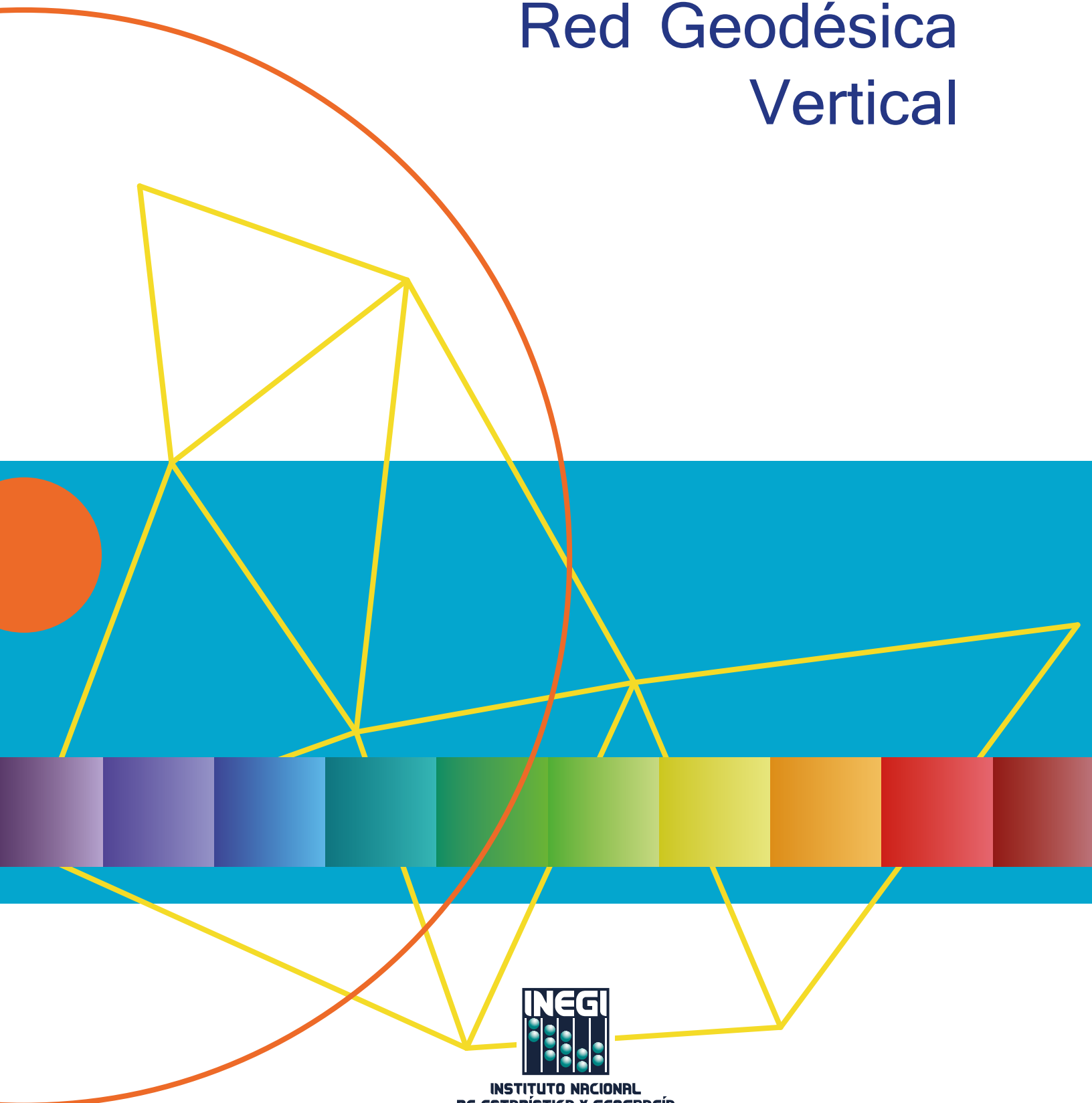


# Guía Metodológica de la Red Geodésica Vertical



**INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**

Instituto Nacional de Estadística y Geografía

# **Red geodésica vertical**

## **Guía metodológica**



**INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**

Obras complementarias publicadas por el INEGI sobre el tema:

Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional, Diario Oficial del 23 de diciembre del 2010; Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional , Diario Oficial del 23 de diciembre del 2010; Diccionario de Datos Geodésicos, Instituto Nacional de Estadística y Geografía,2013.

**Catalogación en la fuente INEGI:**

526.701 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México).  
Red geodésica vertical : guía metodológica / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México : INEGI, c2015.

viii, 92 p.

1. Geodesia - Metodología. 2. Geografía - Metodología.

**Conociendo México**

**01 800 111 4634**

**[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)**

**[atencion.usuarios@inegi.org.mx](mailto:atencion.usuarios@inegi.org.mx)**



**INEGI Informa**



**@INEGI\_INFORMA**

DR © 2015, **Instituto Nacional de Estadística y Geografía**

Edificio Sede

Avenida Héroe de Nacozari Sur 2301

Fraccionamiento Jardines del Parque, 20276 Aguascalientes,

Aguascalientes, Aguascalientes, entre la calle INEGI,

Avenida del Lago y Avenida Paseo de las Garzas.

# Presentación

---

El **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)** a través de la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente (DGGMA) pone a su disposición la **Guía Metodológica de la Red Geodésica Vertical**, con el propósito de dar a conocer aspectos conceptuales que permitan la captación, revisión, análisis, procesamiento de la información geodésica vertical y su integración al Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG)

El **INEGI** realiza levantamientos de campo para el Posicionamiento Geodésico Vertical mediante el uso de niveles digitales con el objetivo de establecer, mantener y extender la Red Geodésica Nacional.

El presente documento describe la guía metodológica utilizada por el **Instituto** en los levantamientos de campo necesarios para el establecimiento de Estaciones Geodésicas Verticales o Bancos de Nivel por métodos de nivelación diferencial, con procedimientos estandarizados y acordes con la normatividad vigente, lo que permite la compatibilidad y comparabilidad de la información para su integración al sistema.

La guía metodológica es revisada periódicamente y actualizada conforme al avance científico y tecnológico, así como derivado de nuevas necesidades.

# Índice general

---

<b>Introducción</b>	VII
<b>1. Aspectos generales</b>	1
1.1 Definición	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Marco jurídico	2
1.4 Objetivo general	2
1.5 Importancia de los levantamientos geodésicos verticales	2
1.6 Insumos que generan los levantamientos geodésicos verticales	2
1.7 Normatividad aplicable	2
<b>2. Marco conceptual</b>	3
2.1 Posicionamiento Geodésico Vertical	3
2.2 Conceptos Fundamentales	3
2.3 Clasificación de los órdenes de Exactitud de Posicionamiento Vertical (EPV)	5
2.4 Aplicaciones del posicionamiento geodésico vertical según orden de precisión	6
2.5 Densidad de las redes geodésicas de nivelación	6
<b>3. Guía Metodológica de la Red Geodésica Vertical</b>	7
3.1 Recomendaciones para la conformación y actividades de la brigada que realice trabajos de campo	7
3.2 Planeación	9
3.3 Reconocimiento, verificación y proyecto definitivo	12
3.4 Consideraciones ramales a localidades o bancos nodales	16
3.5 Establecimiento de Bancos de Nivel y sus referencias	17
3.6 Monumentación	18
3.7 Marcas de referencia	23
3.8 Actividades Complementarias	24
3.9 Levantamiento	26

3.10 Comprobación y ajustes del equipo (antes del levantamiento)	32
3.11 Levantamiento (nivelación geodésica diferencial)	42
3.12 Croquis y descripción de estación geodésica vertical (Banco de Nivel)	68
3.13 Formato: Extracto de nivelación	71
3.14 Formato 3: Registro de observaciones	73
3.15 Formato 4 Resumen de la línea Niveles Óptico Mecánico	75
3.16 Formato 5 Resumen de la línea (Nivel Digital)	77
3.17 Formato 6 Esquema de localización de la información	80
3.18 Formato 7 Hoja de codificación para el programa de proceso y ajuste	82
<b>4 Clasificación y análisis de errores en levantamientos geodésicos verticales</b>	<b>85</b>
4.1 Equivocaciones	85
4.2 Errores sistemáticos	85
4.3 Errores Accidentales	88
Lista de tablas y figuras	89
Tablas	89
Figuras	89
<b>Bibliografía</b>	<b>92</b>

## Introducción

---

El **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)** presenta la Guía Metodológica de la Red Geodésica Vertical con el objetivo de dar a conocer a todos los interesados los aspectos metodológicos que sirven de fundamento para la planeación, ejecución y puesta a disposición de la información correspondiente a valores de altura de Estaciones Geodésicas Verticales o Bancos de Nivel con respecto a un marco de referencia geodésico en el Territorio Nacional, permitiendo estandarizar y difundir criterios normativos para los levantamientos geodésicos verticales; con esto responde de manera efectiva a suministrar a la sociedad y al Estado información de calidad, pertinente, veraz y oportuna, a efecto de coadyuvar al desarrollo nacional.

La guía metodológica para el Levantamiento de Estaciones Geodésicas Verticales aborda aspectos generales de las etapas más importantes de los levantamientos geodésicos verticales, así como su marco conceptual, e incluye la parte operativa y de integración de información.

En los apartados primer y segundo de este documento se abordan los aspectos generales de los levantamientos de estaciones geodésicas verticales (también denominadas Bancos de Nivel), sus antecedentes, marco jurídico, objetivo, conceptos fundamentales, entre otros aspectos, con los que el lector tendrá un panorama general acerca de la trascendencia, importancia y utilidad que posee la información que se genera.

El tercer apartado describe las etapas que se realizan durante un levantamiento geodésico vertical, comprenden la elaboración del proyecto, actividades en campo, especificaciones, marco de referencia, equipos de medición, codificación, revisión, proceso e integración de expediente.

En el cuarto apartado se describen algunos formatos e instructivos de llenado utilizados por el INEGI en diversas etapas del proceso para el levantamiento de estaciones geodésicas verticales, los cuales pueden ser de utilidad para aquellas Unidades del Estado que realicen este tipo de actividades.

El quinto apartado está dedicado a la mención de algunos de los diferentes errores que se pueden presentar durante las etapas de campo o gabinete; lo anterior resulta importante ya que permitirá al usuario contar con elementos para evitarlos o minimizarlos lo más posible.

En el sexto apartado se muestra un índice de tablas y figuras mostradas durante todo el documento. Finalmente se incluye bibliografía.

# **1 Aspectos generales**

---

## **1.1 Definición**

El Sistema Geodésico Nacional es el conjunto de conceptos, tecnologías, instrumentos científicos, recursos informáticos, materiales, humanos, normas y servicios de información en la materia empleados para definir en una época específica la forma y dimensiones del globo terrestre o de parte del mismo, su campo gravimétrico externo, y determinar la ubicación espacial de puntos para los fines de georreferenciación; esto es, de todo objeto que se ubique o pueda ser ubicado en el espacio geográfico, inclusive datos de carácter socioeconómico y de hecho, de cualquier índole.

La Red Geodésica Vertical constituye una de las tres vertientes del Sistema Geodésico Nacional y está representada por un conjunto de puntos situados sobre la superficie del Territorio Nacional, cada uno fue establecido sobre una marca física para obtener su valor de elevación o altura determinada por mediciones geodésicas con respecto a un nivel de referencia.

## **1.2 Antecedentes**

En el año de 1949 se concertó un convenio de colaboración cartográfica entre México y los Estados Unidos de América para la ejecución de triangulaciones geodésicas, así como nivelación de precisión, celebrándose un segundo acuerdo en 1955 para la continuación de estos trabajos.

