

“MANUAL DE PROCEDIMIENTOS GEODÉSICOS Y TOPOGRÁFICOS”

*COMISIÓN NACIONAL DE
RIEGO*

DIVISIÓN DE ESTUDIOS, DESARROLLO Y POLÍTICAS

AGOSTO 2015



CNR
Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile



INDICE

1. Antecedentes Generales.....	4
2. Objetivos y Alcances del Manual.....	4
2.1. Aplicación de Otras Normas y/o Manuales.....	4
3. Programa de Trabajos y Exigencias Previas.....	5
3.1. Recopilación de Antecedentes.....	5
3.2. Personal.....	5
3.3. Responsabilidad del Consultor.....	6
4. Referenciación de los Estudios.....	7
4.1. Sistemas de Referencia.....	7
4.1.1. GNSS (Sistema Global de Navegación Satelital).....	8
5. Altimetría.....	8
5.1. Nivelación Geométrica.....	9
i) Exigencias para una Nivelación Correcta.....	9
ii) Cálculo del error de colimación.....	10
iii) Verificación del Nivel en terreno.....	11
iv) Tipos de Nivelación.....	11
5.2. Nivelación Trigonométrica.....	13
5.3. Nivelación con GNSS.....	16
6. Proyecciones.....	20
6.1. Transformación de Coordenadas UTM a Topográficas.....	22
6.2. Proyección Local Transversal de Mercator (LTM).....	24
i) Parámetros de la Proyección LTM.....	24
ii) Como definir un Plano Topográfico Local (PTL).....	25
7. Sistema de Transporte de Coordenadas (STC).....	26
7.1. Monumentación.....	26
i) Condiciones básicas Monolito de Hormigón.....	27
ii) Condiciones básicas Monolito de Hormigón fundado en Roca.....	28
iii) Condiciones básicas Placa de Aluminio.....	29
7.2. Poligonal Primaria o Geodésica.....	30
i) Tolerancia.....	30
ii) Recomendaciones.....	30
iii) Formato de Entrega de los datos medidos.....	31
7.3. Poligonal Secundaria.....	31
i) Con Receptor GNSS.....	31
ii) Con Estación Total.....	32
iii) Tolerancias.....	32
iv) Recomendaciones.....	32



DIVISIÓN DE ESTUDIOS, DESARROLLO Y POLÍTICAS

v) Formato de entrega de los datos medidos.....	32
7.4. Poligonal Terciaria.....	33
i) Tolerancias.....	33
ii) Recomendaciones.....	33
iii) Formato de Entrega de los datos medidos.....	33
8. Redes de Nivelación.....	34
8.1. Equipos.....	34
9. Levantamientos Topográficos.....	35
i) Errores asociados en las mediciones distanciométricas.....	35
ii) Formato de entrega de los datos medidos.....	36
9.1. Levantamientos Escala 1/200.....	37
9.2. Levantamientos Escala 1/500.....	37
9.3. Levantamientos Escala 1/1.000.....	38
9.4. Levantamientos Escala 1/2.000.....	38
9.5. Levantamientos Escala 1/5.000.....	39
9.6. Levantamientos en Canales.....	39
9.7. Casos Especiales.....	41
9.8. Batimetrías.....	41
10. Levantamientos Fotogramétricos.....	42
10.1. Principales Usos.....	43
i) Requerimientos Básicos.....	43
10.2. Fotogrametría Digital.....	44
i) Diferencias con la Fotogrametría Tradicional.....	44
ii) Condición Básica de la Imagen Digital.....	45
iii) Precisiones en la verificación de los Levantamientos Fotogramétricos Digitales en relación a la escala.....	46
iv) Características de las Cámaras.....	46
v) Apoyo Terrestre.....	47
vi) Formato de Entrega.....	47
10.3. Fotogrametría de Corto Alcance.....	48
11. Otros Levantamientos.....	49
11.1. Levantamientos con Láser Aerotransportado.....	49
11.2. Levantamiento con Imágenes Satelitales Estereoscópicas.....	50
i) Condición Básica de la Imagen Satelital.....	50
ii) Apoyo Terrestre de las Imágenes Satelitales.....	51
iii) Formato de Entrega.....	52
12. Perfiles Longitudinales.....	53
12.1. Perfil Longitudinal de Terreno.....	53
12.2. Perfil Longitudinal de Canal Existente.....	53
12.3. Perfil Longitudinal de Río.....	53



DIVISIÓN DE ESTUDIOS, DESARROLLO Y POLÍTICAS

13. Perfiles Transversales.....	54
13.1. Perfil Transversal de Terreno.....	54
13.2. Perfil Transversal de Canal.....	54
13.3. Perfil Transversal de Río o Perfil Topobatimétrico.....	54
14. Verificaciones en Terreno.....	55
14.1. Monumentación.....	55
14.2. Control de la Poligonal Primaria.....	56
14.3. Control de la Poligonal Secundaria y Terciaria.....	56
14.4. Control de la Nivelación.....	56
14.5. Control Levantamiento Topográfico.....	57
14.6. Control de la Restitución Fotogramétrica y Otros.....	57
14.7. Control en Canales.....	57
15. Presentación del Informe.....	58
15.1. Respaldo Digital.....	59
16. Especificaciones de Dibujo.....	60
16.1. Planos.....	60
16.1.1. Viñeta.....	61
16.2. Planos de Planta.....	61
16.3. Perfiles Longitudinales.....	62
16.3.1. Perfil Longitudinal de Canal.....	62
16.3.2. Perfil Longitudinal de Camino.....	64
16.4 Perfiles Transversales.....	65
16.5 Especificaciones de Capas o Layer en los Planos Digitales.....	67
17. Anexos.....	69
Anexo 1. Formato de Monografía.....	70
Anexo 2. Listado de Códigos para los Levantamientos Topográficos.....	71
Anexo 3. Parámetros de Diseño Manual de Carreteras Vol. 3.....	72
Anexo 4. Formato Plano de Planta y Perfil Longitudinal de Alternativa de Caminos.....	73
Anexo 5. Formato de Tablas a presentar	74
1) Tabla de coordenadas definitivas para presentar en los anexos del informe y en los planos.....	74
2) Tabla de coordenadas para presentar en el cuerpo del informe.....	74
3) Tabla con los desniveles y cotas.....	74
Anexo 6. Formato de Monografías Puntos de Apoyo en Terreno.....	75
Comentarios o Sugerencias.....	76



1. ANTECEDENTES GENERALES

El Ministerio de Agricultura es la institución del estado que tiene por objetivo fomentar, orientar y coordinar la actividad silvoagropecuaria del país. De acuerdo al decreto ley 294 de 1960, “su acción estará encaminada, fundamentalmente, a obtener el aumento de la producción nacional, la conservación, protección y acrecentamiento de los recursos naturales renovables y el mejoramiento de las condiciones de nutrición del pueblo”.

Es en esta línea que en el año 1975 se crea la Comisión Nacional de Riego, con la misión de asegurar el incremento y mejoramiento de la superficie regada del país. A partir de 1985, se incorporó a sus funciones la administración de la Ley 18.450 que fomenta las obras privadas de construcción y reparación de obras de riego y drenaje y promueve el desarrollo agrícola de los productores de las áreas beneficiadas.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL MANUAL

Todos los procedimientos, límites normativos y recomendaciones contenidas en el presente Manual se aplicarán a todos los Estudios que realice la Comisión Nacional de Riego a nivel nacional, siempre y cuando, estos consideren labores en geodésia y topografía.

Aún cuando en los Términos de Referencia de cualquier estudio no se definan o no estén claramente expresados los aspectos geodésicos y topográficos, se entenderá como válido lo expuesto en este manual.

Las disposiciones señaladas en este manual, deben ser utilizadas por los profesionales del área y por cualquier persona, empresa, subcontratista o entidad que desarrolle trabajos para la CNR.

2.1. Aplicación de Otras Normas y/o Manuales

En los casos no consultados por este manual, el consultor puede proponer a la CNR la utilización de otros manuales o normas tales como:

- Manual de Carreteras Vol. 2 versión Dic. 2001, del Ministerio de Obras Públicas.
- Especificaciones Técnicas Topográficas versión 2011, de la Dirección de Obras Hidráulicas, MOP.
- Normas Generales para el dibujo y presentación de planos de Obras Hidráulicas, de la Dirección de Obras Hidráulicas, MOP.
- Otras entidades fiscales que tengan sus normativas vigentes.



3. PROGRAMA DE TRABAJO Y EXIGENCIAS PREVIAS

Previo al inicio de los trabajos el consultor deberá coordinar una reunión con la Inspección, para hacer entrega del programa de los trabajos topográficos.

Este programa debe contener al menos los siguientes temas:

- ✓ Plano general o imagen de Google Earth con la disposición de los puntos de la poligonal y los puntos de enlace Planimétrico y Altimétrico.
- ✓ Carta Gantt con las actividades a realizar.
- ✓ Listado de los equipos a utilizar junto con los certificados de calibración. Los certificados deben tener una antigüedad de no más de 15 días corridos previo al inicio de los trabajos en terreno.
- ✓ Nombre del Geomensor a cargo de los trabajos y nómina del personal técnico que participara en terreno, presentando Curriculum Vitae resumido respaldado con copia del certificado de título.
- ✓ En el caso que el estudio considere trabajos de Fotogrametría, se debe entregar la planificación del vuelo, mostrando en el plano la disposición de las líneas de vuelo.

3.1. Recopilación de Antecedentes

Previo a la reunión de coordinación, el consultor deberá agotar todos los recursos e instancias en la búsqueda de las referencias Planimétricas y Altimétricas en las cercanías del estudio, buscando en terreno con los datos proporcionados por el Instituto Geográfico Militar (IGM). De no existir información del IGM en la zona, el consultor deberá investigar estudios realizados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

De no encontrarse ningún tipo de información, esto se indicará en la planificación de los trabajos proponiendo alguna alternativa, la cual, se analizará en conjunto con el coordinador del estudio para su definición.

3.2. Personal

Profesional Responsable : El profesional responsable de las mediciones en terreno, el cual, firmará el Informe Final, debe ser un Ingeniero de Ejecución en Geomensura o Ingeniero Geomensor, con una experiencia mínima de 5 años comprobable. En caso de ser extranjero, el título debe ser validado y homologado por las instituciones pertinentes, para poder ejercer en el país.



Personal Técnico : Tendrá la calidad de Jefe de Brigada y deberá ser a lo menos Técnico Topógrafo, Técnico en Geomensura o Topógrafo práctico con una experiencia mínima de 10 años comprobable. En caso de ser extranjero, el título debe ser validado y homologado por las instituciones pertinentes, para poder ejercer en el país.

El profesional responsable, deberá ser parte del equipo permanente del consultor, o estar con absoluta disponibilidad para cuando se requiera consultar o aclarar temas relativos a los trabajos ejecutados en la consultoría. No se aceptarán profesionales, que tengan residencia fija fuera del país.

Si el consultor subcontrata la totalidad o parte de los trabajos a ejecutar, este deberá informarlo en el programa, entregando los antecedentes solicitados.

La CNR tendrá la facultad de objetar al o los profesionales propuestos, de acuerdo a malas prácticas anteriores o por incumplimiento, en cuanto, a la formación académica, experiencia, etc.

Respecto de la subcontratación, el consultor tiene la obligación de cumplir con la ley vigente N° 20.123 “REGULA TRABAJO EN REGIMEN DE SUBCONTRATACION, EL FUNCIONAMIENTO DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS TRANSITORIOS Y EL CONTRATO DE TRABAJO DE SERVICIOS TRANSITORIOS”, velando que los derechos de los trabajadores contratados en terreno no sean vulnerados, siendo responsable solidario en caso del no pago de las remuneraciones o infracciones a la ley.

Si la Inspección en terreno encuentra que los trabajadores no tienen los Elementos de Protección Personal (EPP) adecuados para las condiciones de trabajo, se los exigirá al consultor mediante memorándum por intermedio del coordinador del estudio, estudiándose posibles sanciones por el incumplimiento de la ley.

3.3. Responsabilidad del Consultor

El consultor es responsable de la información hasta la aprobación del Informe Final de la consultoría, esto apunta directamente a las monumentaciones si son removidas deben ser restituidas con monografías, coordenadas y cota.

Si se realizaron trabajos en terrenos particulares, el consultor debe entregar datos del propietario, administrador o quien otorgue los permisos para su ingreso, para eso también se debe completar con un número de contacto telefónico.



4. REFERENCIACIÓN DE LOS ESTUDIOS

Todos los estudios en general ya sean estos: Perfil, Estudios básicos, Prefactibilidad, Factibilidad ó Diseño definitivo, deben estar ligados a referencias establecidas y validadas tanto planimétricamente como altimétricamente.

En Chile el organismo que está a cargo de mantener y actualizar estos sistemas de referencia, es el Instituto Geográfico Militar IGM. Es así que para la CNR esta será la única institución que pueda otorgar puntos certificados para ser utilizados en los estudios.

De no existir referencias en las zonas de ejecución del estudio, el consultor podrá proponer referencias utilizadas en otros estudios ó mediciones realizadas por otros organismos del estado, como puede ser el caso de estudios de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, o de la Dirección de Vialidad también del MOP o también puede ser el caso de puntos monumentados por Bienes Nacionales. En todos los casos mencionados, el consultor debe esperar siempre la resolución de la Inspección Fiscal. Tanto las monografías como los certificados deben venir en el cuerpo del informe técnico que entrega el consultor, en el caso que las monografías sean muy antiguas se deberá elaborar una nueva según el formato que viene en los anexos.

4.1. Sistemas de Referencia

Actualmente en Chile, se utilizan 4 Datum los cuales son: Datum Provisorio Sudamericano de 1956 **PSAD56**, Datum Sudamericano de 1969 **SAD69**, Sistema Geodésico Mundial **WGS84** y Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas **SIRGAS**.

Los Datum PSAD56 y SAD69, cada vez más están quedando obsoletos. Existen proyectos, estudios y cartografía que aún los utilizan, pero debido a la utilización cada vez más frecuente de navegadores GNSS y al desconocimiento de los parámetros de transformación entre los sistemas, es que se presentan grandes diferencias en terreno respecto de la cartografía o planos con los cuales se está trabajando.

Lo mencionado en el párrafo anterior es solo una parte de todos los inconvenientes que se están encontrando los usuarios hoy en día, es así que el IGM recomienda a utilizar SIRGAS.

En los casos que exista información cartográfica en los datum PSAD56 ó SAD69 y se requiera utilizar, el consultor esta en la obligación realizar las mediciones correspondientes para verificar la transformación al datum SIRGAS.

En consecuencia, el Datum oficial para la CNR es SIRGAS.

Tabla 1.- Parámetros de los Elipsoides

Parámetros	Elipsoides	
	WGS84	GRS80 (SIRGAS)
a	6378137	6378137
1/f	298.257223563	298.257222101

La diferencia que existe entre ambos elipsoides, se hace despreciable en el cálculo de las coordenadas geodésicas variando 0,00003 segundos de arco, equivalente a 0,1 mm en las coordenadas UTM. En consecuencia, para nuestros cálculos WGS84 es igual a SIRGAS.

Si bien, en la práctica WGS84 y SIRGAS es lo mismo, el consultor SIEMPRE debe indicar que el datum utilizado es SIRGAS.

4.1.1. GNSS (Sistema Global de Navegación Satelital)

El acrónimo en inglés es **Global Navigation Satellite System**, es hoy en día el término que reemplaza al tan usado y conocido GPS.

En rigor es lo mismo, pero este nuevo término generaliza a todos los sistemas que hoy y en el futuro estarán disponibles para realizar mediciones como por ej: GPS (Sistema Norteamericano), GLONASS (Sistema Ruso), GALILEO (Sistema Europeo) y COMPASS (Sistema Chino).

Esta constelación de satélites que transmite rangos de señales que se utilizan para el posicionamiento en cualquier parte de la tierra, nos permiten determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto respecto de un elipsoide de referencia.

5. ALTIMETRÍA

La altimetría (también llamada Hipsometría) es una rama de la topografía, la cual, estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y calcular la altura o Cota de cada punto respecto de un plano de referencia. **Para la CNR el único plano de referencia altimétrico válido, es la Red Nacional de Nivelación, administrada por el IGM.**

En este conjunto de métodos y procedimientos se validaran tres esencialmente: Nivelación Geométrica, Nivelación Trigonométrica y Nivelación con GNSS.



5.1. Nivelación Geométrica

Este método es el más preciso y utilizado para la obtención de desniveles, se lleva a cabo mediante la utilización de un Nivel Óptico o Electrónico Digital.

El uso de este método es válido para: Poligonales Geodésicas, Poligonales Secundarias, enlaces con puntos IGM y todo trabajo que requiera de precisión en el traslado de la cota.

El único procedimiento válido para la CNR en el traslado de la cota, es la nivelación cerrada.

i) Exigencias para una nivelación correcta

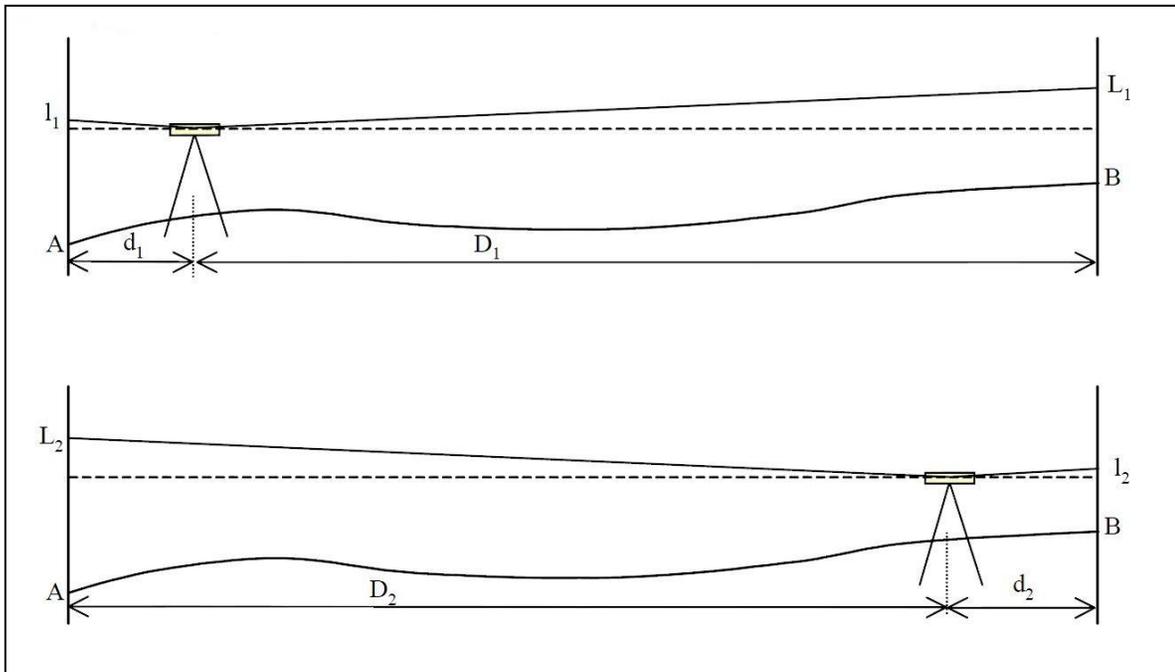
- ✓ Debido a la curvatura terrestre, una visual de 110m tiene una corrección de 1 mm, es decir cada 110 m se tiene un error de 1 mm, por esta y otras razones, el equipo debe instalarse a no más 30m de la mira para la nivelación de precisión y a no más de 60m para la nivelación corriente.
- ✓ Para reducir el Error de colimación, la instalación del equipo debe estar al centro entre las miras.
- ✓ Las miras deben estar perfectamente graduadas y verticales al momento de las mediciones.
- ✓ Los puntos de cambio deben ser firmes, con lo que se requiere de “sapos” que se adhieran de buena manera al piso.

