



**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS  
METRO S.A.  
GERENCIA CORPORATIVA DE INGENIERÍA**

**LEVANTAMIENTOS AEROTRANSPORTADO LÍNEA  
8, LÍNEA 9, EXTENSIÓN LÍNEA 4 Y TERRENOS  
DE TALLERES CON COCHERAS LÍNEA 8 Y  
LÍNEA 9 METRO DE SANTIAGO**

**VOLUMEN 2  
TÉRMINOS DE REFERENCIA**

<b>0</b>	<b>Junio 2019</b>	<b>Licitación</b>	<b>Gerencia de Ingeniería, Arquitectura y OOC</b>		
<b>REV N°</b>	<b>FECHA</b>	<b>EMITIDO PARA</b>	<b>ELABORADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>APROBADO POR</b>
		<b>L89-C07002-NR-0-7CO-TDR-0001</b>			<b>Página 1 de 13</b>
					<b>Revisión 0</b>

---

**ÍNDICE****ÍNDICE 2**

<b>1.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DEL CONTRATO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>ALCANCE DE LOS SERVICIOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.</b>	<b>Sectorización de los trabajos.....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>CONTENIDO TÉCNICO DE LA OFERTA .....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>PLAZOS DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>PERSONAL REQUERIDO PARA LOS SERVICIOS .....</b>	<b>5</b>
<b>6.</b>	<b>PREVENCIÓN DE RIESGOS .....</b>	<b>6</b>
<b>7.</b>	<b>ENTREGABLES .....</b>	<b>7</b>
<b>8.</b>	<b>METODOLOGÍA LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO.....</b>	<b>9</b>
<b>8.1.</b>	<b>Laser Aerotransportado .....</b>	<b>9</b>
<b>8.2.</b>	<b>Separación de Puntos.....</b>	<b>9</b>
<b>8.3.</b>	<b>Apoyo Topográfico y Control Terrestre .....</b>	<b>10</b>
<b>8.4.</b>	<b>Proceso de Restitución Digital .....</b>	<b>10</b>
<b>8.5.</b>	<b>Ortofoto Verdadera.....</b>	<b>11</b>
<b>8.6.</b>	<b>Ingreso a AutoCAD.....</b>	<b>11</b>
<b>8.7.</b>	<b>Red Base o Poligonal obtenida con GPS .....</b>	<b>11</b>
<b>8.8.</b>	<b>Software de reducción y procesamiento.....</b>	<b>13</b>
<b>8.9.</b>	<b>Transformación de Coordenadas WGS-84 a UTM y PTL .....</b>	<b>13</b>
<b>8.10.</b>	<b>Nivelación.....</b>	<b>14</b>

---

**TÉRMINOS DE REFERENCIA****LEVANTAMIENTOS AEROTRANSPORTADO LÍNEA 8  
LÍNEA 9, EXTENSIÓN LÍNEA 4 Y TERRENOS DE  
TALLERES CON COCHERAS LÍNEA 8 Y LÍNEA 9  
METRO DE SANTIAGO****1. IDENTIFICACIÓN DEL CONTRATO**

Los presentes Términos de Referencia (TR) definen el alcance de los trabajos incluidos en los servicios denominados "Levantamientos Aerotransportado Línea 8, 9 y extensión L4 y Terrenos de Talleres con Cocheras", del Metro de Santiago.

**2. ALCANCE DE LOS SERVICIOS**

Levantamiento con Laser Aerotransportado: con vuelos especiales y poligonal base obtenida con GPS, levantamiento de detalles catastrales en superficie a escala 1:500 con información de edificaciones, fachadas, cierres, soleras, etc. Los planos finales deben ser entregados en escala 1:500. Se incluye transformación de coordenadas con sistemas de referencia Metro para estudios de conectividad con líneas existentes.

El producto final requerido es el levantamiento con referencias ligadas a la Red Metro y Ortofotos Digitales Verdaderas georreferenciadas a la base STANDARD UTM con Datum WGS 84 que utiliza SERVIU, MOP para las expropiaciones y el SEA, permitiendo a ingeniería la visualización de todos los sectores y la implantación del trazado de la Línea 8, Línea 9 y Extensión de la Línea 4.