Las dependencias encargadas de realizar estos trabajos fueron, por México, el Departamento Cartográfico Militar (DCM), de la Secretaría de la Defensa Nacional y, por los Estados Unidos de Norte América, el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS, por sus siglas en inglés). Iniciando en 1952 con un desarrollo de 12,000 km al final de la década.

En el año de 1969 se estableció un convenio entre la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, (Instituto de Geofísica) y el Servicio Geodésico Interamericano, IAGS, de los Estados Unidos de América; por el cual únicamente se realizaron trabajos de nivelación de precisión, auxiliando en la ejecución de estos levantamientos, personal del Departamento Cartográfico Militar, DCM.

A partir de 1968, se creó la Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación (CETENAP), actualmente Dirección General de Geografía y Medio Ambiente (2009) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la cual ha continuado con los trabajos de nivelación hasta la fecha.

A partir de 2002 se toma la decisión de restaurar la Red Geodésica Vertical (RGV) del país, iniciando trabajos de nivelación con la finalidad de contar con información básica distribuida en todo el Territorio Nacional, continuando los trabajos hasta hoy en día.

### **1.3 Marco jurídico**

Artículos 2 (fracción XI), 26 (Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente), 65 (Fracción III), 78 (apoyo a la generación de Información de Interés Nacional) y 99 (párrafo cuarto), de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (LSNIEG).

### **1.4 Objetivo general**

Generar y proporcionar valores de altura de Estaciones Geodésicas Verticales o Bancos de Nivel correspondientes a la Red Geodésica Vertical, como parte del grupo de datos del marco de referencia geodésico conforme al artículo 26 y 99 de la LSNIEG, mediante la aplicación de metodologías comprobadas y sustentadas en estándares internacionales, con el objeto de que los usuarios vinculen sus estudios geográficos a dicha red.

### **1.5 Importancia de los levantamientos geodésicos verticales**

La importancia de la Red Geodésica Vertical (RGV) para el INEGI radica en su objetivo de establecer un Sistema de Control Vertical de precisión que permita proporcionar valores de altura, insumo base para la obtención y/o evaluación de curvas de nivel o puntos acotados que se incluyen en las cartas topográficas, así como para coadyuvar en la calibración y refinamiento del modelo geoidal de México.

### **1.6 Insumos que generan los levantamientos geodésicos verticales**

Todo levantamiento genera valores que corresponden al desnivel entre Estaciones Geodésicas Verticales o Bancos de Nivel, mediante los cuales se obtienen alturas ajustadas respecto a un nivel de referencia. Estos valores de altura son constantemente consultados por usuarios que requieren realizar desarrollos u obras de infraestructura.

### **1.7 Normatividad aplicable**

Las Estaciones Geodésicas Verticales o Bancos de Nivel deben apegarse a las normas técnicas que para el efecto se han publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF):

- Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos de 1985 reformadas en abril de 1998.
- Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional publicada el 23 de diciembre de 2010.
- Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional publicada el 23 de diciembre de 2010.
- Norma Técnica sobre la Elaboración de Metadatos Geográficos publicada el 23 de diciembre de 2010.
- Diccionario de Datos Geodésicos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Disponibles en: <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>, apartado de geografía.

## **2 Marco conceptual**

---

### **2.1 Posicionamiento Geodésico Vertical**

Establecer el Posicionamiento Geodésico Vertical consiste en determinar la elevación de puntos convenientemente elegidos y demarcados en el terreno, sobre una superficie de referencia. Estos puntos se integran en redes de Posicionamiento Geodésico Vertical. El propósito del Posicionamiento Geodésico Vertical es crear el marco de referencia nacional, que sirva para el control de elevaciones mediante el establecimiento, densificación y mantenimiento de la Red Geodésica Vertical

### **2.2 Conceptos Fundamentales**

#### **Altitud**

Distancia vertical de un punto con respecto al nivel medio del mar.

#### **Altura**

La distancia de un punto, entre una superficie de referencia, medida a lo largo de la dirección perpendicular a dicha superficie y el punto.

#### **Altura geodésica (h) o altura elipsoidal**

La distancia entre un punto y el elipsoide de referencia, medida a lo largo de la perpendicular que va del elipsoide hasta el punto. Tal distancia siempre será positiva hacia arriba del elipsoide.

#### **Altura geoidal (N)**

La distancia vertical entre el geoide y el elipsoide.

#### **Altura horaria**

Valor de altura determinado por un mareógrafo en función del tiempo observado.

#### **Altura ortométrica (H)**

La distancia de un punto, desde la superficie del geoide, a lo largo de la dirección del vector de gravedad, hasta el punto.

#### **Bajamar**

Es la altura mínima que alcanza la marea decreciente.

#### **Banco de liga**

Banco de Nivel perteneciente a una línea previamente establecida que sirve para vincular nuevas nivelaciones.

**Banco maestro**

Es el Banco de Nivel más estable y cercano de la red de control de una estación mareográfica cuya elevación se determina ligándolo directamente al N. M. M.

**Banco nodal**

Banco de Nivel establecido en la intersección de líneas de nivelación de precisión.

**Datum vertical**

Superficie a la cual se refieren las elevaciones. Actualmente la superficie adoptada como datum es el nivel medio del mar (N. M. M.). Para su determinación precisa son necesarias observaciones mareográficas durante un período de 19 años, llamado "Ciclo de Metón o Metónico". Éste es el ciclo de los tres valores astronómicos principales: fase, declinación y paralaje, de la Luna y el Sol, que tienen mayor influencia en la marea.

**Elevación**

La distancia vertical de un punto con respecto a una superficie equipotencial.

**Elipsoide**

El sólido geométrico generado por la rotación de una elipse alrededor de uno de sus ejes.

**Estación Geodésica Vertical o Banco de Nivel**

Ubicación representada por una placa empotrada en un monumento, estructura o sitio natural, con dato de elevación o altura determinada por mediciones geodésicas con respecto a un nivel de referencia. Cada estación pertenece a una línea de nivelación, que a su vez es parte de la Red Geodésica Vertical.

**Geoide**

La superficie equipotencial del campo de gravedad que se ajusta mejor al nivel medio del mar, ya sea local o globalmente.

**Línea de nivelación**

Tramo comprendido entre dos Bancos de Nivelación con elevación conocida ligados entre sí por un número determinado de Bancos de Nivel.

**Marea**

Es el nombre con que se designa al ascenso y descenso alternado del nivel del mar.

**Mareógrafo y regla de mareas**

Conjunto de instrumentos con los que se miden y registran las oscilaciones de la marea.

### Nivelación diferencial

Conjunto de operaciones tendientes a determinar el desnivel entre dos puntos por diferencia de lecturas obtenidas con un equaltímetro, sobre reglas graduadas colocadas en los puntos.

### Nivel medio del mar

El nivel promedio de la superficie del mar sobre todas las etapas de la marea.

### Pleamar

Es la altura máxima que alcanza la marea ascendente.

### Ramal

Tramo de Nivelación que únicamente es ligado en uno de sus extremos a un Banco de Nivel con elevación conocida.

### Sección de nivelación

Distancia entre dos Bancos de Nivel consecutivos.

### Superficie equipotencial

La superficie de potencial constante. Denominada también superficie de nivel.

### Tramo de nivelación

Conjunto de secciones o Bancos de Nivel ligados entre sí.

## 2.3 Clasificación de los órdenes de Exactitud de Posicionamiento Vertical (EPV)

Tabla 1. Estándares de Exactitud de Posicionamiento Vertical

Orden	Clase	Error de cierre entre secciones	Error de cierre de la línea	Separación entre líneas
Primero	I	$3 \text{ mm } \sqrt{K}$	$4 \text{ mm } \sqrt{K}$	100 a 300 km
Primero	II	$4 \text{ mm } \sqrt{K}$	$5 \text{ mm } \sqrt{K}$	50 a 100 km
Segundo	I	$6 \text{ mm } \sqrt{K}$	$6 \text{ mm } \sqrt{K}$	20 a 50 km
Segundo	II	$8 \text{ mm } \sqrt{K}$	$8 \text{ mm } \sqrt{K}$	10 a 25 km
Tercero		$12 \text{ mm } \sqrt{K}$	$12 \text{ mm } \sqrt{K}$	AJUSTABLE

$K$  = longitud en km de la sección y la línea

## **2.4 Aplicaciones del posicionamiento geodésico vertical según orden de precisión**

### **Primer orden, clases I y II**

Los levantamientos geodésicos verticales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de la red geodésica vertical primaria o fundamental del país, así como a cualquier levantamiento geodésico vertical que requiera dicho orden.

### **Segundo orden, clase I**

Deberá aplicarse al establecimiento de la red geodésica vertical secundaria a modo de densificación, así como a cualquier levantamiento geodésico vertical que requiera dicho orden.

### **Segundo orden, clase II y tercer orden**

Deberá aplicarse a densificación de las redes, así como a cualquier levantamiento vertical que requiera dicho orden.

## **2.5 Densidad de las redes geodésicas de nivelación**

En la conformación de la red geodésica vertical se adoptan las siguientes especificaciones de la Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional, para la separación entre líneas de nivelación:

- Para 1er. orden, clase I de 100 a 300 km.
- Para 1er. orden, clase II de 50 a 100 km.
- Para 2o. orden, clase I de 20 a 50 km.
- Para 2o. orden clase II de 10 a 25 km.
- Para 3er. orden, se ajustará a las necesidades.

### 3 Guía Metodológica de la Red Geodésica Vertical

---

#### 3.1 Recomendaciones para la conformación y actividades de la brigada que realice trabajos de campo

La brigada de nivelación se estructurará dependiendo de la etapa del levantamiento que realice:

a) Verificación y monumentación.

b) Medición.

Estructura	Funciones
Responsable de la brigada	<p style="text-align: center;"><b>Etapa de verificación y monumentación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Recopilar los insumos necesarios para la elaboración del anteproyecto y proyecto definitivo.</li><li>• Elaborar anteproyecto, efectuar reconocimiento en campo y el proyecto definitivo.</li><li>• Verificar los Bancos de Nivel y marcas geodésicas ya establecidos en proyectos anteriores.</li><li>• Establecer los Bancos de Nivel y sus referencias.</li><li>• Elaborar los croquis e itinerarios de las estaciones establecidas y actualizar las de proyectos anteriores.</li><li>• Integrar información en un expediente.</li><li>• Elaborar informe de comisión; además, asegurar que el equipo se conserve en buenas condiciones, mediante su cuidado y limpieza incluyendo un reporte.</li></ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Etapa de medición</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Efectuar un reconocimiento de la zona y tramo a trabajar, actualizar croquis y descripciones en su caso.</li><li>• Revisar el equipo de medición (su configuración, accesorios, etc.), así como efectuar la comprobación de funcionamiento.</li><li>• Informar al área correspondiente el mal funcionamiento del equipo de medición, para su reparación y/o mantenimiento, o en su caso enviar el equipo a un centro especializado para el servicio correspondiente.</li><li>• Realizar las mediciones de nivelación diferencial entre los Bancos de Nivel del proyecto de acuerdo a lo especificado en el presente manual, considerando la normatividad aplicable.</li><li>• Registrar la información de campo requerida en los formatos establecidos para ello y revisarlos antes del término de la comisión.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar informe por comisión y/o al término de cada línea, circuito o densificación.</li> <li>• Organizar la información e insumos que se requieran para el proceso, así mismo procesar y analizar los resultados.</li> <li>• Integrar un expediente para la validación de resultados.</li> <li>• Mantener en buenas condiciones el equipo de medición asignado, promoviendo su cuidado y limpieza.</li> <li>• Informar a las autoridades respectivas sobre las situaciones en las que se vea involucrado el personal comisionado, los bienes y equipo asignados durante el periodo de comisión.</li> <li>• Capacitar al personal (brigadista), que lo requiera, en la actividad de medición de desniveles entre Bancos de Nivel.</li> </ul>
Brigadista	<p style="text-align: center;"><b>Etapas de verificación, monumentación y medición.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la verificación y monumentación de los Bancos de Nivel que conformen el proyecto definitivo.</li> <li>• Contribuir como portamira o estadalero.</li> <li>• Contribuir como portasombrillas.</li> <li>• Realizar la medición de desniveles entre Bancos de Nivel, cuando se requiera en campo, bajo supervisión del responsable de la brigada.</li> <li>• Informar al responsable de la brigada el daño, robo o situación en la que se vea afectado algún componente de los bienes y equipo asignados.</li> <li>• Apoyar las actividades tales como: el reconocimiento de la zona y tramo a trabajar, elaboración de croquis y descripciones de cada marca, la señalización preventiva en la zona de trabajo, la conducción de vehículos, la revisión de formatos con información, el cuidado y limpieza del equipo y en general las que les sean asignadas por el responsable de la brigada.</li> </ul>

Es recomendable que la brigada de verificación y monumentación esté conformada por tres integrantes: el responsable de la brigada y dos brigadistas, un vehículo asignado a la actividad y el equipo de monumentación necesario para dichos trabajos.