Estas exigencias deben ser respetadas en un 100%, de lo contrario pueden ser causal de rechazo de la nivelación.

ii) Cálculo del error de colimación

Para el desarrollo del cálculo considere la figura 1

Figura 1.- Disposición del nivel en terreno



Sea “e” el error de lectura proporcional a la distancia.

Entonces en la posición 1 se tiene $\Delta H = L_1 - e \cdot D_1 - (l_1 - e \cdot d_1)$

Entonces en la posición 2 se tiene $\Delta H = l_2 - e \cdot d_2 - (L_2 - e \cdot D_2)$

Igualando las ecuaciones $\Rightarrow L_1 - e \cdot D_1 - (l_1 - e \cdot d_1) = l_2 - e \cdot d_2 - (L_2 - e \cdot D_2)$

Despejando el error tenemos
$$e = \frac{(l_1 + l_2) - (L_1 + L_2)}{(d_1 + d_2) - (D_1 + D_2)}$$

Considerando todo lo anterior, para una buena ejecución en la nivelación, el instrumento no debe tener visadas mayores a 60 m, además este debe ser instalado exactamente al medio de las miras, con esto se minimizan los errores por curvatura terrestre y de colimación.



iii) Verificación del nivel en terreno

Si bien, antes de empezar una campaña en terreno se solicitan los certificados de calibración de los equipos, el consultor tiene la obligación de verificar sus equipos en terreno. La CNR podrá exigir los resultados de este procedimiento si lo considera necesario.

Considere la figura 1 para el proceso de verificación:

Los puntos A y B no deben estar a más de 60m, donde $d_1=d_2=10m$ y $D_1=D_2=50m$, para ambas posiciones. El terreno debe estar relativamente plano.

Entonces en la posición 1 se tiene $\Delta H = (L_1 - e) - l_1$

**se considera sin error la lectura más cercana l_1*

Entonces en la posición 2 se tiene $\Delta H = l_2 - (L_2 - e)$

**se considera sin error la lectura más cercana l_2*

Igualando las ecuaciones $\Rightarrow L_1 - e - l_1 = l_2 - L_2 + e$

Despejando el error tenemos $e = \frac{(L_1 + L_2) - (l_1 + l_2)}{2}$

Este procedimiento de verificación se denomina “Estaciones Conjugadas”

iv) Tipos de Nivelación

Dependiendo del trabajo a realizar se tendrán distintas precisiones. Para la CNR, solo se definirán 2 tipos: de Precisión y Corriente.

Nivelación de Precisión: Este tipo de nivelación es el procedimiento más refinado para el transporte de la cota de un punto de referencia a otro.

Para los tipos de estudios que ejecuta la CNR, no se requiere de este tipo de procedimiento que, por cierto, tiene un elevado costo.

El instrumental necesario para llevar a cabo esta nivelación debe ser del tipo Geodésico con placa plano paralelo ó Electrónicos Digitales, con desviaciones estándar de 0,3 mm por kilómetro en nivelaciones cerradas.



La tolerancia para este tipo de nivelación esta dada por la siguiente expresión:

$T = 0,005 * \sqrt{K}$ (m), K es la longitud del circuito recorrido (ida y regreso), expresada en kilómetros.

Nivelación Corriente: Este es el procedimiento apropiado para el transporte de la coordenada altimétrica a lo largo de toda la zona de estudio. Servirá como base para la densificación de la red en tramos cortos mediante otras nivelaciones (Trigonométricas y con GNSS).

El instrumental necesario para llevar acabo este tipo de procedimiento, debe ser un Nivel del tipo Automático con una desviación estándar mínima de 2mm por kilometro en nivelaciones cerradas.

La tolerancia para este tipo de nivelación esta dada por la siguiente expresión:

$T = 0,010 * \sqrt{K}$ (m), Donde K es la longitud del circuito recorrido (ida y regreso), expresada en kilómetros.

En los casos que el terreno presente inclinaciones importantes, con pendientes sobre el 7%, lo que en la práctica se traduce en una gran cantidad de puntos de cambio, el consultor podrá solicitar por escrito a la inspección una ampliación de la tolerancia en los tramos que presenten esta condición.

La tolerancia para estos casos esta dada por la siguiente expresión:

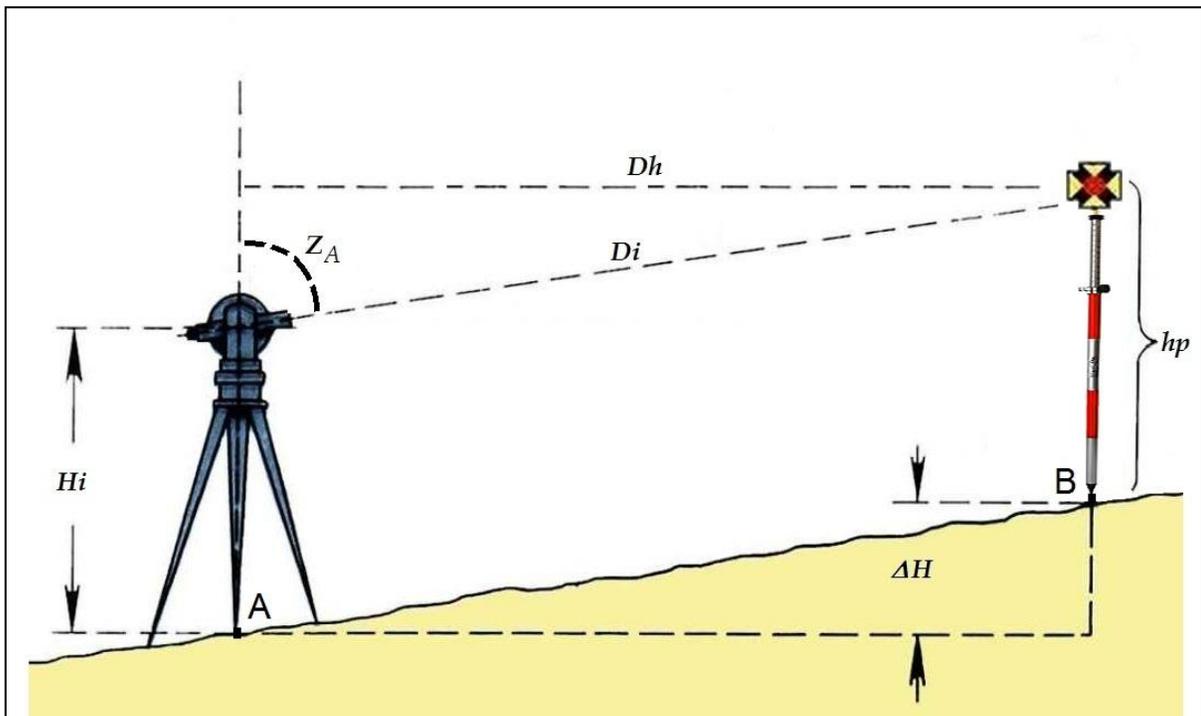
$T = 0,015 * \sqrt{K}$ (m), Donde K es la longitud del circuito recorrido (ida y regreso), expresada en kilómetros.

5.2. Nivelación Trigonométrica

Este proceso consiste en determinar el desnivel entre un punto y otro mediante mediciones de ángulos cenitales, distancias horizontales o inclinadas, altura instrumental y altura de jalón o prisma.

El uso de este método es válido para: Puntos Estereoscópicos, Levantamientos topográficos y la densificación de las Poligonales Terciarias.

Figura 2.- Componentes de una nivelación trigonométrica situación1.

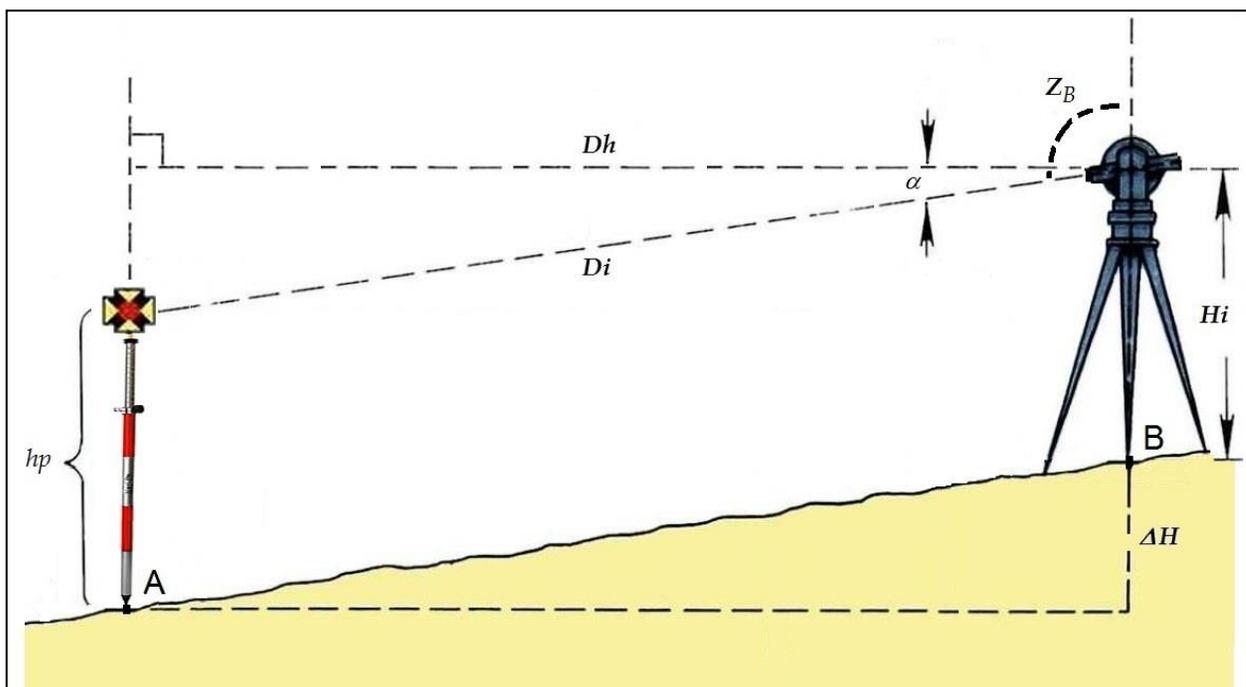


Dónde:

- Dh = Distancia Horizontal
- Di = Distancia Inclinada
- Z_A = Ángulo Cenital desde A
- Hi = Altura Instrumental
- hp = Altura de Prisma
- ΔH = Desnivel entre A y B

$$\Delta H = Di * \text{COS } Z_A + Hi - hp$$

Figura 3.- Componentes de una nivelación trigonométrica situación 2.



Dónde:

D_h = Distancia Horizontal

D_i = Distancia Inclinada

Z_B = Ángulo Cenital medido desde B

α = Ángulo producto de la diferencia entre el Cenital y el ángulo recto (100^g)

H_i = Altura Instrumental

h_p = Altura de Prisma

ΔH = Desnivel entre A y B

$$\Delta H = D_i \cdot \text{SEN } \alpha + H_i - h_p$$

Si se realizan mediciones Recíprocas y simultáneas se considera la siguiente fórmula:

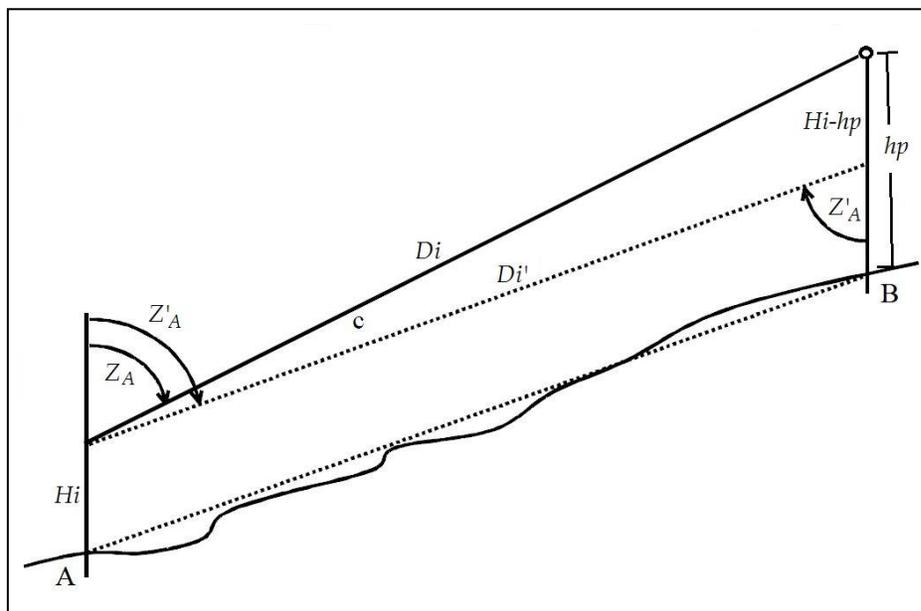
$$\Delta H = D_i * \text{TAN} ((Z_B - Z_A)/2)$$

Donde, Z_A y Z_B , deben estar reducidos a la línea.

i) Reducción a la línea

Considere la figura 4, para el cálculo.

Figura 4.- Reducción de cenitales a la línea.



Se tiene que: $c = Z'_A - Z_A \Rightarrow Z'_A = Z_A + c$

Ocupando el Teorema del SENO: $\frac{(H_i - h_p)}{\text{Sen}(c)} = \frac{D_i'}{\text{Sen } Z_A}$ como c es pequeño $\Rightarrow D_i' = D_i$

$\text{Sen}(c) = \frac{(H_i - h_p) * \text{Sen } Z_A}{D_i} \Rightarrow \text{ArcSen}(c) = \frac{(H_i - h_p) * \text{Sen } Z_A}{D_i} [^\circ]$

* El resultado se expresa en grados decimales.

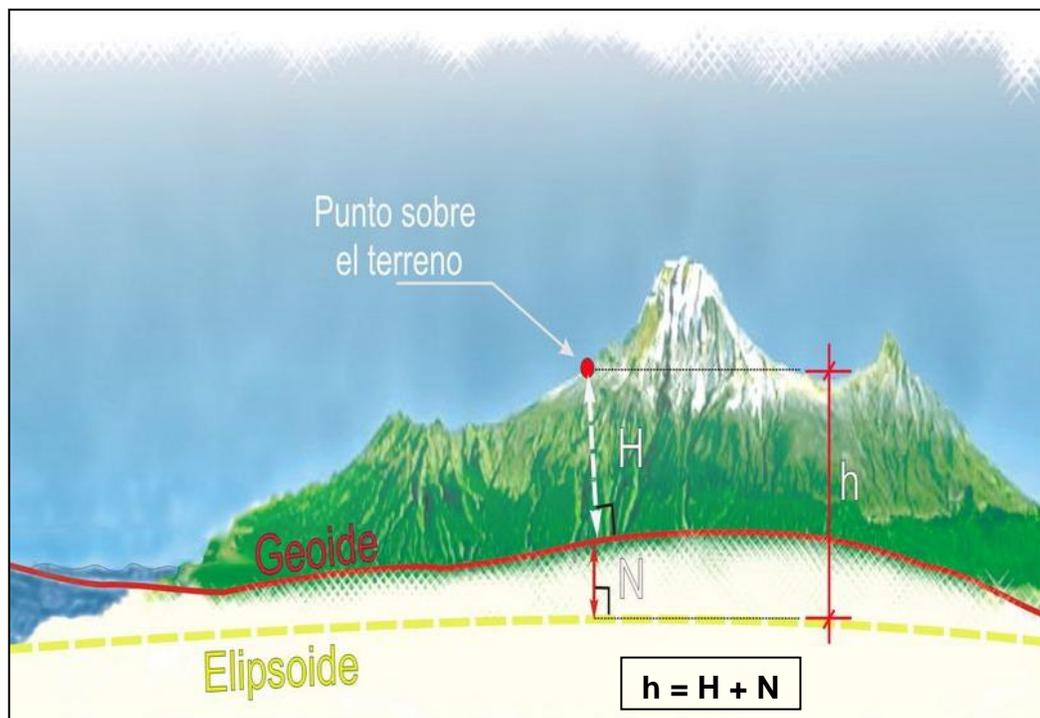
5.3. Nivelación con GNSS

Este procedimiento consiste en la utilización de receptores, que captan las constelaciones de satélites disponibles, las cuales, transmiten rangos de señales, que a partir de la resolución de algoritmos nos permiten determinar la altura de un punto respecto de un elipsoide de referencia.

Su uso es válido para: Puntos Estereoscópicos, Levantamientos topográficos en RTK y la densificación de la Poligonales Terciarias. También podrá ser utilizado en casos especiales con la aprobación de la CNR.

La relación de la altura que entrega el sistema GNSS (Altura Elipsoidal), respecto del Nivel Medio del Mar - NMM (Altura Ortométrica) esta dada de la siguiente manera:

Figura 5.- Relación de Alturas



Donde:

h : Altura Elipsoidal
H : Altura Ortométrica
N : Ondulación Geoidal

Para fines prácticos estas componentes se consideran colineales, aunque en rigor no lo son.



DIVISIÓN DE ESTUDIOS, DESARROLLO Y POLÍTICAS

En la fórmula anterior, se debe recurrir a valores de Ondulación Geoidal (N), los cuales relacionan al Geoide con el Elipsoide. Estos valores de N, se obtienen de Modelos Geoidales, los cuales obedecen al complejo tratamiento matemático de esta superficie tan particular.

Chile no cuenta con un modelo Geoidal propio, con lo cual, ha ocupado durante muchos años modelos geoidales globales como el EGM96 y en la actualidad el EGM08.

Para la validación del modelo EGM08, la CNR intermedio del Ingeniero de Ejecución en Geomensura, Sr. Patricio Espinoza Caniullán presenta el proyecto a la Universidad de Santiago de Chile, donde junto a los alumnos memoristas Eduardo Reyes M. y Nicolás Aguilera E., se establece el trabajo de investigación para su trabajo de título con el nombre **“Implementación de Procedimientos para el cálculo de Altimetría mediante datos GNSS utilizando el Modelo Geoidal EGM08 en Chile, para la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura”**, con el fin de establecer criterios y procedimientos en su utilización para los estudios que se ejecutan en la CNR. De los resultados de este proyecto, se confeccionaron las siguientes tablas.

Tabla 2.- Distancia máxima para la cual se puede emplear el Modelo EGM08, para dar altura Ortométrica a un Punto Estereoscópico, según la escala del plano y nivel de confianza.

Escala de Plano	Tolerancia Altimétrica (m)	Distancia Máxima (km)	
		al 90%	al 95%
1:500	0,04	1,08	0,90
1:1.000	0,08	3,18	1,81
1:2.000	0,17	12,58	8,63
1:5.000	0,42	50,00	50,00
1:10.000	0,83	70,00	70,00

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 3.- Distancia máxima para dar altura Ortométrica a Estaciones de Levantamiento.

Escala de Plano	Tolerancia Altimétrica (m)	Distancia Máxima (km) al 90% de Confianza
1:500	0,042	1,16
1:1.000	0,083	3,30
1:2.000	0,167	12,43
1:5.000	0,417	50,00
1:10.000	0,833	70,00

Fuente: Elaboración Propia.

***La tolerancia altimétrica en ambas tablas, es calculada en base a la curva de nivel (CN) del plano. El Manual de Carreteras vol.2 consideraba 1/8 de la CN, hoy con las nuevas tecnologías podemos considerar 1/12 de la CN.**

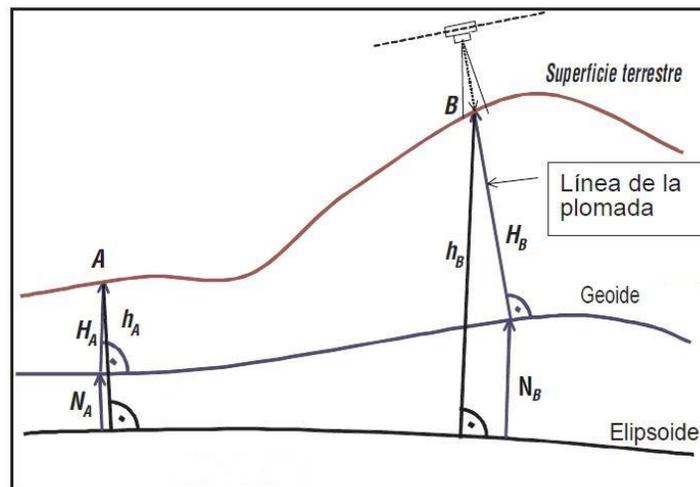
Con la aparición del Modelo Geoidal EGM08, las precisiones mejoraron notablemente respecto de su antecesor, el EGM96.