Además, se deberá considerar que los entregables en 2 versiones, una con coordenadas UTM y otra con coordenadas PTL. Por otro lado, en el informe de respaldo se debe incorporar las ecuaciones de transformación de UTM a PTL y PTL a UTM.

**2.1. Sectorización de los trabajos**

Con objeto de facilitar la programación y administración de los trabajos de topografía en terreno, se define el trazado de los vuelos:

**Línea 8:**

- Sector 0, de Talleres y Cocheras, incluyendo el enlace de acceso desde el eje de la Línea 8 por espacio de 1,5 km aproximadamente.

- Sector 1, desde unos 350 m al sur de Avda. Gabriela Oriente con Camilo Henríquez en la comuna de Puente Alto hasta el encuentro de Avda. La Florida con Avda. Gerónimo de Alderete. Son 4 estaciones, 4 piques de construcción y 5,7 km de recorrido.
- Sector 2, desde el encuentro de Avda. La Florida con Avda. Gerónimo de Alderete hasta la Avda. Macul con Avda. Escuela Agrícola. Son 3 estaciones, 4 piques de construcción y 4,8 km de recorrido.
- Sector 3, desde Avda. Macul con Avda. Escuela Agrícola hasta Avda. Chile España con Avda. Simón Bolívar. Son 4 estaciones, 3 piques de construcción y 4,6 km de recorrido.
- Sector 4, desde Avda. Chile España con Avda. Simón Bolívar hasta las cercanías del parque Bicentenario de Vitacura, logrando con esto abarcar la zona de cola de maniobras completa. Son 4 estaciones y 2 piques de construcción y 4,39 km de recorrido.

**Línea 9:**

- Sector 0, de Talleres y Cocheras, incluyendo el enlace de acceso desde el eje de la Línea 9 por espacio de 1,35 km aproximadamente.
- Sector 1, desde 1Km al sur de la Calle Lo Blanco por Avda. Santa Rosa en la comuna de La Pintana hasta Avda. Santa Rosa con Avda. San Martín. Son 4 estaciones, 3 piques de construcción y 4,6 km de recorrido.
- Sector 2, desde Avda. Santa Rosa con Avda. San Martín hasta la Avda. Santa Rosa con calle Llico. Son 4 estaciones, 3 piques de construcción y 4,7 km de recorrido.
- Sector 3, desde Avda. Santa Rosa con calle Llico hasta Avda. Santa Rosa con Calle Victoria. Son 3 estaciones, 4 piques de construcción y 4,7 km de recorrido.
- Sector 4, desde Avda. Santa Rosa con Calle Victoria hasta continuar por Avda. Enrique Mac Iver para finalmente virar hacia el poniente por Avda. Santa María abarcando la zona que comprende la cola de maniobras de la L9. Son 3 estaciones y 1 piques de construcción y 3,7 km de recorrido aproximadamente.

**Extensión Línea 4:**

- Sector 1, desde 1000 m al poniente de Calle Sargento Menadier con Calle Juanita, continuando por Sargento Menadier hacia el Oriente para girar al norte por Avda. Concha y Toro hasta llegar a Avda. Concha y Toro con Calle Manuel Rodríguez. Son 3 estaciones y 2 piques de construcción y 4,4 km de recorrido.

---

**3. CONTENIDO TÉCNICO DE LA OFERTA**

Además de los documentos indicados en las Bases de Licitación, el oferente debe entregar los siguientes documentos.

- 3.1. Metodología de trabajo propuesta en gabinete y terreno.
- 3.2. Cantidad de entregables proyectados
- 3.3. Identificación de los especialistas a cargo de la Consultoría. (No incluye período de mantención y restitución de PRs, en el que la consultora debe designar una persona de contacto)
- 3.4. Programas de trabajo que incluyan las distintas partidas, referenciado a los hitos establecidos en las Bases Administrativas. Se debe considerar un período de 18 meses por mantención y restitución de los PR, los cuales serán contados a partir del último informe final aprobado.