Para el caso de la brigada de medición se recomienda que esté conformada por cinco o seis integrantes: el responsable de la brigada y cuatro o cinco brigadistas, uno o dos vehículos asignados a la actividad, según sea el caso, y el equipo de medición necesario para tal actividad.

El jefe de brigada y los demás elementos que la integran (medición y monumentación) deberán conocer y aplicar en todo momento las medidas de seguridad que considere conveniente en la Unidad del Estado a la que pertenecen, todo con la finalidad de salvaguardar la integridad física del personal y bienes materiales.

En la actividad de medición es recomendable que todos los miembros de la brigada verifiquen el contar con el equipo básico de monumentación para reconstruir estaciones destruidas, en caso de que así se requiera.

La asignación de personal de apoyo adicional a la brigada, dependerá del tiempo y cantidad de BN requeridos en el proyecto.

## **3.2 Planeación**

### **3.2.1 Recopilación**

Consiste en obtener insumos útiles en los levantamientos de campo, tales como mapas topográficos, cartas climáticas, imágenes, documentación de levantamientos previos, ya sea en formato análogo o digital, lo anterior con el propósito de facilitar la elaboración de un anteproyecto para el levantamiento.

Este material auxiliará en la selección de sitios para la ubicación de nuevos BN, permitirá determinar su separación y distribución, la selección de rutas de acceso, así como fuentes de abastecimiento de insumos requeridos para el trabajo.

### **3.2.2 Anteproyecto**

Tiene por objetivo ser una herramienta que permita un levantamiento eficaz y eficiente en campo. Puede consistir de las siguientes etapas:

- a) Seleccionar un mapa a escala conveniente para la ubicación del nuevo proyecto. Por ejemplo, cartas topográficas escala 1:250 000 para el proyecto general y cartas topográficas escala 1:50 000 para representación a más detalle.
- b) Se ubicarán en la carta o mapa todos los Bancos de Nivel existentes en la zona de trabajo; dicha información se deberá obtener del banco de datos geodésicos con que cuente la Unidad del Estado que pretenda realizar los levantamientos. Así mismo se deberá incluir información que proporcionen otras UE a través de sus sitios oficiales de internet con el fin de realizar mediciones durante el proyecto como una radiación, si se carece de una placa que cuente con una protuberancia para asentar la mira, se establecerá un Banco de Nivel cercano para el efecto de realizar la medición; dicha información deberá ser incorporada al proyecto principal.
- c) Se seleccionarán posibles sitios para los nuevos Bancos de Nivel (BN) tomando en cuenta que la separación entre éstos sea acorde a las especificaciones requeridas para el proyecto; se puede considerar una distancia aproximada de 2 Km, entre cada Banco de Nivel, exceptuando aquellas que se realicen como ramales a las localidades dentro del proyecto, densificaciones, tramos dentro de las poblaciones, zonas montañosas con pendientes fuertes y zonas costeras, en donde se podrán establecer de manera aproximada a cada kilómetro. En caso de realizar mediciones para determinar redes mareográficas (BN que se requieran establecer cercanos a mareógrafos) se podrán ubicar a una distancia aproximada de 300 m, tomando en cuenta los criterios para seleccionar los lugares adecuados, mismos que se mencionan en la página siguiente.

El propósito de establecer Bancos de Nivel a cada kilómetro en zonas costeras es para obtener insumos que coadyuven en la generación o evaluación de un modelo digital de elevación con más detalle de las zonas sujetas a inundación; en las zonas montañosas, consiste en reducir el número de puestas de

aparato al acortar la distancia entre bancos y, de igual manera que en las localidades, prevenir la posible destrucción de algunos de ellos.

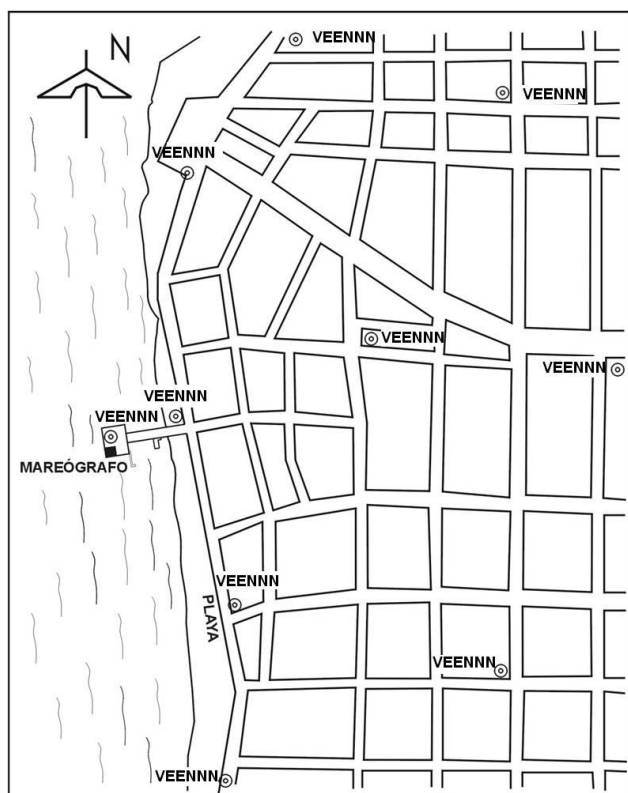
- d) En el proyecto preliminar se deberán incluir los posibles bancos de liga, los nuevos Bancos de Nivel proyectados y, en su caso, los Bancos de Nivel de alguna Red Mareográfica (en caso de que se cuente con ella), incluyendo el banco maestro (banco que cumpla con los requerimientos propios).

En el caso de densificación en localidades urbanas para ligar líneas y circuitos de nivelación o que apoyen estudios de subsidencia, el proyecto preliminar dependerá del área o superficie, urbanismo y vías de comunicación de la propia localidad. Con el fin de coadyuvar a la mejor toma de decisiones en los levantamientos que realicen las Unidades del Estado es recomendable considerar los siguientes puntos:

1. Contar con un circuito principal que circunde el área o superficie a cubrir.
2. Líneas en dirección norte-sur y oriente-poniente ligadas al circuito principal, según sea el caso de las vialidades.
3. Circuitos o líneas secundarias que se ligen a los dos puntos anteriores, también dependiendo de las vialidades.
4. La separación entre Bancos de Nivel debe estar en el rango de 500 a 1000 m.
5. Un porcentaje del proyecto podrá incluir el empotramiento de placas, ante la ausencia de sitios para la construcción de mojoneras.
6. Solicitar los permisos correspondientes para la construcción de mojoneras en sitios públicos y privados; y así cumplir con la parte complementaria del punto anterior del establecimiento de marcas.
7. Es recomendable renivelar en ambos sentidos todas las marcas geodésicas que se encuentre en localidades (antiguas, recientes y de nuevo establecimiento).
8. El tiempo de los levantamientos debe ser el menor posible, ya que los efectos de subsidencia tendrán influencia sobre los desniveles de las ligas de secciones entre líneas y circuitos y por lo tanto en los resultados finales.
9. El proceso y ajuste de información de la densificación se debe realizar en forma integral.
10. Dependiendo de los resultados y efectos de subsidencia (en el caso de conocerlos y/o así determinarlos), realizar estos trabajos con una periodicidad que establecerá cada área responsable.
11. Los BN pertenecientes a líneas ya establecidas en el programa general de monumentación, deben conservar el nombre de la línea original cuando sean renivelados en una densificación.

En caso de que se requiera realizar trabajos para una Red Mareográfica, la distribución de los Bancos de Nivel se hará de la siguiente manera:

- a) El primer Banco de Nivel quedará a un lado del mareógrafo, puesto de tal forma que con una estación del nivel se ligue a la regla de mareas.
- b) El segundo Banco de Nivel quedará en tierra firme, monumentado con características de banco maestro y con una distancia adecuada a las circunstancias.
- c) Los siguientes cuatro Bancos de Nivel quedarán en tierra firme, paralelos a la costa con una equidistancia de  $300 \pm 50$  m, es indispensable que cuando menos dos de ellos sean monumentados. Los últimos cuatro Bancos de Nivel quedarán tierra adentro en la localidad respectiva, a distancias similares y procurando escoger lugares adecuados para su conservación, debiéndose monumentar cuando menos uno de ellos.



**Figura 1. Ejemplo de distribución de Bancos de Nivel en una Red Mareográfica**

En los casos en que la topografía del terreno o la configuración de la mancha urbana dificulten el establecimiento de los bancos de la manera descrita, quedará a criterio del responsable del proyecto la distribución de los 10 Bancos de Nivel, tomando en cuenta los criterios para selección del lugar que se mencionan líneas abajo. La nivelación de la red mareográfica se hará con metodología de primer orden clase I, formando un circuito.

Los lugares adecuados para la ubicación de los Bancos de Nivel podrán ser los siguientes:

- Poblaciones.
- Estaciones de ferrocarril.
- En general, sitios que garanticen permanencia y estabilidad.
- Intersección de vías de comunicación.

### **3.3 Reconocimiento, verificación y proyecto definitivo**

El reconocimiento estará a cargo del responsable de la brigada y tendrá como objetivo verificar en campo el anteproyecto, con el fin de realizar las modificaciones necesarias para el proyecto definitivo, dichas modificaciones pudieran ser ocasionadas por accidentes naturales o artificiales que sólo son detectables por observación directa.

Actividades principales del reconocimiento:

- a) Se confirmará en el terreno la factibilidad del anteproyecto o se modificará en caso de ser necesario. Si se trata de una línea a renivelar se deberá verificar la existencia de los Bancos de Nivel establecidos y medidos previamente.
- b) Se seleccionará en el terreno el sitio adecuado para establecer el nuevo Banco de Nivel, tomando en cuenta los siguientes factores en orden de importancia.
  - Permanencia y estabilidad.
  - Acceso para construcción y observación.
  - Factibilidad para su medición con GPS (en caso de que el proyecto lo requiera y que la Unidad del Estado que realiza el levantamiento requiera o utilice esta información en sus procesos). Si no es posible obtener estas condiciones en la mayoría de los puntos a monumentar, se buscará que a cada 10 Bancos de Nivel o 20 Km en promedio exista un banco con las características óptimas para su medición con GPS.
  - para el caso de redes mareográficas, el banco maestro debe reunir las condiciones necesarias para ser medido con GPS, los demás bancos de la red pueden o no tenerlas.
  - Condiciones que faciliten su identificación en imágenes.