Para mayores detalles, en cuanto, al estudio realizado al EGM08, se puede encontrar en la web www.digeo.cl

Procedimiento de cálculo de la Altura Ortométrica

Considere la figura 6 para el procedimiento de cálculo de la Altura Ortométrica:

Figura 6.- Cálculo de la Altura Ortométrica



Partiendo de la base que:

El desnivel entre dos puntos es $\Delta H = H_B - H_A$ (1)

Siendo:

$H_A = h_A - N_A$ y $H_B = h_B - N_B$

Reemplazando en (1)

$$\Delta H = (h_B - N_B) - (h_A - N_A)$$

$$\Delta H = h_B - h_A - (N_B - N_A)$$

$$\Delta H = \Delta h - \Delta N$$

En consecuencia, la altura Ortométrica de un punto está dada por:

$$H_B = H_A + \Delta h - \Delta N$$

Donde:

H_A : Cota ó altura Ortométrica conocida respecto al NMM.

Δh : Desnivel entre A y B respecto del elipsoide (obtenido con GPS).

ΔN : Diferencia de Ondulación Geoidal entre A y B (obtenido del modelo Geoidal utilizado).

Este procedimiento no se puede utilizar para trasladar cota en las redes de nivelación. De ser necesario, se revisará el caso y la CNR resolverá el tema.

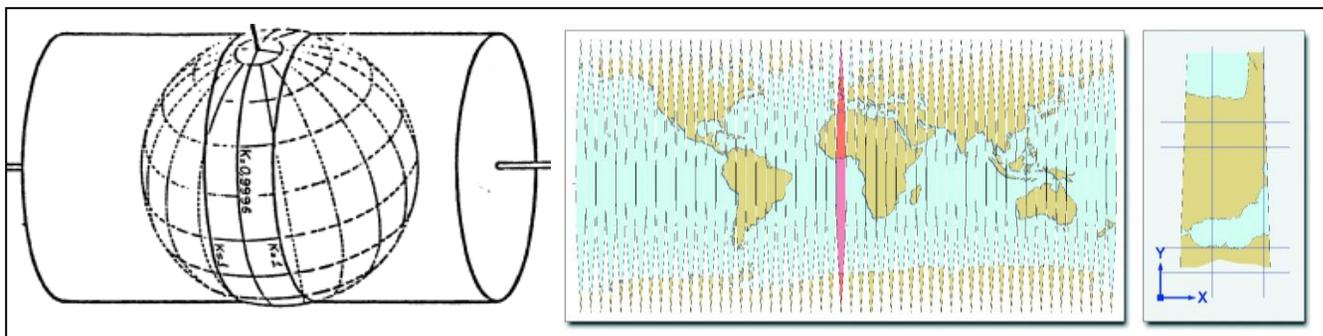
6. PROYECCIONES

Los planos de terreno y coordenadas que se generen en todos los estudios y/o trabajos, deben ser representados en una superficie plana cuadriculada. Esta superficie de proyección será la Universal Transversal de Mercator (UTM).

La proyección UTM es la más utilizada a nivel mundial, ya que, resulta especialmente favorable para representar grandes extensiones de terreno en dirección Norte-Sur, por tal motivo es que en Chile el Instituto Geográfico Militar (IGM) tiene la totalidad del territorio nacional representada en este sistema.

Esta proyección divide a la tierra entre las latitudes 84°N y 80°S en 60 Husos con un ancho de 6° en longitud.

Figura 7.- Proyección UTM

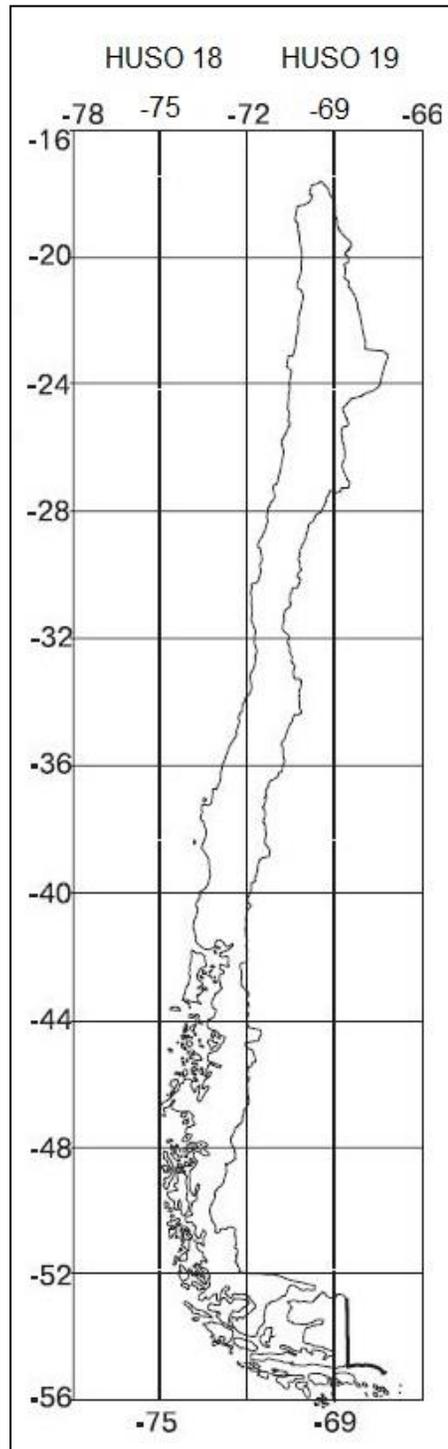


Para que los valores de las coordenadas sean siempre positivos aumentando en las direcciones Norte y Este, se considera como origen en cada Huso el Ecuador y el Meridiano Central, asignándoles los valores de Falso Norte = 0 m para el hemisferio Norte y de 10.000.000 m para hemisferio Sur, en cuanto al Falso Este es 500.000 m para los dos hemisferios, con un factor de escala de $K_0 = 0,9996$

El territorio continental de Chile, se encuentra ubicado en los Husos 18 y 19 con sus meridianos centrales -75° y -69° respectivamente (ver figura 8).

En muchos estudios debido a su extensión, se presentan en ambos Husos, con lo que en este caso se deberá proyectar en el Huso donde se presente la mayor cantidad de terreno. En casos de equidad esto se resolverá en conjunto con la Inspección.

Figura 8.- Chile en la proyección UTM



6.1. Transformación de Coordenadas UTM a Topográficas

Debido a las deformaciones que presenta la proyección UTM, no es compatible para el diseño de obras de ingeniería de precisión, razón por la cual, para la realización de este tipo de trabajos y la ejecución de labores topográficas se hace necesario la transformación de puntos de referencia o cualquier elemento que este sobre esta proyección, mediante una serie de cálculos para llegar a relacionarlos con la superficie de terreno.

i) Procedimiento de cálculo

Se requiere transformar desde el punto A al B, entonces:

$$N_{\text{topB}} = N_A + \Delta N_{\text{top}} \quad \text{y} \quad E_{\text{topB}} = E_A + \Delta E_{\text{top}}$$

$$\Delta N_{\text{top}} = D_{\text{Hz}} * \text{COS}(A_{\text{Ztop}}) \quad \text{y} \quad \Delta E_{\text{top}} = D_{\text{Hz}} * \text{SEN}(A_{\text{Ztop}})$$

✓ Cálculo de la Distancia de Terreno D_{Hz}

$$D_{\text{Hz}} = D_G * \left(\frac{\rho A_{\text{Z}} - H_m}{\rho A_{\text{Z}}} \right) \quad \begin{array}{l} D_G: \text{Distancia Geodésica, } \rho A_{\text{Z}}: \text{Radio de curvatura con Acimut} \\ H_m: \text{Cota media} \quad \text{conocido.} \end{array}$$

$$D_G = \frac{D_{\text{UTM}}}{K_L} \quad \begin{array}{l} D_{\text{UTM}}: \text{Distancia UTM, } K_L: \text{Factor de escala de la línea.} \end{array}$$

$$\rho A_{\text{Z}} = \frac{N * \rho}{\rho * \text{SEN}^2 A_{\text{Z}} + N * \text{COS}^2 A_{\text{Z}}} \quad \begin{array}{l} N: \text{Gran Normal, } \rho: \text{Radio de curvatura de la elipse} \\ \text{meridiana.} \end{array}$$

$$\rho = \frac{a * (1 - e^2)}{w^3} \quad \begin{array}{l} a: \text{Semieje mayor de la elipse, } e^2: \text{Primera excentricidad} \\ w: \text{Primera función fundamental o Función } w. \end{array}$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 * \text{SEN}^2 \varphi)}} \quad \begin{array}{l} \varphi: \text{Latitud media de la zona de trabajo.} \quad w = \frac{a}{N} \end{array}$$

$$e^2 = f * (2 - f) \quad f: \text{Achatamiento.}$$

$$K_L = K_0 (1 + \text{XVIII} * q_m^2 + 0,00003 * q_m^4) \quad \begin{array}{l} K_0: 0,9996, \text{ XVIII: Factor Dieciocho} \\ q_m: \text{Constante en base a la coordenada Este} \\ \text{media.} \end{array}$$

$$q_m = 0,000001 * E_m' \quad E_m' = E_m - 500.000 \quad E_m: \text{Coordenada Este media de la línea.}$$

$$XVIII = \frac{1 + e'^2 * \cos^2 \varphi}{2 * N^2} * \frac{10^{12}}{K_0^2} \quad e'^2: \text{Segunda excentricidad.}$$

$$e'^2 = \frac{e^2}{1 - e^2}$$

✓ Cálculo del Acimut de Terreno Az_{top}

$$Az_{top\ A-B} = Az_{UTM\ A-B} - (t-T)_{A-B} \quad (t-T)_{A-B}: \text{Corrección de la cuerda desde el punto A al B.}$$

t: Orientación de la cuerda.
T: Transformada de la cuerda.

$$(t-T)_{A-B} = - \Delta N * (2 * E_A' + E_B') * XVIII * 6,8755 * 10^{-8} * 3,086419753 / 10.000 [9]$$

$$E_A' = E_A - 500.000 \quad E_A: \text{Coordenada Este del punto A.}$$

$$E_B' = E_B - 500.000 \quad E_B: \text{Coordenada Este del punto B.}$$

El consultor debe entregar la planilla de respaldo, para verificar el procedimiento de cálculo.



6.2. Proyección Local Transversal de Mercator (LTM)

Este tipo de proyección presenta las mismas características que la proyección UTM, perteneciendo ambas al sistema Transversal de Mercator (TM), lo que implica un sistema cilíndrico transverso conforme, al que se le han impuesto ciertos parámetros específicos con el propósito de crear cartografía de precisión aplicable a proyectos de ingeniería.

El objetivo de utilizar una proyección LTM es para representar superficies terrestres de no mucha extensión, minimizando principalmente las diferencias en las distancias medidas en terreno y las diferencias de los ángulos.

En el año 2001 la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, publicó la nueva versión del Manual de Carreteras, donde se define claramente las características de esta proyección, la cual, desde esa fecha es utilizada en todos los proyectos que dirige esa institución.

Si bien, la proyección oficial en la CNR es la UTM, puede que algún estudio en particular necesite la utilización de un sistema que presente menos distorsión de las distancias y sin cálculos de transformación de coordenadas, para lo cual, se permitirá la proyección LTM con la utilización de un Plano Topográfico Local (PTL). Con este sistema, no se requiere de transformaciones posteriores, como las de UTM a Topográficas, pudiendo combinar varias técnicas de medición entre los sistemas tradicionales y los modernos como lo es el GNSS.

Debido a las características que definen el sistema LTM-PTL, este puede ser transformado sin dificultad a UTM y viceversa.

i) Parámetros de la Proyección LTM

Norte Falso	: 7.000.000.-
Este Falso	: 200.000.-
Factor de Escala	: 0,999995
Ancho del Huso	: 1° (un grado sexagesimal)
Meridiano Central	: Este se definirá según la zona del estudio.



ii) Como definir un Plano Topográfico Local (PTL)

Para definir un PTL en el LTM bastaría con definir la cota media de la zona de estudio (H_{PTL}) considerando siempre un rango de trabajo de 300m hacia arriba y 300m hacia abajo respecto de la cota media. Con esta cota se podrá calcular el factor de escala específico.

$$\text{Factor de escala específico} \quad K_H = \frac{R + H_{PTL}}{R}$$

Donde R es el radio medio de la tierra, $R= 6.378.000\text{m}$

Parámetros de la proyección LTM-PTL

Norte Falso : 7.000.000.-
Este Falso : 200.000.-
Factor de Escala : K_H
Ancho del Huso : 1° (un grado sexagesimal)
Meridiano Central : Este se definirá según la zona del estudio.

7. SISTEMA DE TRANSPORTE DE COORDENADAS (STC)

Corresponde al sistema de referencia que se materializa en terreno, constituyéndose en base fundamental sobre la que se sustenta la exactitud de todo trabajo topográfico. Su principal objetivo es la realización de planos topográficos, fotogramétricos, etc, que luego servirán para replantear los elementos proyectados sobre dichos planos.

Todo trabajo topográfico está definido por exigencias, en cuanto a precisiones, los cuales serán tratados en forma puntual más adelante.

7.1. Monumentación

La Monumentación corresponde al establecimiento físico en terreno de un “Punto de Referencia” (PR), denominado monolito, el cual, puede ser de hormigón o placa de aluminio dependiendo de las características del terreno.

En la práctica un Sistema de Transporte de Coordenadas corresponde a una serie de monolitos dispuestos en terreno con el fin abarcar toda la zona que se está estudiando trasladando las coordenadas y cotas del sistema de referencia.

Su ubicación estará determinada según los requerimientos del proyecto y a la zona del estudio, donde siempre se debe considerar la estabilidad del terreno, visibilidad, facilidad para instalar los instrumentos, además de tener presente las posibles interferencias para la medición con instrumental GNSS, como por ejemplo árboles grandes, construcciones, etc.

Para el caso de los monolitos de hormigón se tienen las siguientes medidas en planta:

Figura 9.- Dimensiones

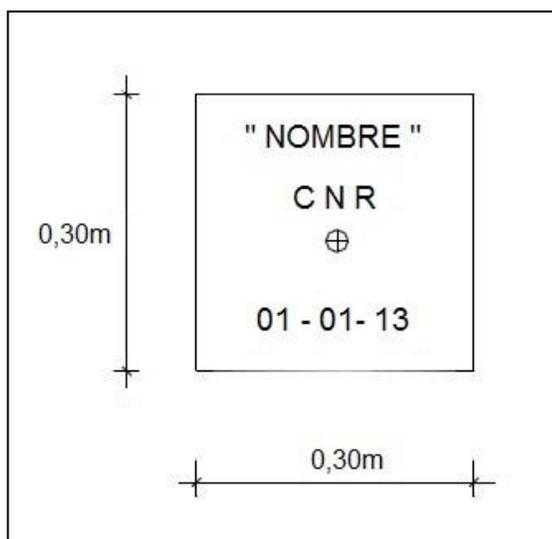
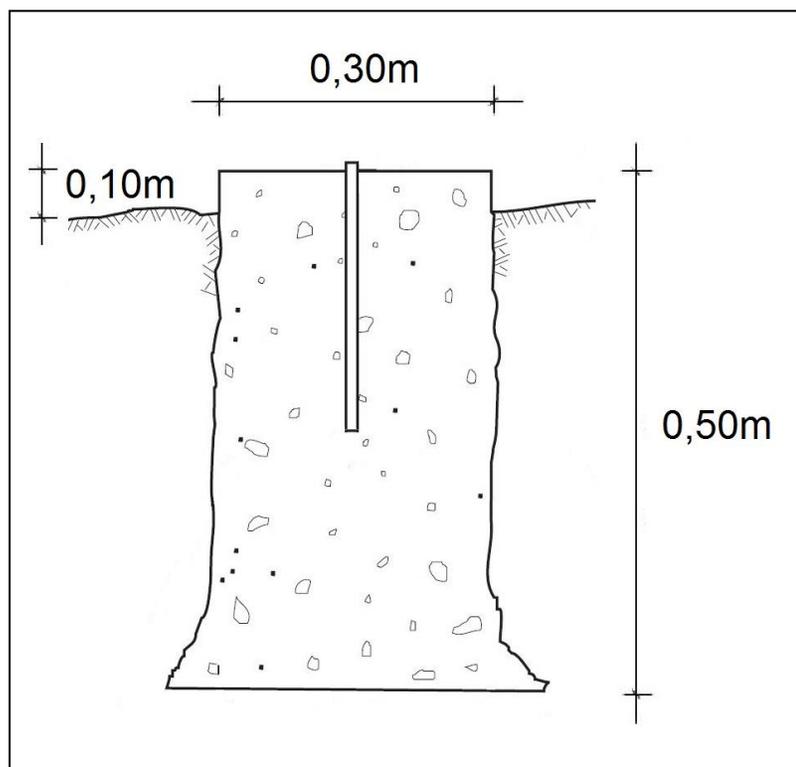


Figura 10.- Ejemplo en terreno



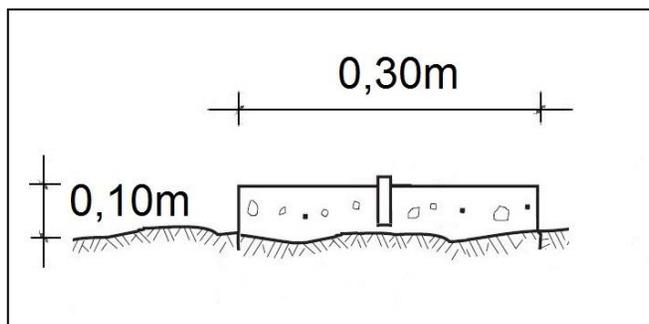
Figura 11.- Vista en elevación y sus dimensiones.



i) *Condiciones básicas monolito de hormigón.*

- ❖ *Hormigón H20, concretado contra terreno con un volumen total aproximado de 0,045 m³, con una cantidad de piedras de tamaño mediano (no superior a un radio de 5 cm), las cuales no deben exceder el 20% del volumen total.*
- ❖ *El nombre debe ser bajo relieve con letras y números plásticos (ver figura 10).*
- ❖ *El fierro debe ser estriado de 16mm de diámetro, debiendo sobresalir aprox. 2 cm, de punta redondeada, con una cruz bien definida en el centro.*
- ❖ *Debe estar pintado de color azul, las letras y números de color blanco (ver figura 10).*
- ❖ *Siempre se deben dejar las 2 amarras a objetos rígidos y permanentes, pintadas de fondo azul con letras blancas en lugares bien visibles, para su ubicación en caso que el monolito se tape con la vegetación o tierra luego de un tiempo. Las amarras deben ser medidas directamente desde el fierro del monolito, hasta el objeto sin ningún tipo de interferencia.*
- ❖ *De no dar fiel cumplimiento a alguna de estas condiciones, el monolito será rechazado.*

Figura 12.- Vista en elevación y dimensiones de Monolito fundado en Roca.