**4. PLAZOS DE LOS TRABAJOS**

El plazo de ejecución total de los trabajos es de 690 días corridos considerando para la Etapa A un plazo de 150 días corridos, y para la Etapa B un plazo de 540 días corridos.

Los ITOS de la Etapa A son los siguientes:

ITO 1: Aerofotogrametría Línea 8

ITO 2: Aerofotogrametría Líneas 9 y Extensión Línea 4

La Etapa B, considera el período de los 540 días corridos por mantención y restitución de los PR, los cuales serán contados a partir del último informe final aprobado

**5. PERSONAL REQUERIDO PARA LOS SERVICIOS**

Los especialistas propuestos por el Consultor deberán tener sólida formación y vasta experiencia en los aspectos relacionados con ella. Además, el Consultor deberá contar con un equipo técnico amplio, que sea depositario de su experiencia en el tema y con el cual, se pueda contar cuando eventualmente se requiera ampliar o profundizar el desarrollo de los trabajos. El perfil de los profesionales requeridos es el siguiente:

**a) Topógrafo**

Profesional con 10 (diez) años de experiencia profesional que haya tenido participación en proyectos de obras civiles, viales y/o infraestructura, en los últimos cinco años.

**b) Ingeniero Geomensor**

Profesional con al menos 10 años de experiencia profesional que haya tenido participación en proyectos de obras civiles y/o infraestructura, en los últimos cinco años.

**c) Cartógrafo**

Profesional con al menos 10 años de experiencia profesional que haya tenido participación en Proyectos de Restitución Aerofotogrametría Urbana, en los últimos cinco años.

El personal clave ofrecido es el que deberá utilizar en los trabajos y en caso eventual que alguno de ellos presente un impedimento grave para participar, podrá ser reemplazado por otro profesional con experiencia similar o mayor, previa autorización de Metro S.A.

Los párrafos anteriores se refieren a los servicios de Levantamiento con Laser Aerotransportado y no incluyen el período de mantención y restitución de los PR's.

**6. PREVENCIÓN DE RIESGOS**

El Consultor deberá tomar todas las medidas de seguridad y prevención de riesgos para lo cual deberá dar cumplimiento a las siguientes normas generales, sin que el listado sea taxativo:

- "Manual de Señalización de Tránsito".
- "Instructivo sobre Seguridad e Higiene Industrial para Contratistas M.O.P."
- Ley 16.744 y sus modificaciones. "Seguro Social Obligatorio Contra Riesgos de Accidentes del Trabajo y enfermedades Profesionales".
- Decreto N°40 del 1969 de la Subsecretaría de Previsión Social y sus modificaciones "Aprueba Reglamento sobre Prevención de Riesgos Profesionales".
- Decreto N°54 de 1969 de la Subsecretaría de Previsión Social y sus modificaciones "Aprueba Reglamento para Funcionamiento de Comités Paritarios de Higiene y Seguridad".
- Ley N°18.290 "Ley de Tránsito".
- Decreto N° 121 de la Subsecretaría de Transportes "Manual de Señalización y Tránsito".
- Resolución N°1826 de la Dirección de Vialidad de 1983 "Normas Técnicas para Señalización, Control y Regulación del Tránsito, en vías donde se realicen Trabajos".
- Decreto N°63 de la Subsecretaría de Transportes "Señalización y Medidas de Seguridad cuando se efectúan Trabajos en la Vía Pública".
- Decreto N°54 de 1987 de la Subsecretaría de Economía "Aprueba Requisitos Mínimos para Instalación de Cilindros de Gas Licuado".
- Decreto N°379 de 1985 de la Subsecretaría de Economía "Aprueba Reglamento de

Requisitos Mínimos de Seguridad para el Almacenamiento y Manipulación de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo, Destinados a Consumo Propio.

- Norma N.Ch. Eléct. 4/2003 Electricidad "Instalaciones Interiores de Baja Tensión".

El Consultor deberá tomar además todas las medidas para evitar riesgos y daños a terceros, cuidará de hacer el mínimo daño posible a árboles y jardines, deberá retirar de inmediato escombros y materiales extraídos y enviar a botaderos autorizados, deberá recibir materiales en lugares con cierros o directamente en el punto de utilización, evitará levantar polvo y deberá tomar las medidas de aseo, higiene, seguridad o protección del ambiente que ordene el mandante.