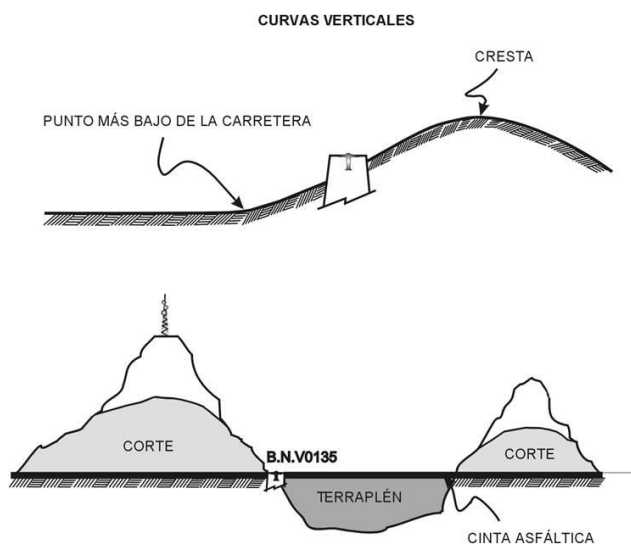
Tratándose de vías de comunicación:

- Tendrán prioridad los sitios en que se pueda empotrar la placa en roca sana.
- Se alternarán a uno y otro lado de la vía de comunicación.
- En curvas horizontales, se podrán colocar en su costado exterior como se aprecia en la figura 2.



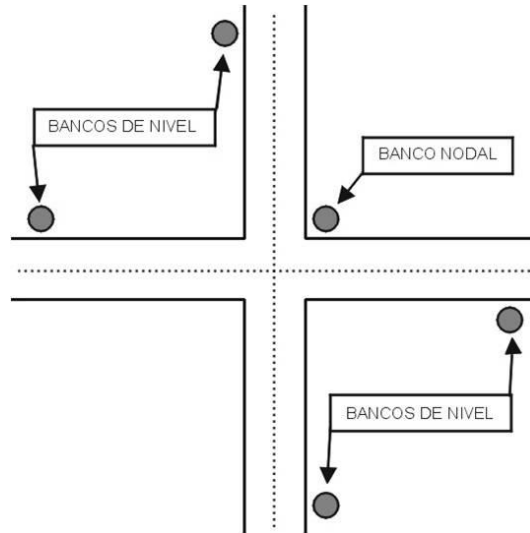
**Figura 2. Ubicación de Bancos de Nivel sobre vías de comunicación con curvas horizontales**

En curvas verticales, los mejores sitios para la monumentación de los Bancos de Nivel serán los puntos intermedios entre la cresta y el punto más bajo de la pendiente, y en los cambios de corte, entre cortes y rellenos (figura 3).



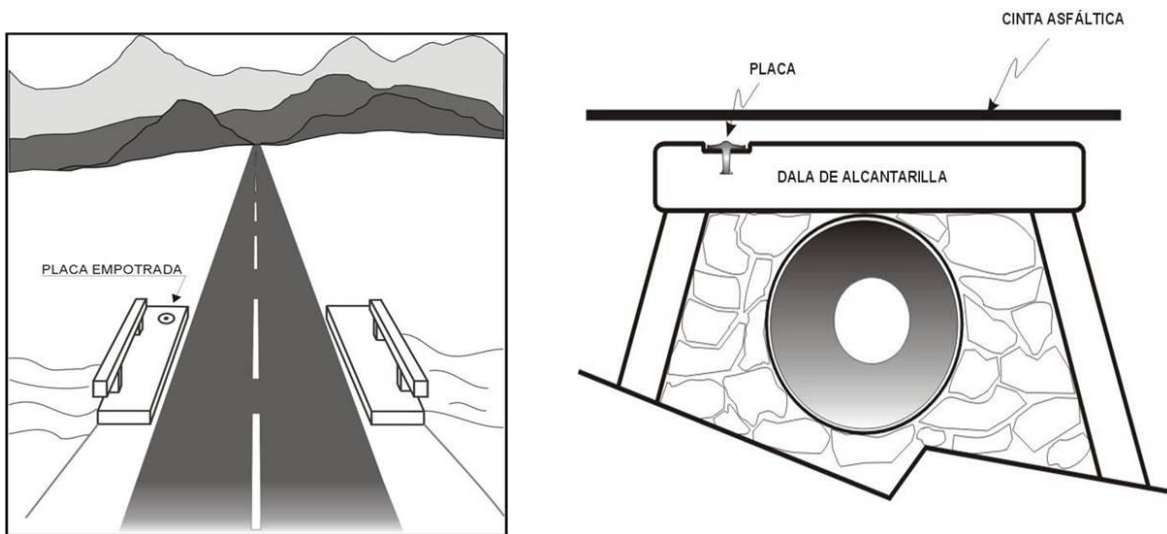
**Figura 3. Ubicación de Bancos de Nivel sobre vías de comunicación con curvas verticales**

En la convergencia de líneas de nivelación sobre vías de comunicación (intersecciones, entronques) es recomendable establecer Bancos de Nivel, uno en el vértice de las mismas (banco nodal) y otros más a una distancia aproximada de 500 m, a partir del banco nodal, uno en cada dirección de las rutas como se muestra en la figura 4.



**Figura 4. Intersección de caminos**

Se consideran como sitios idóneos para el establecimiento de placas empotradas, en los armazones de concreto más compactos, de los puentes y alcantarillas que se encuentren en las rutas de las vías de comunicación:



**Figura 5. Ejemplo de placas empotrada en las armazones**

Tratándose de poblaciones será recomendable ubicar los Bancos de Nivel en:

- Edificios públicos (presidencias municipales, iglesias, escuelas, hospitales, etcétera) que aseguren su permanencia.
- Estaciones de ferrocarril.
- Parques y jardines.
- Monumentos históricos, con el debido permiso del o los organismos responsables de su mantenimiento y/o conservación.

Cuando una localidad se encuentra a menos de 6 Km de la línea de nivelación correspondiente al proyecto, se podrá llevar la línea hasta dicha localidad (figura 7), estableciendo bancos a cada kilómetro en lugares que aseguren su permanencia. En caso de que varias localidades se ubiquen a menos de 6 Km de la ruta de la línea, no será necesario desviar la nivelación a cada una de ellas (dependerá del propósito y conveniencia de utilidad en el proyecto), asimismo habrá que tomar en cuenta la importancia de las localidades, su vía de acceso, la distancia aproximada de separación con la última localidad de 20 Km o más, entre otros; la cartografía de la zona ayudará en mucho para la selección de las localidades a las cuales se podrá llevar la monumentación y nivelación.

En su caso, si los datos de las mediciones se realizan como ramales éstos se codificarán al final de los formatos de resumen de la línea, así como en los archivos utilizados para el ajuste de los mismos.

Cuando un banco nodal sea construido con un monumento especial (dos placas en un monumento), estas dos placas o marcas deberán medirse: como una sección de nivelación con pares de puestas de aparato o como un ramal y proceder a su codificación según sea el caso.

En general, se procurará empotrar Bancos de Nivel en roca sana fuera de los derechos de vía o de los límites de la zona federal que contempla la ley, también se buscará que al menos por cada cinco Bancos de Nivel establecidos, el sexto sea ubicado fuera de la zona federal y procurando ubicar uno en mojonera o roca sana fuera de dicha zona.

No se deberá establecer Bancos de Nivel en zonas de cultivo y en esta etapa se debe tomar en cuenta la selección de los sitios para la ubicación de los bancos nodales.

Por último es recomendable vigilar que en el proyecto definitivo, la mayor parte de los Bancos de Nivel (60%) sean monumentados y el resto empotrados, con excepción de lo expuesto en las densificaciones de localidades urbanas.

DESVIACIÓN DE LA LÍNEA DE NIVELACIÓN A LOCALIDADES QUE SE ENCUENTRAN EN PROMEDIO A 6 km DE LA MISMA.

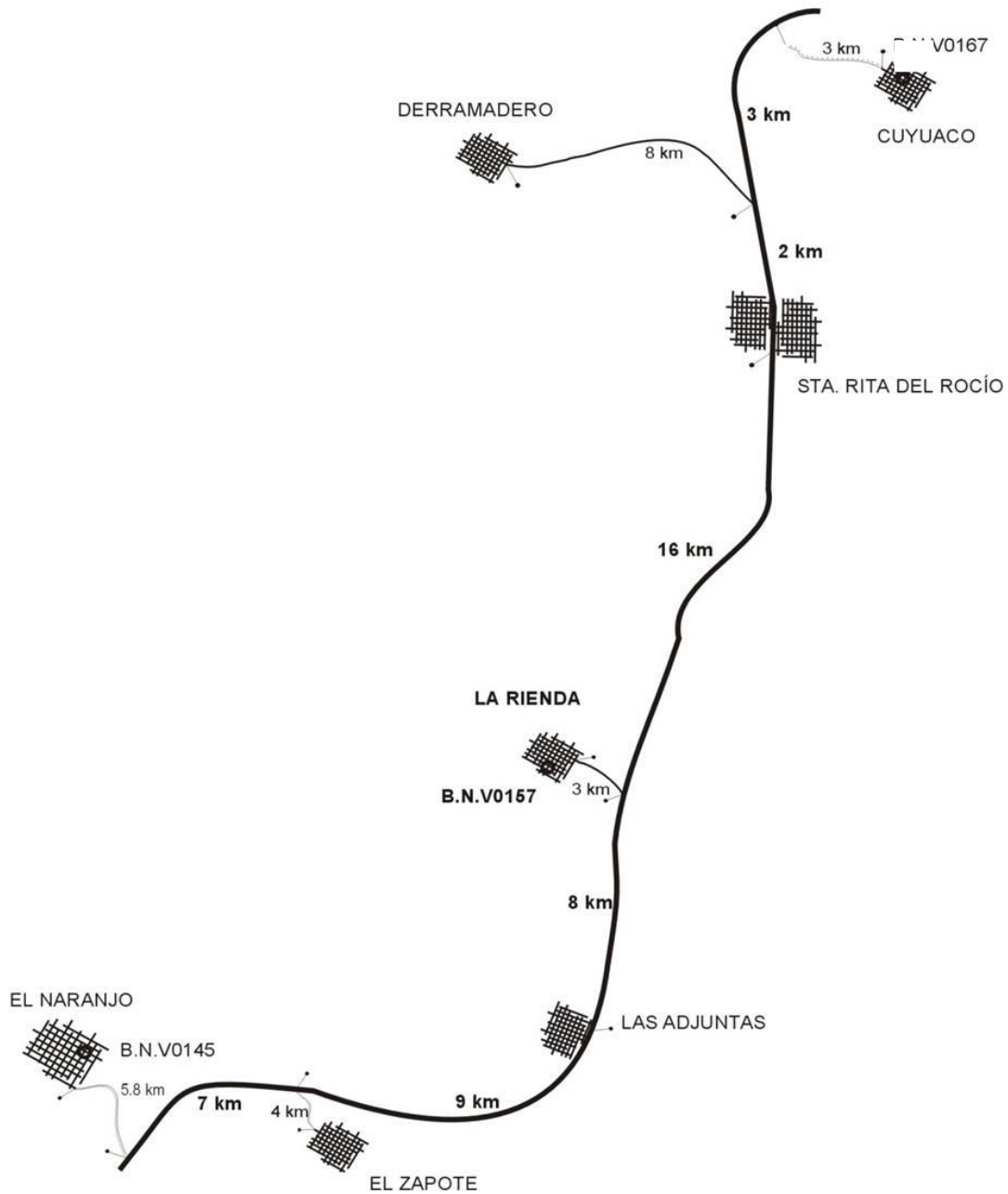


Figura 6. Ejemplo de desviación de líneas de nivelación a localidades que se encuentran a menos de 6 km

### 3.4 Consideraciones ramales a localidades o bancos nodales

Los Bancos de Nivel distribuidos mediante ramales a las localidades o los bancos adyacentes a los nodales deberán incluirse en la línea de nivelación principal como parte de la misma.

