la ejecución de las obras, el cual deberá tener dedicación exclusiva durante el tiempo en que se realicen los trabajos topográficos. El requerimiento del personal variará dependiendo de las especificaciones técnicas de cada trabajo, así como de su exigencia, los cuales se clasificarán:

#### 6.2.1.1. Profesional de terreno

**Profesión:** Ingeniero Geomensor o Ingeniero de Ejecución en Geomensura. Titulado.

**Experiencia:** A lo menos tres años en ejecución de trabajos topográficos y levantamientos georreferenciados. Experiencia acreditada en estudios o proyectos similares.

El profesional de terreno será el responsable de analizar y revisar la metodología de trabajo a implementar y de certificar el buen funcionamiento de los equipos y software. Además, será responsable de los informes técnicos que se soliciten en razón del avance del proyecto.

#### 6.2.1.2. Personal

**Profesión:** Ingeniero Geomensor o Ingeniero de Ejecución en Geomensura o Técnico Topógrafo. Titulado.

**Experiencia:** A lo menos dos años en ejecución de trabajos topográficos y experiencia acreditada en estudios o proyectos similares. En casos especiales, cuando el estudio o proyecto así lo amerite, se podrá exigir mayor cantidad de años de experiencia, la cual se solicitará expresamente en las bases del proyecto.

No se aceptarán técnicos en topografía como responsables en caso de utilizar tecnología GNSS.

El personal será responsable de los informes técnicos que se soliciten en razón del avance del proyecto, únicamente cuando las especificaciones técnicas del proyecto así lo detallen.

El Consultor deberá presentar, la nómina completa del personal profesional que destinará para la ejecución del trabajo topográfico y que cumple con los requisitos anteriores. Deberá agregar, además, el correspondiente Currículum Vitae y título o certificado de título de cada profesional.

En el caso de que se sub-contrate la totalidad o parcialidad del trabajo topográfico, el consultor deberá informar al encargado del proyecto indicando el grado de participación de este en la elaboración del estudio, adjuntando los requerimientos exigidos para los profesionales del estudio topográfico. Cualquier cambio del personal por parte del consultor de topografía o del subcontratista durante el transcurso de los trabajos se deberá informar y estará sujeto a la aprobación del encargado del proyecto.

El encargado del proyecto tiene la facultad de rechazar u objetar a la empresa, equipo y/o personal topográfico partícipe del estudio, en base a los antecedentes profesionales que figuren en el Servicio.

### 6.2.2. EQUIPOS TOPOGRÁFICOS

Se exigirá la utilización de determinados equipos e instrumentos topográficos para la ejecución de las diversas topografías que el servicio solicite y fiscalice.

#### 6.2.2.1. Nivel

El nivel es un equipo de medición topográfica que se basa en mediciones horizontales y se utiliza para el traslado y obtención de cotas geométricas.

Se aceptarán los siguientes tipos de Nivel para la ejecución de los trabajos topográficos:

- Nivel con placa paralela y/o micrométrica.
- Nivel Automático.
- Nivel con tornillo de trabajo (nivelaciones de alta precisión).
- Nivel electrónico de lectura por código de barras.

#### 6.2.2.2. Teodolito y Taquímetro

**Teodolito:** Debe ser consultado su uso previamente al encargado de la inspección correspondiente. Dependiendo de la precisión angular que el instrumento pueda lograr, podrá ser utilizado en mediciones angulares para poligonales primarias y auxiliares. No podrá ser utilizado para la medición de levantamientos topográficos o nivelaciones geométricas.

**Taquímetro:** Debe ser consultado su uso previamente al encargado de la inspección correspondiente. Dependiendo de la precisión angular que el instrumento pueda lograr, podrá ser utilizado en mediciones angulares para poligonales auxiliares. No podrá ser utilizado para la medición de poligonales primarias, cuadriláteros, trilateraciones, levantamientos topográficos o nivelaciones geométricas.

Lectura directa en equipos mecánicos: 20 cc

Lectura directa en equipos electrónicos: 20 cc

Precisión angular en equipos electrónicos: 20 cc

#### 6.2.2.3. Estaciones Totales

La estación total es un equipo de medición angular y distancias mediante un diodo infrarrojo o dispositivo laser.

Se aceptarán únicamente estaciones totales que cuenten con almacenamiento en su colector interna de la información obtenida en terreno.

Precisión angular: 10 cc

Precisión lineal: 5mm ± 5ppm

### 6.2.3. EQUIPOS CON TECNOLOGÍA GNSS

Se exigirá la utilización de determinados equipos e instrumentos para la ejecución y desarrollo de las diversas topografías que el servicio solicite y fiscalice.

#### 6.2.3.1. Equipos Geodésicos

Están constituidos por un receptor y una antena, los cuales captan las señales emitidas por los satélites. Estos equipos traducen la señal recibida obteniendo la posición sobre la superficie terrestre bajo diversos parámetros matemáticos. Los equipos geodésicos pueden ser de Simple Frecuencia o Doble Frecuencia, y serán utilizados para las siguientes aplicaciones:

Determinar vértices de poligonales

Levantamientos, conservando la precisión exigida para los diversos trabajos topográficos solicitados y fiscalizados.

Los requerimientos a cumplir para este tipo de instrumental serán:

**Instrumental Doble Frecuencia:** Instrumentos que captan la fase portadora de la señal emitida por los satélites, en las frecuencias denominadas L1 y L2. Se exigirá como mínimo 8 satélites de medición continua. Las precisiones mínimas requeridas basándose en el método diferencial relativo serán:

Mediciones Estáticas con post-proceso: Horizontal: 1 cm  $\pm$  1 ppm.

Vertical: 2 cm  $\pm$  2 ppm

Mediciones cinemáticas con post-proceso: Horizontal: 2 cm  $\pm$  2 ppm.

Vertical: 3 cm  $\pm$  2 ppm

Mediciones tiempo real (RTK): Horizontal: 2 cm  $\pm$  2 ppm.

Vertical: 3 cm  $\pm$  2 ppm

**Instrumental Simple frecuencia:** Captan la fase portadora de la señal emitida por los satélites, pero únicamente en la frecuencia L1. Se exigirá como mínimo 12 satélites de medición continua. Las precisiones mínimas requeridas basándose en el método diferencial relativo serán:

Mediciones Estáticas con post-proceso: Horizontal: 1 cm  $\pm$  1 ppm.

Vertical: 2 cm  $\pm$  2 ppm

No se aceptarán mediciones cinemáticas ni en tiempo real (RTK) realizadas con instrumental de Simple frecuencia.

#### 6.2.3.2. Equipos Cartográficos

Son equipos que logran precisiones menores a las indicadas para los equipos Geodésicos y captan el código (secuencia binaria) de la señal y algunos equipos la fase portadora, la finalidad de estos equipos es la de levantar información para usos cartográficos (1:5000, 1:10000). Se permitirá el uso de estos equipos para las siguientes aplicaciones:



- Levantar información para la confección de planos temáticos e informativos.
- Levantar información para ser ingresada y almacenada en el Sistema de Información Geográfica, según lo solicite la Sección de Georreferenciación.

Las precisiones mínimas requeridas para estos equipos serán:

- Procesamiento de código: Horizontal: < 1 m.  
Vertical: < 2 m.
- Procesamiento de fase portadora: Se considerarán tiempos similares a las de mediciones estáticas para lograr precisiones menores a 10 cm dependiendo de la proximidad entre la Base y el Rover, es por ello, que la precisión dependerá directamente del tiempo de captura de señal estable, la cantidad de satélites y la geometría de los mismos en el segmento espacial.

Precisión horizontal: 40 cm ± 5 ppm

5 minutos de recepción de señal estable.

Un mínimo de 6 satélites.

Índice PDOP máximo 5.

Precisión Vertical: 1 m ± 5 ppm

### **6.2.3.3. Equipos de Navegación**

Son equipos cuya principal utilidad es la de entregar al usuario su posición aproximada, pudiendo alcanzar precisiones de 10 m o menor. Se permitirá el uso de estos equipos para las siguientes aplicaciones:

Determinación de coordenadas para reconocimiento o catastro (previa autorización de la Sección de Georreferenciación)

Determinación de coordenadas para presentación de solicitudes de actos administrativos, por ejemplo: Para la solicitud de certificados de vértices geodésicos, se deberá –entre otras alternativas– indicar las coordenadas aproximadas del proyecto a ejecutar, con la finalidad de entregar el certificado de los vértices más cercanos al emplazamiento.

### **6.2.4. SOFTWARE Y APLICACIONES TOPOGRÁFICAS**

El software GPS, topográfico y de dibujo utilizado en el estudio deberá especificar lo siguiente:

- Nombre del Software.
- Versión del Software.
- Participación del software en el estudio.

Cualquier software a utilizar deberá contar con alternativas de exportación a formatos de visualización universales según corresponda: RINEX, DWG, SHP, etc.

No se revisará el correcto funcionamiento de planillas Excel personales, sin perjuicio de lo anterior, se aceptarán cálculos topográficos realizados en dichas planillas contrarrestando sus valores con los obtenidos por la Sección de Georreferenciación.

### **6.2.5. ACCESORIOS**

- Huincha metálica: Mediciones de precisión y acotación de obras existentes.
- Huincha fibra de vidrio: Amarre de puntos referenciados.
- Navegador GPS: Receptores con capacidad para recibir sólo el código C/A.
- Brújula: Medición de Norte Magnético.
- Barómetro: Medición de presión para correcciones atmosféricas del distanciómetro.
- Termómetro: Medición de temperatura para correcciones atmosféricas del distanciómetro.
- Plomo: Para medición de profundidad de agua en canales, colectores, etc.

De indicarse, prevalecerán las precisiones del equipo exigidas en las bases del proyecto.

### **6.2.6. PLANIFICACIÓN**

Se exigirá, antes del inicio del estudio topográfico, antecedentes del personal, instrumental y metodología de trabajo a utilizar en la realización del proyecto, según las siguientes características:

#### **6.2.6.1. Personal e Instrumental**

Se exigirá, antes del inicio del estudio, los antecedentes del personal e instrumentación a utilizar en la realización del proyecto.

Los antecedentes que se deben informar son los siguientes:

- La nómina completa del personal profesional que se destinará para la ejecución del trabajo topográfico.
- Currículum Vitae del personal.
- Certificados de título del personal.
- Certificado de calibración de los instrumentos a utilizar en el estudio emitido por un servicio técnico oficial, dicho certificado no debe tener fecha mayor a 6 meses de iniciado los trabajos en terreno.

El inspector del proyecto podrá rechazar o suspender cualquier trabajo realizado con personal o instrumentación no calificada. La falta u omisión de cualquiera de estas exigencias, aplicará en la sanción, además de la re-medición y re-procesamiento de los datos correspondientes.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

### 6.2.6.2. Metodología de Trabajo

Antes de iniciar los trabajos topográficos y en compañía de lo exigido en el Capítulo 6.2.6.1. Personal e Instrumental, el consultor deberá entregar al Revisor del proyecto, el cual posteriormente entregará a la Sección de Georreferenciación para su revisión, el informe con la metodología y planificación de los trabajos topográficos a realizar, según lo establecido en el Capítulo 6.10 ENTREGAS:

- La metodología debe ser clara y concisa, técnicamente apoyada en las exigencias establecidas en el presente manual.
- La planificación debe ir apoyada por una Carta Gantt en donde se detallen todas las actividades a realizar en terreno y los tiempos correspondientes, por ejemplo: reconocimiento del terreno, monumentación de la poligonal, georreferenciación GNSS, nivelación, medición de poligonal, levantamientos, cálculos de poligonales y puntos GNSS, dibujo de planos, etc.
- Con respaldo de un .KML o un .KMZ indicar la ubicación de los vértices de la poligonal PPG, vinculación y sesiones de medición (vectores) a realizar en el estudio.
- Justificar e informar referencia de vinculación altimétrica para el estudio.
- En caso de realizar un levantamiento aerofotogramétrico, adjuntar documentación y planificación correspondiente.
- En caso de realizar un levantamiento laser transportado, adjuntar documentación y planificación correspondiente.

Lo solicitado debe ser firmado y respaldado por el Encargado de la etapa de topografía, establecido en el Capítulo 6.2.1 PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

La Sección de georreferenciación deberá aceptar, rechazar u objetar la metodología de trabajo del Consultor, con la finalidad de asegurar el correcto desarrollo y aplicación de las normativas. El Consultor no podrá comenzar con el desarrollo topográfico si es que no subsana y/o es aceptada su metodología de trabajo.

La Sección de Georreferenciación deberá dar respuesta en un plazo no mayor a 3 días de entregado los antecedentes.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.3. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)

### 6.3.1. GENERALIDADES

El Sistema Global de Navegación por Satélite, en adelante GNSS, es una agrupación de constelaciones de satélites que orbitan alrededor de la Tierra y transmiten rangos de señales, las cuales permiten el posicionamiento de un punto sobre la superficie terrestre. Estas constelaciones están conformadas por los sistemas de navegación GPS, GLONASS y recientemente Galileo.

El sistema de posicionamiento por Satélites, permitirá, entre otras cosas, obtener la posición de un determinado punto en el espacio, esta posición vendrá dada bajo diversas precisiones, las cuales responderán directamente al receptor y metodología de medición utilizada.

### 6.3.2. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

Los aspectos que influyen en la correcta obtención de coordenadas para un vértice a través de observaciones GNSS son: efemérides (posición de cada satélite), la calidad del mensaje de navegación, la procedencia y confiabilidad de las coordenadas del vértice de referencia utilizado, el tipo de posicionamiento y características del equipo utilizado.

Los dos métodos utilizados para el posicionamiento GPS son los siguientes:

- Posicionamiento absoluto
- Posicionamiento Relativo o Diferencial

Las medidas en código y fase son afectadas por errores sistemáticos y ruidos aleatorios, la precisión del posicionamiento absoluto está directamente relacionada a estos errores y ruidos y como los sistemas de hardware y software resuelven o consideran estas diferencias en las mediciones. Los errores sistemáticos presentes en las mediciones se clasifican en: errores relativos al satélite, errores relativos a la propagación de la señal y errores relativos al receptor.

**Tabla 1**  
Fuentes de error

Elemento	Fuente de Error.
Satélite	Errores en el oscilador.
	Errores o variaciones en los parámetros orbitales.
Propagación de la señal	Refracción ionosférica.
	Refracción troposférica.
	Disponibilidad selectiva (S/A).
	Pérdidas en ciclos.
	Multipath. Ondas reflejadas.
Receptor	Errores en el oscilador.
	Errores en las coordenadas del punto de referencia.
	Error en el estacionamiento del instrumento.
	Error en la manipulación del equipo.
	Variación y desfase del centro de la antena.

Algunos de estos errores sistemáticos pueden ser modelados o eliminados utilizando la combinación de una o dos frecuencias, o bien, utilizando el método de posicionamiento diferencial entre dos o más receptores.