Este tipo de monolitos pueden ser usados en zonas aisladas previo requisito de roca en buen estado y no fragmentada.

ii) *Condiciones básicas monolito de hormigón fundado en roca.*

- ❖ *Hormigón H20, concretado contra terreno con un volumen total aproximado de 0,009 m³, con una cantidad de piedras de tamaño mediano (no superior a un radio de 5 cm), las cuales no deben exceder el 20% del volumen total.*
- ❖ *Previo a la construcción, se deberá limpiar la roca eliminando todo residuo de tierra, además de “picar” la roca para que el hormigón se adhiera de mejor manera, asegurando la estabilidad del monolito.*
- ❖ *El nombre debe ser bajo relieve con letras y números plásticos (ver figura 10)*
- ❖ *El fierro debe ser estriado de 16mm de diámetro, debiendo sobresalir aprox. 2 cm, de punta redondeada, con una cruz bien definida en el centro.*
- ❖ *Debe estar pintado de color azul y las letras y números de color blanco (ver figura 10).*
- ❖ *Siempre se deben dejar las 2 amarras a objetos rígidos y permanentes, pintadas de fondo azul con letras blancas en lugares bien visibles, para su ubicación en caso que el monolito se tape con la vegetación o tierra luego de un tiempo. Las amarras deben ser medidas directamente desde el fierro del monolito, hasta el objeto sin ningún tipo de interferencia.*
- ❖ *De no dar fiel cumplimiento a alguna de estas condiciones, el monolito será rechazado.*

No se aceptará la reutilización de monolitos existentes, ya que, no se pueden generar las letras bajo relieve. Para estos casos, se podrá instalar una placa de aluminio con un perno en centro sobre el monolito existente (ver figuras 13 y 13A).

Cuando el STC considera en su recorrido el paso por sectores urbanos y no es posible realizar un monolito de hormigón, se podrá utilizar como alternativa la placa de aluminio. También en sectores demasiados aislados y sin caminos se podrán utilizar las placas previa consulta escrita a la Inspección, condicionándose desde ya, que estas no pueden superar el 20% del total de las monumentaciones realizadas en el estudio.

Para el caso de las placas de aluminio se tienen las siguientes dimensiones:

Figura 13.- Disposición de los textos y dimensiones.-

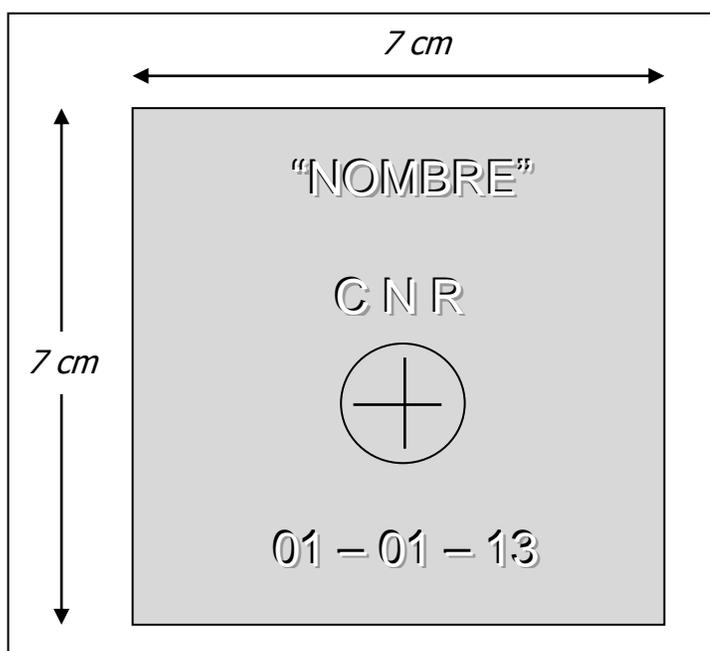


Figura 13A.- Ejemplo de Placa



iii) *Condiciones básicas placa de aluminio.*

- ❖ *El material no debe ser otro que el aluminio.*
- ❖ *Debe ser pegada con un adhesivo de dos componentes, a base de resinas epoxi del tipo Sikadur® 31 HMG, sin disolventes.*
- ❖ *Perno de cabeza redondeada del tipo "Coche" con un diámetro no superior a 2cm.*
- ❖ *El nombre debe ser bajo relieve con letras y números de golpe de 8mm*
- ❖ *El espesor de la placa no debe ser inferior a 1,5 mm.*
- ❖ *La cruz marcada en el perno debe estar bien definida en su centro.*
- ❖ *Siempre se le debe pintar un fondo azul de 20cm x 20cm*



- ❖ *Siempre se deben dejar las 2 amarras a objetos rígidos y permanentes, pintadas de fondo azul con letras blancas en lugares bien visibles, para su ubicación en caso que la placa se tape con la vegetación o tierra luego de un tiempo. Las amarras deben ser medidas directamente desde el centro del perno, hasta el objeto sin ningún tipo de interferencia.*
- ❖ *De no dar fiel cumplimiento a alguna de estas condiciones, la placa será rechazada.*

7.2. Poligonal Primaria o Geodésica

Este tipo de poligonales siempre están relacionadas con los enlaces o vinculaciones a los puntos SIRGAS del IGM, por lo general, son de grandes extensiones debiendo abarcar la totalidad de la zona de estudio.

El instrumental que se utiliza son receptores GNSS, ya que, las distancias entre los puntos de la poligonal y el punto de enlace, puede llegar hasta los 100km en el peor de los casos de no existir una referencia en las cercanías.

i) Tolerancia

Debido a las características de la poligonal, y considerando el instrumental utilizado, la tolerancia de cierre máximo permitido cuando se parte desde un punto conocido y se cierra en el mismo, es de 2 partes por millón (PPM) o 1:500.000, esto respecto de la relación entre el error de cierre calculado con la longitud del circuito medido.

En el caso que se parta de un punto conocido y se cierra en otro punto conocido, el error de cierre máximo permitido será de 4 ppm o 1:250.000. Solo se aceptarán soluciones FIJAS, en los procesos GNSS.

Dónde:

El error se calcula de la siguiente manera $e = \sqrt{(\Delta N^2 + \Delta E^2)}$ [en metros]
 $Tolerancia = [L / e]$, donde debe $T > 500.000$ o 250.000, según el caso.

L : Longitud total del circuito expresado en metros.

ΔN : Es la diferencia del norte del punto oficial (certificado) y el norte calculado mediante el proceso GNSS sobre el mismo punto, expresado en metros.

ΔE : Es la diferencia del este del punto oficial (certificado) y el este calculado mediante el proceso GNSS sobre el mismo punto, expresado en metros.

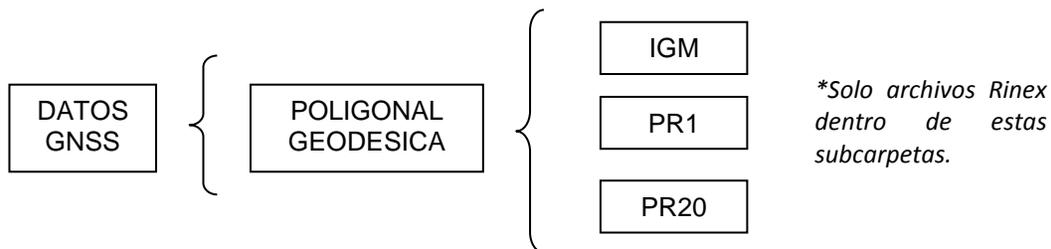
ii) Recomendaciones

- ✓ Planificar la poligonal de tal manera que no se produzca una diferencia mayor en razón de 1:3 entre el vector más largo y el más corto.
- ✓ La red SIRGAS según el IGM tiene puntos a no más de 50 km, por lo que, en los enlaces no se debieran generar vectores mayores a esta distancia.

iii) Formato de entrega de los datos medidos

La entrega de los datos medidos debe estar presente en el respaldo digital que entrega el consultor al final de una etapa.

Este respaldo digital debe tener la siguiente estructura de carpetas (EJEMPLO):



Solo se deben incorporar todos los archivos GNSS en formato RINEX con sus alturas de antenas incorporadas, no se requieren los archivos crudos.

7.3. Poligonal Secundaria

Tiene por objetivo densificar el STC a partir de la poligonal geodésica, desde donde partirán o cerraran las nuevas mediciones, con el propósito de realizar los levantamientos topográficos o fotogramétricos previstos en el estudio.

Debido al avance tecnológico y a lo asequible del instrumental GNSS, este ha ido desplazado a la Estación Total para la medición de las poligonales secundarias. Esta realidad va en aumento, pero de igual manera la Estación Total sigue vigente para este tipo de trabajos.

De acuerdo a las características de este tipo de poligonal, se abordan de dos formas para su ejecución, dependiendo del instrumento a utilizar.

i) Con receptores GNSS

Al igual que en la poligonal geodésica se podrá partir desde un punto conocido y cerrar en el mismo o cerrar en otro, trasladándose por “postas” desde un PR a otro.

Este tipo de instrumental ha ganado territorio en estas labores, debido principalmente a la reducción de los tiempos de medición respecto de la Estación Total.

Solo se aceptarán soluciones FIJAS, en los procesos GNSS.

ii) Con Estación Total

Para este caso, el traslado de la poligonal tiene como referencia inicial una Línea Base, la cual, está constituida por un par de puntos conocidos e intervisibles entre sí. Como metodología, una poligonal secundaria puede partir desde una línea base y cerrar en la misma o cerrar en otra.

iii) Tolerancias

Independientemente del instrumental utilizado y de la metodología adoptada, la tolerancia es la misma y será del orden de 1:20.000 o 50 PPM. Con la Estación Total, también se debe considerar la tolerancia de cierre angular que sería $T=20\sqrt{N}$ [en segundos centesimales], donde N es el número de estaciones o vértices medidos.

iv) Recomendaciones

- ✓ Tratar que todos los lados de la poligonal estén entre el rango de 500m y los 2000m. Se debe considerar que la precisión angular disminuye para longitudes pequeñas, siempre y cuando esta se mida con Estación Total.
- ✓ Los ángulos se medirán por tres reiteraciones o repeticiones (en directa y tránsito), de los cuales el error probable del promedio no debe exceder los 15^{cc}

v) Formato de entrega de los datos medidos

Si se utilizó instrumental GNSS la estructura de las carpetas sigue el mismo orden que para las poligonales geodésicas.

Para el caso de haber utilizado Estación Total debe tener la siguiente estructura de carpetas (EJEMPLO):



7.4. Poligonal Terciaria

Este tipo de poligonal, son derivaciones de las poligonales secundarias, de longitudes más pequeñas, las cuales tienen un carácter más específico como levantamientos topográficos en zonas puntuales.

El instrumental más utilizado en estas labores sigue siendo la Estación Total, pero como se comentó en las poligonales secundarias, los equipos GNSS siguen ganando campo.

La metodología de trabajo es idéntica que las poligonales secundarias.

i) Tolerancias

Independientemente del instrumental utilizado y de la metodología adoptada, la tolerancia es la misma y será del orden de 1:12.500 o 80 PPM

Con la Estación Total, también se debe considerar la tolerancia de cierre angular que sería $T=30\sqrt{N}$ [en segundos centesimales], donde N es el número de estaciones o vértices medidos.

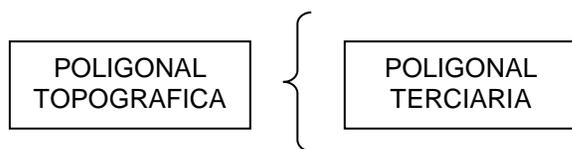
ii) Recomendaciones

- ✓ Tratar que todos los lados de la poligonal estén entre el rango de 200m y los 500m. Se debe considerar que la precisión angular disminuye para longitudes pequeñas, siempre y cuando esta se mida con Estación Total.
- ✓ Los ángulos se medirán por dos reiteraciones o repeticiones (en directa y tránsito), de los cuales el error probable del promedio no debe exceder los 25^{cc}
- ✓ No se aceptarán Radiaciones.

iii) Formato de entrega de los datos medidos

Si se utilizó instrumental GNSS la estructura de las carpetas sigue el mismo orden que para las poligonales geodésicas.

Para el caso de haber utilizado Estación Total debe tener la siguiente estructura de carpetas (EJEMPLO):



**Dentro de esta carpeta deben estar los archivos de los registros de ángulos y la planilla de cálculo de la poligonal.*

8. REDES DE NIVELACIÓN

Las Redes de nivelación, tienen por objetivo el traslado de la coordenada altimétrica a todo lo largo o ancho del estudio con puntos monumentados cada 2 km para las restituciones y cada 1 km en los estudios de canales.

En las restituciones el inicio de las redes es variable, teniendo siempre en consideración dejar puntos cercanos al límite de la zona de estudio. En cuanto, al final es más claro, ya que, la red debe llegar a todas las alternativas de muro que se estudien.

Para el caso de los canales, la red partirá en la bocatoma existente o en la proyectada, terminando al final del estudio o donde se especifiquen en los Términos de Referencia.

Estas redes pueden ser utilizadas como poligonales secundarias para cualquier caso, pudiendo utilizar solo instrumental GNSS, ya que, es muy difícil que se logre intervisibilidad entre los puntos monumentados.

El origen o referencia de las redes de nivelación será exclusivamente puntos certificados del IGM. En los casos donde no exista referencia se podrán utilizar puntos pertenecientes a otros estudios previa consulta a la inspección.

8.1. Equipos

El único instrumental válido para la medición de las redes, será el Nivel. Como existen varios tipos, se mencionan algunas características mínimas según modelo:

Niveles Automáticos

- ✓ Precisión nominal $\pm 1,5$ mm por kilómetro recorrido.
- ✓ Telescopio con un aumento de 26X

Niveles Geodésicos

- ✓ Precisión nominal $\pm 0,8$ mm por kilómetro recorrido.
- ✓ Telescopio con un aumento de 30X

Niveles Digitales Electrónicos

- ✓ Precisión nominal $\pm 0,7$ mm por kilómetro recorrido.
- ✓ Telescopio con un aumento de 26X



9. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Es el procedimiento en terreno más frecuente en cualquier tipo de estudio y es transversal al tipo de precisión que se requiera. Consiste que a partir del STC se realizan mediciones sobre el relieve del terreno, registrando objetos, singularidades y todo elemento que permita una adecuada representación de este, dependiendo de los objetivos y precisión del plano a obtener.

El instrumental que más se utiliza es la Estación Total, pero a la fecha se han incorporado otras técnicas que involucran equipos de escáner láser terrestres y los receptores GNSS, como lo son las mediciones con Tiempo Real o RTK y con Stop and Go. No es aceptado el método Cinemático.

En el cuerpo del Informe, el consultor debe expresar claramente la metodología y el instrumental utilizado. Para el caso de las mediciones con GNSS se debe explicar detalladamente el procedimiento de cálculo y las planillas de respaldo para la transformación desde UTM a Topográficas si corresponde.

La utilización de los escáneres láser terrestre en un levantamiento topográfico, estará restringido a zonas con muy poca vegetación, esto para evitar posibles errores de interpretación de los softwares. Si bien los programas día a día avanzan en la resolución de algoritmos que permitan interpretar de mejor manera la superficie terrestre con los datos obtenidos, hoy en día en la práctica se han detectado errores en sectores con mucha vegetación.

Como requerimiento general, para cada levantamiento que el consultor realice, deberá monumentar al menos un par de PRs, esto dependiendo de la longitud y extensión de la zona de trabajo, ya que, para casos como Levantamientos en las Zonas de Inundación, se deben establecer pares de PRs cada 5 km.

Los puntos antes mencionados deberán estar ligados al STC del estudio y nivelados geoméricamente.

En el anexo 2, se muestra el listado de códigos válidos para ser presentados en los archivos de levantamientos y planos.

i) Errores Asociados en las mediciones distanciométricas:

Al utilizar la Estación Total siempre se deben considerar los siguientes errores:

Ed: Error estándar del instrumento, función de la distancia (mm/km)

Ef : Error estándar del instrumento, componente fija (mm)

Ep: Error de centrado del prisma y/o mal aplomado (mm)

Ei : Error de centrado del equipo o error de instalación (mm)

El error total (E_t), está dado por la expresión:

$$E_t = \pm \sqrt{(E_d * L)^2 + E_f^2 + E_p^2 + E_i^2}$$

Donde, L es la distancia medida expresada en kilómetros.

Ejemplo : Estación Total Leica TC-307 prec. 3mm + 2 ppm (mm/k)
Considere una distancia L=40 metros, $E_p=3\text{mm}$, $E_i=2\text{mm}$.
Entonces,

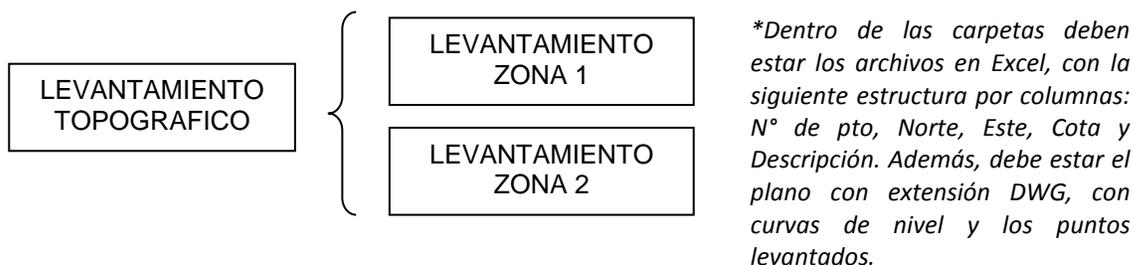
$$E_t = \pm \sqrt{(2 * 0,040)^2 + 3^2 + 3^2 + 2^2}$$

$$E_t = \pm 5\text{mm}$$

En consecuencia, en la medición de distancia siempre hay errores asociados, donde algunos pueden ser controlados y otros no, generando siempre un error.

ii) Formato de entrega de los datos medidos

Si se midió con Estación Total, los respaldos se presentaran de la siguiente manera:



Si midió con GNSS en RTK, se debe entregar de igual manera que con Estación Total, pero agregar planillas de cálculo si corresponde (ej. Transformación desde UTM a topográficas).

Para el caso de GNSS en Stop and Go, se debe presentar la misma estructura de carpetas pero aparte de la planilla con las coordenadas y del plano, se requiere de los archivos crudos en formato Rinex para su revisión.

Si se utilizó un escáner láser, la estructura de entrega es idéntica que al utilizar un equipo convencional (Estación Total), pero adicionalmente se debe presentar una planilla con un control con estación total y las diferencias encontradas sobre el plano. Este análisis debe venir en el cuerpo del informe validando el trabajo entregado.



9.1. Levantamientos Escala 1/200

Este tipo de levantamientos con curvas de nivel cada 0,2m presentan una altísima precisión, ya que, el plano que se genere requiere que los errores máximos eventuales no superen los 0,07m, tanto en planimetría como altimetría en su revisión en terreno. Se utilizan principalmente para representar sectores puntuales para diseño definitivo o medir obras de ingeniería existentes, las cuales requieran un gran nivel de detalle.

Las exigencias de estos levantamientos son:

- ✓ Se requiere una cantidad mínima de 400 puntos por hectárea, levantándose puntos cada 5m, pudiendo disminuir esta distancia, de acuerdo de las singularidades planimétricas y altimétricas del terreno.
- ✓ La distancia máxima permitida entre la estación y el punto levantado no debe superar los 50m.

9.2. Levantamientos Escala 1/500

Este tipo de levantamientos con curvas de nivel cada 0,5m tienen gran precisión, ya que, el plano que se genere requiere que los errores máximos eventuales no superen los 0,17m, tanto en planimetría como altimetría en su revisión en terreno. Se utilizan principalmente para representar sectores puntuales para diseño definitivo.

Las exigencias de estos levantamientos son:

- ✓ Se requiere una cantidad mínima de 100 puntos por hectárea, levantándose puntos cada 10m, pudiendo disminuir esta distancia, de acuerdo de las singularidades planimétricas y altimétricas del terreno.
- ✓ La distancia máxima permitida entre la estación y el punto levantado no debe superar los 500m. Para el caso de los equipos GNSS no se deben superar 1.000m.