El personal contratado por el Consultor no tendrá relación alguna de carácter jurídico – laboral, ni de subordinación ni dependencia con METRO S.A.

## **7. ENTREGABLES**

El contratista debe entregar para toda la Línea 8, Línea 9 y Extensión de la Línea 4 y para el terreno de los Talleres y Cocheras lo siguiente:

1. Planos a escala 1:500 en papel y en forma digital de acuerdo al formato y normas de Metro S.A., con información de detalles como divisiones prediales, construcciones, líneas de solera, postaciones, servicios, anchos de calle y singularidades. Se considerarán para este efecto archivos tipo DWG y PDF en 2 versiones, una en unidades UTM y otra en coordenadas PTL. Estos planos se entregarán en formato A3, con una copia anillada.
2. Planimetría y Altimetría completamente unida, sin cortar por laminas en coordenadas UTM y PTL.
3. Malla TIN en coordenadas UTM y PTL
4. Informe
  - Fichas de monografías de PR's materializados, en formato digital, para cada uno de los puntos de la poligonal principal.
  - Certificados y monografías de vértices de vinculación red Metro e IGM.
  - Ficha de referencia de puntos GNSS.
  - Cuadro de Coordenadas UTM para la Poligonal Principal.
  - Cuadro de coordenadas para Plano Topográfico Local (PTL) de la Poligonal Principal.
  - Calculo de transformación de coordenadas UTM a PTL y viceversa.
  - Calculo de cotas niveladas geoméricamente para la Poligonal Principal.
  - Verificación de ángulos y distancias para la poligonal principal a través de sistemas ópticos tradicionales que permitirán controlar los cierres del polígono dentro de las tolerancias establecidas. Esta será entregada en

- terreno al personal de Metro S.A.
- Archivos \*.asc con modelo digital de terreno en coordenadas UTM y PTL.
  - Archivos correspondientes al modelo digital de terreno.
  - Archivos Rinex.
  - Archivos dwg y pdf con planos laminados con viñetas configurados para impresión en coordenadas UTM y PTL.
  - Archivos dwg con la ubicación e identificación de la Poligonal Principal en coordenadas UTM y PTL.
  - Certificados de Calibración de cada uno de los equipos involucrados.
  - Para cada una de las tres futuras líneas se deberá considerar un levantamiento topográfico de Prs de la Poligonal Principal o Puntos singulares de cada una de las Estación de Combinación, el cual será definido por Metro S.A., en coordenadas UTM y PTL.
  - Cuadro de coordenadas UTM y PTL de los PR en las Estaciones de combinación. Levantamiento topográfico de 3 puntos en cada estación, 2 en cada extremo en la nariz de andén y otro ubicado en la vía en sector central. Para los túneles interestación, se debe considerar 2 puntos en un PK específico de la Línea.
  - Cuadro de coordenadas en unidades UTM y PTL para puntos especiales como fundaciones de viaductos.
  - Para extensión de la línea 4 se deberá considerar cuadro de coordenadas de todos los elementos de la cola de maniobra.
5. Índice de las líneas de vuelos ejecutadas.
  6. Ortofoto digital verdadera con un software para su visualización y manejo de información vectorial de ingeniería en unidades UTM y PTL. (formatos GeoTiff y ECW)
  7. Red poligonal de PRs con mantención o reposición hasta entrega a contratista de Ingeniería de Detalle o 18 meses a partir del Informe Final aprobado.
  8. Informe Final en papel y formato digital el que deberá incluir las ecuaciones de transformación de unidades UTM a PTL y viceversa, cuadro de coordenadas de las estaciones existentes y puntos especiales, más dos (2) juegos de copias en papel.