**6.3.3. RECEPTORES Y SOFTWARES GNSS**

**6.3.3.1. Receptores**

Los receptores son los encargados de decodificar y procesar las señales emitidas por los satélites, con la finalidad de obtener la posición del punto de recepción. Se recomienda el uso de equipos de doble frecuencia por su precisión.

A continuación, se presenta un cuadro resumen en donde se detalla las exigencias establecidas por el Servicio, según el tipo de receptor, forma de medición y el tipo de trabajo que se requiera:

**Tabla 2**

Mediciones clasificadas por tipo de receptor

<b>Tipo de Receptor</b>	<b>Forma de Medición</b>	<b>Tipo de trabajo</b>
Doble Frecuencia	Post-proceso	Densificación de vértices para poligonales, traslado de coordenadas, Apoyo en terreno o puntos de control para restituciones fotogramétricas, actualizaciones cartográficas.
Doble Frecuencia	Tiempo Real (RTK)	Levantamientos topográficos, replanteos planimétricos, se deberá consultar al momento de presentar la metodología de trabajo la utilización de este método de medición.
Simple frecuencia	Post-proceso	Actualización de cartografía, se deberá consultar al momento de presentar la metodología de trabajo la utilización de este método de medición.
Sólo Código	Absoluto	Reconocimiento, apoyo en ubicación para solicitudes administrativas. Se acepta sólo para trabajos con precisiones inferiores a 10 m. Se deberá consultar al momento de presentar la metodología de trabajo la utilización de este método de medición.

**6.3.3.2. Software GNSS**

La información almacenada por los receptores es procesada por software de post-procesamiento, los cuales, mediante valores estadísticos calcula las coordenadas y precisiones de los vértices observados mediante el posicionamiento diferencial o relativo.

En el informe técnico, se deberá detallar e informar el software de post-procesamiento utilizado, su versión y los indicadores estadísticos de los vértices y la red (poligonal) procesada.

#### 6.3.4. TÉCNICAS DE MEDICIÓN

Las técnicas de medición del posicionamiento relativo más utilizadas y aceptadas por la Sección de Georreferenciación son las siguientes:

##### 6.3.4.1. Estática

Se requieren dos o más receptores en los vértices que se requieran posicionar, estos receptores deberán compartir lapsos de tiempos determinados con la finalidad de establecer las variables de posición en base a la información almacenada en los receptores.

Con esta técnica, se pueden lograr precisiones al milímetro del vector de distancia, esta precisión está directamente relacionada al tiempo de medición en común, a la distancia entre los dos vértices, los tipos de receptores y la disposición de los satélites disponibles (DOP).

Se aceptará su aplicación en:

- Generación de redes geodésicas de precisión.

##### 6.3.4.2. Estático-Rápido

Es una técnica derivada de la Estática. Su funcionamiento es parecido a la técnica anterior, con la diferencia que los periodos de medición son más cortos (5 a 20 minutos). Se aceptará esta técnica solamente para equipos doble frecuencia, ya que resuelven las ambigüedades en un menor tiempo.

Se aceptará su aplicación en:

- Densificación de bases geodésicas
- Vértices para poligonales de enlace

##### 6.3.4.3. Cinemática Post-Proceso (PPK)

Esta técnica permite la toma de datos en movimiento o deteniéndose por unos segundos, también conocido como Stop and Go. Esta técnica se utiliza mayoritariamente para puntos de precisión centimétrica, para ello, se debe utilizar un bípode para asegurar su estabilidad, centrado y nivelación de la antena GPS. Para esta técnica, se aceptarán solamente receptores doble frecuencia. El tiempo de medición para la toma de datos varía entre algunos segundos a 3 minutos.

Se aceptará su aplicación en:

- Levantamientos topográficos
- Estaciones topográficas de precisión centimétricas (Bípode)
- Accidentes topográficos
- Deslindes, ríos, canales, huellas, caminos, etc.

##### 6.3.4.4. Cinemática Tiempo Real (RTK)

Esta técnica permite la toma de datos en movimiento, corrigiendo las diferencias y ambigüedades en tiempo real, gracias a la inclusión en receptores de radios, módems y antenas de transmisión que permiten la corrección diferencial desde un equipo BASE con coordenadas conocidas, hacia uno o

varios equipos móviles que se posicionan en diversos puntos. Puede lograr precisiones de centímetros. Para esta técnica, se aceptarán solamente receptores doble frecuencia.

Se aceptará su aplicación en:

- Replanteos
- Levantamientos topográficos (Según especificaciones del proyecto).
- Estaciones topográficas de precisión centimétricas.
- Accidentes topográficos

### 6.3.5. EXIGENCIAS Y TOLERANCIAS

Con la finalidad de estandarizar y asegurar el correcto posicionamiento de los vértices geodésicos, se detallan exigencias y tolerancias para las observaciones y el procesamiento de las mismas:

**Tabla 3**  
Exigencias y Tolerancias GNSS

Ítem	Exigencia
Fijación de ambigüedades	Se aceptará, para vectores, únicamente solución fija (fixed)
Tolerancia para fijación de ambigüedades	H: 0.01 m ± 5 ppm V: 0.02 m ± 10 ppm o su equivalente, según cada software.
RMS	< 0.02 m
PDOP	< 4
Número de satélites	> 6 satélites
Ángulo de corte	15°
Intervalos de grabación	1 segundo para método estático o estático rápido 1-5 segundos para método cinemático y RTK

Cada software de post-procesamiento utiliza diversos indicadores estadísticos para indicar la calidad de la medición y el ajuste (razón, varianza, desviación horizontal y vertical, residuos, Loop Closure). El consultor deberá indicar en el informe correspondiente, cada uno de estos valores estadísticos, los cuales serán corroborados por el inspector.





## 6.4. SISTEMA DE REFERENCIA Y PROYECCIONES

La necesidad de representar la superficie del Sistema de Referencia geodésica (esfera o elipsoide) en una superficie plana se conoce como proyección cartográfica.

El Servicio de Vivienda y Urbanización de la Región Metropolitana utiliza y exige la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) y las derivadas de la Transversal Mercator (TM) en el Sistema de Referencia SIRGAS (equivalente al WGS84), para ser aplicada en los diversos proyectos y obras que ingresan para su fiscalización.

La posición se expresará mediante coordenadas, las cuales se clasifican en proyecciones cartográficas y sistemas de referencia. Serviu RM aceptará solamente coordenadas expresadas planimétricamente en:

- Proyección Cartográfica (SIG): Universal Transversal Mercator (UTM)
- Proyección para diseño: Local Transversal Mercator (LTM) definido en un Plano Topográfico Local (PTL)

No se aceptarán ni revisarán poligonales y/o levantamientos desarrollados bajo el método de coordenadas mal llamadas *Planas Topográficas con origen en un vértice UTM*. Se deben desarrollar las proyecciones cartográficas tal como se expresan en el presente manual.

### 6.4.1. Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)

La proyección Transversal de Mercator, es actualmente la proyección más utilizada a nivel global según la Asociación Internacional de Geodesia y Geofísica. Fue propuesta a finales de la II Guerra Mundial por el A.M.S. de EEUU para aplicaciones militares en toda la Tierra a excepción de las áreas polares con el nombre de Universal Transversal Mercator, en adelante UTM. Para las regiones con latitud geodésica mayor a  $84^{\circ}$  N o menor de  $80^{\circ}$  S se recurre a la denominada Proyección Estereográfica Polar, en adelante UPS.

Aunque la proyección UTM sea conforme, el norte cartográfico representado para cada punto no coincide con el norte geodésico, entre la tangente y la transformada meridiana, esta diferencia angular se conoce como convergencia meridiana, la cual no supera los  $5^{\circ}$ . La proyección UTM no conserva las distancias medidas en la superficie de la Tierra, por lo que se define un coeficiente de anamorfosis.

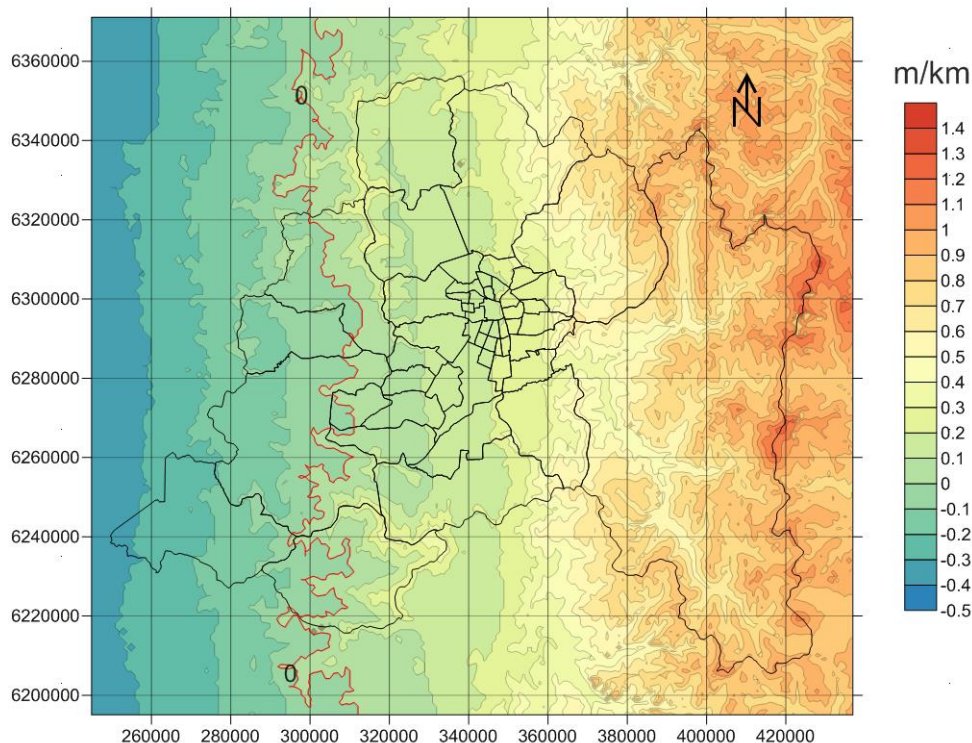
Los parámetros para definir las coordenadas planas en la proyección UTM son los siguientes:

**Tabla 4**  
Parámetros UTM

Parámetros	Valor
Este Falso	500.000 m
Norte Falso	10.000.000 m
Ancho de huso	$6^{\circ}$
Latitud de origen	$0^{\circ}$
Factor de Escala (Ko)	0,9996

**Ilustración 1**

Deformación entre distancia UTM y distancia horizontal



Fuente: Tesis: Implementación Y Migración De La Red Geodésica Del Servicio De Vivienda Y Urbanización De La Región Metropolitana Al Sistema De Referencia Sirgas, Universidad de Santiago de Chile

**6.4.2. Proyección Local Transversal Mercator (LTM)**

Para proyectos de ingeniería, donde el área de estudio es mucho menor, se solicita desarrollar una proyección Transversal Mercator (TM) genérica con parámetros mucho más acotados, con la finalidad de atenuar las deformaciones producidas en la proyección UTM –detalladas anteriormente-. Esta proyección se denomina Local Transversal Mercator (LTM) y representa una parte reducida de la superficie terrestre, disminuyendo las deformaciones angulares y distancias.

La proyección LTM tiene una cobertura, a diferencia de la UTM, de  $\frac{1}{2}$  grado a cada lado, tomando como referencia un meridiano central (MC). Considera una cobertura total de 1 grado, aproximadamente 105 kilómetros (norte de Chile), donde logra precisiones en sus extremos del orden de 1:33000 o 0.03 m/km. En la zona central, la longitud tiende a disminuir, 90 kilómetros aproximadamente, logrando precisiones en sus extremos de 1:100000 o 0.01 m/km.

Los parámetros para definir la proyección LTM son los siguientes:

**Tabla 5**  
Parámetros proyección LTM

Parámetros	Valor
Este Falso	200000 m
Norte Falso	7000000 m
Ancho de huso	1°
Meridiano Central Local	Múltiplo 15'

### 6.4.3. Plano Topográfico Local (PTL)

Con la finalidad de unificar los parámetros de aplicación para las proyecciones locales, es que se optó por definir la proyección LTM como un PTL georeferenciado. Se establece para la proyección LTM un meridiano central y una altura (kh), dependiendo de la ubicación del estudio y/o proyecto. Es decir, se define, en directa relación a la altura del proyecto, un factor de escala que permite predefinir las precisiones en un plano topográfico local.

Los PTL se definirán considerando los siguientes aspectos:

#### 6.4.3.1. Proyectos con Financiamiento Público

Para proyectos con financiamiento público, el plano topográfico local se definirá considerando su altura referida al nivel medio del mar, es decir, se debe establecer una altura PTL múltiplo de 100, en directa relación a las alturas presentes en el proyecto.

La altura del PTL que se defina, considerará planos de referencia que responderán a escalas de precisión de 1:20000, es decir, cada 600 m de variación de cotas se debe establecer un nuevo plano topográfico local. La altura del PTL que se defina para el proyecto se debe ubicar al centro de los máximos establecidos.

El factor de escala se calculará según la altura del PTL, definiendo un factor de escala específico. Donde Kh es la componente geodésica que relaciona la superficie terrestre con la superficie del elipsoide, mediante la altura sobre el elipsoide, se compone de la siguiente manera:

$$Kh = \frac{R + h_{PTL}}{R}$$

R= Radio Medio de la Tierra (6378000 m)

$h_{PTL}$ = Altura del plano topográfico local

Con la definición de planos locales, se atenúan las diferencias entre las distancias obtenidas en la superficie terrestre y las distancias proyectadas.

Para poder obtener coordenadas en PTL, se deben utilizar las mismas rutinas y ecuaciones empleadas para los cálculos de la proyección UTM, reemplazando los parámetros constantes. Para definir una proyección LTM aplicado a un PTL georeferenciado, se deben considerar los siguientes parámetros:

Tabla 6

Parámetros generales proyección LTM/PTL

Parámetros	Valor
Este Falso	200000 m
Norte Falso	7000000 m
Ancho de huso	1°
Meridiano Central Local	Múltiplo 15'
Factor de Escala (Kh)	$(R + h_{PTL}) / R$

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

#### 6.4.3.2. Proyectos con Financiamiento Privado

Para proyectos con financiamiento privado, la definición del Plano topográfico Local se realizará en razón de la metodología y tecnología a utilizar para la vinculación a los vértices de la Red Geodésica (según se requiera):

#### Tecnología GNSS

Se recomienda la vinculación con tecnología GNSS dada su precisión, rapidez y practicidad en su realización. Se recuerda, que en caso de utilizar esta tecnología, el responsable de la labor topográfica deberá ser un Ingeniero Geomensor o Ingeniero de Ejecución en Geomensura, según lo detallado en el capítulo 6.2.1 PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

Para vinculaciones mediante esta tecnología, el plano topográfico local georreferenciado (LTM-PTL) se debe definir según los parámetros establecidos por la Sección de Georreferenciación, los cuales son los siguientes:

Tabla 7

Parámetros específicos proyección LTM/PTL

Parámetros	Valor
Este Falso	200000 m
Norte Falso	7000000 m
Meridiano central	70°45'W
Altura	550 m
Factor de Escala (Kh)	1.000086233929131389150

Se permitirá postular o utilizar otros parámetros para la definición del plano topográfico local en el caso de las zonas alejadas del meridiano central y/o alejada de la altura establecida, lo suficiente para no permitir una proyección dentro de las tolerancias establecidas para el trabajo.