9.3. Levantamientos Escala 1/1.000

Este tipo de levantamientos con curvas de nivel cada 1,0m tienen una muy buena precisión, ya que, el plano que se genere requiere que los errores máximos eventuales no superen los 0,33m, tanto en planimetría como altimetría en su revisión en terreno.

Se utilizan principalmente para representar las zonas de muros en los estudios de Prefactibilidad, además en los análisis de mejoramiento de canales midiendo fajas de varios kilómetros a esta escala.

Las exigencias de estos levantamientos son:

- ✓ Se requiere una cantidad mínima de 50 puntos por hectárea, levantándose puntos cada 15m, pudiendo disminuir esta distancia, de acuerdo de las singularidades planimétricas y altimétricas del terreno.
- ✓ La distancia máxima permitida entre la estación y el punto levantado no debe superar los 1.000m, con Estación Total. Para el caso de los equipos GNSS no se deben superar 1,81 km (ver tabla 3, numeral 5.3).

9.4. Levantamientos Escala 1/2.000

Este tipo de levantamientos con curvas de nivel cada 2,0m tienen una mediana precisión, ya que, el plano que se genere requiere que los errores máximos eventuales no superen los 0,67m, tanto en planimetría como altimetría en su revisión en terreno.

Se utilizan principalmente para representar las zonas de muros, zonas de inundación y zonas de yacimientos en los estudios de Prefactibilidad.

Las exigencias de estos levantamientos son:

- ✓ Se requiere una cantidad mínima de 25 puntos por hectárea, levantándose puntos cada 20m, pudiendo disminuir esta distancia, de acuerdo de las singularidades planimétricas y altimétricas del terreno.
- ✓ La distancia máxima permitida entre la estación y el punto levantado no debe superar los 1.500m. Para el caso de los equipos GNSS no se deben superar 8,63 km (ver tabla 3, numeral 5.3).

9.5. Levantamientos Escala 1/5.000

Este tipo de levantamientos con curvas de nivel cada 5,0m carecen de precisión, ya que, el plano que se genere requiere que los errores máximos eventuales no superen los 1,67m, tanto en planimetría como altimetría en su revisión en terreno.

Se utilizan principalmente para representar las zonas de inundación y zonas de riego en los estudios de Prefactibilidad.

Las exigencias de estos levantamientos son:

- ✓ Se requiere una cantidad mínima de 10 puntos por hectárea, levantándose puntos cada 30m, pudiendo disminuir esta distancia, de acuerdo de las singularidades planimétricas y altimétricas del terreno.
- ✓ La distancia máxima permitida entre la estación y el punto levantado no debe superar los 2.000m. Para el caso de los equipos GNSS no se deben superar 50 km (ver tabla 3, numeral 5.3).

9.6 Levantamientos en Canales

Debido a las condiciones que generalmente presentan los canales, estos serán medidos mediante perfiles transversales, donde los factores a considerar no son principalmente la densidad de puntos, sino que: **la distancia entre perfiles transversales y el ancho a utilizar.**

Dependiendo de los factores antes mencionados se definirán algunas escalas para determinar su precisión.

Tabla 3.1.- Parámetros según escala de levantamiento.

Escala	Distancia entre Perfiles	Ancho de los Perfiles
1/100	Cada 2 metros	5 m desde el borde
1/200	Cada 5 metros	5 m desde el borde
1/500	Cada 10 metros	10 m desde el borde
1/1.000	Cada 15 metros	15 m desde el borde
1/2.000	Cada 20 metros	20 m desde el borde

Fuente: *Elaboración Propia.*

**Estas escalas son aptas para el desarrollo de estudios de ingeniería de detalle.*

Si bien en la tabla 3.1, se indica la distancia máxima entre los perfiles transversales, también se debe considerar en levantar las sinuosidades importantes o cambios de pendientes repentinos.

Dependiendo del análisis que se necesite realizar como, por ejemplo: Estudios básicos, Perfil de un estudio, Análisis conceptual, etc., se podrán solicitar perfiles cada 50 metros o hasta perfiles cada 100 metros. Estos perfiles solo podrán ser representados en perfiles longitudinales y no serán válidos para la generación de una planta topográfica, debido que, a esas distancias, se pierden detalles importantes del trazado de un canal.

Balizado

Generalmente este trabajo, no es valorizado en forma adecuada por los consultores, pero tiene gran relevancia para el estudio, ya que, a partir de este, se referencian los levantamientos puntuales, obras de arte, entre otros.

Considerando lo anterior, el balizado en los canales, debe ser imperativamente el primer trabajo en terreno realizado por el consultor, esto quiere decir, que apenas el consultor se adjudique el contrato, debe realizar esta labor con lo que estime conveniente utilizar para esos efectos.

Para los canales donde se pueda transitar por uno de sus costados, se podrá utilizar una huincha métrica metálica, de longitud no inferior a 50m. Si el trazado del canal tiene túneles, lo cual dificulta la medición con huincha, se podrá apoyar con mediciones realizadas sobre cartografía existente como por ejemplo Google Earth.

En los casos donde el contrato contemple restitución fotogramétrica y el canal es poco transitable, se podrá obtener el eje geométrico a partir del plano y luego replantearlo en terreno. En este caso, se requiere que el consultor realice tempranamente las labores de vuelo, apoyo y posterior elaboración del plano.

El balizado quedara plasmado en terreno cada 100m mediante una tablilla de 1/2"x4"x30cm, pintada de color azul con letras blancas. El espesor solicitado (1/2"), es solo referencial, no así el resto de las dimensiones.

Las estacas que se dispongan en terreno, no podrán tener una diferencia de más 15cm, si se compara con los planos de planta del estudio.

Ej. Balizado.



DM 1500

9.7 Casos Especiales

Para los casos donde no existe un Sistema de Transporte de Coordenadas, y el estudio está acotado a un sector determinado, como por ejemplo estudios de Micro Tranques o Mini Centrales, los PRs podrán ser georreferenciados con “Navegadores GNSS” con precisiones de ± 3 m tanto en las coordenadas y en la Altura Ortométrica.

Como procedimiento para este tipo de trabajos, se requiere que la coordenada del punto de calaje, sea utilizada exclusivamente para el cálculo del Azimut, donde con posterioridad se medirá la nueva coordenada y cota trigonométrica, siendo estos los valores a informar.

9.8 Batimetrías

Es la técnica utilizada para generar levantamientos topográficos bajo el agua, frecuentemente para medir los lechos ríos, esteros, lagunas, embalses, etc.

Con las herramientas modernas hoy en día, se utilizan equipos GNSS para las componentes horizontales y un Sonar o sonda para calcular la profundidad. Aunque, todavía se utiliza la Estación Total junto con un escandallo o la combinación de los equipos GNSS en RTK con el escandallo (ver imagen), obteniendo resultados en forma rápida y certera.

Todo trabajo batimétrico presenta principalmente dos grandes dificultades: 1) la estabilidad sobre el agua y 2) medir la profundidad en forma precisa. Debido a lo complejo de esta técnica, las tolerancias admisibles para estos levantamientos serán generalmente el doble que para los levantamientos tradicionales.

Imagen 1.- Batimetría realizada por la CNR, Embalse Picarquín.



Fuente: Elaboración Propia.

10. LEVANTAMIENTOS FOTOGRAMÉTRICOS

Este procedimiento está orientado habitualmente a la representación de la superficie terrestre en escalas pequeñas (1/5.000, 1/10.000, 1/20.000 y 1/50.000), pero también en menor grado se presentan escalas grandes (1/500, 1/1.000 y 1/2.000).

En resumen, es un procedimiento que consiste en registrar la zona a levantar mediante fotografías aéreas o fotogramas, para luego determinar en terreno las coordenadas y cotas de puntos claramente identificables en las fotos.

La generación de los planos a las escalas pequeñas, se proyectarán directamente en el sistema UTM, para lo cual, el STC debe ser lo suficientemente amplio cubriendo toda la zona a estudiar. Para el caso de las escalas pequeñas y dependiendo para que se utilice el plano, será necesario reducir las coordenadas UTM a Topográficas (ver punto 6.1) para que el plano resultante se asemeje a un levantamiento topográfico.

Como condición básica, la relación entre la escala del plano y la escala del fotograma es 1:4. En la tabla 4 se presenta en ejemplo de las condiciones y características de los fotogramas para las escalas de plano 1/10.000, 1/5.000 y 1/2.000.

Tabla 4.- Características de algunos fotogramas y relación con la escala del plano.

ANTECEDENTES	ESCALA DEL PLANO		
	1/10.000	1/5.000	1/2.000
Escala del Fotograma	1/40.000	1/20.000	1/8.000
Altura de vuelo (m)	6120	3060	1224
Lado del Fotograma (m)	9200	4600	1840
Distancia entre puntos Nadirales (m)	3680	1840	736
Distancia entre líneas de vuelo (m)	7360	3680	1472
Superficie del Fotograma (en Há)	8464	2116	338.5
Puntos de Apoyo por fotograma	2	2	2

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores presentados son en base a un fotograma de 23x23 cm obtenidos con una focal de 153mm.

En la actualidad este tipo de procedimiento está siendo rápidamente reemplazado por la Fotogrametría Digital y la Percepción Remota con imágenes digitales, rompiendo los esquemas, ya que al hablar de este tipo de imágenes se pierden las características de la tabla 4, dando paso al concepto de PIXEL.

- 3) Entregar propuesta con la poligonal, que para el caso de la zona de riego son PRs cada 2 km que generalmente van en sentido Este a Oeste, hasta llegar a la zona de muros. Para la zona de muro, solo se requiere un par de PRs para cada alternativa que se estudie. Para la zona de inundación, se requiere un par de PRs al inicio y luego otro cada 5km, esto dependiendo de la extensión de la zona a levantar.

Las redes mencionadas anteriormente pueden ser complementarias, debiendo estar georreferenciadas y niveladas en su totalidad.

10.2. Fotogrametría Digital

Según la Asociación Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) define a la Fotogrametría Digital como el conjunto de Software y Hardware cuyo objetivo es la generación de productos fotogramétricos a partir de imágenes digitales mediante técnicas manuales y automatizadas.

Con la incorporación de las Estaciones Fotogramétricas en el país, estas han ido reemplazando rápidamente el empleo de los antiguos Estereorestituidores mecánicos semi-análogos, supliendo la necesidad de calibrar en forma permanente las cámaras aéreas métricas, ya que las correcciones de las tomas aéreas las realizan los escáneres fotogramétricos de alta precisión, los cuales, además guardan los parámetros necesarios para mantener y corregir dichas distorsiones.

A continuación, se presentan algunas diferencias entre el sistema convencional versus el digital.

i) Diferencias con la Fotogrametría Tradicional

- ✓ La utilización de las fotografías digitales, reemplaza el escaneo de los negativos del rollo aéreo, evitando la transformación precisa del formato análogo a digital.
- ✓ Las diferencias generales entre una cámara digital y una análoga son 4 componentes básicos: La Óptica, el Sensor, el Procesador y el Soporte.
- ✓ La entrada de datos es siempre en forma digital con lo que la información es estable y se puede editar las veces que se requiera.
- ✓ El entorno de trabajo es automático e interactivo.
- ✓ Admite la posibilidad de acceder en forma simultánea a la visión estereoscópica, pudiendo contrastar criterios.
- ✓ Permiten desde el mismo entorno de trabajo la realización de distintas tareas fotogramétricas y cartográficas, lo que aumenta la producción y eficacia en los flujos de trabajo.
- ✓ Debido a lo mencionado anteriormente junto con el avance tecnológico, se obtiene cartografía con más precisión.

Debido a que la imagen digital conceptualmente es un arreglo de números enteros, denominados comúnmente **pixeles**, cuya posición dentro del arreglo está asociada a una posición geométrica del escenario representado, ordenados en forma matricial. A cada valor del arreglo, es decir, a cada pixel, se le asocia un tono blanco y negro correspondiente al nivel de intensidad promedio reflejada por el escenario original.

Pixel: viene del acrónimo en inglés “Picture Element” (Elemento de Imagen), donde un pixel es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico.

ii) Condición básica de la imagen digital

Con el objetivo de establecer criterios en cuanto a las características de las fotografías digitales, se normará solamente de acuerdo al tamaño del pixel en relación a la escala del plano solicitado. Esto debido, que es el factor más importante para obtener las precisiones requeridas.

Tabla 6.- Tamaño del pixel en relación a la escala del plano.

ESCALA DEL PLANO	TAMAÑO DEL PIXEL (cm)	ALTURA DEL VUELO (m)
1/1.000	10	1.000
1/2.000	17 a 20	1.700
1/5.000	40 a 50	3.980
1/10.000	85 a 100	8.460

Fuente: Geocen

Si se desea realizar fotogrametría digital escaneando las diapositivas o fotografías, se deben considerar los siguientes valores:

- ✓ Para fotografías a escala 1/40.000 se realiza un escaneo a 25,00 micrones.
- ✓ Para fotografías a escala 1/20.000 se realiza un escaneo a 21,16 micrones.
- ✓ Para fotografías a escala 1/8.000 se realiza un escaneo a 14,50 micrones.

Si bien, las fotografías a escala 1/20.000 y 1/40.000, se pueden escanear a 14,5 micrones, no se justifica aumentar el tamaño de la imagen digital resultante aplicando este criterio.

iii) Precisiones en la verificación de los Levantamientos Fotogramétricos Digitales, en relación a la Escala.

Debido a los cambios y mejoras que tiene esta técnica versus la tradicional, es que también se aumenta el nivel de exigencia, el cual, es acorde a la tecnología que se está utilizando.

Tabla 7.- Precisiones en la verificación de los Levantamientos Fotogramétricos Digitales, en relación a la Escala.

ESCALA DEL PLANO	VERIFICACION DEL PLANO EN TERRENO (90% de los puntos verificados presentarán un error menor o igual que)	
	ALTIMET. (m)	PLANIMET. (m)
1:500 Curvas c/0,5 m	0,17	0,17
1:1.000 Curvas c/1,0 m	0,33	0,33
1:2.000 Curvas c/2,0 m	0,67	0,67
1:5.000 Curvas c/5,0 m	1,67	1,67
1:10.000 Curvas c/10,0 m	3,33	3,33
1:20.000 Curvas c/20,0 m	6,67	6,67

Fuente: *Elaboración propia.*

iv) Características de las cámaras.

Las cámaras digitales han entrado con fuerza en los últimos años en todas las áreas donde se requiera el registro de imágenes.

Las actuales cámaras aéreas digitales ofrecen dos diferentes soluciones: La Matricial y la Lineal.

Cámaras Matriciales: Toman imágenes al modo de las cámaras convencionales, tienen varios objetivos que disparan simultáneamente, unos en pancromático y otros en infrarrojo. Cuentan con varios planos focales y funden las imágenes en una única.

Son cámaras muy estables, de geometría conocida y que corrigen el movimiento hacia delante del avión.

Cámaras Lineales: Capturan imágenes barriendo el terreno de forma simultánea al avance del avión con 3 líneas pancromáticas. Debido a esta característica este tipo de cámaras pueden capturar una imagen de una anchura conocida (el tamaño del sensor) y de una longitud ilimitada, además cuentan con un único lente y un plano focal.



v) Apoyo Terrestre

Los Puntos de apoyo terrestre o Puntos estereoscópicos, deben ser medidos siempre desde el Sistema de Transporte de Coordenadas previamente establecido.

El instrumental que se utiliza más frecuentemente son los receptores GNSS, con lo cual, se debe tener en cuenta, las consideraciones mencionadas en la Tabla 2 de este manual (Nivelación con GNSS), para el cálculo de la altimetría.

La cantidad de puntos debe ser acorde a la cantidad de fotogramas o fotografías que el vuelo registró, para el caso de la fotogrametría tradicional un apoyo total considera 2 puntos por fotografía, con lo que, se asegura 4 puntos por modelo estéreo estereoscópico.

En la actualidad, el avance tecnológico de los softwares nos lleva a resolver de buena manera el proceso de Aerotriangulación, con resultados iguales que el apoyo total, con la gran diferencia que se reducen los puntos en terreno.

En consecuencia, a lo anterior, para la CNR ambos métodos serán válidos, pero para el caso de la Aerotriangulación se revisará en detalle con mediciones en terreno para su validación final.

vi) Formato de Entrega

El producto final de la Fotogrametría digital no es muy diferente de la fotogrametría convencional, ya que, también contaremos con un plano, el cual, debe ser entregado con extensión en DWG. Este plano adicionalmente contendrá las imágenes digitales en una layer llamada "IMÁGENES RECTIFICADAS", teniendo que ser coherentes con el plano entregado.

Debido al tamaño de los archivos generados el consultor entregara un DVD o más, los cuales solo contendrán esta información.

Tanto en la fotogrametría digital como en la tradicional, los planos deben tener incorporados puntos acotados (Ej. X^{159,94}), con una densidad de 0,2 puntos por hectárea en las zonas planas, más las intersecciones de las calles cuando corresponda.

10.3. Fotogrametría de Corto Alcance

La fotogrametría de corto alcance se limita a aplicar las técnicas fotogramétricas a múltiples imágenes tomadas observando un objetivo común, a cualquier escala o la distancia de observación de los objetos.

En un proyecto de fotogrametría de corto alcance, el sitio sería fotografiado desde múltiples ángulos de visión y orientaciones utilizando una cámara convencional. Las imágenes posteriores se pueden descargar aun ordenador y los puntos comunes de identificación entre las múltiples imágenes pueden ser seleccionados de forma manual o automática. Los puntos en tres dimensiones pueden ser mantenidos como puntos o conectados por líneas y superficies, pudiendo ser importados en CAD, SIG o un programa de hoja de cálculo. Algunos programas son capaces de escanear las imágenes y crear una nube de puntos en 3D o la cuadrícula del terreno muy similar a un escáner láser.

La fotogrametría de corto alcance puede llevarse a cabo desde una plataforma aérea, tales como un avión, o un helicóptero, pertenecientes ambos al segmento de vehículos no tripulados (su sigla en inglés UAV), registrando y midiendo áreas que no sean fáciles de manejar con técnicas convencionales en tierra o para los que el escaneo láser aerotransportado o la fotogrametría aérea no sea costo-eficiente. Los ámbitos de acción tales como valles precordilleranos, grandes estructuras, acantilados o terrenos rocosos, son ejemplos de sitios que podrían ser ideales para utilizar esta técnica.

La CNR aceptara la utilización de este método para la obtención de planos a escala 1/500, 1/1.000, 1/2.000 y 1/5.000, considerando siempre que se aplicaran las mismas tolerancias que para los Levantamientos Topográficos tradicionales. Su uso estará limitado por la extensión de terreno a medir, no debiendo superar las 1.000 Há.

Si el consultor ocupa este método, debe considerar un autocontrol topográfico, donde se deberá medir en terreno con instrumental convencional, puntos en forma aleatoria y compararlos con el plano, donde las diferencias deben estar en tolerancia. Todo este proceso deberá quedar plasmado en el informe que se entregue.

11. OTROS LEVANTAMIENTOS

Debido al permanente avance tecnológico, se hace necesario establecer ciertos criterios, en cuanto a la aceptación de otras tecnologías o procesos que tengan por objetivo entregar un plano topográfico o en UTM.

En primera instancia los criterios básicos serán:

- ✓ Cumplir con las tolerancias exigidas tanto para los levantamientos topográficos según su escala y las tolerancias de los levantamientos fotogramétricos presentadas en la tabla 7.
- ✓ Los planos presentados se deben enmarcar según las especificaciones de dibujo descritas en este manual.
- ✓ El vuelo o las imágenes utilizadas, no deben tener una antigüedad superior a 3 años. Esta condición es excluyente.

Entre los procedimientos que en la actualidad se están utilizando se pueden mencionar:

11.1. Levantamientos con Láser Aerotransportado

Este procedimiento consiste en que un equipo a bordo de un avión o helicóptero, emite rayos láser hacia la superficie terrestre, registrando todo sobre el terreno. Todos los puntos emitidos se encuentran georreferenciados, ya que, se trabaja en conjunto con receptores GNSS tanto en el avión o helicóptero, además de alguna referencia en terreno.