Lo anterior permitirá contar con el estándar de exactitud posicional ( $\pm 5 \text{ mm } \sqrt{k}$  de acuerdo a la tabla de clasificación) que garantice la calidad de información de estos Bancos de Nivel.

Para tal efecto las figuras 7 y 8 muestran ejemplos gráficos de los métodos con los que se realizará el levantamiento en campo.

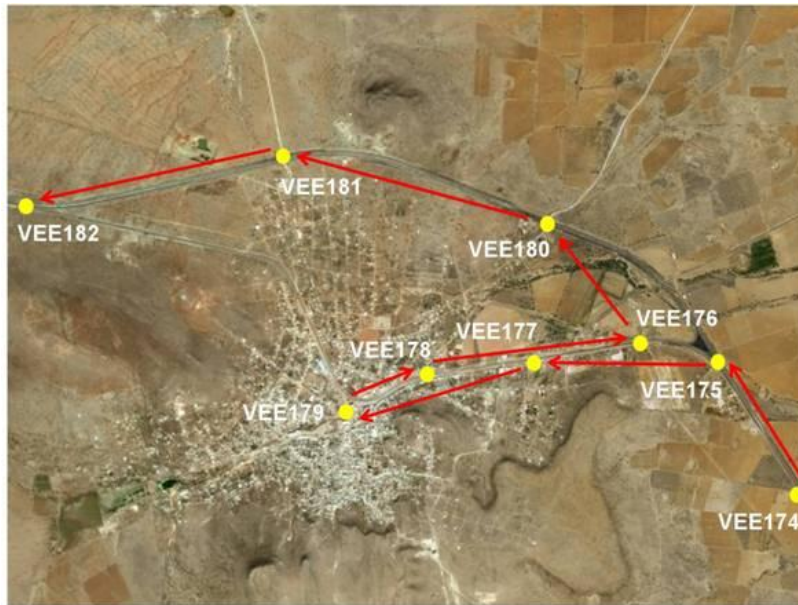


Figura 7. Ramal a localidades



Figura 8. Banco nodal y adyacentes

### 3.5 Establecimiento de Bancos de Nivel y sus referencias

En esta etapa se establecerán los Bancos de Nivel de acuerdo con lo especificado en los puntos anteriores. Una vez determinada la cantidad de Bancos de Nivel que conforman el proyecto de nivelación y su ubicación, es recomendable utilizar placas de metal (aluminio o bronce, ya presentan una mayor resistencia a la corrosión) para la monumentación, asimismo es preferible que contengan la inscripción de datos relativos a: identificación de la Institución o Unidad del Estado responsable, designación de la estación geodésica (Banco de Nivel), fecha de

establecimiento (dos dígitos del día, dos dígitos del mes y cuatro dígitos del año). Para las zonas costeras se recomienda que las placas sean de bronce, material que es más resistente a la corrosión por salinidad.

La nomenclatura para la designación de los Bancos de Nivel establecidos por las brigadas de verificación y monumentación deberá contar con los elementos que la Unidad de Estado encargada de realizar el proyecto de nivelación considere convenientes, como ejemplo, el INEGI considera los siguientes elementos:

#### **VEENNN**

En donde:

**V** Indica que es una estación de un levantamiento de Control Vertical.

**EE** Indica el número (2 dígitos) asignado del “Catálogo de Entidades Federativas” a cada estado de la República Mexicana.

**NNN** Indica el número consecutivo para cada Banco de Nivel establecido en el estado.

La designación de los Bancos de Nivel antiguos se conservará y para generalizar su nomenclatura en su identificación se antepondrá las siglas BN, no importando la época y dependencia que lo haya establecido.

En el apartado “Cálculos preliminares”, se detalla más a fondo lo relacionado con la denominación de Bancos de Nivel antiguos.

En el caso de que sea necesario establecer uno o más Bancos de Nivel entre dos ya establecidos, éstos llevarán la designación del Banco de Nivel anterior más una letra, correspondiendo la letra A al primero de ellos, la B al segundo, y así sucesivamente.

Para la reconstrucción de un Banco de Nivel en el mismo lugar, entiéndase como “mismo lugar” que las referencias del banco “destruido” sean las mismas que para el banco “reconstruido”, se debe emplear la misma designación del banco más la letra “R”, que significará “reconstruido” siempre y cuando el Banco de Nivel ya haya sido medido con anterioridad, de lo contrario se ocupará la designación original.

### **3.6 Monumentación**

Es importante considerar que para trabajos de monumentación de Bancos de Nivel se deberán concertar los permisos necesarios (en caso de requerirse) para su establecimiento, sobre todo cuando se realicen en zonas urbanas.

Para obtener mejores resultados, se recomienda que la mezcla para la construcción del monumento contenga una proporción 1:2:4 (una parte de cemento, dos partes de arena y cuatro partes de grava) y el agua necesaria para la compenetración de estos materiales. En caso de que se requiera medir en un tiempo muy próximo a la monumentación (después de los cinco primeros días a su establecimiento), se debe agregar a la mezcla un aditivo acelerante de fraguado para concreto.

De no agregar el aditamento acelerante, es recomendable que se realice la medición después de 30 días de establecido el monumento de concreto.

Como se mencionó en puntos anteriores el establecimiento de Bancos de Nivel podrá consistir en:

- a) Placa ahogada en monumento de concreto.
- b) Placa empotrada en roca sana.
- c) Placa empotrada verticalmente sobre un paramento.
- d) Placa empotrada en obra de concreto o estructura arquitectónica.

### **Placa ahogada en monumento de concreto**

Se asentará en terrenos compactos o con manto rocoso en donde se pueda excavar hasta un metro de profundidad; para terrenos o manto rocoso de menor profundidad, se excavará hasta encontrar la superficie de la roca sana o del manto rocoso que presente dificultad para continuar la excavación, misma que no sea menor que 0.60 m.

Es importante señalar que la placa que define la Estación Geodésica Vertical o BN deberá ser orientada al Norte tomando como referencia alguna de las letras que identifican a la Unidad del Estado responsable de su establecimiento.

Para una mayor referencia, en las siguientes imágenes se muestra como ejemplo las características de la placa y monumento utilizados por el INEGI en el establecimiento de Estaciones Geodésicas Verticales o Bancos de Nivel.

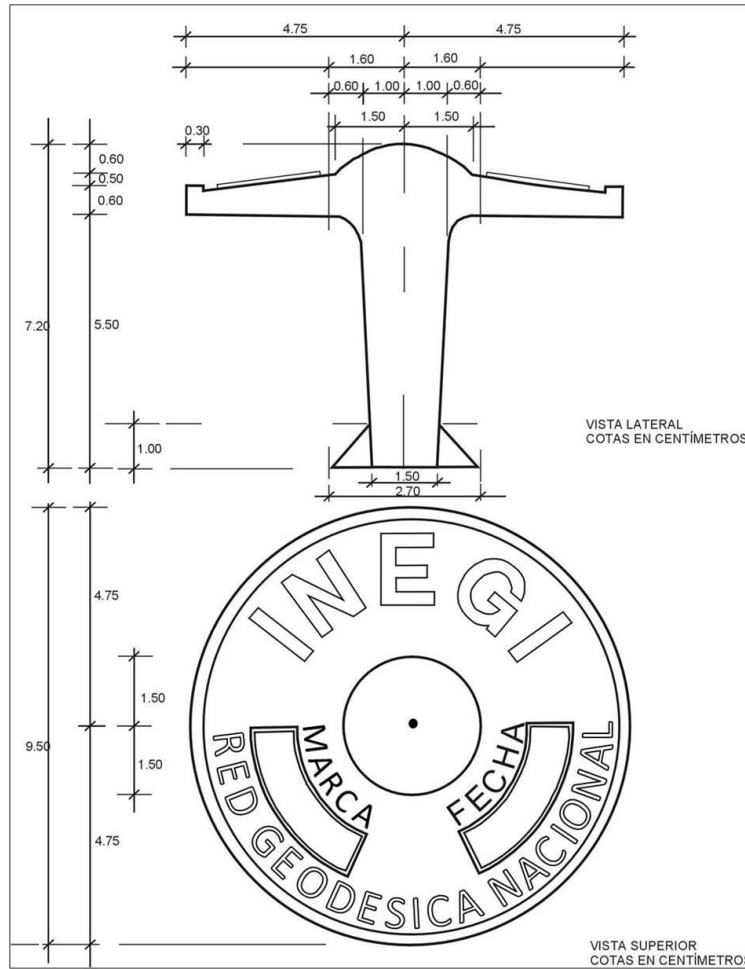


Figura 9. Ejemplo de una Placa para Banco de Nivel utilizada por el INEGI

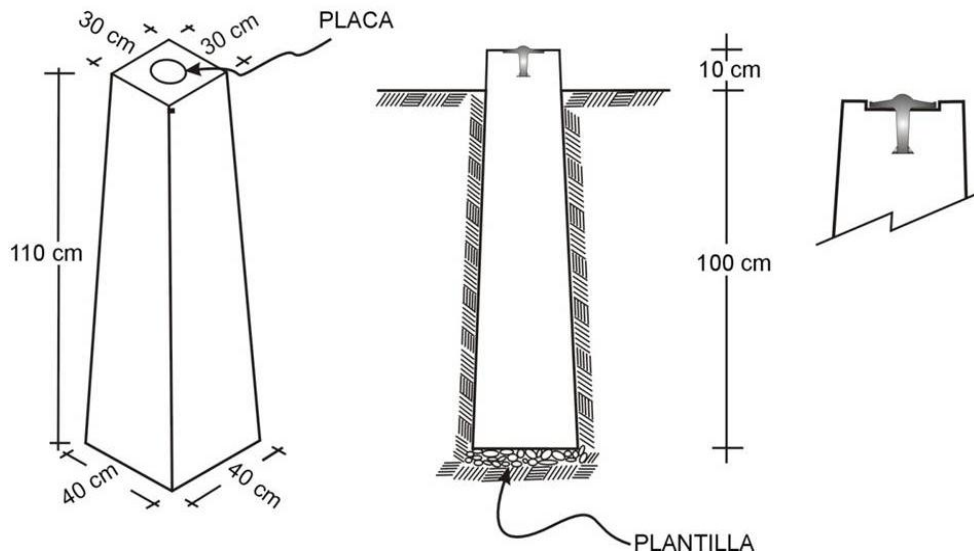


Figura 10. Ejemplo de un monumento estándar para nivelación utilizado por el INEGI