Las coordenadas de los vértices de la vinculación se deben obtener desde la proyección UTM (Red Geodésica SERVIU), para posteriormente definir la proyección local referida a un PTL según lo establecido anteriormente, es decir, se debe conformar una poligonal de vinculación con tecnología

GNSS (según exigencias establecidas), con la finalidad de atenuar las diferencias y errores producidos y asegurar la correcta ejecución del proyecto.

**Topografía Clásica**

En el caso de utilizar topografía clásica para la vinculación, el par de vértices iniciales deben ser certificados mediante la Sección de Georreferenciación, los cuales indicarán las coordenadas en el Sistema de Referencia SIRGAS (equivalente al Datum WGS84) y en el sistema de Proyección LTM-PTL.

Se debe considerar para el cálculo de coordenadas y emplazamiento del proyecto, las coordenadas PTL de los vértices SERVIU, las cuales serán certificadas y entregadas por la Sección de Georreferenciación mediante las diferentes plataformas disponibles.

La Sección de Georreferenciación, requerirá los planos de proyecto desarrollados en el sistema de proyección LTM referida a un PTL.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

**6.4.3.3. Parámetros de Transformación**

Para aplicaciones cartográficas, se presentan los parámetros de transformación personalizados para referir los proyectos que se encuentren en el Datum SAD69 al Datum WGS84. El tipo de transformación es "Traslación Tridimensional" o Transformación de Molodensky. Para otras aplicaciones se debe consultar su aprobación a la Sección de Georreferenciación de Serviu Metropolitano. Parámetros de transformación para uso exclusivo en la Región Metropolitana.

**Tabla 8**

Parámetros de transformación desde Datum SAD69 a WGS84

<b>Transformación</b>	<b>Parámetros (m)</b>		<b>2σ (95%)</b>
Traslación Tridimensional	ΔX	-70,961	± 0.308 m
	ΔY	+17,364	
	ΔZ	-18,955	

Fuente: Tesis: Implementación Y Migración De La Red Geodésica Del Servicio De Vivienda Y Urbanización De La Región Metropolitana Al Sistema De Referencia Sirgas, Universidad de Santiago de Chile

## 6.5. REFERENCIACIÓN DEL PROYECTO

La incorporación de la tecnología GNSS en los diversos proyectos de ingeniería que se desarrollan en la actualidad, ha permitido masificar su aplicación en la topografía y en las diversas áreas que involucra al estudio con la superficie terrestre. Además, ha permitido la referenciación de los proyectos de ingeniería en base a un Sistema y a un Marco de referencia predefinido.

Los proyectos que ingresen a SERVIU RM deberán referirse planimétricamente al Sistema de referencia SIRGAS (equivalente al WGS84), mediante tecnología GNSS o topografía clásica, apoyándose en los vértices geodésicos (Red Geodésica) del Servicio de Vivienda y Urbanización de la Región Metropolitana, materializados a lo largo de las 52 comunas de la Región.

La referenciación altimétrica del proyecto, deberá referirse al Nivel Medio del Mar mediante los vértices de nivelación de SERVIU RM, pilares de nivelación IGM, vértices de nivelación de Bienes Nacionales (priorizando los vértices de nivelación de Serviu RM). En sectores donde no existan puntos de nivelación cercanos ( $\pm 5$  km), la Sección de Georreferenciación de SERVIU RM podrá determinar alturas referidas a un modelo geoidal que entregará al consultor.

### 6.5.1. REFERENCIA PLANIMÉTRICA

#### 6.5.1.1. Vinculación SIRGAS

Para realizar la vinculación SIRGAS que permitirá vincular la Poligonal Principal del proyecto, estudio u obra con la Red Geodésica de Serviu RM se considerarán las siguientes metodologías:

##### 6.5.1.1.1 Vinculación GNSS

Para vincular la poligonal principal GNSS (PPG) con el sistema de referencia SIRGAS se deberán determinar 3 vectores que vinculen desde el vértice Serviu (Red geodésica) más cercano hacia dos monolitos de la PPG ubicados en los extremos del estudio que formen parte de las LBG (Ilustración 2). Para una correcta ejecución de la vinculación, se considerará una tolerancia del error en la medida de las distancias no superior a la razón 1:500000 o 2ppm.

##### 6.5.1.1.2 Vinculación Mediante Topografía Clásica

Cuando las bases del proyecto así lo indiquen, se podrá realizar la vinculación desde un par de vértices geodésicos de Serviu mediante una poligonal cerrada con topografía clásica (estación total), siempre y cuando se consideren para el cálculo de coordenadas, la proyección al Plano Topográfico Local. Las coordenadas PTL de los vértices iniciales deben ser entregadas y oficializadas por la Sección de Georreferenciación. Se considerará para la poligonal cerrada de vinculación una tolerancia del error de cierre en la medida de las distancias no superior a 1:40000 o 25 ppm y angularmente una tolerancia de cierre de  $10\sqrt{N}$ , donde N es el número de vértices de estaciones.

##### 6.5.1.2. Poligonal Principal GNSS (PPG)

Se deberá materializar, en razón de la longitud del proyecto, Líneas Bases GNSS (LBG), las cuales conformarán una poligonal llamada Poligonal Principal GNSS (PPG), esta poligonal principal tiene por objetivo cubrir la totalidad del emplazamiento del proyecto para el posterior poblamiento y control de nuevos vértices.

Los pares de vértices de la LBG deberán ser ubicados en sectores con cielo despejado, que aseguren una correcta cobertura de satélites, sus pares deben ser intervisibles con una separación entre 300 m y 1000 m, tendiendo a lo máximo permitido, siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan. La ubicación de estos vértices deben cumplir con los requerimientos básicos de instalación de un punto de referencia, los cuales son; instalación en un lugar que permanezca en el tiempo, que no entorpezca el desplazamiento de personas o vehículos, y asegurar que el lugar de monumentación sea viable para la instalación de trípodes para la medición con estación total u otra instrumentación. Lo detallado anteriormente, debe ser corroborado por el profesional Encargado e incluido en la metodología de trabajo (la ubicación de instalación de las Líneas Bases para la Poligonal Principal debe ser respaldado por un registro fotográfico) para ser aprobado u observado por la Sección de Georreferenciación. Lo anterior deberá ser informado en la etapa de entrega de antecedentes, especificados en el 6.2.6.2. Metodología de Trabajo.

Para los proyectos que tengan una longitud menor a 1500 m, sólo se deberán instalar Líneas Bases al inicio y al final del estudio.

Para los proyectos que tengan una longitud mayor a 1500 m, se deberán instalar Líneas Bases a distancias mayores de 1000 m, considerando Líneas Bases al inicio y al final del estudio.

#### 6.5.1.2.1 Medición Poligonal Principal GNSS

La técnica de medición para la Poligonal Principal GNSS será el método estático. La observable corresponde a la fase de onda portadora, la cual puede alcanzar precisiones milimétricas. Las fases portadoras actuales son llamadas L1, L2 y L5. Se exigirán receptores GNSS de alta precisión, con errores de  $5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$  para la composición de esta.

Los vectores de la PPG deben ser observaciones independientes, con el fin de evitar las mismas constantes en cada vector, para ello, se deben planificar sesiones de medición GNSS para conformar cuadriláteros que conecten cada una de las LBG formando figuras cerradas que permitan determinar la calidad del cierre (Ilustración 2). Los tiempos de medición estarán dados por la longitud del vector, sin perjuicio de lo anterior, el encargado podrá determinar –según le geometría de los satélites disponibles- mayor tiempo de medición a lo indicado en la tabla 9. Para una correcta ejecución de los cuadriláteros de la PPG, se considerará una tolerancia del error en la medida de las distancias no superior a la razón 1:250000 o 4ppm.

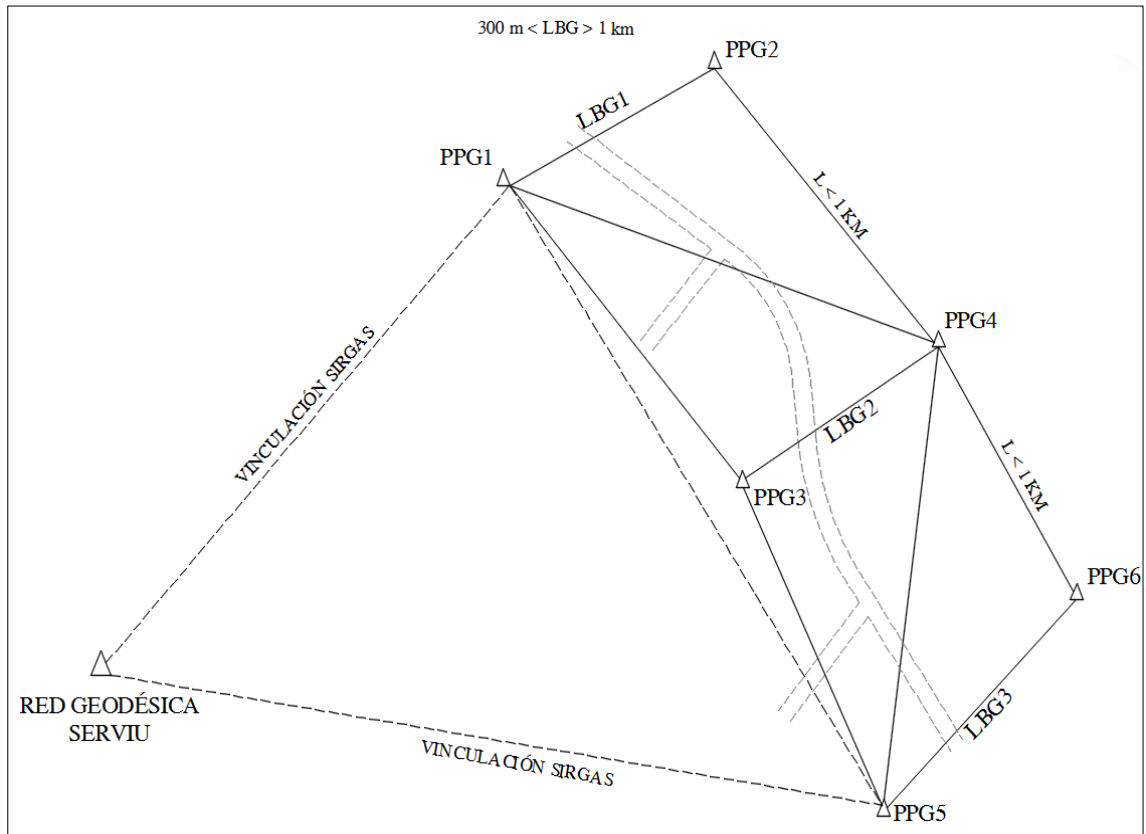
**Tabla 9**

Tiempos de medición GNSS según distancias

Vector (km)	L1/L2
0 - 2	20 min
2 - 5	30 min
5 - 10	40 min
10 - 30	50 min
30 - 70	1 h
70 - 100	1.5 h
> 100	2 h

**Ilustración 2**

Esquema de vinculación desde Red Geodésica a Poligonal Principal





#### 6.5.1.2.2 Procesamiento de archivos GNSS

El procedimiento a considerar al procesar archivos GNSS, es el siguiente:

- Revisión de todas las alturas instrumental, contrarrestándolas con las indicadas en el registro de terreno (bitácora).
- Convertir todos los archivos desde formato nativo a RINEX.
- Cargar los archivos RINEX al Software y revisar: Tipo de altura, tipo de antena y limpieza de satélites.
- Procesar los vectores para encontrar ambigüedades.
- Revisar ambigüedades encontradas.
- Fijar vértice SERVIU y ajustar según tolerancias.
- Análisis de residuos y calidad de cierre de la poligonal.
- Remedir en caso de no cumplimiento de tolerancias.
- Generar informe de coordenadas.
- Generar reportes con índices estadísticos.

#### 6.5.1.2.3 Registro de Terreno (bitácora)

Se debe incluir en los registros correspondientes, el registro de terreno (bitácora), con el fin de identificar el detalle de la medición: altura a la marca, marca y modelo de antena, tiempos de medición, código de identificación, etc.

#### 6.5.1.2.4 Registros GNSS

Los archivos GNSS de los vértices medidos deben ser identificables por nombre, número del vértice (XX) y fecha de medición (XXXXXX). El nombre y número del vértice deben ser los mismos indicados en el informe topográfico correspondiente.

Por ejemplo:

El nombre del archivo del primer vértice de la Poligonal Principal GNSS medido el día 08/03/2017 se identificará de la siguiente manera:

**G0108032017**

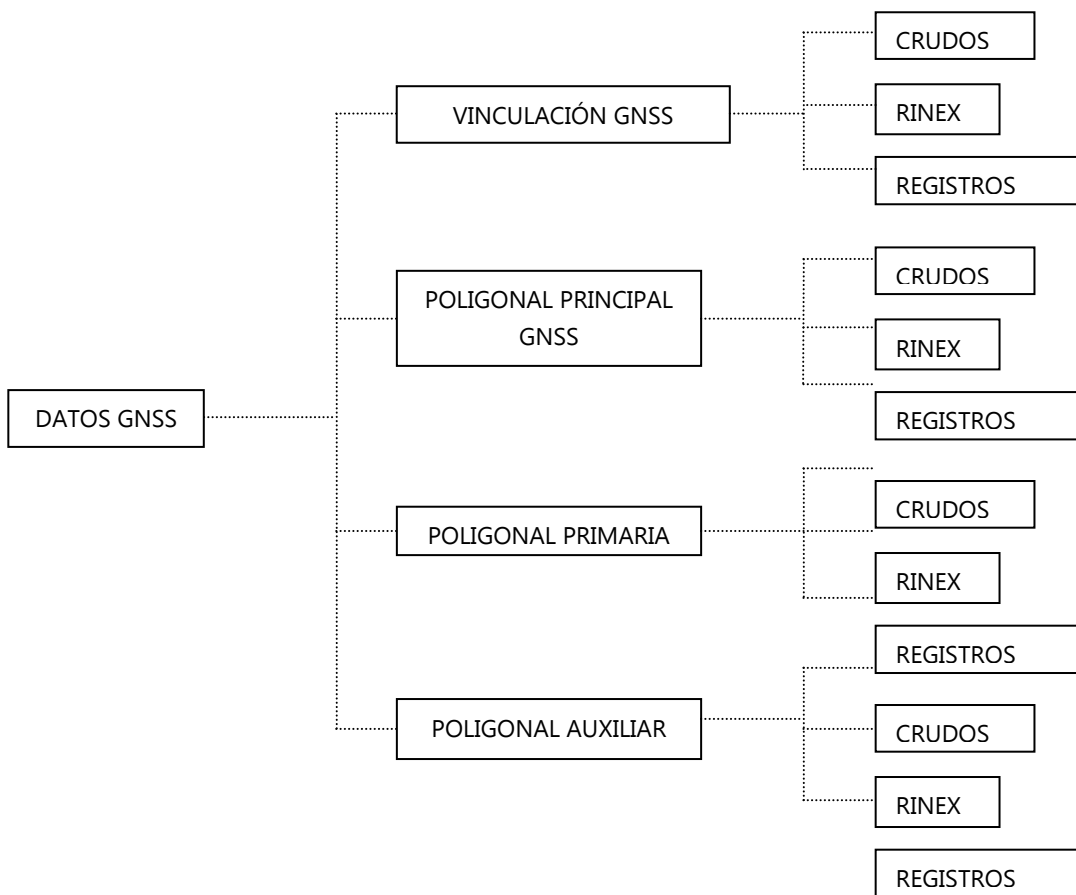
**6.5.1.2.5 Registro Post-procesamiento Método Estático**

El registro tiene por objetivo ordenar e indicar de una manera clara las sesiones de medición estáticas realizadas para el proyecto.