Tabla 8.- Ejemplo de los Parámetros del vuelo para un Levantamiento escala 1/1.000

Sensor:	Riegl LQ560	Cámara:	Rollei AIC
Pulse rate (KHz)	150	Focal (mm)	51
Scan rate (Hz)	90	Pixel en X	7228
Scan angle	45	Pixel en Y	5428
		Angulo Visual	50,8
Traslape Lateral	50%	Traslape Lateral	30%
Penetración	50%	Traslape Longitudinal	50%

Fuente: *Elaboración Propia.*

Además, se debe indicar la densidad de puntos por metro cuadrado. Para este ejemplo se tiene una densidad de 5 puntos por metro cuadrado.

Como también se registran imágenes digitales se exigen las mismas resoluciones expresadas en la tabla 6 del numeral 10.2

11.2. Levantamientos con Imágenes Satelitales Estereoscópicas (Percepción Remota)

La Percepción Remota o Teledetección puede definirse como una técnica aplicada a obtener información de un objeto analizando los datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto.

Esta técnica implica entre otras cosas, el análisis de imágenes satelitales que son ampliamente procesadas e interpretadas para producir diversos datos que tienen aplicación en la agricultura, cartografía, geología, entre varias otras.

La Teledetección está restringida a métodos que emplean la energía electromagnética como medio de detección y la medida de las características de los objetos. Este tipo de energía incluye: la luz, el calor y las ondas de radio.

Debido a la variedad de campos donde se puede utilizar la Teledetección, la CNR se concentrará específicamente en el campo de la Agricultura y la generación de cartografía con Modelos de Elevación.

i) Condición básica de la Imagen Satelital

Con el objetivo de establecer criterios en cuanto a las características de las Imágenes Satelitales, se normará solamente de acuerdo al tamaño del pixel en relación a la escala del plano solicitado. Al igual que en las imágenes digitales, el pixel es el factor más importante para obtener las precisiones requeridas.

Tabla 9.- Tamaño del pixel en relación a la escala del plano.

ESCALA DEL PLANO	TAMAÑO DEL PIXEL (m)
1/1.000	0,61
1/2.000	1
1/5.000	2
1/10.000	2,5
1/20.000	5,0 - 8,0
1/50.000	20

Fuente: *Elaboración Propia.*

- *Los valores expresados en la tabla 9, se apoyan en las bases teóricas, pero también en los resultados obtenidos por diversas empresas a nivel nacional.*

II) Apoyo Terrestre de las imágenes satelitales

El apoyo terrestre requerido para la georreferenciación de las imágenes, dista mucho de lo que se tenía entendido con la fotogrametría tradicional, ya que, estos puntos se sitúan según el criterio del operario y no obedecen a un orden establecido como con los fotogramas. La cantidad de puntos de control o de apoyo varía de acuerdo a la escala del plano que se requiere presentar.

Para normar este criterio, se fundamenta principalmente en la experiencia en este tipo de trabajos de diversas empresas a nivel nacional.

Tabla 10.- Distribución de puntos de Apoyo, según escala del plano.

ESCALA DEL PLANO	GRILLA EN TERRENO
1/2.000	736 x 1840 (m)
1/5.000	3680 x 7360 (m)
1/10.000	4000 x 8000 (m)

Fuente: *Geocen.*

- ❖ *Si se requiere de un plano a otra escala el criterio lo establecerá la CNR*



Este criterio se basa en el principio de la fotogrametría, el cual, se ha verificado ampliamente con resultados en terreno, obteniendo las tolerancias requeridas según la escala del plano.

Si bien, existen casos donde se han apoyado imágenes satelitales con escasos puntos de control, los resultados han estado al límite del rechazo, con lo cual, se establece el criterio de la tabla 10.

La medición de estos puntos será a partir del STC establecido para el estudio. Si se utiliza instrumental GNSS se debe tener en cuenta, las consideraciones mencionadas en la Tabla 2 de este manual (Nivelación con GNSS).

III) Formato de Entrega

El resultado de este producto se entregará impreso, considerando siempre que los planos sean legibles y se ajusten a las normas de dibujo de la CNR. Adicionalmente los planos deben contar una copia digital y los archivos deben tener extensión DWG en una versión que la CNR considere pertinente.

La copia digital del plano debe tener las imágenes digitales en una layer llamada "IMÁGENES RECTIFICADAS", teniendo que ser coherentes con el plano entregado.

Debido al tamaño de los archivos generados el consultor entregará un DVD o más, los cuales solo contendrán esta información.

En todos los trabajos donde se generen planos, ya sea, por Restitución Fotogramétrica tradicional u otra técnica de las mencionadas en este capítulo, se requiere que previo al inicio de los trabajos se debe establecer en terreno el Sistema de Transporte de Coordenadas (STC) con una longitud tal que abarque al estudio mayoritariamente en sentido Este-Oeste, con monolitos cada 2 km. Estos monolitos estarán georreferenciados y nivelados geoméricamente a partir de puntos del IGM o de otros STC previamente aprobados por la CNR.

Esto será una condición para la aprobación de los trabajos.

12. PERFILES LONGITUDINALES

El perfil longitudinal corresponde a una aproximación fidedigna de una alineación, la cual, puede o no, estar sobre la superficie terrestre, proporcionando una idea muy clara de lo que se necesite proyectar como, por ejemplo: Obras de Ingeniería como canales, túneles, caminos y viaductos o simplemente presentar el relieve del terreno.

Con el objetivo de medir el perfil longitudinal, se debe establecer una Red de Nivelación, la cual, deberá ser monumentada por PRs (monolitos) cada 1 km y nivelada geoméricamente considerando las exigencias de la Nivelación Corriente. La vinculación de esta red, tendrá que ser siempre a un Punto de Nivelación (PN) del IGM o cualquiera que forme parte del estudio en ejecución si corresponde al caso.

12.1. Perfil Longitudinal de Terreno

Se deberá establecer en terreno mediante estacas de 2"x2"x30cm los puntos del perfil, los cuales, generalmente serán cada 50m, siempre y cuando no se especifique en los Términos de Referencia.

Las estacas deben ser niveladas y georreferenciadas al STC, estas serán de color azul con un clavo en su centro levemente sobre relieve, con el fin de facilitar la nivelación. El balizado se realizará con una tablilla de ½"x4"x30cm cada 100 m, pintada de color azul con letras blancas.

12.2. Perfil Longitudinal de Canal Existente

Generalmente estos perfiles serán obtenidos a partir de los Perfiles Transversales (ver punto 13.2), por lo cual, se encontrarán georreferenciados al STC del estudio.

12.3. Perfil Longitudinal de Río

Se deberá establecer en terreno mediante estacas de 3"x3"x35cm los puntos del perfil, los cuales, generalmente serán cada 200m, siempre y cuando no se especifique en los Términos de Referencia.

Las estacas deben ser niveladas y georreferenciadas al STC, estas serán de color azul con un clavo en su centro levemente sobre relieve, con el fin de facilitar la nivelación. El balizado se realizará con una tablilla de ½"x4"x30cm cada 100 m, pintada de color azul con letras blancas.

Para todos los casos mencionados anteriormente, se debe entregar una planilla indicando: km balizado, coordenadas y cota de cada estaca, perteneciente al perfil.

El formato de dibujo de los perfiles longitudinales, se presenta en las Especificaciones de Dibujo, que vienen contenidas en este manual.

13. PERFILES TRANSVERSALES

Al igual que los perfiles longitudinales, los perfiles transversales son alineaciones, pero en forma transversal a un eje, el cual puede ser un camino, río, canal o un eje sobre el terreno natural.

13.1. Perfil Transversal de Terreno

En terreno se establecerá mediante una estaca de 2"x2"x30cm, a partir de donde se medirán todas las singularidades del terreno, con una distancia máxima entre puntos de 10 metros. La distancia entre transversales será de no más de 50 m, esto en caso que no se especifique en los Términos de Referencia.

Las estacas deben ser niveladas y georreferenciadas al STC, estas serán de color azul con un clavo en su centro levemente sobre relieve, con el fin de facilitar la nivelación.

13.2. Perfil Transversal de Canal

La mayoría de las veces los canales presentan agua y barro, con lo que es tremendamente difícil materializar el eje y conservarlo en el tiempo, para lo cual, se puede desplazar el eje geométrico a un costado del canal y realizar las mediciones respectivas de todas las singularidades del terreno.

Al igual que en los perfiles de terreno, se requiere que se materialice con estacas de 2"x2"x30cm de color azul, niveladas y georreferenciadas al STC del estudio.

13.3. Perfil Transversal de Río o Perfil Topobatimétrico.

Debido a las características de los estudios de la CNR, en la mayoría de estos se solicitan perfiles a los ríos o esteros que son afluentes principales del valle, para lo cual, se solicitarán perfiles cada 200 m en los casos que no se especifiquen en los Términos de Referencia.

En terreno, se materializarán los extremos con estacas de 3"x3"x35cm georreferenciadas y pintadas de color azul con un clavo en su centro sobre relieve. Se requiere que al menos una de las estacas este nivelada con el objetivo que sirva de base para las mediciones de los puntos dentro del río o estero.

Para todos los casos mencionados anteriormente, se debe entregar una planilla indicando: km balizado, coordenadas y cota de cada estaca, perteneciente al perfil.

El formato de dibujo de los perfiles transversales, se presenta en las Especificaciones de Dibujo, que vienen contenidas en este manual.

14. VERIFICACIONES EN TERRENO

Con el objetivo de verificar el cumplimiento de las exigencias y tolerancias que se especifican en este Manual, la CNR realizara varias campañas en terreno para muestrear el trabajo entregado por el consultor.

Como se trata de una verificación por muestreo, si bien puede haber sido aprobada la etapa, el consultor sigue siendo responsable por el cumplimiento de las tolerancias y exigencias especificadas para el conjunto de labores topográficas que tiene el estudio.

14.1. Monumentación

En términos generales el muestreo de los monolitos o placas debe ser superior o igual al 60%, controlando lo siguiente:

Emplazamiento: Si bien, existe libertad en la ubicación del monolito, el consultor siempre deberá considerar la visibilidad, facilidad para la instalación de los equipos, la estabilidad del terreno y la actividad general de la zona, esto principalmente por el tránsito de vehículos que en la eventualidad puedan pisar el monumento destruyéndolo.

Forma y dimensiones: El monolito debe cumplir cabalmente con la forma y dimensiones normadas (30x30x50cm o 30x30x10cm), para el caso de placas de aluminio será de 70x70x1,5mm. Es obligación del consultor retirar los “moldes” de los monolitos.

Material: El tipo de material se puede apreciar generalmente en forma superficial. En cuanto a la cantidad, esto solo se puede ver cuando los monolitos han sido removidos o están sueltos. *Para los casos en que se detecte que falta material (profundidad), la inspección podrá escoger en forma aleatoria uno o dos monolitos y levantarlos para verificar que esto no sea una tendencia, de confirmar que falta material el consultor tendrá que rehacer en un 100% todos los monolitos.*

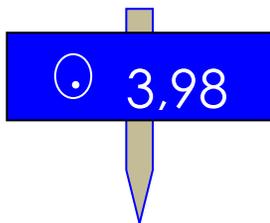
Nombre: Los nombres de los PRs no deben ser extensos (entre 4 y 5 caracteres), además se deben encontrar legibles al momento de la revisión. Es un requisito excluyente el que tengan las letras bajo relieves y pintadas según la norma.

El consultor debe respetar el medio ambiente, con lo cual, NO debe dejar ningún tipo de basura al momento de hacer el monolito y posteriormente al pintarlo.

Amarras: Las amarras son tan importantes como el monolito mismo. Estas deben estar visibles y deben ser medidas en forma directa sin interferencias.

En terrenos desérticos, principalmente en el norte del país, donde no hay elementos para realizar la amarra, se debe colocar una tablilla $\frac{1}{2}$ "x4"x30cm, pintada de color azul con letras blancas. La estaca donde se soporte la tablilla, debe ser lo suficientemente larga para entregarle firmeza.

Ej.



14.2. Control de la Poligonal Primaria

Debido a que generalmente la poligonal principal o primaria tiene pocos vértices, se controlara el 70% o más de los vértices.

La figura medida con instrumental GNSS por la CNR, debe ser cerrada con una precisión igual o inferior a 2PPM, a partir de estos resultados se comparan con los datos entregados por el consultor debiendo estar estos en tolerancia para su aprobación.

De estar fuera de la tolerancia, el consultor deberá revisar sus procedimientos de cálculo y si persisten en los resultados deberán medir nuevamente en terreno.

14.3. Control de la Poligonal Secundaria y Terciaria

A partir de la poligonal primaria, se realizarán mediciones aleatorias a diversos puntos de la poligonal secundaria. El procedimiento de medición será con figuras cerradas o con radiaciones de ida y vuelta (2 sesiones con instrumental GNSS).

Al igual que en control de la poligonal primaria, los resultados obtenidos se compararán con el consultor comprobando si están en tolerancia.

De estar fuera de la tolerancia, el consultor deberá revisar sus procedimientos de cálculo y si persisten en los resultados deberán medir nuevamente en terreno.

14.4. Control de las Nivelaciones

El porcentaje de tramos a revisar será variable dependiendo de la longitud de las redes de nivelación en el estudio, estos porcentajes van desde el 30% incluso en algunos casos hasta el 100%

La CNR comparara los desniveles y cotas de los tramos, debiendo estos estar en tolerancia, de lo contrario el consultor está obligado a medir nuevamente los tramos rechazados.



14.5. Control Levantamientos Topográficos

Previo a la revisión en terreno, se verificará que la densidad de puntos y separación entre ellos cumple según la escala solicitada. De no ser así, el consultor debe densificar hasta lograr lo especificado.

Luego de la revisión en gabinete, se medirán en terreno una serie de puntos para controlar la altimetría y planimetría del plano. Estos puntos serán representativos del sector como, por ejemplo: Construcciones, caminos, cercos, postaciones, bordes de talud, etc.

El 90% de los puntos muestreados, sus diferencias encontradas no deben ser superiores a $1/3$ de la equidistancia de la curva de nivel, para la escala que fue considerado el levantamiento. Esto quiere decir, que solo se aceptara un 10% de puntos fuera de tolerancia.

14.6. Control de la Restitución Fotogramétrica y Otros

Debido a las extensiones de superficie que consideran estos trabajos, se medirán puntos característicos fotoidentificables distribuidos homogéneamente en toda la zona que abarque el plano. Estos puntos serán representativos del sector como, por ejemplo: Construcciones, caminos, cercos, postaciones, etc.

El 90% de los puntos muestreados, sus diferencias encontradas no deben ser superiores a $1/2$ de la equidistancia de la curva de nivel para la fotogrametría tradicional y de $1/3$ de la equidistancia de la curva de nivel para la fotogrametría digital y otros como por ejemplo las imágenes satelitales. Esto quiere decir, que solo se aceptara un 10% de puntos fuera de tolerancia.

14.7. Control en Canales

La topografía realizada en los canales, generalmente es confeccionada a través de los perfiles transversales georreferenciados. Para estos efectos, se medirán al menos un 30% del total de los perfiles transversales realizados por el consultor, donde el 90% de los puntos no debe tener diferencias que superen los 0,1m en planimetría y 0,04 m en altimetría. También será válido medir las estacas de los transversales, de las cuales el 90% de ellas debe presentar diferencias no superiores a los 0,05 m en planimetría y 0,02 m en altimetría.

Otra componente importante de revisar será el balizado del canal, el cual, debe presentar el kilometraje del canal actual, según las especificaciones de este manual.

Para todos los casos en que la inspección rechace algún tipo de trabajo, y el consultor al medir nuevamente persiste con sus datos, podrá solicitar al Coordinador del Estudio, se realice una medición en conjunto con la inspección para dirimir y zanjar en terreno las diferencias.

15. PRESENTACION DEL INFORME

El informe debe tener la siguiente estructura, con al menos la siguiente información:

- ✓ Antecedentes Generales del estudio. Individualizar al Geomensor a cargo o la(s) empresa(s) subcontratista(s).
- ✓ Trabajos a ejecutar ó ejecutados en la consultoría.
- ✓ Detalle de cada uno de los trabajos, separados por Item Ej. Poligonal Primaria, Nivelación, Levantamiento Fotogramétrico, etc.
- ✓ Para el caso de la Poligonal primaria, se debe presentar imagen en Google Earth o similar, donde se muestren los puntos medidos (considerar el enlace al punto Sirgas). Además, se debe mostrar el certificado del punto Sirgas seguido de su monografía (esta debe ser actualizada según el formato CNR).
 - ✓ Presentar cuadro con los cierres de las figuras realizadas con las mediciones GNSS, donde se muestre la longitud total del circuito, puntos involucrados, diferencia en la componente Norte, Este y Altura o en coordenadas cartesianas (X,Y,Z) y el error calculado en PPM, tanto horizontal y vertical.
 - ✓ Tabla con las coordenadas UTM finales con la altura Elipsoidal, Ondulación Geoidal y la Altura Ortométrica (ver anexo 5, punto 2).
- ✓ Red de nivelación, se debe mostrar certificado del punto del IGM utilizado, junto con su monografía (esta debe ser actualizada según el formato CNR).
 - ✓ Para un mejor entendimiento, se debe presentar imagen en Google Earth o similar, donde se muestren los puntos medidos de la red de nivelación (con el enlace al punto de nivelación del IGM)
 - ✓ Presentar Tabla con los desniveles y cotas, solo de los puntos debidamente monumentados, pertenecientes a la red de nivelación (ver anexo 5, punto 3). Los resultados, se mostrarán al milímetro.
- ✓ Poligonal secundaria, al igual que la poligonal primaria, se debe presentar cuadro con coordenadas, Ondulación y Alturas. En muchos casos, esta poligonal será la misma red de nivelación.
- ✓ Levantamiento escala 1/10.000. Cuando se trate de una fotogrametría tradicional o con láser aerotransportado, se presentará imagen en Google Earth o similar, donde se muestren las líneas de vuelo, junto con los antecedentes de escala de vuelo, escala de la imagen, apoyo terrestre, entre varios otros datos a mostrar.

Si se trata de imágenes satelitales, se debe presentar imagen en Google Earth o similar, donde se muestre la zona de recubrimiento de cada una. Además, se deberá indicar con claridad el nombre del satélite y el tamaño del pixel de la imagen.
- ✓ Para los levantamientos topográficos, se deberá indicar los PRs utilizados y en caso de densificación mostrar procedimiento del traslado de coordenadas y cotas. Otro dato importante de presentar es la superficie levantada y la cantidad de puntos medidos.

- ✓ En los anexos se debe presentar:
 - ✓ Certificados de calibración de los equipos utilizados.
 - ✓ Resumen de coordenadas UTM y cotas geométricas Poligonal Primaria (ver anexo 5, punto 1).
 - ✓ Resumen de coordenadas UTM y cotas geométricas Poligonal secundaria (ver anexo 5, punto 1).
 - ✓ Referencia Planimétrica (certificado oficial y monografía actualizada, uno en cada página).
 - ✓ Referencia Altimétrica (certificado oficial y monografía actualizada, uno en cada página).
 - ✓ Red de nivelación, Tabla de cotas y desniveles, solo de los PRs (ver anexo 5, punto 3).
 - ✓ Monografías de todos los puntos debidamente monumentados. Las fotografías que se presenten deben ser con luz de día (ver anexo 1)
 - ✓ Cuadro de coordenadas de los Puntos Estereoscópicos (ver anexo 5, punto 1).
 - ✓ Monografías de los Puntos Estereoscópicos (ver anexo 6).
 - ✓ Planos: 1/10.000, 1/5.000, 1/2.000 y 1/1.000, según corresponda.

No tiene relevancia, si alguno de estos archivos se repite en el cuerpo del informe.