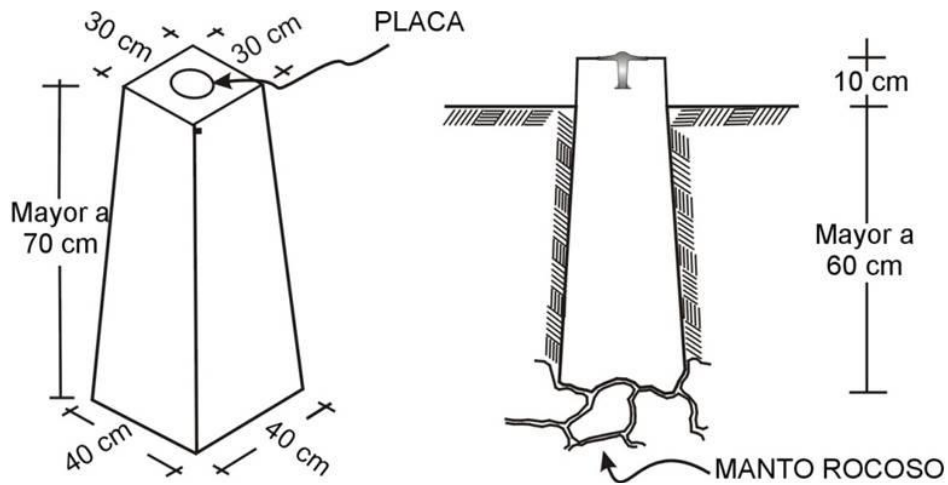


Figura 11. Ejemplo de un monumento sobre terrenos compactos o con manto rocoso

Para Bancos de Nivel maestros, bancos nodales y sitios que se señalen como especiales, y en caso de no encontrarse extensiones notables de roca sana o grandes estructuras de concreto estables, se recomienda utilizar monumentos especiales.

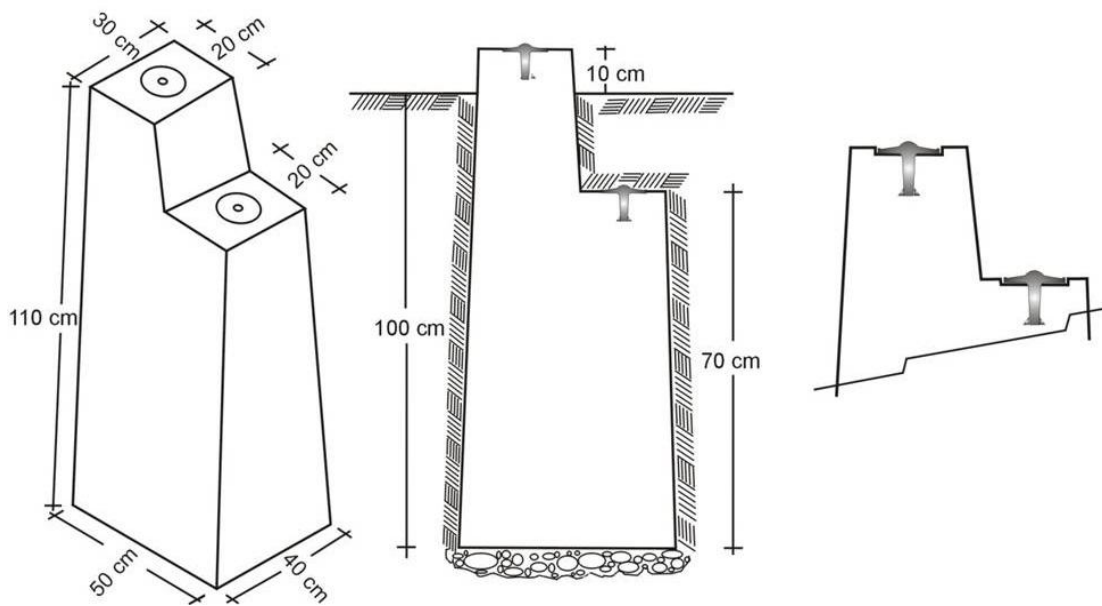
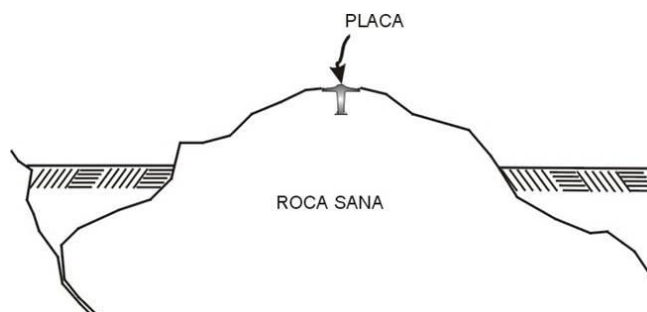


Figura 12. Ejemplo de monumento especial para nivelación utilizado en el INEGI

Este tipo de monumento también puede emplearse cuando se sospeche su destrucción en un futuro. Esta situación puede presentarse en: estaciones mareográficas, lugares de tránsito continuo de peatones, escuelas, etcétera. Se debe elaborar un formato de croquis e itinerario por cada uno de estos Bancos de Nivel.

### Placa empotrada en roca sana

Consiste en el empotramiento de la placa al nivel de la superficie seleccionada, **este tipo de monumentación es la de mayor estabilidad y por lo cual es recomendable que tenga una mayor prioridad en su establecimiento.**



**Figura 13. Ejemplo de Placa empotrada en roca sana**

### **Placa empotrada en obra de concreto o estructura arquitectónica**

Este tipo de empotramiento se debe realizar en lugares que tengan una planta de cimentación que garantice su estabilidad principalmente; los lugares más frecuentes son la dala de alcantarilla, guarnición de puente, entre otros. No es recomendable empotrar placas en lugares cuya planta de cimentación sea de mampostería y el grabado de la placa debe hacerse utilizando el equipo necesario (incluido en la Tabla 3), antes de ser colocada en el lugar seleccionado, esto para evitar el desprendimiento de la misma.

Es de gran importancia que el levantamiento de campo se realice después de un periodo no menor que treinta días de haberse efectuado la monumentación (tiempo promedio de fraguado del concreto normal); en caso de realizarse el levantamiento o medición después de los cinco primeros días posteriores a la monumentación deberá haberse usado un aditivo para fraguado rápido de concreto (como se mencionó en un párrafo anterior).

Equipo y materiales recomendados para realizar trabajos de reconocimiento y monumentación:

**Tabla 2. Equipo y material.**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>
Vehículo de transporte	1
Navegador GPS para posiciones puntuales	1
Brújula	1
Nivel de Mano	1
Cinta métrica de 50 m	1
Juegos de letras y número de golpe	1
Barretas	2
Cavahoyos	1
Palas	2
Marros	2
Cinzel plano	4
Barrena de golpe	2
Cucharas de albañil	2
Moldes para monumentos (de madera o metálicos)	6
Brochas.	2
Placas para la monumentación tradicional y	Según necesidades

vertical	
Cemento, grava y arena	Según necesidades
Aditivo de fraguado rápido (si se requiere)	Según necesidades
Pintura de secado rápido	Según necesidades
Bidones para agua de 50 litros	2
Machetes	2
Equipo de protección (chalecos, banderas, etc.)	Según necesidades

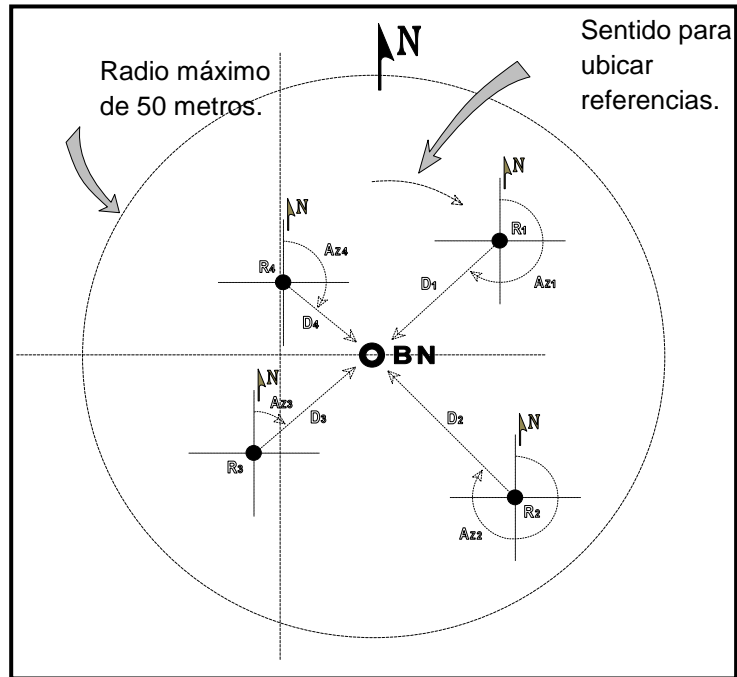
**NOTA:** el agua, el cemento, la grava y la arena necesarios para la elaboración del monumento pueden adquirirse en la zona de trabajo.

### 3.7 Marcas de referencia

Es recomendable que cada Banco de Nivel cuente con un máximo de cuatro marcas de referencia para facilitar su localización, y consistirán en detalles naturales o artificiales característicos del lugar, de fácil identificación y que garanticen su permanencia tales como postes, árboles, rocas aisladas, bardas, puertas, etcétera.

Se debe procurar que las marcas de referencia tengan una distribución angular uniforme con centro en el Banco de Nivel y se relacionarán con éste mediante azimuts magnéticos al grado, distancias horizontales al centímetro no mayores a 50 m, y desniveles al decímetro, medidos desde cada marca de referencia al banco; dicha referencia deberá colocarse en el formato de Croquis que designe y crea conveniente cada Unidad del Estado.

Según sea el caso, las marcas de referencia se pueden denominar como R-1 hasta R-4 y de acuerdo con su posición con respecto al Banco de Nivel, a los ejes o puntos cardinales y a la rotación de las manecillas del reloj; la primera será la ubicada en el primer cuadrante (Noreste) y así sucesivamente como se muestra en la figura 14.



**Figura 14. Marcas de referencia**

Cuando no sea posible establecer marca(s) de referencia en el radio de los 50 m (distancia horizontal), estas marcas deberán establecerse sólo con referencia acimutal y distancia aproximada.

Aun cuando la posición geográfica de una marca geodésica sea tomada utilizando un navegador GPS, las referencias son de gran utilidad para su localización, por lo que ningún Banco de Nivel debería dejar de contar con las marcas de referencia mencionadas en los párrafos anteriores.

### 3.8 Actividades Complementarias

Como parte de la etapa de establecimiento de Bancos de Nivel y sus referencias, se debe considerar el realizar las actividades siguientes:

#### Descripción y croquis de un Banco de Nivel

La descripción de la Estación Geodésica Vertical o Banco de Nivel se deberá elaborar mediante el llenado del formato de croquis que determine la Unidad del Estado responsable del levantamiento (en el formato 1 croquis y descripción de estación geodésica vertical (Banco de Nivel) se muestra como ejemplo el formato utilizado en el INEGI para sus levantamiento), dicho formato tiene como objetivo describir la marca y facilitar su localización para posteriores eventos de medición.