**6.5.1.2.6 Entrega de Archivos y Registros**

Los archivos GNSS deben ser entregados de manera clara y con el orden lógico determinado por SERVIU RM, con la finalidad de evitar interpretaciones erróneas y facilitar la revisión de la información.

La información de medición GNSS, debe ser incorporada dentro de una carpeta llamada: Datos GNSS, en ella habrá subcarpetas con la información clasificada que debe responder al siguiente orden:



Es responsabilidad del Consultor incluir las alturas de antenas (a la marca) en los archivos RINEX.

### 6.5.1.2.7 Resumen de Procedimientos para Referenciación Planimétrica

A continuación, se presenta a modo de resumen, los procedimientos necesarios para georreferenciar planimétricamente los proyectos que ingresan a inspección a Serviu Metropolitano:

- **Materializar la PPG:** Se debe analizar las características del terreno donde se emplazará el estudio para posteriormente materializar los vértices de la Poligonal Principal GNSS, cumpliendo las condiciones de ubicación y construcción indicadas.
- **Planificar mediciones:** Se deben determinar las sesiones de medición para la vinculación y los cuadriláteros bases que conformarán la PPG, considerando tiempos, días, distancias y las condiciones ideales de la constelación de satélites.
- **Medición:** Realizar la medición de la vinculación y las líneas bases (LBG) que conformarán la PPG. Si se trata de un proyecto con financiamiento privado de conservación o veredas, se aceptará su vinculación mediante topografía clásica.
- **Procesamiento de las observaciones:** Mediante software específicos, procesar y analizar las observaciones obtenidas en terreno.
- **Precisión:** Procesada la información, se deben analizar los errores obtenidos en las figuras conformadas, y determinar si cumplen con las tolerancias establecidas. Según resultados, analizar la re-mediación de vectores o figuras completas.
- **Ajuste:** Si los vectores y los cierres cumplen con las tolerancias establecidas, se procede a ajustar mediante el método de mínimos cuadrados para determinar las coordenadas finales de cada vértice.
- **Sistema de coordenadas:** Según el tipo de proyecto, se deben establecer las coordenadas en proyección UTM de los vértices observados, para posteriormente definir las coordenadas planas en el sistema de proyección LTM-PTL indicado, considerando parámetros definidos.
- **Exportación:** Se deben exportar todos los datos observados en formato RINEX, además de la exportación en formatos gráficos, informes de procesamiento y ajuste, y toda información solicitada para ser presentada en el informe topográfico correspondiente.

### 6.5.1.3. Poligonal Principal Mediante Topografía Clásica (PPC)

Cuando las bases del proyecto así lo indiquen, se aceptará el desarrollo de una Poligonal Principal mediante topografía clásica (estación total) cuyo principal objetivo es el de cubrir la totalidad del emplazamiento del proyecto para el posterior poblamiento y control de nuevos vértices. Se considerará para dicha poligonal una tolerancia del error de cierre en la medida de las distancias no superior a 1:40000 o 25 ppm y angularmente una tolerancia de cierre de  $10'' \sqrt{N}$ , donde N es el número de vértices de estaciones.

El procedimiento opcional de cálculo a utilizar es la detallada en el Capítulo 6.6.3 TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE MEDICIONES TRIGONOMÉTRICAS, se podrá utilizar otro procedimiento de cálculo siempre y cuando se adjunten los respaldos y registros matemáticos correspondientes de forma ordenada y clara. De igual manera, se exigirá en caso de utilizar esta metodología, que se adjunten los registros de terreno, el orden de identificación de los vértices correspondientes y los cálculos y metodologías de compensaciones utilizados.

## 6.5.2. REFERENCIA ALTIMÉTRICA

La referenciación altimétrica del proyecto, deberá referirse al Nivel Medio del Mar mediante los vértices de nivelación de SERVIU RM (prioritariamente), pilares de nivelación IGM o vértices de nivelación de Bienes Nacionales. En sectores donde no existen puntos de nivelación cercanos, la Sección de Georreferenciación de SERVIU RM podrá determinar alturas referidas a un modelo geoidal que entregará al consultor.

### 6.5.2.1. Red de Vértices con Referencia Altimétrica

Los proyectos de ingeniería vial, deberán contar con diversos vértices de referencia altimétrica, esta red será utilizada para realizar el levantamiento de información y posterior replanteo del estudio. Dicha red estará conformada por los vértices incluidos en la Poligonal principal (PPG) y todos los vértices de las poligonales pertenecientes al estudio, se aceptará la inclusión de nuevos vértices de nivelación para el apoyo del proyecto.

Los vértices de la red con referencia altimétrica, deberán ser identificados bajo las mismas siglas de las poligonales planimétricas a las cuales pertenecen, con la finalidad de asegurar la correcta comprensión y el desarrollo de monografías.

La cota de inicio de la red deberá obtenerse, en primera instancia, desde un vértice de nivelación de SERVIU RM, en el caso de que SERVIU RM no contara con vértices de nivelación cercanos ( $\pm 3$  km), se aceptará la vinculación a pilares de nivelación IGM (certificados), vértices de nivelación de Bienes Nacionales (certificados) y en sectores donde no existan vértices de nivelación de ninguna entidad oficial, SERVIU RM, mediante la Sección de Georreferenciación, podrá determinar un vértice de nivelación en las cercanías del estudio con altura referida a un modelo geoidal. Lo anterior deberá ser informado en la etapa de entrega de antecedentes, especificados en el capítulo 6.2.6.2. Metodología de Trabajo.

La red de vértices con referencia altimétrica, deberá conformarse mediante una nivelación geométrica cerrada entre puntos consecutivos.

Tal como se mencionó anteriormente, la red de nivelación deberá incluir todos los vértices materializados y definidos en la etapa de referencia planimétrica, con la finalidad de asegurar la unificación de la referencia altimétrica para el estudio.

La medición se podrá realizar con niveles automáticos o digitales, la metodología de medición consistirá en lecturas atrás y adelante en puntos de cambio que tengan buena estabilidad, para ello, se podrán utilizar placas metálicas de apoyo. Las distancias entre lecturas deben permitir la apreciación clara del milímetro en la mira. La posición del instrumento entre lecturas debe tender a la ubicación media entre las dos mediciones.

### 6.5.2.2. Métodos de Medición

Según las exigencias del proyecto, se permitirá el desarrollo de mediciones altimétricas según los siguientes métodos:

#### 6.5.2.2.1 Nivelación Simple Cerrada

La nivelación simple (cerrada) consiste en la medición directa y de avance continuo, realizando lecturas atrás y adelante hasta cerrar en un punto de nivelación con cota conocida o volver al PN de inicio. La distancia se podrá determinar mediante pasos (previa calibración del caminar).

Se debe adjuntar en el informe correspondiente, un registro de nivelación que detalle y respalde todas las lecturas realizadas.

#### 6.5.2.2.2 Nivelación con doble posición instrumental

La nivelación con doble posición instrumental consiste en el cálculo de los desniveles conforme se avanza, mediante una nueva posición instrumental que permite comprobar el desnivel y así evitar errores o faltas que se producen durante el transporte de niveles. Este método también debe cerrar en un vértice con cota conocida o volver al vértice inicial. La distancia se podrá determinar mediante pasos (previa calibración del caminar).

#### 6.5.2.2.3 Nivelación Trigonométrica

La nivelación trigonométrica consiste en la obtención de desniveles mediante ángulos verticales y distancias horizontales, principalmente con estaciones totales. Se aceptará este método de nivelación solamente para la obtención de cotas de los vértices de poligonales auxiliares.

Se debe adjuntar en el informe correspondiente, un registro de nivelación que detalle y respalde todas las lecturas realizadas.

#### 6.5.2.3. Tolerancia

La tolerancia para toda nivelación cerrada que se desarrolle, independiente del método de medición, debe responder a la siguiente expresión:

$$T = \pm 0.01 * \sqrt{K}$$

K= Distancia del circuito expresada en kilómetros.

T= Tolerancia del error admisible expresado en metros.

#### 6.5.2.4. Compensación

Si el error del circuito se encuentra dentro de las tolerancias detalladas en el punto anterior, se procede a la compensación correspondiente.

Para circuitos desarrollados con distancias constantes, la compensación distribuirá en partes iguales el error por cada punto de cambio.

Para circuitos desarrollados con distancias distintas, la compensación distribuirá de forma proporcional a la distancia el error por cada punto de cambio.

#### 6.5.2.5. Registro para Red Altimétrica

Se deberán registrar, según lo establecido anteriormente, todas las lecturas atrás y adelante efectuadas en terreno para determinar los desniveles y cotas desde el vértice inicial certificado hacia los vértices de la red altimétrica. El registro se debe desarrollar de manera clara y ordenada para cada punto de la red.

### 6.5.3. FORMATOS DE ENTREGA

Con la finalidad de estandarizar los formatos de entrega, se indica la forma de presentar la información resultante de la georreferenciación planimétrica y altimétrica del estudio.

#### Datos Planimétricos

Para el desarrollo de una PPG se debe entregar:

- Certificados y monografías de vértices SERVIU utilizados en la vinculación planimétrica.
- Registro de sesiones de medición obtenidas en terreno según registro tipo.
- Reportes estadísticos de los vectores procesados y ajustados.
- Mediciones realizadas en los distintos circuitos cerrados de la PPG (Topografía clásica).
- Cuadro de coordenadas de la PPG en los distintos sistemas: UTM, Geográficas, PTL.
- Fichas de monografías para cada uno de los vértices involucrados en la PPG, según Anexo
- Representación gráfica general de la PPG, identificando cada vértice y vector (LBG), además de indicar en la gráfica la vinculación SIRGAS.

#### Datos Altimétricos

- Certificados y monografías de vértices utilizados para la vinculación altimétrica.
- Registro de cálculo de cotas para cada uno de los circuitos de nivelación cerrada.
- Cuadro de cotas de todos los vértices de la PPG.
- Fichas de monografías para cada uno de los vértices involucrados en la red altimétrica, según Anexo.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.6. SISTEMA DE TRANSPORTE DE COORDENADAS (STC)

El sistema de transporte de coordenadas (STC), tiene como principal objetivo densificar a partir de la PPG para vincular los levantamientos topográficos del estudio, replantear el diseño proyectado de los diversos elementos singulares y principalmente, poseer un control topográfico del avance del proyecto vial.

### 6.6.1. TIPOS DE POLIGONALES

Para efectos del sistema de transporte de coordenadas, las poligonales se clasificarán en 2 tipos:

- Poligonal Primaria: Se densifica a partir de la PPG. Inicia y termina en los vértices de la PPG a modo de control.
- Poligonal Auxiliar: Inicia y controla en los vértices de la Poligonal Primaria. La Poligonal Auxiliar se utilizará para llevar el sistema de coordenadas a sitios de mayor complejidad, de malos accesos o de mala visualización.

### 6.6.2. PLANIFICACIÓN DE POLIGONALES

Los vértices de las poligonales deben ubicarse de manera equidistante entre sí, evitando los lados cortos; los errores angulares crecen de manera inversamente proporcional a la longitud de los vectores y la probabilidad de errores en distancia se incrementa para longitudes cortas.

Todas las poligonales deben ser cerradas, no se aceptarán vértices radiados. Las poligonales deben cerrar en el vértice de partida, o en vértices con azimut y coordenadas conocidas y de mayor precisión (ilustración 3).

#### 6.6.2.1. Poligonal Primaria

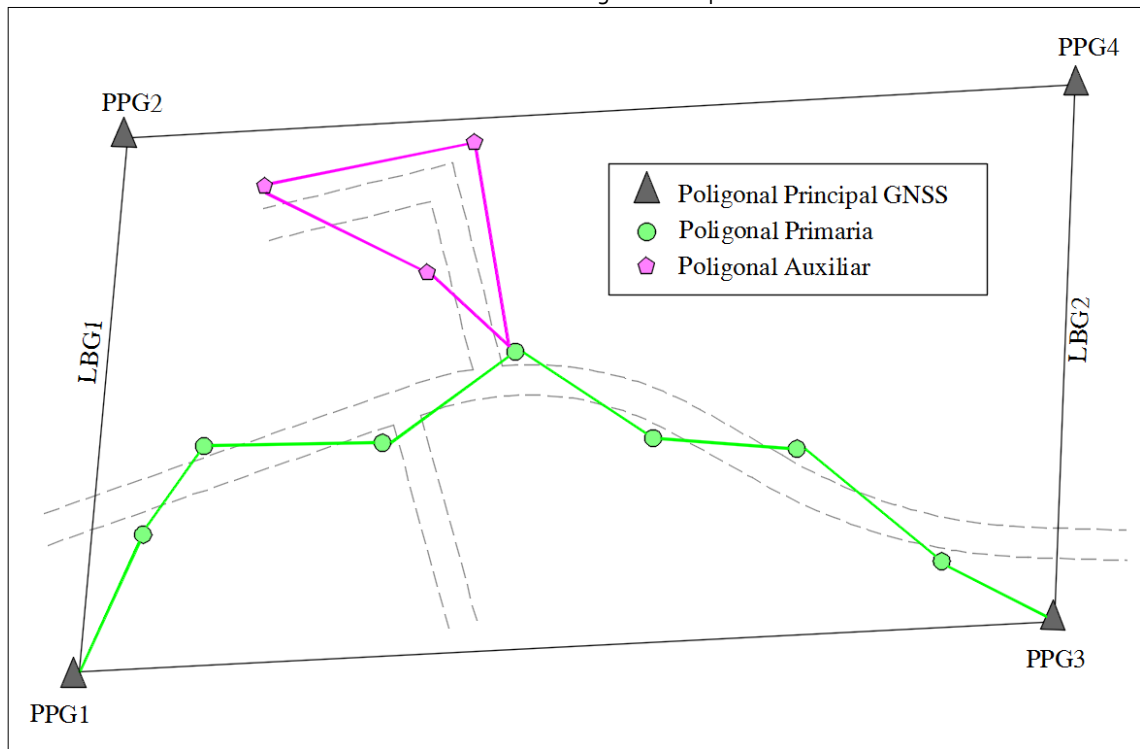
Para densificar la poligonal primaria, se deberán materializar monolitos en la longitud total del estudio, cuidando que se cumpla la correcta intervisibilidad entre vértices consecutivos. La finalidad de estos puntos, es la de permitir el correcto levantamiento topográfico de los elementos singulares solicitados para el proyecto, es por ello, que la ubicación de estos vértices debe permitir el correcto cumplimiento de la toma de información.