15.1. Respaldo Digital

Todos los trabajos realizados deben tener su respaldo digital, con lo cual, la presentación debe estar acorde a lo entregado en el respaldo duro (copia papel). Existen datos que, por su extensión o condición, solo se presentarán en el respaldo digital. Los datos que se aceptaran solo en digital son:

- ✓ Archivos Rinex. (mediciones con instrumental GNSS, separados según se indica en el punto 7.2 del presente Manual).
- ✓ Reporte de los Ajustes de las poligonales.
- ✓ Fotografías del vuelo o imágenes satelitales, según corresponda.
- ✓ Registro de la nivelación, donde se muestran todas las lecturas realizadas junto con los cálculos.
- ✓ Base de datos de los levantamientos topográficos.

En el Borrador de Informe Final y posteriormente en el Informe Final, se debe entregar un volumen exclusivo con los trabajos topográficos realizados en la consultoría, el cual, debe contener en forma ordenada y cronológica todos los trabajos ejecutados.

16. ESPECIFICACIONES DE DIBUJO

Con el fin de establecer criterios respecto a la presentación de los planos que llegan a la CNR, este capítulo generara los lineamientos básicos requeridos para la entrega de la información topográfica.

16.1. Planos

La presentación de planos estará normalizada por láminas cuyas dimensiones son:

Tabla 11.- Normalizado de láminas (en milímetros)

TIPO	TAMAÑO TOTAL	LIMITES DE DIBUJO	TAMAÑO MINIMO CARACTERES
A-0	841 x 1188	791 x 1168	1,5 - 2,5*
A-1	594 x 841	544 x 791	1,5 - 2,5*
A-2	420 x 594	370 x 574	1,5 - 2,5*
A-3	297 x 420	272 x 410	1
A-4	210 x 297	185 x 287	1

* En el caso que se especifiquen reducciones. Fuente: MCV2

En los casos que se entreguen reducciones, se deberá incluir en esa versión un recuadro que indique el porcentaje de reducción. Por ejemplo:

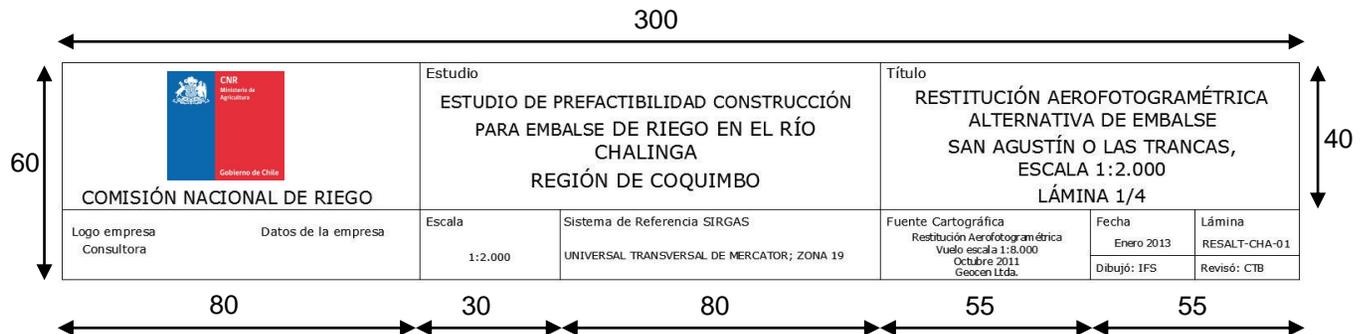
REDUCIDO AL 50%

Esto se aceptará en las etapas intermedias, pero en la entrega del BIF se presentara el original a la escala solicitada.

16.1.1. Viñeta

La viñeta contendrá la información que se presenta en el plano. A continuación, se entrega el formato de la viñeta que se solicitara. El tipo de letra será ARIAL

Imagen 2.- Formato de Viñeta y dimensiones para formato A-0



*Dimensiones en milímetros

❖ Para los otros formatos de planos se debe mantener la relación de tamaño.

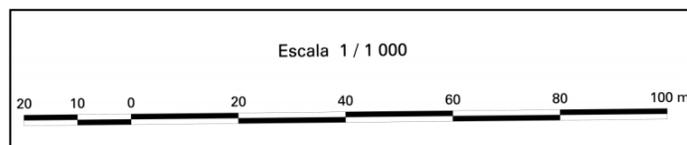
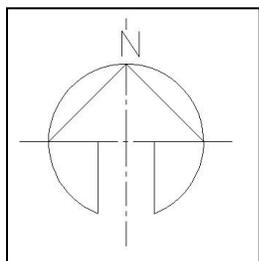
16.2. Planos de Planta

Este tipo de planos generalmente contendrán información cartográfica o topográfica, la cual, es la base para los estudios de obras u otros.

Para un mejor entendimiento de este tipo de información, el plano debe incorporar un cuadro con la “Simbología” de cada elemento dibujado. El consultor puede revisar distintas simbologías ya normadas, como por ejemplo las establecidas por la DOH o por el Manual de Carreteras de Vialidad.

Otros elementos que deben ser incorporados son: la Grilla o Cuadrícula de Coordenadas, Croquis de ubicación, Norte y la escala gráfica:

Imagen 3.- Ejemplo de Norte y Escala Gráfica.





DIVISIÓN DE ESTUDIOS, DESARROLLO Y POLÍTICAS

Para los casos que estos planos contengan Levantamientos Fotogramétricos, se deberá agregar en la viñeta fecha del vuelo, escala del vuelo y empresa. Si se trata de una cartografía obtenida con Percepción Remota se deberá agregar en la viñeta fecha de la toma de las imágenes, resolución espacial y nombre del satélite. Como estos levantamientos están georreferenciados, el plano debe indicar a que puntos se vinculó, para lo cual, se debe agregar la siguiente Tabla.

Tabla 12.- Referencias del Plano

REFERENCIAS	
ALTIMETRÍA	PLANIMETRÍA
NOMBRE : PN-B4 69	NOMBRE : SPAT
NORTE: 7.466.160 m	NORTE: 7.465.631,154 m
ESTE : 581.993 m	ESTE : 577.265,59 m
COTA : 2.437,913 m	ALT. ELIPSOIDAL: 2.641,410 m
DATOS GEODÉSICOS	
Datum :SIRGAS	
Elipsoide de Referencia: GRS-80	
Proyección: UTM - Huso 19	

* El tamaño va de acuerdo a la viñeta, ya que, su posición es a un costado de ella. La letra debe ser Arial.

En todos los estudios que realiza la CNR, se debe establecer un STC previo a los trabajos, debiendo este estar presente en los planos, razón por la cual, se debe agregar un “Cuadro de Coordenadas” donde aparezcan los PRs que están contenidos en el plano. De no existir PRs en la zona que se esta mostrando, se agregaran los más cercanos.

El cuadro debe indicar si son coordenadas UTM o Topográficas, según corresponda (Levantamiento Fotogramétrico o Levantamiento Topográfico).

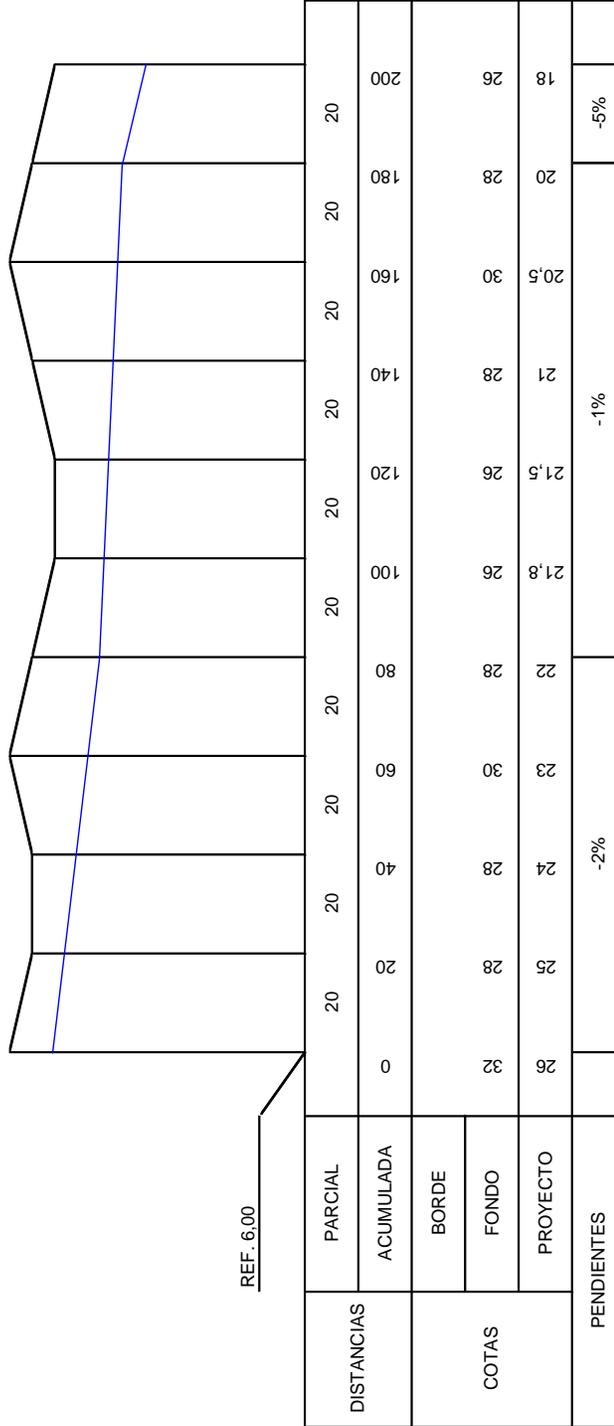
16.3. Perfiles Longitudinales

16.3.1. Perfil Longitudinal de Canal

Este tipo de planos son utilizados para los estudios de canales, además de los estudios donde se considera el análisis de cauces como quebradas, esteros y ríos. La presentación estará definida según el formato presentado en la figura 14.

❖ **No se aceptarán otros formatos con textos en inglés.**

Figura 14.- PERFIL LONGITUDINAL PARA CANAL

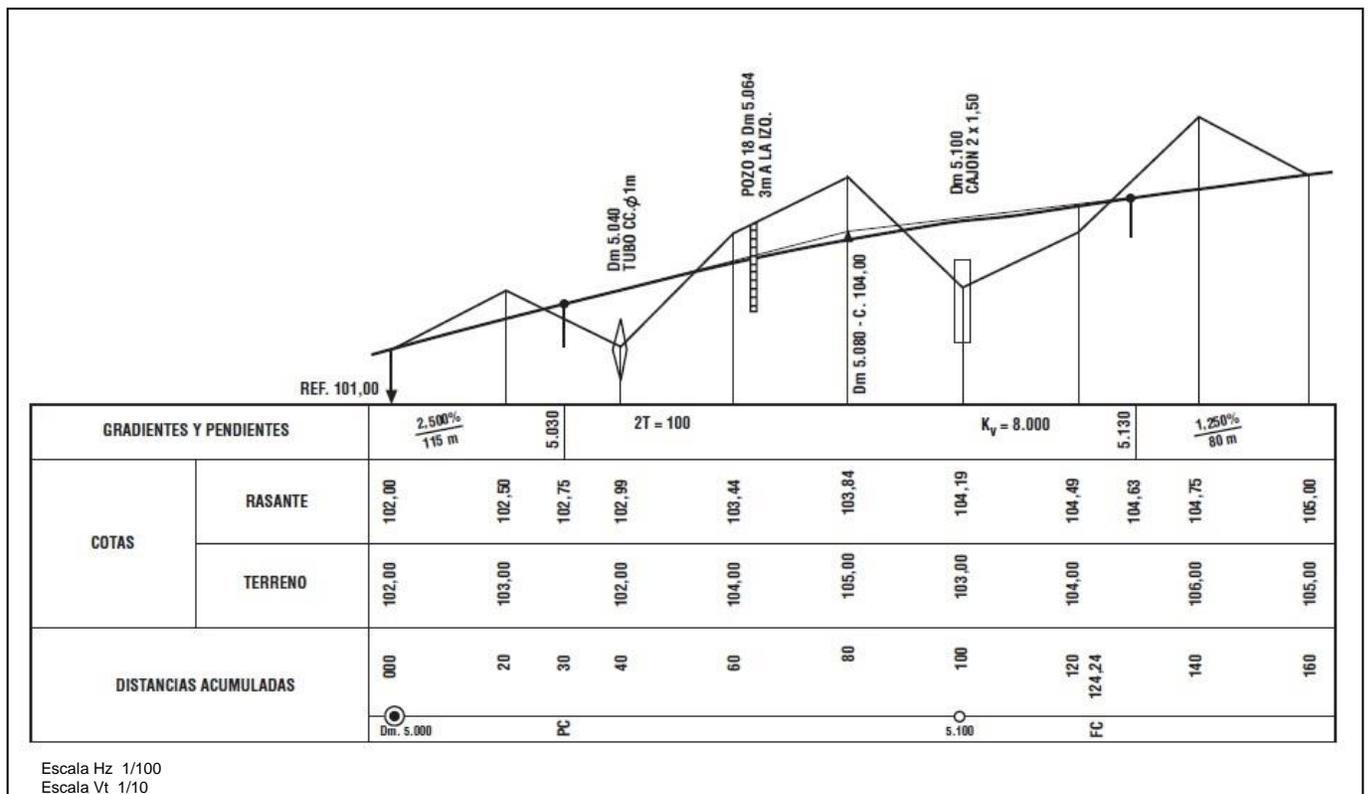


ESCALA Hz : 1/1.000
ESCALA Vt : 1/1000

16.3.2. Perfil Longitudinal de Camino

Cuando producto de los estudios, se intervengan caminos públicos, el consultor deberá elaborar un trazado de la alternativa nueva. Para esto, utilizando la cartografía solicitada para la zona de inundación y zona de muro, se proyectará el eje en planta con su respectivo perfil longitudinal y perfiles transversales (ver anexos). Los parámetros de diseño se deben ajustar a lo indicado en el Manual de Carreteras vol.3

Figura 15.- Formato de Perfil Longitudinal de Caminos.

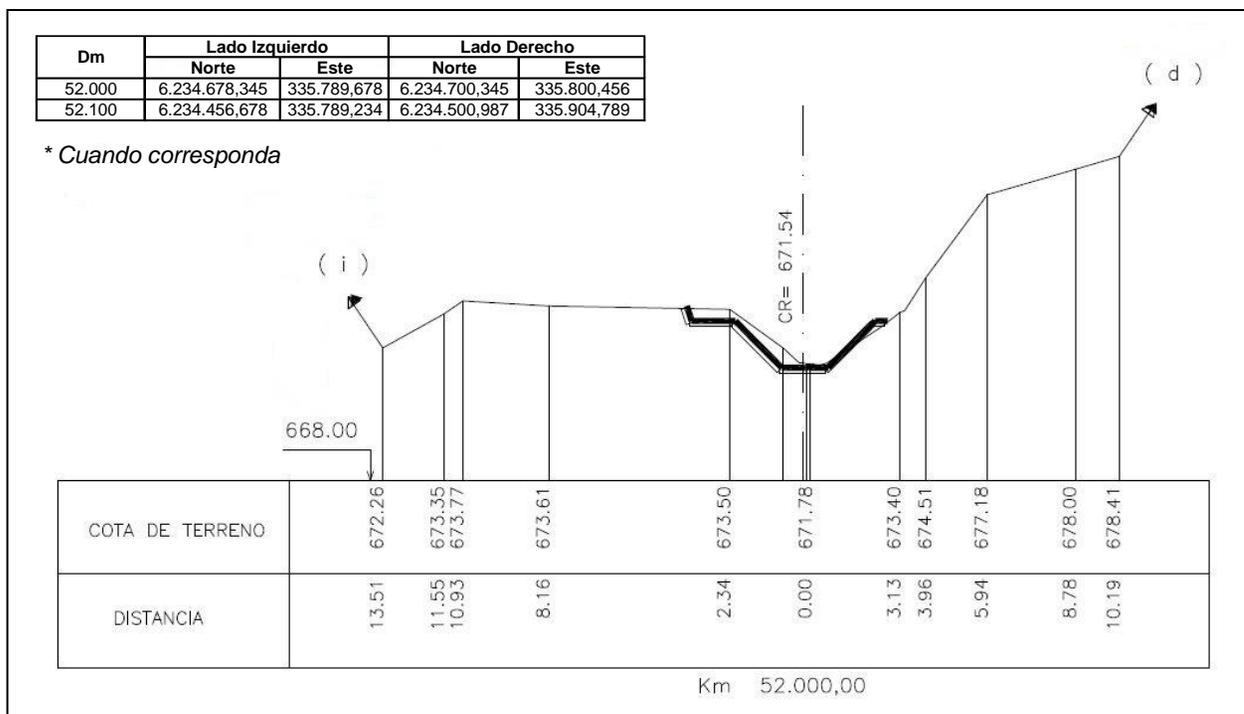


Fuente: Manual de Carreteras Vol. 2

16.4. Perfiles Transversales

Al igual que los perfiles longitudinales, este tipo de planos se presentarán para los estudios de canales y cauces. El formato presentado en la figura 15 es para los canales, en el caso de los cauces se debe agregar las coordenadas de los extremos del perfil medido en terreno (en una tabla)

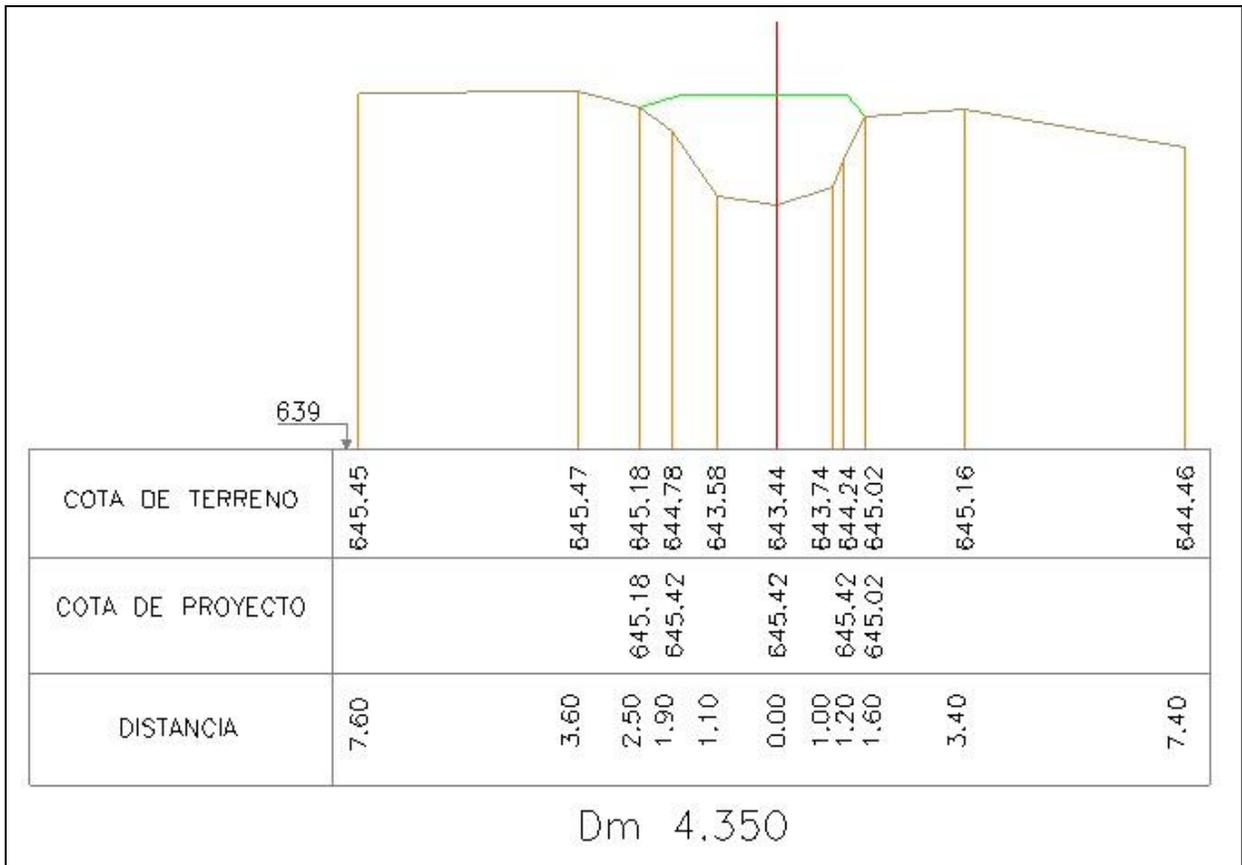
Figura 16.- Perfil Transversal de canal



Fuente: Normas de Dibujo de la DOH

❖ **No se aceptarán otros formatos con textos en inglés.**

Figura 17.- Formato Perfil Transversal Alternativa de Caminos.