Para el avance programado de los entregables se considerará la siguiente tabla:

Revisión	Propósito	%
Inicio	Trabajo	10
Revisión A	Revisión Interna	30
Revisión B	Revisión Metro	70
Revisión 0 Emitida	Revisión aprobada por Metro	100

---

**8. METODOLOGÍA LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO****8.1. Laser Aerotransportado**

Los trabajos solicitados incluyen la realización de vuelos Aerofotogramétricos mediante Laser Aerotransportado de tal forma de asegurar la obtención de una escala final en los planos de 1:500 sobre la zona de estudio, definida en un ancho de faja de 500 m (250 m a cada lado del eje de la línea). En el caso de Talleres y Cocheras, se debe considerar un sobre perímetro de 200 m. Este levantamiento debe ligarse en aquellos lugares donde se interceptan Líneas en operación, a través de coordenadas planimétricas y altimétricas propias del Metro S.A.

En el proyecto se utilizarán fotografías aéreas digitales a color en alta resolución.

La escala de fotografía será 1:500, de manera de obtener una buena definición de detalles, teniendo en consideración la naturaleza del terreno, la relación entre escala de fotografías y escala de planos, la relación entre el intervalo de curvas de nivel y la altura del vuelo aerofotogramétrico, y las limitaciones de la disposición de los modelos estereoscópicos.

Los fotogramas consecutivos deberán traslaparse un 60% +/- 5% para obtener buena información altimétrica.

Los fotogramas programados deben cumplir con lo especificado para levantamientos de precisión a la escala solicitada de 1:500, permitiendo trazar curvas y planimetría con la misma precisión, aunque las variaciones topográficas en altura del terreno sean importantes.

En su oferta el Proponente deberá indicar las principales características del vuelo programado como:

- Escala de vuelo
- Líneas de vuelo
- Características del Laser Aerotransportado.
- Recubrimientos longitudinales y laterales

**8.2. Separación de Puntos**

Se deberá generar un archivo separado de puntos de terreno propiamente tales y otro para puntos altos correspondientes a árboles y edificios. Estos últimos se usarán para corregir la distorsión de perspectiva que pudiera generarse en edificios de altura.

---

### **8.3. Apoyo Topográfico y Control Terrestre**

La etapa de apoyo topográfico en la aerofotogrametría tiene como finalidad la de proporcionar los antecedentes básicos relativos a las coordenadas de cada uno de los puntos de control necesarios para la fase de estéreo-restitución digital. Por otra parte, permite mejorar la definición de algunos elementos relevantes del levantamiento.

El determinar la posición de cada uno de los puntos de control, supone la ejecución de una serie de etapas previas, las cuales se inician en la red GPS de control principal. Las coordenadas planimétricas se determinarán con GPS geodésicos de doble frecuencia y sus cotas por nivelación geométrica de precisión vinculados a la red principal.

El trabajo que se efectuará para obtener la base planimétrica con GPS, y el trabajo requerido para determinar la base altimétrica se detallan más adelante.

Para la orientación y dimensionamiento de los modelos fotogramétricos se contempla realizar un control de terreno completo, es decir, deberán existir en lo posible 6 puntos estereoscópicos por cada par de fotogramas.

Se solicita apoyar la aerofotogrametría con levantamiento tradicional para definir con precisión las líneas de cierre y líneas de fachadas de las edificaciones vecinas al trazado, asegurando dichos levantamientos con distanciamientos no mayores de 1 km (polígonos cerrados).

Para definir claramente las coordenadas que ligan el levantamiento de estos proyectos, se debe utilizar el sistema de referencia base STANDARD UTM utilizado para las obras de SERVIU. Con ese objeto el Contratista debe comprar al SERVIU la certificación de aquellos puntos cercanos al trazado de la Línea 8, Línea 9 y Extensión de la Línea 4. Además, se deben considerar referencias puntuales del sistema Metro en especial en aquellos lugares donde se produce el atraveso de líneas en operación y estaciones de intercambio, considerando los PR's existentes, cuya ubicación será concordada con Metro S.A.

### **8.4. Proceso de Restitución Digital**

Los resultados de la orientación de los modelos fotogramétricos deberán ser entregados por el Consultor, indicando el software de captura utilizado en el proceso de restitución, el cual permitirá obtener simultáneamente las tres coordenadas, de manera que todos los puntos capturados queden en su correcta posición espacial.