La poligonal primaria se debe densificar y controlar desde la Poligonal Principal GNSS (PPG), es decir, debe iniciar y cerrar en los vértices que componen dicha poligonal.

La distancia entre los vértices de la poligonal primaria, debe estar comprendida entre 200 m y 1000 m, dependiendo de las características que presente el terreno. Esto responde a las consideraciones fundamentadas anteriormente.

Ilustración 3

Densificación de STC desde Poligonal Principal



Se considerará para la poligonal primaria, una tolerancia en la medida de las distancias no superior a 1:20000 o 50 ppm, para ello, se deben realizar los cálculos correspondientes de la poligonal con las coordenadas en la proyección local, es decir, en las coordenadas del Plano Topográfico Local correspondiente al estudio.

#### 6.6.2.2. Poligonal Auxiliar

Se materializará la poligonal auxiliar en sectores de difícil acceso para la toma de información, con la finalidad de llevar el sistema de coordenadas a sitios de mayor complejidad. La poligonal auxiliar se debe controlar en los vértices de coordenadas conocidas de la poligonal primaria.

Se considerará para la poligonal auxiliar, una tolerancia en la medida de las distancias no superior a 1:20000 o 50 ppm. Para ello, se deben realizar los cálculos correspondientes de la poligonal con las coordenadas en la proyección local, es decir, en las coordenadas del Plano Topográfico Local correspondiente al estudio.

Los ángulos y distancias de sus lados deberán ser medidos con 3 reiteraciones.

Solamente en el caso de las poligonales auxiliares, se permitirá, al utilizar estación total, la determinación de cotas en base a los desniveles obtenidos, siempre y cuando las alturas estén referidas a la red altimétrica del estudio. La determinación de cotas con estación total se realizará en base al promedio de 3 mediciones con distinta altura de prisma.



### 6.6.2.3. Formatos de Entrega para el STC

Con la finalidad de estandarizar los formatos de entrega, se indica la forma de presentar la información resultante del sistema de transporte de coordenadas utilizando poligonales:

Cuadro de coordenadas de los vértices involucrados en el sistema proyección LTM-PTL.

Fichas de monografías para cada uno de los vértices involucrados en las poligonales, según Ilustración 3 (solicitar el formato digital de monografía tipo al encargado del proyecto).

### 6.6.3. TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE MEDICIONES TRIGONOMÉTRICAS

Las distancias y ángulos se deben medir mediante 4 reiteraciones, con la finalidad de calcular el promedio de las observaciones y obtener el azimut y la distancia promedio entre cada vértice. En base a las coordenadas del vértice de inicio (PPG) en la proyección LTM definido en un PTL, se procede al cálculo de transporte de coordenadas a cada uno de los vértices densificados. Al llegar al vértice de control (PPG) se obtendrá la magnitud del cierre del circuito.

Dado que la magnitud calculada representa solamente el error de posición del circuito completo, se debe calcular la ambigüedad parcial y acumulada en cada vértice del circuito, con la finalidad de resolver de la mejor manera las diferencias calculadas.

A continuación, se presenta el procedimiento a seguir para poder obtener los valores estadísticos necesarios para analizar las ambigüedades:

- a) Realizar las mediciones de distancias y ángulos horizontales mediante 4 reiteraciones de todos los vértices involucrados, a partir de la base de referencia principal (PPGs).
- b) Calcular el promedio de distancias y azimutes correspondientes.
- c) Calcular la desviación estándar de las mediciones realizadas (repeticiones) tanto angular como linealmente, mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

Donde:

$\sigma_m$  = Desviación estándar de las mediciones (error probable).

$X_i$  = Valor de lectura.

$\bar{x}$  = Promedio de lecturas.

$n$  = Número de mediciones.

*Para su aplicación, la desviación estándar de las mediciones, también se puede obtener a través de las fórmulas predeterminadas que ofrece Excel.*

- d) Calcular las coordenadas de cada vértice, según la siguiente expresión:

$$N = N_0 + DH * \text{COS} (Az) \quad \text{y} \quad E = E_0 + DH * \text{SEN} (Az)$$

Donde:

$N_0$ = Coordenada Norte de origen.

$E_0$ = Coordenada Este de origen.

DH= Distancia horizontal promedio.

Az = Azimut promedio.

Para el cálculo de coordenadas, se deben utilizar las coordenadas en la proyección LTM-PTL definidos para los vértices de la PPG.

- e) A continuación, se debe determinar la propagación de errores presentes en la ecuación para calcular coordenadas, mediante la siguiente expresión:

$$\sigma N = [ (\sigma N_0)^2 + (\text{cos}(Az) * \sigma DH)^2 + (DH * \text{sen}(Az) * \sigma Az)^2 ]^{1/2}$$

$$\sigma E = [ (\sigma E_0)^2 + (\text{sen}(Az) * \sigma DH)^2 + (DH * \text{cos}(Az) * \sigma Az)^2 ]^{1/2}$$

- f) Obtenido lo anterior, se procede a calcular el error de posición (ep), mediante la siguiente expresión:

$$ep = ( \sigma N^2 + \sigma E^2 )^{1/2}$$

- g) Calcular el indicador de precisión de la posición en razón del avance del circuito:

$$\text{Prec} = 1: (ep / \text{distancia horizontal desde el vértice inicial del circuito})$$

*La distancia horizontal desde el vértice inicial del circuito, se debe calcular en razón de las coordenadas de los vértices involucrados.*

*Para efectos de cálculo, para el indicador ep se deben utilizar 10 decimales.*

- h) Calculado el transporte de coordenadas desde la referencia inicial hasta el vértice de cierre (PPG), se obtiene el error de cierre de posición, el cual debe ser compensado en razón del error específico de cada vértice y en función del error de cierre calculado en el último punto de la poligonal.

A continuación, a modo de ejemplo, se presenta la metodología de cálculo:

Siendo G1, G2 y G3 vértices pertenecientes a la PPG, donde la poligonal de transporte de coordenadas inicia en G1-G2 y cierra en el vértice G3. Donde n es el número de vértices de la Poligonal Primaria, siendo Vn el último vértice medido (G3). Dicho lo anterior, el error de cierre "ec" se calcula de la siguiente manera:

$$EC_{\text{norte}} = N_{Vn} - N_{G3}$$

$$EC_{\text{este}} = E_{Vn} - E_{G3}$$

Donde  $N_{G3}$  y  $E_{G3}$ , son coordenadas conocidas.

El error de cierre "ec", se calcula con la siguiente expresión:

$$ec = ( EC_{\text{norte}}^2 + EC_{\text{este}}^2 )^{1/2}$$

Obtenido el error de cierre del circuito, se procede a analizar el cumplimiento con las tolerancias establecidas en el presente manual, en caso de no cumplir, se deben repetir las mediciones que presentan mayores ambigüedades, en caso contrario, se procede al ajuste de coordenadas de la poligonal. Para ello, se debe calcular la corrección de compensación para cada vértice:

$$\text{Corr } N_{Vi} = -(\sigma N_{Vi} / \sigma N_{Vf}) \times EC_{\text{norte}}$$

$$\text{Corr } E_{Vi} = -(\sigma E_{Vi} / \sigma E_{Vf}) \times EC_{\text{este}}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Finalmente, se procede a aplicar la compensación a cada vértice, para obtener las coordenadas finales:

$$N_{\text{comp } Vi} = N_{Vi} + \text{Corr } N_{Vi}$$

$$E_{\text{comp } Vi} = E_{Vi} + \text{Corr } E_{Vi}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

*Nota: Para el cálculo del sistema de transporte de coordenadas para Poligonales Primarias y Auxiliares, se deben utilizar las coordenadas en la proyección local (PTL) de los vértices de referencia.*

#### 6.6.4. TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE GNSS

El procedimiento para el sistema de transporte de coordenadas mediante GNSS, se diferenciará básicamente en el método de la toma de la información y del tipo de receptor disponible.

Independiente del método de toma de información, este debe responder a las mismas exigencias establecidas para una poligonal cerrada, con el fin de poder determinar errores de cierre y cumplimiento de tolerancias. No se aceptarán vectores radiados, ya que no permiten la determinación de errores de cierre.

En razón de lo anterior, el transporte de coordenadas GNSS se realizará mediante:

##### **Soluciones con Post-Proceso**

Se refiere a mediciones realizadas bajo el método de observación estática, el cual permite determinar coordenadas en base a soluciones fijas, mediante un post-procesamiento de las observaciones. Se exigirán receptores GNSS de alta precisión, con errores no superiores a  $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$ .

La medición del STC se realizará mediante vectores independientes, los cuales deben utilizar vértices de control como base de la PPG al iniciar y cerrar la Poligonal para resolver ambigüedades. El tiempo de medición en cada vector debe ser superior a 20 min. Las tolerancias de cierre no deben ser superior a 1:40000.

#### 6.6.5. DENSIFICACIÓN DE VÉRTICES

En el caso de que las bases del proyecto no exijan la vinculación con tecnología GNSS, ni la materialización y medición de una Poligonal Principal o Primaria, el revisor del proyecto podrá exigir la densificación y correcta materialización de al menos un par de vértices que esté referido a la topografía con la cual se desarrollará el proyecto, independiente del financiamiento del proyecto y/o de lo estipulado. El consultor debe exigir al topógrafo a cargo, la materialización de dos vértices referenciados, los cuales serán exigidos al momento del ingreso del proyecto.

El par de vértices se debe ubicar en un lugar donde no sea removido en futuros movimientos de Tierra, y así asegurar, a falta de exigencias topográficas, un control en el avance de la obra.

**6.6.6. IDENTIFICACIÓN DE VÉRTICES**

Todos los vértices instalados en el terreno, sean de la PPG o STC, deben ser identificados con una nomenclatura que permita su clasificación con facilidad. Esta identificación debe ser indicada tanto en la placa instalada en terreno como en el código de identificación para los archivos GNSS en su post-procesamiento.

Los vértices deben ser identificados de la siguiente manera:

G-N°= Vértice perteneciente a la Poligonal Principal GNSS.

P-N°= Vértice perteneciente a la Poligonal Primaria.

A-N°= Vértice perteneciente a la Poligonal Auxiliar.

Donde N° es el número correlativo correspondiente al vértice.

## 6.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

### 6.7.1. LEVANTAMIENTOS COORDENADOS

Los levantamientos coordenados, son levantamientos cuya metodología de toma de datos es específica por cada elemento, permitiendo la identificación directa de los datos observados mediante un sistema de coordenadas (Este, Norte y Cota), además de su nomenclatura que permita su identificación.

#### 6.7.1.1. Consideraciones

Las mediciones realizadas en terreno, deben responder a un orden lógico, con la finalidad de facilitar la interpretación de la información y conformar de manera más completa la superficie del estudio. Se recomienda realizar la toma de datos en avances transversales los cuales consideren: líneas de cierre, soleras, ejes, canales y elementos que sean exigidos en las bases del proyecto.

El levantamiento de información, debe considerar la correcta densificación de puntos en los límites del estudio, cambios de pendientes y ejes de vías, con la finalidad de permitir el correcto modelamiento digital del estudio.

Con la finalidad de unificar la información, la sección de Georreferenciación normará los siguientes aspectos en la entrega de los planos topográficos:

- Descripción de los elementos.
- Descripción y clasificación de los Layers utilizados en el plano.

Se exigirá el catálogo de descriptores y de Layers para la confección de los planos topográficos correspondientes mediante la plantilla de dibujo (.dwt) para el software AutoCad Civil, lo anterior se debe solicitar a la Sección de Georreferenciación con la finalidad de disminuir tiempos de configuración y unificación de formatos.

El profesional de terreno debe adjuntar, al incluir los antecedentes topográficos, la nube de puntos original en formato .txt con los campos exigidos (N° Punto, Este, Norte, Cota, Descripción).

#### 6.7.1.2. Tolerancias

Las tolerancias exigidas por el servicio, responden directamente a la escala en la cual se representarán los elementos y curvas de nivel del estudio, lo anterior, influye directamente en la metodología y costos utilizados para la toma de datos. Un plano a mayor escala o curvas de nivel mayor definidas que las requeridas, significa un costo innecesario para el proyectista, caso contrario, resulta un plano con la información insuficiente.

Considerando el instrumental utilizado, en planimetría el error de los puntos levantados en terreno no debe superar los 0.2 mm en la escala del plano.

La precisión en las diversas componentes se indica en el siguiente cuadro de tolerancias:

**Tabla 10**

Cuadro de tolerancias según escala

Levantamiento Escala	Equidistancia Curvas de Nivel (m)	Tolerancia precisión Planimétrica (m)	Tolerancia precisión Altimétrica (m)	Densidad (Ptos/Há)
1:1000	0.5	0.2	0.25	50
1:500	0.2	0.1	0.15	100
1:200	0.2	0.05	0.1	400

### 6.7.1.3. Levantamientos con Estación Total

El levantamiento mediante estación total es el método más utilizado para la toma de información en terreno. Se aceptarán únicamente levantamientos realizados desde Poligonales Primarias o Auxiliares, con la finalidad de obtener puntos radiados a cada uno de los elementos singulares requeridos.

Antes de comenzar las lecturas, se deben verificar las condiciones de medición; determinar la altura instrumental, ingresar el código y las coordenadas del vértice utilizado como base, y posteriormente orientar el limbo horizontal hacia el vértice con coordenadas conocidas (azimut). Verificadas las condiciones de medición, se procede a configurar la altura del prisma.

Determinadas las diversas variables, se procede al levantamiento de los diversos puntos de relleno y de detalles exigidos por el Servicio. Los descriptores utilizados para el levantamiento de los puntos singulares, deben ser identificados según catálogo de descriptores entregado por la Sección de Georreferenciación.