16.5. Especificaciones de Capas o Layer en los Planos Digitales

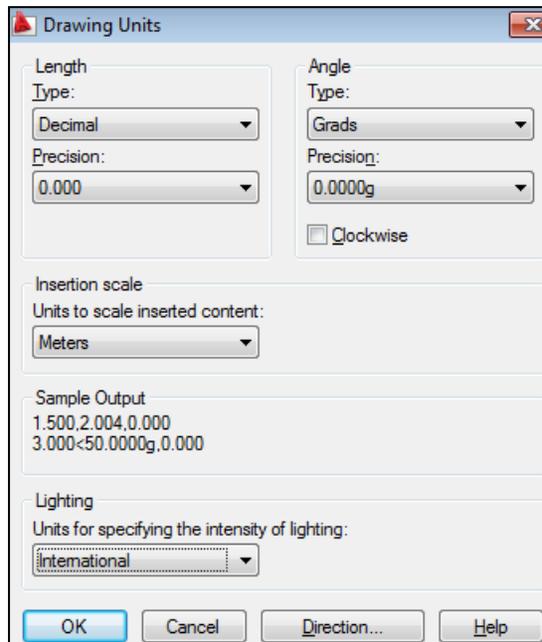
A parte de normar la presentación de los planos, también se requiere normar los nombres de las capas, tipos de línea, espesores y colores. En la figura 17 se podrán encontrar con todas las layers que generalmente se utilizan en los planos que solicita la CNR.

Figura 18.- Especificaciones.

S...	Name	O...	Fre...	L...	Color	Linetype	Lineweight	Plot Style	Plot	Ne...
0					white	Continuous	Default	Color_7		
	Acequias Regeros				172	Continuous	0.25 mm	Color_172		
	Aguas				180	Continuous	0.50 mm	Color_180		
	Borde Canal				170	Continuous	0.30 mm	Color_170		
	Borde Río				142	Continuous	0.25 mm	Color_142		
	Borde Talud				85	Continuous	0.15 mm	Color_85		
	Calicata				25	Continuous	0.15 mm	Color_25		
	Camino Proyectado				12	ACAD_ISO02W100	0.20 mm	Color_12		
	Caminos Primarios				10	Continuous	0.40 mm	Color_10		
	Caminos Secundarios				22	Continuous	0.20 mm	Color_22		
	Canal Proyectado				152	CENTER	0.20 mm	Color_152		
	Cercos				50	Continuous	0.15 mm	Color_50		
	Construcciones				8	Continuous	0.13 mm	Color_8		
	Cuadro de Coordenadas				8	Continuous	0.20 mm	Color_8		
	Cuadro de Referencias				white	Continuous	0.15 mm	Color_7		
	Curvas Indice				30	Continuous	0.20 mm	Color_30		
	Curvas Intermedia				252	Continuous	0.09 mm	Color_252		
	Eje Muro Proyectado				14	ACAD_ISO04W100	0.20 mm	Color_14		
	Escala Grafica				red	Continuous	0.20 mm	Color_1		
	Esteros				166	Continuous	0.25 mm	Color_166		
	FFCC				15	Continuous	0.25 mm	Color_15		
	Fondo Canal				132	Continuous	0.20 mm	Color_132		
	Fondo Río				158	Continuous	0.20 mm	Color_158		
	Gaviones				33	Continuous	0.15 mm	Color_33		
	Grilla				111	Continuous	0.09 mm	Color_111		
	Huellas				64	DASHED2	0.20 mm	Color_64		
	Limite Levantamiento				193	DASHDOT	0.50 mm	Color_193		
	Limite Restitución				193	DASHDOT	0.50 mm	Color_193		
	Linea de Edificacion				130	DASHED2	0.60 mm	Color_130		
	Malla 3D				white	Continuous	0.15 mm	Color_7		
	Muros de contencion				133	Continuous	0.40 mm	Color_133		
	Norte				white	Continuous	0.20 mm	Color_7		
	Pie de Talud				54	Continuous	0.30 mm	Color_54		
	Postes				125	Continuous	0.25 mm	Color_125		
	PRs				182	Continuous	0.20 mm	Color_182		
	Puntos Estereoscopicos				white	Continuous	0.18 mm	Color_7		
	Puntos Levantados				yellow	Continuous	0.18 mm	Color_2		
	Quebradas				143	ACAD_ISO12W100	0.25 mm	Color_143		
	Solera				121	Continuous	0.25 mm	Color_121		
	Textos				white	Continuous	0.20 mm	Color_7		
	Tunel				245	DASHED	0.50 mm	Color_245		
	Varios				62	Continuous	0.30 mm	Color_62		
	Vegetacion				101	Continuous	0.15 mm	Color_101		
	Viñeta				white	Continuous	0.20 mm	Color_7		
	Zona de Inundación				192	Continuous	0.18 mm	Color_192		

Además los archivos deben tener un sistema de unidades iguales para todos.

Figura 18.- Cuadro con las unidades de los archivos digitales en CAD.





DIVISIÓN DE ESTUDIOS, DESARROLLO Y POLÍTICAS

17. ANEXOS

ANEXO 1.- Formato de Monografía de PRs

MONOGRAFÍAS PARA VERTICES Y PRs

UBICACIÓN-DESCRIPCIÓN

MONOLITO DE HORMIGÓN DE 30X30X50 CON FIERRO EN SU CENTRO DE 12MM SE ENCUENTRA EN EL KM 0.020 A COMIENZOS DE CAMINO DE TIERRA DE LA RUTA M-890 CAUQUENES - CAYURRANQUIL.

DATUM DE REFERENCIA	TIPO DE COORDENADAS
SIRGAS	COORDENADAS UTM (HUSO 18)

REGION: DEL MAULE	FECHA: 30-03-2012
PROVINCIA: CAUQUENES	COTA: 162.390
COMUNA: CAUQUENES	COORDENADA NORTE: 6016928.150
NOMBRE PR: PRE2	COORDENADA ESTE: 737501.637

OPERADOR: GEOPEC

PROYECTO: EMBALSE HUEDQUE

OBSERVACIONES:

Notas

1. Siempre se deben colocar las amarras, las cuales deben ser medidas directamente desde el fierro del monolito hasta el objeto sin ningún tipo de interferencia. De no existir nada, se deben colocar como tipo "balizas" (estaca y tablilla).
2. Siempre deben venir las fotografías panorámicas y al monolito o placa.

ANEXO 2.- Listado de códigos para los levantamientos topográficos.

Descripción o Elemento	Código
Afloramiento rocoso	AF
Árbol	8
Borde de Camino	5
Borde de Canal	3
Borde Quebrada	3Q
Borde Río	3R
Borde terreno	1
Bosque	B
Cámaras	10
Cerco	7
Cerco de pirca	7P
Cerco vivo	7V
Compuerta Canal	20
Eje de Camino	E5
Eje de Canal	E4
Eje de Quebrada	EQ
Eje de Río	ER
Fondo de Canal	4
Fondo Quebrada	4Q
Fondo Río	4R
Fondo Lago o Laguna	4L
Fondo Tranque o Embalse	4T
Gaviones	15
Huellas troperas	12
Intercección de cercos	77
Línea de Ferrocarril	FFCC
Muros de Contención	13
Obra de Arte	OA
Pelo de Agua	H2O
Pie de terreno	2
Portón	14
Poste Hormigón	PH
Poste Madera	PM
Puente	PTE
Relleno	0
Roca	RX
Solera	9
Tuberías	11
Tunel	50
Vértice de casa o Galpon	6

ANEXO 3.- Parámetros de Diseño Manual de Carreteras Vol. 3

TABLA 3.201.5.A
PARAMETROS DE DISEÑO MÍNIMOS EN PLANTA Y ALZADO

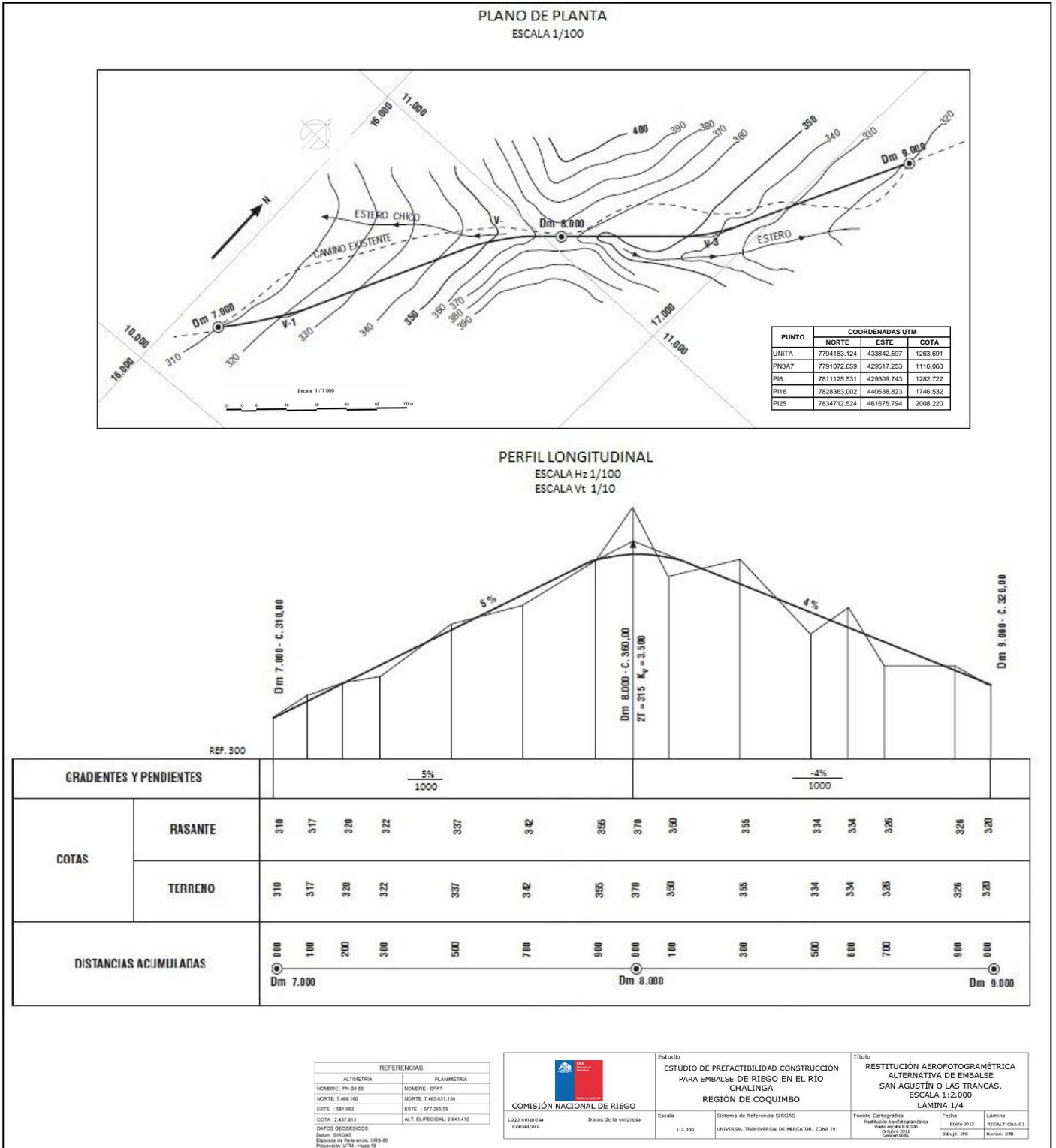
CATEGORÍA CARRETERAS Y CAMINOS	AUTOPISTAS												REF.
	DESARROLLO			COLECTORES			PRIMARIOS / AUTORRUTAS			AUTOPISTAS			
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	(130)	3.100	
VELOCIDAD DE PROYECTO	V (km/h)												3.103/3.201.301
Dist. Visibilidad Parada $l = 0\%$	Dp (m)												3.202.2
Dist. Visibilidad Adelantamiento (1)	Da (m)												3.202.3
Alineaciones en Recta	Lr (m)												3.203.2
Radio Mínimo en Curva	Rm (m)												3.203.302
Radio Mínimo en curva 400 m < Lr ≤ 600 m	R' min ≥ Rm (V+10)												3.201.301(2)
al final recta Lr ≥ 600 m	R' min ≥ Rm (V+5)												
Peralte Máximo	P (%)												3.203.302
Pendiente Relativa de Borde (2)	Δ(‰)												3.203.305(3)
Desarrollo Min. ω = 9° y Rm	D (m)												3.203.303(4)
Radio lim. contra Peralte (3)	RL (m)												3.203.303(3)
Parámetro Min. Clotoides, R = Rmin.	A (m) (4)												3.203.403(1)
Cond. Adicionales A	-												3.203.403
Pendiente Máxima (5)	i (%)												3.204.301
Curva Vertical Convexa (V* = Vp)	Kv (m)												3.204.403(1)
Curva Vertical Cóncava (Vp)	Kc (m)												3.204.403(2)
Curva Vertical Cóncava (Ilum. Artif.)	Kcl (m)												3.204.403(3)
C. Vertical Convexa x. Adelant.	Ka (m)												3.204.405
Long. Min. Curva Vertical	2T (m)												3.204.404
En general 2T min > V (km/h). Si 2T min. Controla K min. = V/8 - Salvo casos 3.204.406													

PLANTA

ALZADO

(1) Distancia Visibilidad adelantamiento requerida sólo en caminos Bidireccionales - No corresponde para V > 100 KPH. Salvo (110) si Vp = 100 y se trata de una pendiente > 6%.
(2) Valores de Δ Normal y Máximo, en () Máximos para n > 1
(3) Para Radios Limite en Contraperalte en Tramos Singulares. Ver Tabla 3.203.303 (3).A
(4) Primer Valor Calzada Bidireccional / Segundo, Calzada Unidireccional-Ambas consideran Jmáx y Δ máx. Para R > Rmin Ver Lámina 3.203.403(1).A.
(5) Pendiente Máxima hasta 2500 m.s.n.m. - Mayor valor corresponde a Menor Categoría de Carretera.
(6) Considerar sólo en caminos Bidireccionales - No corresponde para V > 100 KPH.
Vp (110) No corresponden a una Velocidad de Proyecto de las Categorías - Se da en relación con la V85% ó la V* de un cierto tramo. Para (130) Kv indicado corresponde a V* = Vp + 10.

ANEXO 4.- Formato Plano de Planta y Perfil Longitudinal de Alternativa de Caminos.



ANEXO 5.- Formatos de Tablas a presentar.

- 1) Tabla resumen de coordenadas definitivas para presentar en los anexos y en los planos.

PUNTO	COORDENADAS UTM (*)		COTA GEOMETRICA
	NORTE	ESTE	
LA-1	6.403.144,742	318.805,168	350,811
LA-2	6.402.629,780	318.636,141	360,101
LA-6	6.402.348,062	318.654,111	361,751
LA-7	6.401.961,909	319.003,519	367,244

(*) En el caso de los levantamientos topográficos o Fotogramétricos reducidos al terreno, cambiar por "COORDENADAS TOPOGRÁFICAS".

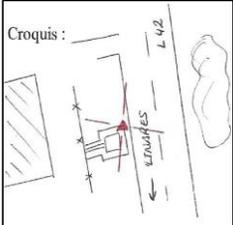
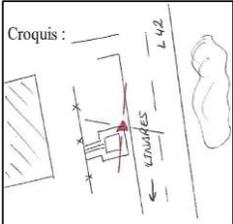
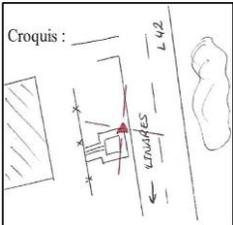
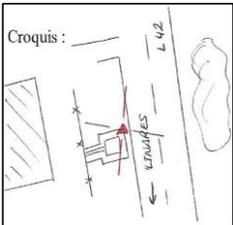
- 2) Tabla de coordenadas a presentar en el cuerpo del Informe.

PUNTO	COORDENADAS UTM		ALTURA ELIPSOIDAL	ONDULACIÓN GEOIDAL	ALTURA ORTOMETRICA
	NORTE	ESTE			
LA-1	6.403.144,742	318.805,168	350,811	24,252	326,559
LA-2	6.402.629,780	318.636,141	360,101	24,352	335,749
LA-6	6.402.348,062	318.654,111	361,751	24,521	337,230
LA-7	6.401.961,909	319.003,519	367,244	24,782	342,462

- 3) Tabla de Desniveles y Cotas.

DESDE	HASTA	DESNIVELES		DIFERENCIA	DESNIVEL PROMEDIO	COTA
		IDA	VUELTA			
	LA-1					326,559
LA-1	LA-2	1,256	-1,258	-0,002	1,257	327,816
LA-2	LA-6	-3,254	3,260	0,006	-3,257	324,559
LA-6	LA-7	10,358	-10,348	0,010	10,353	334,912

ANEXO 6.- Formato de Monografía de los Puntos de Apoyo Terrestre.

CROQUIS / IMAGEN		COORDENADAS	
<p>PUNTO : 1006</p> <p>DESCRIPCIÓN: Vértice Obra de Arte.</p>  		<p>TIPO DE COORD. : UTM (HUSO 19)</p> <p>DATUM : SIRGAS</p> <p>NORTE : 6.138.185,211 m</p> <p>ESTE : 323.265,599 m</p> <p>COTA : 460,315 m</p> <p>Nombre Archivo RINEX : pa1006</p> <p>N° Foto : 25</p>	
<p>PUNTO : 1006</p> <p>DESCRIPCIÓN: Vértice Obra de Arte.</p>  		<p>TIPO DE COORD. : UTM (HUSO 19)</p> <p>DATUM : SIRGAS</p> <p>NORTE : 6.138.185,211 m</p> <p>ESTE : 323.265,599 m</p> <p>COTA : 460,315 m</p> <p>Nombre Archivo RINEX : pa1006</p> <p>N° Foto : 25</p>	
<p>PUNTO : 1006</p> <p>DESCRIPCIÓN: Vértice Obra de Arte.</p>  		<p>TIPO DE COORD. : UTM (HUSO 19)</p> <p>DATUM : SIRGAS</p> <p>NORTE : 6.138.185,211 m</p> <p>ESTE : 323.265,599 m</p> <p>COTA : 460,315 m</p> <p>Nombre Archivo RINEX : pa1006</p> <p>N° Foto : 25</p>	
<p>PUNTO : 1006</p> <p>DESCRIPCIÓN: Vértice Obra de Arte.</p>  		<p>TIPO DE COORD. : UTM (HUSO 19)</p> <p>DATUM : SIRGAS</p> <p>NORTE : 6.138.185,211 m</p> <p>ESTE : 323.265,599 m</p> <p>COTA : 460,315 m</p> <p>Nombre Archivo RINEX : pa1006</p> <p>N° Foto : 25</p>	



DIVISIÓN DE ESTUDIOS, DESARROLLO Y POLÍTICAS

COMENTARIOS O SUGERENCIAS

Con el propósito de ir mejorando este manual, se podrán enviar comentarios o sugerencias al Ing. Geomensor Sr. Patricio Espinoza Caniullán, al correo electrónico: patricio.espinoza@cnr.gob.cl