Se organizarán archivos magnéticos con los niveles o layers de información, de manera tal que cada archivo corresponda a una lámina de ploteo. Todos los archivos de traspaso serán del tipo DXF u otro a definir. Se restituirán "punto a punto" las líneas que delimitan a

todos los elementos cartográficos relevantes de las fotografías.

Los planos serán ejecutados bajo estándar Metro para este tipo de trabajos con las debidas precauciones por cuanto es una zona urbana. La restitución será efectuada directamente a escala 1:500 y los planos serán editados e impresos según normas de Metro S.A. Además, de cada plano se requerirá un archivo computacional del tipo DWG.

En todo archivo de digitalización no podrán existir duplicaciones de segmentos de líneas en un mismo nivel o "layer". Entre niveles podrán darse las duplicaciones sólo en el caso en que se trate de segmentos compartidos por distintos elementos.

### **8.5. Ortofoto Verdadera**

Es un producto obtenido como resultado de la rectificación de la imagen aérea sobre la base del Modelo Digital de Terreno (DTM), con el propósito de transformar la perspectiva óptica en una proyección ortogonal.

Se solicitará una metodología para la generación de las Ortofotos Reales, considerando como mínimo lo siguiente:

- Método de Ortorectificación
- Generación del Modelo Digital de Terreno (DTM)
- Obtención de la Ortofoto verdadera
- Corrección Radiométrica de las Imágenes aéreas

### **8.6. Ingreso a AutoCAD**

Esta última etapa consiste en ubicar en coordenadas las ortofotos verdaderas, en archivos de AutoCAD.

### **8.7. Red Base o Poligonal obtenida con GPS**

Para el apoyo de los trabajos de aerofotogrametría y posteriores trabajos de levantamientos locales, se construirá una red de puntos que conforman una poligonal precisa. Las referencias de partida corresponderán a puntos de referencia (PR) topográficas de la red Serviu. Además, el Consultor tendrá acceso a referencias topográficas de Metro, para aquellos puntos donde debe generar las transformaciones correspondientes (Estaciones de Intercambio y otros).

Los puntos tendrán una distancia no superior a 300 m. entre ellos y se elegirán de modo que desde cualquier punto puedan realizarse mediciones ópticas sin dificultad a los puntos subsiguientes (para poder restituir la poligonal en el futuro si se pierde cualquier punto).

Esta red de puntos sigue en general el trazado conceptual de la vía proyectada, ubicando los puntos en lugares que no puedan ser afectados por las obras futuras, tanto por excavaciones, asentamientos o desvíos de tránsito. La ubicación de los puntos deberá ser propuesta a Metro S.A. para su aprobación.

Los puntos serán materializados con monolitos de hormigón (H25) empotrados de 30x30x30 cm., en lugares protegidos, a fin de mantenerse largo tiempo sin que esté previsto que puedan ser removidos por obras del municipio o de los vecinos. Los monolitos serán identificados mediante una placa de acero con marca estampada y un punto sobresaliente (para apoyar las miras) materializado con un perno de 25 mm de cabeza redondeada. La marca deberá indicar el número del vértice.

En todo caso, la materialización de los PR's será propuesta y acordada en forma conjunta con Metro S.A., en casos donde existan razones fundadas que motiven una propuesta de solución diferente.

El Consultor deberá mantener y restituir los PR hasta su entrega al Consultor de Ingeniería de Detalle o hasta 18 meses después de la entrega de su Informe Final aprobado. Por este motivo el Consultor, bajo su responsabilidad y costo, en acuerdo con Metro, puede cambiar el diseño de un monolito por otro similar que, en su experiencia sea más apropiado al lugar y, tenga una mayor durabilidad.

El Consultor deberá ejecutar las obras de materialización de los PR. La ejecución de esas obras, que, si bien son menores, deben cumplir con todas las condiciones de permisos, recepciones, protecciones, señalización, restituciones de superficie, limpieza, de salud ocupacional, de prevención de riesgos, de seguridad y de respeto de compromisos medioambientales y legales. Especialmente significativo es que se trabaje en los horarios permitidos, con los permisos correspondientes, que los trabajadores estén equipados de acuerdo a los riesgos que deben conocer, que los residuos sean llevados a botaderos autorizados que emitan certificados auditables, que se entreguen y recepcionen las obras conforme a los permisos y que los excedentes peligrosos tengan un plan de manejo y una disposición final de los residuos en receptor autorizado que emita certificado legal y que los certificados y recepciones pertinentes sean oportunamente entregados a Metro S.A.