El instrumento (estación total) debe ser certificado y revisado por el profesional de terreno, este se debe encontrar en buenas condiciones, al igual que el instrumental terciario utilizado para apoyo en terreno; jalones, prismas, cintas métricas, nivel esférico y trípode.

### 6.7.1.4. Levantamientos GNSS

El levantamiento mediante tecnología GNSS permite desarrollar mediciones instantáneas o en tiempo real (RTK- Real Time Kinematic), solucionando la onda portadora de las señales transmitidas.

Los levantamientos GNSS se deben desarrollar desde un vértice perteneciente al STC (Poligonal Primaria o Auxiliar) y según lo definido en el presente manual, el levantamiento se debe desarrollar en un Sistema de Proyección Local (LTM) definido en un Plano Topográfico Local (PTL), es por ello, que en la libreta de campo se deben ingresar los parámetros de definición del PTL para que el levantamiento se refiera a dicha proyección local.

Con la finalidad de verificar y controlar el comportamiento de las cotas, se deben registrar al menos 4 vértices previamente nivelados, los cuales se encuentren en las cercanías del sector de levantamiento.

Los tiempos de medición de cada punto deben configurarse de la siguiente manera: 3 épocas con intervalos de registro de 1 s por época.

La tolerancia con la cual se registrarán las mediciones, para asegurar la calidad de las mismas será de:  $H= 0,015$  m y  $V= 0,030$  m.

En sectores donde la vegetación sea abundante o las construcciones existentes obstaculicen las correcciones de las señales recibidas, significará un mayor tiempo en la medición de los puntos para lograr la precisión requerida. Si la ambigüedad no puede ser resuelta, resultará en la no medición de los puntos mediante levantamiento GNSS, realizando la medición en dicho sector mediante estación total.

Para los levantamientos GNSS, se debe adjuntar la información, además de adjuntar el archivo ACSII original (.txt, .csv) descargado de la colectora de datos.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.7.2. LEVANTAMIENTOS AEROFOTGRAMÉTRICO

Los levantamientos Aerofotogramétrico son mediciones realizadas en base a fotografías aéreas tomadas desde un móvil aéreo de variables ópticas conocidas. Dichos móviles pueden ser tripulados o no tripulados, dependiendo de las exigencias del proyecto. Un móvil no tripulado se orienta a levantamientos de escalas grandes (1:1000), ya que su altura de vuelo es baja, ideal para aplicaciones en proyectos viales. La cámara digital debe ser de al menos 12 Mp y el móvil debe incorporar; tecnología GNSS, sistemas inerciales y piloto automático para controlar la trayectoria planificada del vuelo.

Se recomienda la utilización de este sistema de levantamiento para grandes extensiones de terreno, con la finalidad de disminuir costos y tiempos asociados. El levantamiento Aerofotogramétrico es compatible con las precisiones exigidas por SERVIU RM.

Para lograr la correcta representación de la superficie fotografiada, las imágenes deben cumplir ciertos porcentajes de traslape longitudinal y transversal, con la finalidad de generar estereoscopia. El vuelo debe tener una altitud predeterminada según la escala a la que se requiera trabajar, además de mantener una altitud y velocidad constante sobre la ruta de vuelo planificada.

A continuación, se presentan ciertos terrenos que dificultan la realización de levantamientos Aerofotogramétrico:

- Terrenos desérticos, lisos, los cuales dificulten la visión estereoscópica.
- Zonas de grandes construcciones, las cuales proyectan sombras que dificultan la restitución en dichas áreas.
- Zonas con arboledas, que dificultan o impiden la visión del terreno, los cuales pueden llegar a producir errores de interpretación de relieves.

A continuación, se detalla el procedimiento requerido para realizar un levantamiento Aerofotogramétrico:

### 6.7.2.1. Obtención de Fotografías

Las fotografías de un levantamiento aerofotogramétrico deben responder correctamente a la escala del proyecto, es decir, que pueda ser ampliada y que permita la equidistancia entre curvas de nivel.



Para desarrollar la toma de imágenes, se debe planificar las líneas de vuelo requeridas para cubrir la totalidad del emplazamiento del estudio, definiendo límites y trayectorias. Se deben definir, además, el objetivo del levantamiento, tipo de terreno, escala de restitución y altura de vuelo.

El ángulo de las fotografías en razón del terreno debe ser ortogonal y los intervalos de toma de información deben asegurar un recubrimiento longitudinal y transversal, para lograr estereoscopía continua en cada par de fotografías sucesivas y asegurar la toma de información en todos los sectores del estudio.

Para vuelos tripulados el recubrimiento longitudinal mínimo exigido será del 60% y lateral del 15%. Para vuelos no tripulados, el recubrimiento mínimo exigido será del 70%, tanto longitudinal como lateral.

Se debe adjuntar los certificados de calibración de la cámara utilizada, indicando los parámetros de orientación interna.

Lo planificado en el presente capítulo debe ser detallado e incluido según lo estipulado en el Capítulo 6.2.6.2. Metodología de Trabajo.

#### **6.7.2.2. Georreferenciación de Imágenes Aéreas**

El problema de la orientación externa de las imágenes aéreas se resuelve mediante la integración de los sensores GNSS, los sistemas inerciales y los parámetros propios de las cámaras digitales y se definen mediante las coordenadas espaciales y las tres rotaciones del sistema de referencia de la imagen. En base a la aerotriangulación, se determina la orientación externa, obteniendo las coordenadas cartesianas (X, Y, Z) de los puntos estereoscópicos en base a las coordenadas de los vértices de apoyo en terreno.

El método Cinemático, propio del sistema GNSS, permite determinar la trayectoria del móvil aéreo. El IMU (Unidad de Medida Inercial) permite obtener la velocidad y posición de cualquier punto.

#### **6.7.2.3. Apoyo Terrestre**

El apoyo terrestre consiste en entregar coordenadas (planimétricas y altimétricas) referidas al sistema de referencia del proyecto a vértices perfectamente foto identificables, los cuales pueden ser detalles naturales o marcas realizadas en terreno para tal propósito.

Según la integración entre sensores (IMU – GNSS – Cámara), la cantidad de vértices de apoyo exigibles variará, según las siguientes características:

- Cámara digital: Se exigirán 6 vértices de apoyo para cada par de fotografías consecutiva. La distribución de los vértices dependerá de los cambios de relieve que presenta el terreno.
- Cámara digital + GNSS: Se exigirán 5 vértices de apoyo por cada línea fotogramétrica: dos al inicio, un al centro y 2 al final.
- Cámara digital + GNSS + IMU: Se exigirán 3 vértices de apoyo densificados en el total del levantamiento.

#### **6.7.2.4. Restitución Fotogramétrica**

Es el tratamiento fotogramétrico de las imágenes, el cual permite confeccionar planos a escalas con curvas de nivel. Con ayuda de los apoyos terrestres, se refiere el posicionamiento horizontal y

vertical de las imágenes a la referencia del proyecto, procediendo al dibujo de los detalles planimétricos y altimétricos.

**6.7.2.5. Tolerancias**

La tolerancia planimétrica se basa principalmente en los vértices utilizados de apoyo. De todas maneras, se revisarán puntos en terreno en comparación con su homólogo en el plano.

La tolerancia altimétrica se define por medio de las curvas de nivel, exigiendo el cumplimiento del 90% de los puntos de control.

Se inspeccionarán puntos al azar; ejes de calles, intersecciones o cualquier elemento foto identificable. Las tolerancias de los puntos obtenidos mediante aerofotogrametría son las siguientes:

**Tabla 11**

Tolerancia de nube de puntos mediante aerofotogrametría

Escala del Plano	Verificación del plano en terreno (90% de los puntos en terreno presentarán un error menor que)	
	Altimetría (m)	Planimetría (m)
1:500	0.25	0.25
1:1000	0.50	0.50
1:2000	1.00	1.00
1:5000	2.50	2.50
1:10000	5.00	5.00

**6.7.2.6. Residuales**

Se deben indicar en el informe topográfico correspondiente, los residuales obtenidos del proceso de ajuste de modelos, los cuales no deben ser superiores en planimetría (X, Y) a 0.018 m y en altimetría (Z) a 0.025 m.

**6.7.2.7. Vértices de Apoyo**

El consulto debe entregar, junto con el informe topográfico, las monografías (Anexo) donde se detalle la ubicación y la descripción de los puntos utilizados de apoyo en terreno para el levantamiento aerofotogramétrico. Además, en terreno, los vértices deben ser identificables con pintura que indique su nomenclatura.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

**6.7.3. LEVANTAMIENTO MEDIANTE LASER TRANSPORTADO**

Los levantamientos laser transportado utilizan la tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging) para escanear superficies con alta precisión. Emite pulsos láseres que determinan la distancia entre el objeto y el emisor, mediante el tiempo de retraso de la señal reflejada.

La exactitud se logra gracias al control terrestre, mediante un receptor GNSS que vincula la referencia del proyecto, permitiendo calcular la posición del móvil en cada segundo mediante soluciones GNSS con post-proceso, además de corregir las diferencias por movimiento gracias al sistema de navegación inercial. Una de las ventajas de este método de levantamiento, es la mínima exigencia de puntos de control terrestre, logrando una mayor densidad de puntos por superficie con una buena precisión.

#### 6.7.3.1. Láser Aéreo

Previo al inicio de la ejecución y según lo que se detalla en el Capítulo 6.2.6.2. Metodología de Trabajo, se debe entregar al Inspector Fiscal para su aprobación la planificación del trabajo a desarrollar, definiendo los siguientes aspectos:

- Metodología a utilizar para la ejecución de los trabajos, representada en una Carta Gantt.
- Características del equipo a utilizar.
- Nómina de personal técnico involucrado (con experiencia).
- Programa de vuelo del avión o helicóptero.

Este sistema de toma de datos permite un muestreo de más de 100.000 pulsos por segundo, los cuales, al procesarlos con software determinados permite la obtención de las coordenadas cartesianas (X, Y, Z) de los puntos, los cuales pueden superar los 4 puntos por m<sup>2</sup> (40.000 puntos /ha).

La información levantada se debe clasificar según tipo de datos. La clasificación se basará principalmente en la identificación de elementos relevantes para el proyecto; caminos pavimentados, caminos sin pavimentar, cursos de aguas y construcciones.

Se obtendrá como resultado lo siguiente:

- Archivos digitales de la nube de puntos en coordenadas cartesianas.
- Modelos tridimensionales representantes del terreno, identificando curvas de nivel equidistantes según escala.
- Ortofoto de la zona levantada.

Las ventajas de este método son las siguientes:

- Capacidad de alcanzar la precisión requerida en relación a la escala.
- En zonas de difícil acceso, debido a la gran cantidad de muestreo almacenado, permite que al menos un porcentaje llegue hasta el suelo y obtener su información.
- Resultados en poco tiempo según la extensión del terreno.
- Las referencias terrestres pueden encontrarse a más de 20 km entre sí (2 receptores mínimos en tierra).

Las tolerancias o precisiones para los levantamientos desarrollados bajo este método son las siguientes:

Tabla 12

Tolerancias de levantamiento mediante laser transportado

Escala del Plano	Curvas de Nivel	Verificación del plano en terreno (No más del 10% de los puntos en terreno presentarán un error mayor que)	
		Planimetría (m)	Altimetría (m)
1:500	0.50	0.15	0.20
1:1000	1.00	0.25	0.35
1:2000	2.00	0.50	0.75

El consultor deberá entregar la siguiente información asociada al levantamiento realizado:

- Informe de calibración de los instrumentos involucrados en el levantamiento láser.
- El listado de puntos en formato ACSSI original de todo el proyecto.
- Modelo digital en formato Raster (GRID) de la zona de estudio.
- Versiones digitales de las ortofotos rectificadas en la zona de estudio, en el sistema de coordenadas del proyecto.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

#### 6.7.4. PERFILES TOPOGRÁFICOS

Para cada proyecto se definirán las características de sus perfiles topográficos (Longitudinales y Transversales) según exigencias técnicas. Las características generales de los perfiles topográficos son los siguientes:

##### 6.7.4.1. Perfil Longitudinal

El Perfil Longitudinal debe ser referido a la poligonal primaria (altimétrica y planimétricamente). La distancia entre cada punto del perfil debe ser de 20 m, además se debe indicar un punto en cada cambio de pendiente del alineamiento.

Se aceptarán Perfiles Longitudinales obtenidos desde un levantamiento de laser aerotransportado o Aerofotogramétrico, salvo que se exprese lo contrario en las bases del proyecto. El uso de tecnología GNSS se aceptará solamente mediante una proyección local (PTL) para la toma de datos.

La representación gráfica de los Perfiles Longitudinales debe responder a las siguientes escalas de presentación:

- 1:100 Horizontal y 1:10 Vertical
- 1:500 Horizontal y 1:50 Vertical

- 1:1000 Horizontal y 1:100 Vertical

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

#### **6.7.4.2. Perfil Transversal**

Cada Perfil Transversal debe ser obtenido de la misma manera que el Perfil Longitudinal, es decir, cada 20 m, en cada cambio de pendiente del terreno y en cada obra de arte. Cada Perfil Transversal debe indicar su metraje o kilometraje según corresponda y según el sentido de avance del Perfil Longitudinal. El ancho del perfil debe determinarse según la exigencia y finalidad del estudio; el ancho del perfil debe permitir la correcta proyección de nuevos trazados y modificaciones que se requieran realizar para el proyecto ingenieril.

Los Perfiles Transversales se deben realizar perpendicularmente al Perfil Longitudinal, sin perjuicio de lo anterior, el Inspector del proyecto podrá requerir al consultor una orientación distinta.

Se aceptarán Perfiles Transversales obtenidos desde un levantamiento de laser aerotransportado o Aerofotogramétrico, salvo que se exprese lo contrario en las bases del proyecto. El uso de tecnología GNSS se aceptará solamente mediante una proyección local (PTL) para la toma de datos.

La representación gráfica de los Perfiles Transversales debe responder a las siguientes escalas de presentación:

- 1:10 Horizontal y Vertical
- 1:50 Horizontal y Vertical
- 1:100 Horizontal y Vertical
- 1:200 Horizontal y Vertical
- 1:500 Horizontal y Vertical

La densificación de los Perfiles Transversales en terreno debe representar fielmente la superficie del estudio para la correcta cubicación del mismo.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.8. CATASTROS

Catastro es la obtención, clasificación y registro en base a parámetros establecidos de los diversos elementos de terreno que se involucran en el trazado del estudio. Los elementos a catastrar serán detallados en las bases del proyecto o en su defecto, por el encargado del proyecto, que podrá requerir información específica según las exigencias y características del terreno.

Todos los elementos a catastrar deben definir su ubicación en base a coordenadas mediante mediciones GNSS.

El sistema de referencia requerido para los elementos a catastrar será SIRGAS (equivalente al WGS84) y en la proyección cartográfica UTM (vinculada a la Red Geodésica Serviu RM). La referencia altimétrica requerida será al nivel medio del mar, según exigencias del proyecto.