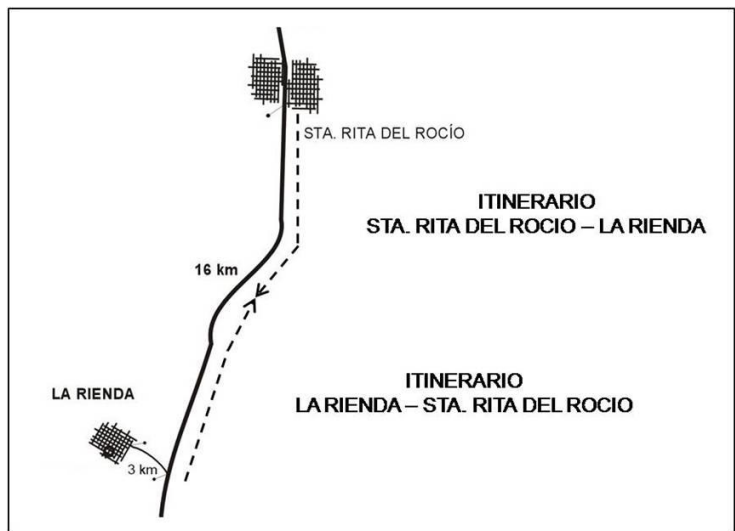
La actualización o revisión del croquis, descripciones o itinerarios de las marcas geodésicas deberá realizarse cada vez que se lleve a cabo la recuperación y medición de líneas de nivelación; esta actividad será función del responsable de la brigada.

Si las condiciones físicas y descriptivas del lugar de ubicación de una marca geodésica medida con anterioridad no han cambiado, sólo se verificará la veracidad de la información y en su caso se harán las correcciones meritorias, de lo contrario se elaborará el croquis, itinerario y descripción de la marca; esta nueva información y la asociada, como son las coordenadas y alturas actualizadas, la fecha de verificación, de medición, etcétera, deberán actualizarse en los diferentes sistemas digitales de información geográfica con los que cuente o considere necesarios cada Unidad del Estado que realice este tipo de levantamiento.

Los itinerarios de los Bancos de Nivel se programarán desde la etapa del anteproyecto, etapa en la cual con la ayuda de la cartografía se pueden identificar las localidades más importantes por donde se proyectó la línea de nivelación, así como límites estatales, rasgos de ingeniería importantes (edificaciones, puentes, presas, canales, etc.) y rasgos geográficos notables (ríos, cerros, etc.), entre otros.

La distancia de separación entre estos “lugares” dependerá de las características de los mismos y no deberá exceder de 50 Km.

Una vez elegidos estos sitios, los itinerarios de la mitad de los Bancos de Nivel entre los sitios deben referirse con la leyenda “A partir del lugar #1 hacia el lugar #2” y la otra mitad deben referirse con la leyenda “A partir del lugar #2 hacia el lugar #1” como se muestra en la figura 15.



**Figura 15. Ejemplo para la descripción de Itinerarios utilizado por el INEGI**

### **Posición geográfica**

Es información indispensable que cada Banco de Nivel monumentado, empotrado o recuperado cuente con una posición geográfica tomada con un navegador GPS, debidamente configurado en el elipsoide GRS80, en los sistemas de referencia WGS84 o ITRF que dicte la norma técnica del Sistema Geodésico Nacional (actualmente ITRF08) y se deberá registrar en el formato de Croquis que designe y crea conveniente cada Unidad del Estado

responsable de realizar el levantamiento, se deberá incluir como parte de la posición geográfica una altura geodésica.

### **Identificación en imágenes**

Cuando se cuente con imágenes digitales o analógicas, de la zona de trabajo, se podrá identificar en las mismas todo aquel Banco de Nivel que su condición lo permita, con el fin de contar con información adicional que coadyuve en procesos adicionales.

## **3.9 Levantamiento**

### **3.9.1 Equipo (características generales)**

#### Niveles geodésicos

Los niveles geodésicos modernos (basculantes y automáticos) tienen como características y ventajas principales, ser ligeros y precisos, de fácil estacionamiento y observación. Ordinariamente son de color claro para reducir al mínimo los efectos térmicos de los rayos solares. El ajuste requerido en campo es mínimo; van equipados con un nivel esférico que permite nivelarlos. Su base triangular está provista de tres tornillos nivelantes, para asegurar su nivelación. Contienen una retícula grabada en una placa de vidrio. Se les puede acoplar (si no lo tienen integrado) un dispositivo de iluminación eléctrica para trabajos nocturnos.

A continuación se describen algunos de los Niveles que han sido utilizados en el INEGI con el fin de mostrar un panorama general sobre sus principales componentes.

**Nivel basculante (figura 20).**- Una vez nivelado el instrumento mediante su nivel esférico, se apunta el anteojo en la dirección deseada y se hace bascular ligeramente en el plano vertical de su eje por medio del tornillo basculante, hasta que quede centrada la burbuja del nivel tubular del anteojo. De este modo, la línea de mira queda horizontal.

Componentes principales de un Nivel Basculante:

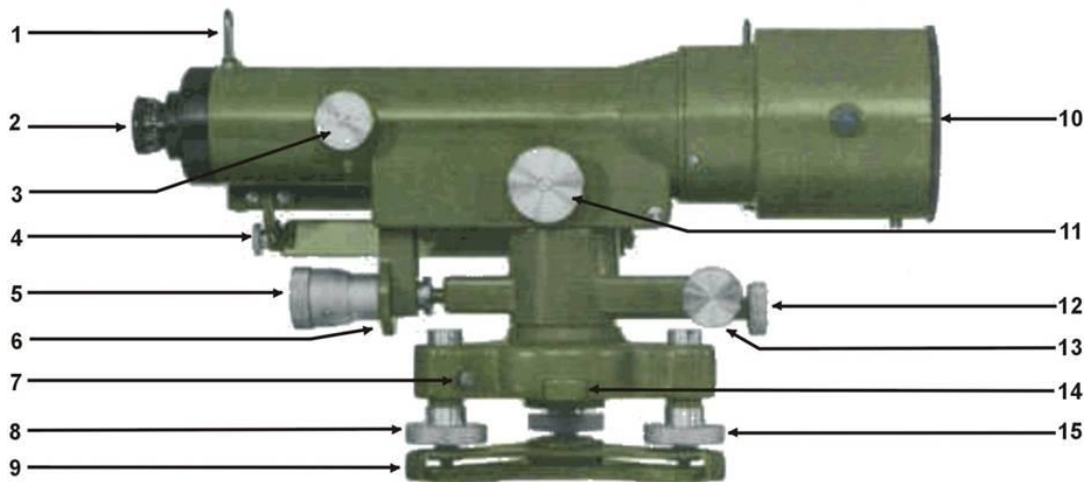


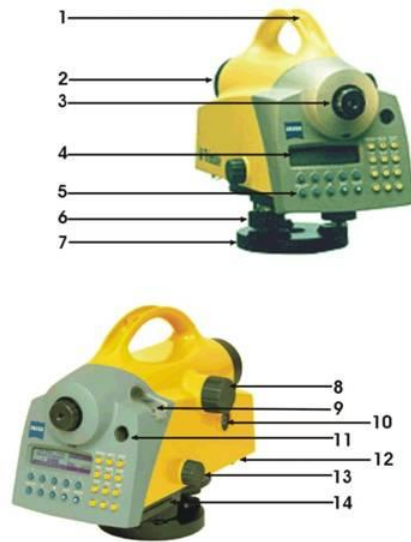
Figura 16. Ejemplo de Nivel Basculante de Constante Estadimétrica igual a 100 utilizado anteriormente por el INEGI (Imagen tomada del manual impreso del equipo)

- |  |  |
|--|--|
| 1. Mirilla para observar el objetivo               | 9. Base triangular                               |
| 2. Ocular del anteojo                              | 10. Montura del cristal protector                |
| 3. Botón de enfoque                                | 11. Botón micrómetro                             |
| 4. Espejo para la iluminación del nivel horizontal | 12. Tornillo de sujeción del movimiento acimutal |
| 5. Tornillo basculante                             | 13. Tornillo de movimiento fino                  |
| 6. Tambor graduado                                 | 14. Leva de apoyo                                |
| 7. Ajuste del tornillo nivelante                   | 15. Tornillo nivelante                           |
| 8. Tornillo nivelante                              |  |

**Nivel automático.**- Los instrumentos de esta clase mantienen horizontal su línea de mira por medio de un sistema pendular y de un sistema de prismas y espejos. El péndulo es amortiguado magnéticamente y su manejo resulta tan rápido como sencillo. En cada estación se nivela el equipo mediante un nivel esférico y el péndulo mantiene horizontal la línea de mira.

Estos niveles digitales permiten leer y registrar datos electrónicamente mediante el uso de miras geodésicas invar con código de barras. Poseen pantalla y teclado mediante los cuales es posible configurar el instrumento para que los datos obtenidos estén dentro del formato y las tolerancias requeridas. Presentan también la calidad de realizar algunos de los ajustes que requieren los niveles de manera automática. La transferencia de datos directamente a un equipo de cómputo minimiza errores en comparación con los niveles mecánicos.

Componentes principales de un Nivel Digital:



**Figura 17. Ejemplo de un Nivel Digital (Automático) utilizado por el INEGI (Imagen tomada del manual impreso del equipo).**

1. Mirilla	8 Botón de enfoque
2. Objetivo del anteojo con protector solar integrado	9 Tapa removible para el ajuste del nivel circular.
3. Ocular del anteojo	10 Botón de toma de lecturas (Gatillo de medición).
4. Pantalla	11 Ventanilla del nivel circular
5. Teclado	12 Compartimiento de la batería
6. Tornillos de nivelación	13 Tornillo tangencial horizontal (movimiento fino sinfín)
7. Base Nivelante	14 Enchufe de la tarjeta PCMCIA

El Nivel Digital posee un sistema de interfase con el usuario que consta del teclado de control y pantalla. Dichos teclados generalmente poseen 22 teclas divididas en grupos de acuerdo a su función, y tienen la finalidad de que la operación del instrumento sea rápida y sencilla.

### 3.9.2 Condiciones que debe cumplir un nivel geodésico

- 1ª. La directriz del nivel tubular debe ser perpendicular al eje vertical del instrumento.
- 2ª. El hilo horizontal de la retícula debe estar en un plano perpendicular al eje vertical cuando el instrumento está nivelado.
- 3ª. La línea de colimación debe ser paralela a la directriz del nivel cuando el instrumento está nivelado.

Los niveles automáticos y digitales deben cumplir la segunda condición.

### 3.9.3 Miras geodésicas

Las miras para nivelación geodésica principalmente cuentan con un cuerpo de madera o aluminio que contiene un fleje de metal invar graduado o con código de barras, que se sujeta a uno de sus extremos y por el otro es tensionado por un resorte. Los números de la graduación vienen pintados sobre la cara de la mira que se encuentra porcelanizada (Figura 25). En su cara posterior se puede colocar un termómetro para la toma de temperaturas y un nivel circular para mantenerlas en posición vertical. En la parte inferior se coloca una plataforma con un orificio, o un aro metálico para evitar desplazamientos al girarlas mientras están apoyadas en la base o soporte para la mira (sapo). Por último, están provistas de asas de sujeción.