El cumplimiento de la totalidad de las certificaciones y recepciones que emanen de lo indicado en el párrafo precedente, incluyendo la entrega oportuna de dichos documentos a Metro S.A., es condición necesaria para la recepción del servicio por parte de Metro S.A.

Para el proceso de cálculo con GPS y determinación de las coordenadas de cada uno de esos puntos, se deben realizar y registrar mediciones de códigos y fases en forma estática y simultánea con un mínimo de una estación de referencia, mientras que, con un segundo receptor, se localizan y miden los puntos remotos. Se utilizarán instrumentos receptores de

doble frecuencia GNSS de alta precisión, que permitan precisiones como mínimo  $\pm 3\text{mm} + 1\text{ppm}$ .

Esas mediciones consideran idealmente leer a un número superior de 5 satélites de navegación con un factor de geometría PDOP menor a cuatro (4).

Para obtener resultados confiables, en ningún caso el número de satélites debe ser inferior a cinco (5) y si eso sucede, estas observaciones deben ser desechadas. De igual modo, los datos de satélites con una elevación sobre el horizonte inferior a 5 grados no deben ser considerados.

Con el fin de mejorar la precisión se deben evitar distancias muy largas entre el receptor de referencia y el receptor remoto. En este caso se medirá en forma de radiación, mientras en otros casos, se tomará por tramos. Es decir, en forma de poligonal o de una posta. De todos modos, se aplicarán mediciones redundantes y se seguirán adecuados procedimientos de chequeo, para asegurar la mejor precisión.

La metodología de medición GPS, será propuesta por el Consultor, la cual deberá cumplir con una poligonal de Primer Orden Geodésico, tanto en la componente horizontal y vertical, en concordancia al Manual de Carretera Vol2.

#### **8.8. Software de reducción y procesamiento**

Las mediciones de datos GPS GNSS en los receptores geodésicos deben ser analizados y procesados en gabinete en forma diferencial, mediante sistemas computacionales reconocidos, incluyendo señales de GLONASS.

De este proceso se obtienen las coordenadas WGS-84 de cada punto observado. Posteriormente, son transformadas a coordenadas UTM y PTL.

Se debe elaborar un informe técnico con el detalle de parámetros del procedimiento, cantidad y calidad de los datos GPS registrados en terreno.

#### **8.9. Transformación de Coordenadas WGS-84 a UTM y PTL**

Los datos satelitales serán obtenidos sobre la base del sistema WGS-84 Sirgas compatible con SERVIU, MOP (expropiaciones) y SEA, y deben referirse al Datum local. Para ello durante la medición, uno de los receptores será instalado sobre un punto de coordenadas conocidas en el datum local. Con ello se hará la determinación de parámetros de transformación entre datum WGS-84 SIRGAS y el datum local mejorando así las variaciones del geoide en el área de trabajo. Posteriormente se deberá realizar transformaciones de coordenadas UTM al Plano Topográfico Local.

### **8.10. Nivelación**

Los controles altimétricos de la poligonal principal, se realizará con nivelaciones geométricas de precisión entre los Prs consecutivos con una tolerancia de cierre de  $\pm 3$  mm + 1ppm. Para ello se empleará niveles digitales, cerrando en circuitos de ida y vuelta.

La cota del punto de inicio de la red se obtendrá directamente desde puntos vinculados IGM. (MONO).

Los monolitos de nivelación se encontrarán a no más de 300 m. de distancia unos de otros, serán inter-visibles y estarán ubicados en lugares protegidos de perturbaciones por obras o por el tránsito. Estos monolitos se materializarán con dados de hormigón empotrados de 30x30x30 cm identificados con una placa metálica estampada que diga el número del Pr. En su centro llevará un perno de 25 mm de diámetro, sobresaliente del hormigón y con cabeza redondeada. La resistencia de dicho hormigón será de H25.