### 6.8.1. CATASTROS COMPLEMENTARIOS

Para catastros que se solicitan para complementar y/o mejorar la información de un proyecto, estos serán referidos a la misma ubicación del estudio (planimétrica y altiméricamente), es decir, las coordenadas de los elementos catastrados deben ser vinculados a los vértices de las poligonales del proyecto, con la finalidad de asegurar el correcto empalme entre el levantamiento topográfico desarrollado para el proyecto con el levantamiento catastral de sus elementos (si es que estos se desarrollan en tiempos diferentes).

### 6.8.2. CATASTROS INDEPENDIENTES

Para catastros independientes, es decir, catastros que no complementen y/o mejoren la información de un determinado proyecto, será exigida su ubicación en el sistema de referencia SIRGAS (WGS84), en la proyección UTM y con altura referida al nivel medio del mar. Para ello, se aceptará el levantamiento de los elementos a catastrar mediante mediciones GNSS, con observaciones en fase portadora, en modo cinemático (continuo) con post-proceso (desde estaciones activas certificadas) o en tiempo real (RTK), desde un vértice incluido en la Red Geodésica de Serviu Metropolitano. Se aceptará, para referir las alturas de los elementos a catastrar modelos geoidales matemáticos, por ejemplo; Earth Geopotential Model 2008 (EGM08), sin embargo, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto. No se aceptarán levantamientos catastrales con equipos GNSS de navegación (precisiones métricas), excepto que las bases del proyecto así lo indiquen.

### 6.8.3. DATOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La información de los elementos a catastrar debe ser clara y detallada, ya que se ingresará a la base de datos del Sistema de Información Geográfica (SIG) del servicio, para ello, se deben definir exigencias básicas que permitan el correcto ingreso de la información, estas exigencias aplican a todo catastro que ingrese a Serviu Metropolitano.

Las exigencias son las siguientes:

- Todos los elementos a catastrar deben indicar su clasificación vectorial, es decir, si pertenecen a elementos puntuales, lineales o polígonos, con la finalidad de facilitar su ingreso al SIG.
- Todos los elementos a catastrar deben indicar sus coordenadas UTM (WGS84), independiente del método de toma de información georreferenciada utilizada (Cinemático,

RTK, estático rápido), además de indicar su altura con referencia al nivel medio del mar (el uso de modelo geoidal se debe consultar con el encargado del proyecto). La clasificación según su característica física es la siguiente:

- Punto: Coordenada al centroide del elemento.
- Polígonos: Coordenadas de cada vértice del polígono.
- Lineales: Coordenadas en cada cambio de dirección. Se debe indicar el inicio y fin del elemento.

La información de todos los elementos a catastrar, debe ser ingresada y entregada al encargado del proyecto en formularios específicos (macros, HTML) según los tipos de elementos a catastrar, estos formularios facilitan el ingreso de la información al consultor y facilitan la revisión al encargado del proyecto. Dichos formularios deben ser solicitados y/o entregados por el encargado del proyecto.

En el caso de que no existan formularios de ingreso para un determinado tipo de elemento, el encargado del proyecto entregará un formulario que cumpla con la información, características y clasificaciones exigidas para el proyecto.

De indicarse, prevalecerán las exigencias establecidas en las bases del proyecto.

## 6.9. REPLANTEO DE OBRAS DE VIALIDAD

El replanteo topográfico corresponde a la materialización en terreno del diseño vial proyectado, incluyendo alineamientos, puntos conflictivos, puntos singulares geométricos, puntos de densificación en el eje y elementos fundamentales de la obra de ingeniería.

El replanteo y trazado permite, entre otras cosas, confirmar el correcto emplazamiento del proyecto en el terreno.

Antes de comenzar la obra se debe hacer un levantamiento topográfico tanto en perfil longitudinal y transversal, igualmente de las calles y pasajes que intersectan la vía o sector de emplazamiento de la obra, aproximadamente 50 metros a partir de eje principal. Esto se debe hacer para verificar el adecuado escurrimiento de las aguas lluvias y evitar errores topográficos.

Los elementos del proyecto a replantear, deben ser materializados a partir del Sistema de Transporte de Coordenadas anteriormente vinculado, el cual se encuentra en el mismo sistema de referencia y proyección del proyecto.

### 6.9.1. EXIGENCIAS PARA EL REPLANTEO Y TRAZADO DEL DISEÑO VIAL

Las exigencias generales que se solicitarán para el replanteo y trazado del diseño vial comprenderán 2 etapas, la cuales se clasificarán:

#### 6.9.1.1. Etapa 1: Obras Previas

Esta etapa tiene como finalidad verificar el correcto emplazamiento del alineamiento y perfil tipo del proyecto, y con ello detectar puntos conflictivos que requieran algún cambio de diseño o cambios en los servicios existentes (cámaras, postaciones, etc.). En esta etapa se podrá, además, verificar las expropiaciones proyectadas.

- La precisión horizontal no podrá ser superior a  $\pm 0.10$  m y la precisión vertical no podrá superar  $+0.03$  m y  $-0.10$  m.
- Las niveletas o guías de excavación deberán ser materializadas en madera, estas tendrán que tener información del vértice que representan; kilometraje, cota de proyecto, cota auxiliar y altura a sello de excavación de esta.
- El trazado deberá ser materializado (trazado) con cal, yeso o alguna forma que permita la correcta visualización del trazado. Por ningún motivo se permitirá un trazado a mano alzada.
- Se deberá trazar tanto ejes como líneas de soleras, para una correcta visualización del emplazamiento.
- Las curvas horizontales y radio de giro deberán ser replanteadas con vértices cada 3 m de distancia.

#### 6.9.1.2. Etapa 2: Obras de Pavimentación

Esta etapa permitirá definir con mayor precisión los elementos singulares del diseño propuesto con el fin de dar inicio a las obras de pavimentación.

- La precisión horizontal de los puntos replanteados y materializados es  $\pm 0.03$  m y la precisión vertical de  $\pm 0.01$  m.



- Los vértices replanteados deben ser materializados con algún método de identificación viable, confiable y que permita la correcta visualización, dependiente del tipo de suelo o terreno se deberá adaptar la forma de materialización; clavos con cinta de peligro, estacas de fierro con banderín a no más de 0,20 m de ras de suelo, pintura, etc. En esta etapa no se permitirán estacas de madera, además tendrán que ser balizados en un lugar visible y cercano al vértice de interés.
- Es importante materializar, además, las alturas establecidas en diseño. Para ello se permitirá usar marcas con plumón de óleo, cinta de enmascar (masking tape), pintura o un método que permita su correcta visualización.
- No se permitirá trazado a mano alzada.
- Las curvas o radios de giros deberán ser replanteados por coordenadas o por deflexión angular, con vértices no superiores a 3 m de distancia entre sí.

De indicarse, prevalecerán las exigencias y tolerancias establecidas en las bases del proyecto.

### 6.9.2. REPLANTEO DESDE EL STC

El replanteo de los puntos fundamentales se debe realizar desde el Sistema de Transporte de Coordenadas del estudio o en su defecto, vértices establecidos a partir desde el STC. El proceso de replanteo se puede realizar de dos maneras, dependiendo del instrumento a utilizar para ello (Estación total o tecnología GNSS). En ambos casos, la referencia horizontal y vertical debe apoyarse y referirse al STC o a la PPG.

Los elementos a replantear pueden cargarse previamente en la memoria del instrumento para facilitar la señalización y materialización del punto.

#### 6.9.2.1. Replanteo con Estación Total

El sector donde se emplazará la obra, debe contar con al menos dos vértices con coordenadas conocidas e intervisibles referidos al STC. En el caso, de que el proyecto se realice con coordenadas locales (previa autorización del encargado del proyecto), el topógrafo a cargo del levantamiento del estudio debe materializar dos vértices intervisibles y con coordenadas locales referidas al proyecto, la ubicación de estos vértices debe asegurar su permanencia en el tiempo, el topógrafo, además, entregará al encargado del proyecto las monografías de los vértices correspondientes.

La precisión de los puntos a materializar tiene una tolerancia de 10 cm, por lo que la medición de los puntos en terreno debe asegurar una precisión horizontal de 3 cm. Los replanteos de deben realizar en el sistema de proyección LTM-PTL calculado previamente para el estudio.

En sectores donde no se pueda acceder visualmente, se podrán realizar poligonales auxiliares desde el STC y siguiendo las exigencias de cierre y precisión indicadas en el presente manual.

#### 6.9.2.2. Replanteo con Instrumental GNSS

Los receptores GNSS deben permitir la toma de datos en tiempo real con observación en fase portadora. Dependiendo de la buena comunicación entre el receptor base y el móvil, se podrá determinar la ubicación con 4 segundos.

La estación base se debe instalar en un vértice perteneciente al STC o al PPG, este vértice debe contar con buena cobertura satelital que permite la correcta comunicación con el receptor móvil.

La toma de información se debe realizar en base a un sistema de proyección previamente configurado en la libreta del equipo; LTM-PTL calculado para el estudio.

La configuración de tolerancias de fijación de ambigüedades debe validar la posición horizontal con un error máximo de 3 cm.

## 6.10. ENTREGAS

En el inicio y desarrollo de los trabajos topográficos para el proyecto en cuestión, el encargado del proyecto exigirá diversos informes de avances y topográficos, estos informes deben respetar una estructura pre-definida, las cuales se indican en el presente capítulo.

Independiente del tipo de informe, todos ellos deben ser escritos de una manera clara, para facilitar la lectura e interpretación de ideas. Los informes deben ser escritos en lenguaje culto-formal y en tercera persona, evitando los gerundios.

La fuente para el tipo de letra será Arial 11, se debe evitar el uso de letra cursiva excepto para uso de identificación de palabras en otro idioma diferente al español. El espacio de interlineado será de 1.5.

El formato de los informes debe ser entregado en dos versiones: versión PDF y versión Word (editable). Las dos versiones deben ser idénticas. El índice debe responder a un índice dinámico. Los cuadros de coordenadas deben ser cuadros elaborados en Excel, no se aceptarán cuadros de coordenadas insertados como imagen.

### 6.10.1. INFORME PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS

El informe de planificación de trabajos, debe ser entregado al encargado del proyecto antes de iniciar los trabajos topográficos del estudio, dicho encargado entregará el informe a la Sección de Georreferenciación para su revisión.

El informe debe tener la siguiente estructura:

#### I. Portada

Donde se indique el nombre del estudio, nombre empresa consultora, nombre desarrollo de topografía, nombre responsable profesional de terreno, etc.

#### II. Índice

Lista organizada por páginas de los temas a tratar en el informe.

#### III. Introducción

Presentación clara y concisa de los temas a tratar en el informe.

#### IV. Personal e instrumentos

Indicar la nómina completa del personal profesional que se destinará para la ejecución del trabajo topográfico.

Adjuntar currículum Vitae del personal.

Adjuntar certificados de título del personal.

Adjuntar certificado de calibración de los instrumentos a utilizar en el estudio emitido por un servicio técnico oficial, dicho certificado no debe tener fecha mayor a 6 meses de iniciado los trabajos en terreno.

## **V. Metodología de trabajo**

En este capítulo se debe detallar la metodología que se utilizará para realizar la topografía del estudio. La metodología debe ser clara y concisa, técnicamente apoyada en las exigencias establecidas en el presente Manual; lugar físico de instalación de monolitos (respaldos fotográficos), tiempos de medición, etc.

## **VI. Planificación de los trabajos**

La planificación debe ir apoyada por una Carta Gantt en donde se detallen todas las actividades a realizar en terreno y los tiempos correspondientes, por ejemplo: reconocimiento del terreno, monumentación de la poligonal, vinculación GNSS, nivelación, medición de poligonal, levantamientos, cálculos de poligonales y puntos GNSS, etc.

## **VII. Validación de informe**

En este capítulo, el profesional de la consultora (encargado de la topografía) deberá validar la información contenida en el informe. Debe indicar nombre, Rut y firma.

### **6.10.2. INFORME TÉCNICO TOPOGRÁFICO**

El informe técnico topográfico será solicitado por el encargado del proyecto y deberá representar la metodología utilizada en terreno para el levantamiento de información.

El informe debe tener la siguiente estructura:

#### **I. Portada**

Donde se indique el nombre del estudio, nombre empresa consultora, nombre desarrollo de topografía, nombre responsable profesional de terreno, etc.

#### **II. Índice**

Lista organizada por páginas de los temas a tratar en el informe.

#### **III. Introducción**

Presentación clara y concisa de los temas a tratar en el informe.

#### **IV. Desarrollo**

- 1.1 Ubicación Proyecto
- 1.2 Vértices SERVIU utilizados
- 1.3 Croquis General de Redes GNSS y Poligonales

**V. Referencia Planimétrica**

- 2.1 Equipo técnico e instrumental utilizado
- 2.2 Metodología de terreno
- 2.3 Monumentación de vértices poligonales GNSS
- 2.4 Georreferenciación
  - 2.4.1 Planificación Carta Gantt
  - 2.4.2 Vinculación GNSS
  - 2.4.3 Poligonal Principal GNSS
  - 2.4.4 Poligonal Primaria
  - 2.4.5 Poligonal Auxiliar
  - 2.4.6 Procesamiento de Datos
  - 2.4.7 Ajuste de residuos

**VI. Referencia Altimétrica**

- 3.1 Equipo técnico e instrumental utilizado
- 3.2 Metodología de terreno
- 3.3 Nivelación Geométrica
  - 3.3.1 Compensación y Tolerancias
  - 3.3.2 Registros de Nivelación Cerrada

**VII. Coordenadas**

- 4.1 Coordenadas Geográficas
- 4.2 Coordenadas UTM
- 4.3 Coordenadas PTL
- 4.4 Consideraciones

**VIII. Anexos**

- 5.1 Monografías
- 5.2 Certificado de Instrumentos
- 5.3 Certificado de Título de Encargado de topografía

#### 5.4 Registros y bitácora

### **IX. Validación de informe**

En este capítulo, el profesional encargado de la topografía deberá validar la información contenida en el informe. Debe indicar nombre, Rut y firma.

La entrega en digital deberá ser en un disco compacto (CD) o la plataforma digital vigente y comprenderá la misma estructura descrita anteriormente. Además se incluirá los archivos GPS en formato universal de trabajo (RINEX), archivos ASCII de puntos, planillas de cálculo, resumen planilla, puntos base PR, registros mediciones GPS, registros de nivelación, registro de poligonales, archivos de dibujo DWG, monografías, etc.

#### **6.10.3. PLANOS**

Los planos topográficos contendrán información recopilada de terreno con la escala y precisión correspondiente a lo indicado. La información contenida en los planos topográficos deberá ser aprobada y validada por la inspección con anterioridad al inicio de la etapa de diseño.

Los planos deben ser desarrollados y entregados en plantillas de dibujo (.dwt) previamente entregadas por el encargado del proyecto o descargadas desde plataforma digital vigente.

Todo plano de proyecto se debe desarrollar en una proyección LTM referida a un PTL, esto con el fin de atenuar errores y asegurar el correcto desarrollo de los proyectos de ingeniería.

El diseño geométrico se debe desarrollar sobre una topografía en proyección LTM-PTL.

Los planos deben contener un cuadro de ubicación general escala 1:10.000, 1:20.000 o una escala que represente de la mejor forma el área de interés. También se debe incorporar información básica como puntos de vinculación al proyecto y puntos base PR, puntos de nivelación entre otra información

## 6.11. EXIGENCIAS SEGÚN TIPO DE INGRESO

### 6.11.1. Sección de Revisión e Inspección de Proyectos y Obras Particulares

Las exigencias topográficas y geodésicas para los proyectos y obras que ingresen a la Sección de Revisión e Inspección de Proyectos y Obras Particulares, en adelante SRIPOP, se clasificarán y establecerán de la siguiente manera:

#### 6.11.1.1.1 Procedimiento Topográfico para Proyectos

Las exigencias topográficas y geodésicas para los proyectos que ingresen a la SRIPOP estarán clasificadas en base a 2 grupos:

##### Grupo A:

- Pavimentación de vías que se encuentren en el PRMS
- Loteos
- Aperturas viales
- Modificaciones viales mayores
- Proyectos específicos que determine SRIPOP

##### Grupo B:

- Rotura y reposición de pavimentos
- Conservaciones viales
- Accesos
- Veredas
- Modificaciones viales menores
- Ciclovías
- Proyectos específicos que determine SRIPOP

Según lo explicado anteriormente, las especificaciones y procedimientos topográficos y geodésicos que deben cumplir los proyectos que ingresen a revisión a la SRIPOP serán los siguientes:

TEMS	SRIPOP	CAPÍTULOS DE REFERENCIA
<b>Profesionales del Estudio Topográfico</b>	Se exigirá que la topografía se desarrolle según lo detallado en el capítulo correspondiente. Se permitirá como responsable de la labor topográfica lo detallado en la clasificación: Personal.	- 6.2.1 PROFESIONALES DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO
<b>Equipos Topográficos</b>	Se aceptará el uso de cualquier equipo topográfico que cumpla con las exigencias y tolerancias especificadas.	- 6.2.2 EQUIPOS TOPOGRÁFICOS
<b>Equipos con Tecnología GNSS</b>	Se aceptará el uso de cualquier equipo Geodésico que cumpla con las exigencias y tolerancias especificadas.	- 6.2.3 EQUIPOS CON TECNOLOGÍA GNSS
<b>Planificación</b>	No se exigirán antecedentes topográficos previos al inicio del proyecto.	- 6.2.6 PLANIFICACIÓN
<b>Sistemas Globales de Navegación GNSS</b>	Cualquier labor que involucre la utilización de algún sistema global de navegación GNSS debe regirse por las exigencias establecidas. En caso de utilizar esta tecnología el responsable de la labor topográfica deberá ser un Ingeniero Geomensor o Ingeniero de Ejecución en Geomensura.	- 6.3 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)

<b>Sistemas de Referencia y Proyecciones</b>	Se exigirá que la topografía de los proyectos que ingresen a la sección, se desarrollen desde un Sistema de referencia SIRGAS, una proyección LTM/PTL y alturas referidas al Nivel Medio del Mar, según lo detallado y clasificado en los capítulos correspondientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.4 SISTEMA DE REFERENCIA Y PROYECCIONES</li> <li>- 6.4.3 Plano Topográfico Local (PTL)</li> <li>- 6.4.3.2. Proyectos con Financiamiento Privado</li> </ul>
<b>Referenciación del Proyecto</b>	Se exigirá vinculación a la Red Geodésica de Serviu RM únicamente a los proyectos del <b>grupo A</b> . Todos los proyectos ( <b>grupo A</b> y <b>grupo B</b> ) deberán conformar Poligonales Principales, en el caso de los proyectos del <b>grupo A</b> será en coordenadas desde la proyección LTM/PTL y los del <b>grupo B</b> serán en coordenadas locales, ya que estos últimos no requieren vinculación a la Red Geodésica Serviu (Georreferenciación). Se permitirá vinculación y desarrollo de poligonal principal mediante topografía clásica respetando las exigencias detalladas en los capítulos correspondientes. La altimetría se debe desarrollar según lo detallado en los capítulos correspondientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.5 REFERENCIACIÓN DEL PROYECTO</li> <li>- 6.5.1 REFERENCIA PLANIMÉTRICA</li> <li>- 6.5.1.1. Vinculación SIRGAS</li> <li>- 6.5.1.2. Poligonal Principal GNSS (PPG)</li> <li>- 6.5.1.3. Poligonal Principal Mediante Topografía Clásica</li> <li>- 6.5.2 REFERENCIA ALTIMÉTRICA</li> </ul>
<b>Sistema de Transporte de Coordenadas</b>	El Sistema de Transporte Coordinado se debe desarrollar según lo detallados en los capítulos correspondientes. Se exigirá para todos los proyectos, independientes de su clasificación, que cumpla con lo detallado en el capítulo de densificación de vértices, es decir, se debe materializar un par de vértices con el fin de establecer un control topográfico directo. El par de vértices se debe ubicar en un lugar donde no sea removido en futuros movimientos de tierra, para así asegurar, a falta de exigencias topográficas, un control en el avance topográfico. El par de vértices debe ser claramente identificable en el plano topográfico correspondiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.6 SISTEMA DE TRANSPORTE DE COORDENADAS (STC)</li> <li>- 6.6.16.6.2 PLANIFICACIÓN DE POLIGONALES - 6.6.3 TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE MEDICIONES TRIGONOMÉTRICAS - 6.6.4 TRANSPORTE DE COORDENADAS MEDIANTE GNSS</li> <li>- 6.6.5 DENSIFICACIÓN DE VÉRTICES</li> <li>- 6.6.6 IDENTIFICACIÓN DE VÉRTICES</li> </ul>
<b>Levantamiento Topográfico</b>	Se aceptarán únicamente levantamientos coordinados, no se aceptarán levantamientos aerofotogramétrico ni levantamientos mediante laser transportado. Las tolerancias del levantamiento topográfico deben responder a una escala 1:1000 según lo establecido. Los perfiles longitudinales y transversales se deben desarrollar según lo indicado en los capítulos correspondientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.7 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</li> <li>- 6.7.1 LEVANTAMIENTOS COORDENADOS</li> <li>- 6.7.4 PERFILES TOPOGRÁFICOS</li> </ul>
<b>Entregas</b>	Los proyectos del <b>grupo A</b> deben adjuntar en sus antecedentes un Informe técnico desarrollado y <b>firmado por el encargado de la topografía</b> (debe indicar nombre, Rut, firma y adjuntar certificado de título), además de los archivos digitales y las monografías de cada uno de los vértices involucrados en las poligonales según lo detallado y exigido en los capítulos correspondientes. Los formatos de entrega deben ser los exigidos en los capítulos correspondientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6.10 ENTREGAS</li> <li>- 6.10.2 INFORME TÉCNICO TOPOGRÁFICO</li> <li>- 6.10.3 PLANOS</li> </ul>

La sección de Georreferenciación inspeccionará en terreno la conformación de las poligonales según los antecedentes aportados por el proyectista (informe técnico, monografías, registros, etc.).



#### 6.11.1.1.2 Procedimiento Topográfico para Obras

Para las obras que ingresen a inspección de la Sección de Revisión e Inspección de Proyectos y Obras Particulares se exigirán los procedimientos topográficos detallados en el capítulo 6.9 REPLANTEO DE OBRAS DE VIALIDAD.

La sección de Georreferenciación inspeccionará en terreno la conformación de las poligonales y los avances de la obra según los antecedentes del proyecto.

Para los proyectos detallados en el **grupo A** se exigirá para la recepción provisoria el plano As Built de la obra ejecutada.

## 6.11. ANEXOS

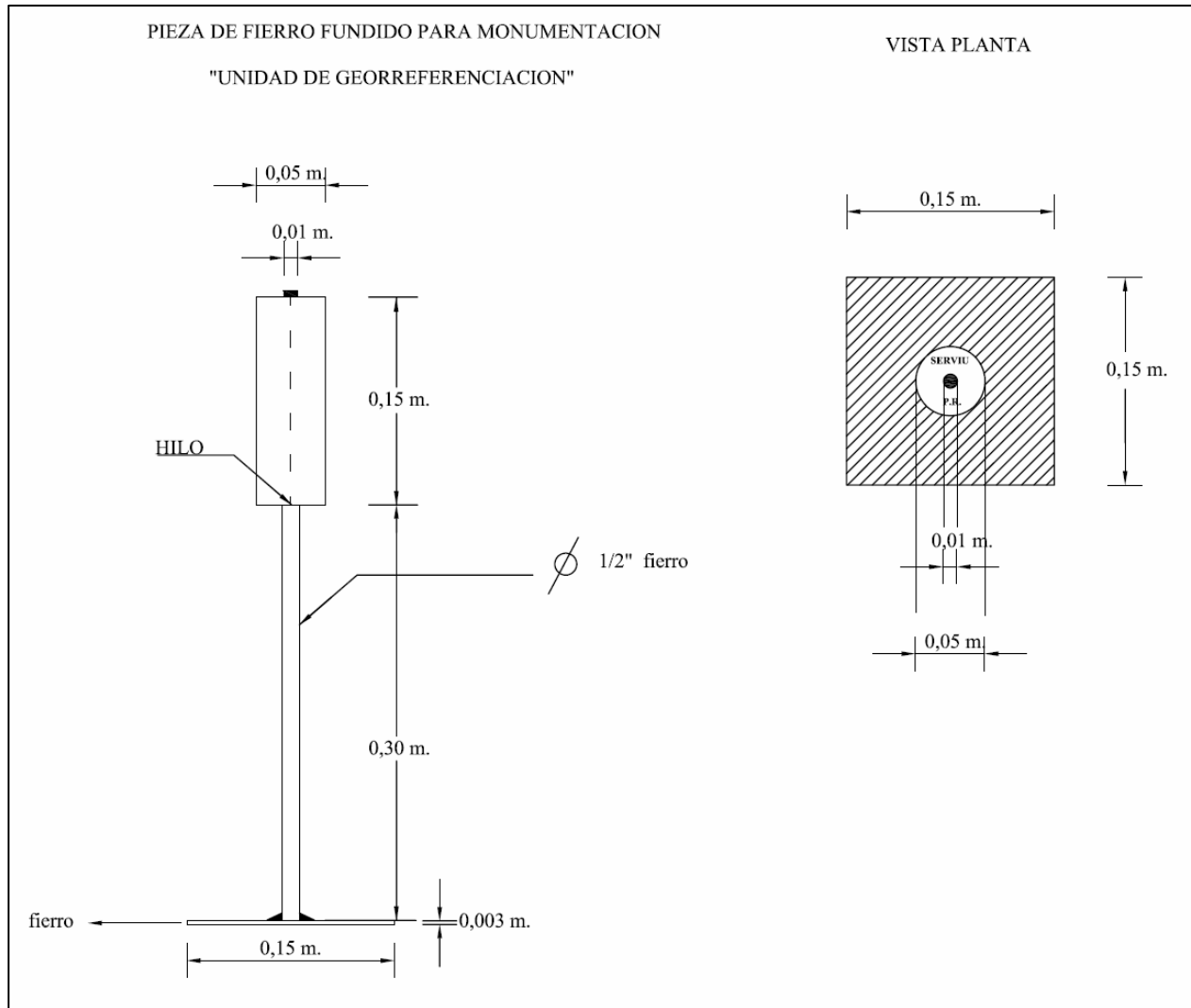
### 6.11.1. MONOGRAFÍA

Solicitar formato en digital a Sección de Georreferenciación o descargar desde plataforma digital vigente.

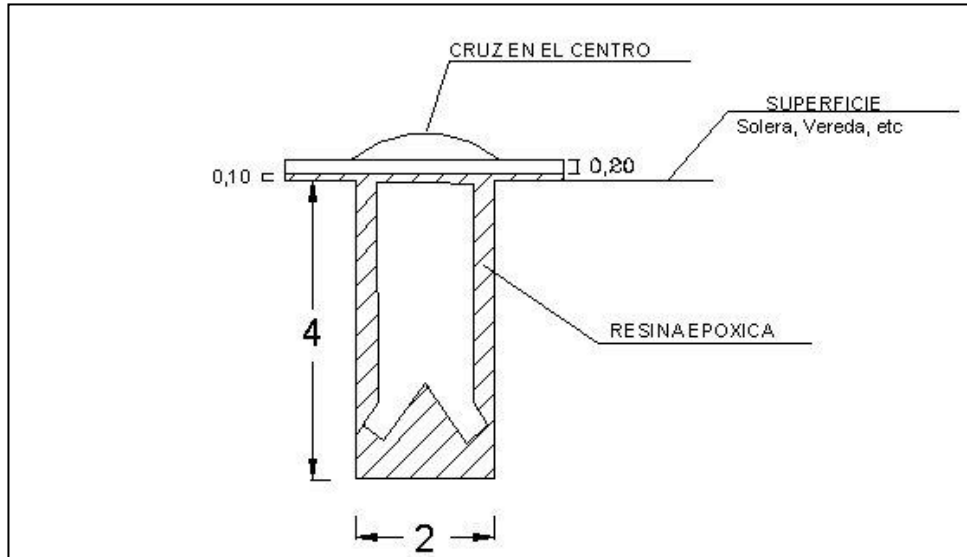
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SERVIU REGIÓN METROPOLITANA SECCIÓN DE GEORREFERENCIACIÓN					
MONOGRAFÍA VERTICE GEODÉSICO		CÓDIGO XXXXX		COMUNA XXXXXX	
PROVINCIA XXXXXXX	INTERVISIBLE CON XXXXX		DIRECCIÓN XXXXXXXXXXXXXXXXXX		
DETALLE DE COORDENADAS					
Sistema de Referencia	XXXXXX	Datum	XXXXX	Marco de Referencia	XXXXXX
Elipsoide	XXXXXX	Época	XXXXX	Zona	XXXXXX
Latitud	Geodésicas		Precisión	XXX m	
Longitud					
Norte	Universal Transversal Mercator		Norte	XXXXXXXXX	Plano Topográfico Local
Este			Este	XXXXXXXXX	
Cota	Nivel Medio del Mar		Poligonal	XXXXXX	
Altura	Elipsoidal Ortométrica				
Croquis General			Fotografía		
Detallado			Descripción		
Observación					

6.11.2. MONUMENTACIÓN

Tipo 1: Monolito tipo ubicado en terreno perteneciente a la Red Geodésica SERVIU RM



**Tipo 2:** Materialización de vértices de la Poligonal



Medidas expresadas en centímetros.