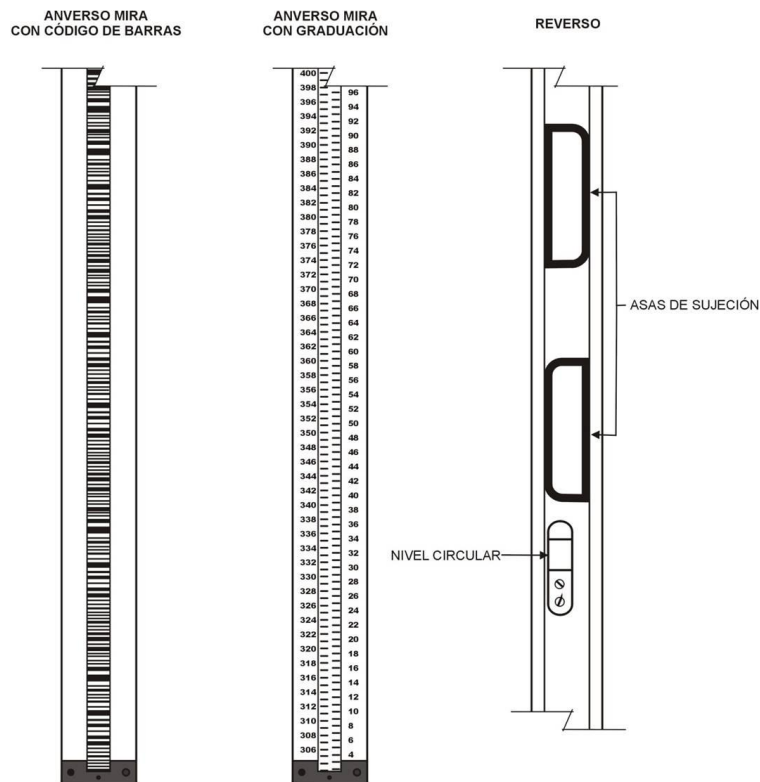


Figura 18. Ejemplos de Miras Geodésicas que han sido o son utilizadas en el INEGI.

Las miras son instrumentos delicados que requieren de cuidados especiales, a continuación se indican algunas recomendaciones para su cuidado.

*Transportación:* Cuando se transporten en vehículo, las miras deben colocarse en un estuche rígido, asegurado adecuadamente al vehículo.

Para su transporte a pie, la mira deberá ser tomada con firmeza por sus asas o se apoyará sobre los hombros del portamira, alternando uno y otro costado por tiempos iguales para evitar un posible pandeo. Debe protegerse de los golpes y la cinta invar no deberá tocarse para evitar el deterioro de su graduación.

*Operación:* El regatón de la mira se inspeccionará con frecuencia para asegurar su perpendicularidad con respecto a la cara de la misma, nunca se debe apoyar directamente en el suelo y se vigilará que siempre se encuentre limpio.

No deberá ejercerse ninguna presión sobre la mira.

En caso de que el trabajo se interrumpa por periodos cortos deberá descansar sobre el terreno en uno de sus costados.

*Aseo:* Al término de cada jornada de trabajo, las miras deberán limpiarse con una tela suave y seca para no dañarlas.

*Almacenaje:* Siempre que no se usen, deben guardarse en su estuche, colocando esté en posición horizontal.

### 3.9.4 Equipo Complementario recomendable (tabla 3)

**Tabla 3. Equipo complementario.**

Equipo y material	Cantidad
Trípode	1 o 2
Termómetro	2
Base o soporte para la miras (sapo)	2
Libretas de campo (niveles óptico – mecánicos)	Según necesidades
Sombrilla	1
Nivel de mano	1 o 2
Brújula	1
Cinta métrica de 50 m	1
Calculadora portátil	1
Imágenes	Según necesidades
Estereoscopio de bolsillo y agujas	1
Papelería (cartografía, formatos, etc.)	Según necesidades
Equipo de dibujo (escuadras, escalímetro, etc.)	Según necesidades
Equipo de monumentación	Según necesidades
Machetes	2
Equipo de protección (chalecos, banderas, etc.)	Según necesidades
Navegador GPS	1
Placas para Bancos de Nivel	Según necesidades
Radios de comunicación	Un par recomendado o según necesidades, y sin que su uso comprometa la seguridad física de los

	integrantes de la brigada.
--	----------------------------

**Nota:** *el equipo de monumentación es para la construcción de marcas destruidas en la etapa de medición.*

Ejemplo de usos de algunos componentes del equipo complementario.

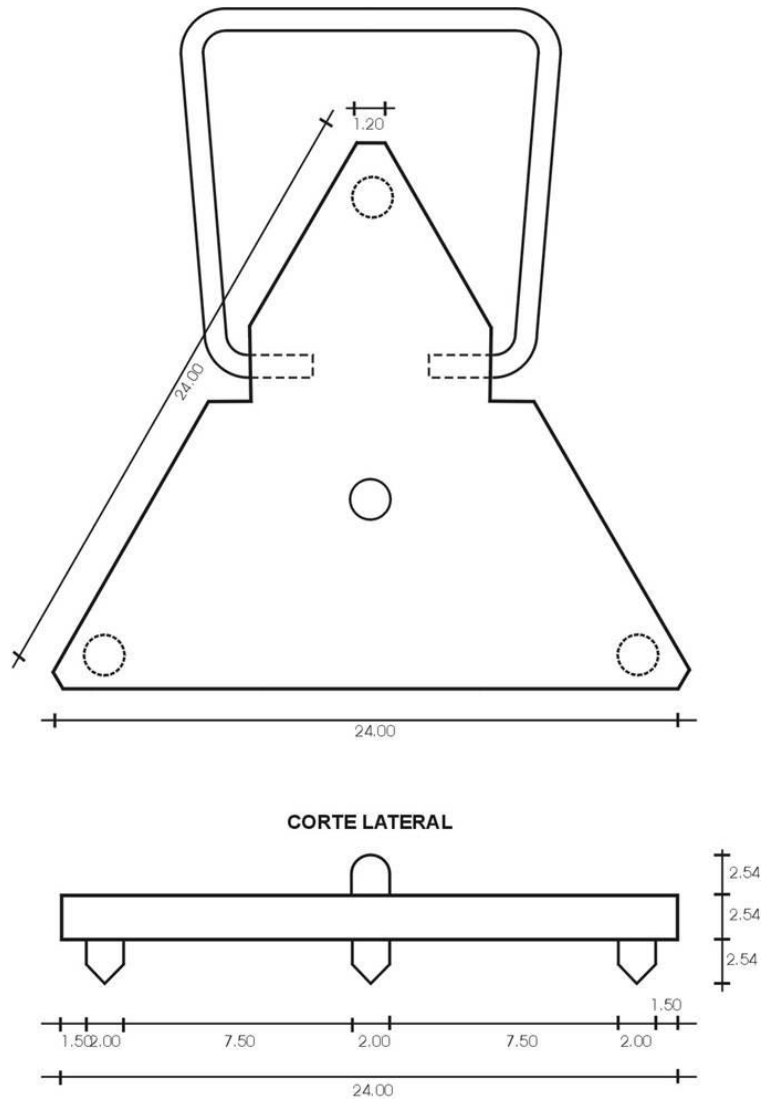
### **Trípode**

En la nivelación geodésica, el trípode tiene como función soportar el nivel, y para este fin está constituido por una armazón de tres patas rígidas de longitud fija, formadas por piezas de metal y madera perfectamente seca.

Dichas patas están unidas en su parte superior a una cabeza metálica por medio de una articulación o charnela atornillada y en su parte inferior llevan un regatón metálico.

### **Base o soporte para la mira (sapo)**

Sirve de apoyo a las miras durante los trabajos de medición entre dos Bancos de Nivel consecutivos. Está formado por una placa metálica triangular, con un perno vertical en su centro que remata en un casquete esférico y tres patas con puntas de acero para fijarlo en el suelo.



NOTA: ACOTACIONES EN CENTÍMETROS

**Figura 19. Ejemplo de Base o soporte para la mira (sapo)**

El aro que se coloca en la base de la mira tiene un diámetro interno correspondiente al perno vertical de la base o soporte para la mira (sapo), garantizando que siempre sea el mismo punto de la mira el que descansa en el perno, con lo que se evita el desplazamiento de la mira en el curso de su giro.

### **Termómetro**

Se usará para registrar la temperatura de la mira y deberá ser análogo con una escala legible al décimo de grado centígrado o digital, y capaz de medir las temperaturas extremas de la zona de trabajo.

## **3.10 Comprobación y ajustes del equipo (antes del levantamiento)**

### **3.10.1 Comprobación y ajuste del paralelismo entre la línea de colimación del anteojo y la directriz del nivel tubular**

Debido a que no es posible satisfacer la condición del paralelismo en una forma absoluta, la magnitud del error deberá determinarse diariamente antes de empezar las actividades de medición o en el caso de que el instrumento sufra algún golpe, lo anterior con el fin de comprobar que éste se encuentra dentro del límite tolerable (definido por la Unidad del Estado responsable del levantamiento).

Algunos niveles digitales como el caso de los utilizados por el INEGI presentan cuatro métodos opcionales para obtener el factor de colimación, estos métodos emplean el mismo principio y algoritmo para el cálculo del factor. Principalmente se realiza la comprobación seleccionando cualquiera de las opciones disponibles en los equipos siguiendo las indicaciones desplegadas en la pantalla del aparato. Se puede consultar el manual de operación del equipo con que cuente la Unida del Estado para mayor información.

### 3.10.2 Comprobación en equipos Electrónicos (Método Nähbauer), determinación de colimación "C"

- Antes de iniciar el método para la determinación de "C", el instrumento deberá estar a temperatura ambiente por un espacio de 10 minutos, asimismo el equipo deberá contar dentro de su menú con la opción para realizar este tipo de pruebas, adicionalmente en caso de que el equipo utilizado cuente con las opciones de corrección por Curvatura Terrestre y Refracción, estas deberán estar activadas.
- Se deben elegir dos puntos estables en el terreno, 1 y 2, separados por una distancia de 45 m, aproximadamente, con una pendiente no mayor al 1%, estos puntos servirán para colocar el equipo.
- Se divide el tramo en tres partes iguales, 15 m, aproximadamente cada una, y así se obtendrán las posiciones para colocar las miras A y B.

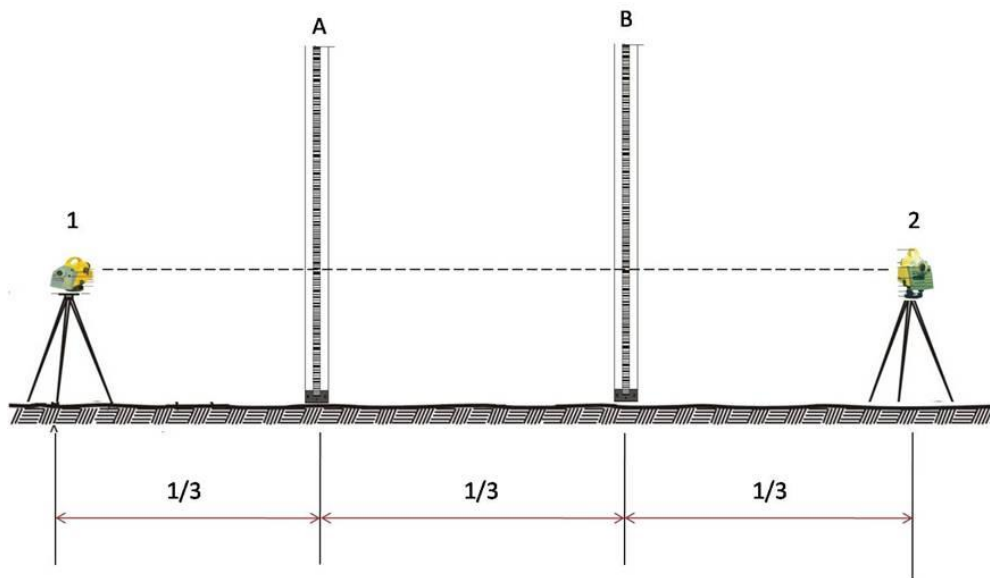
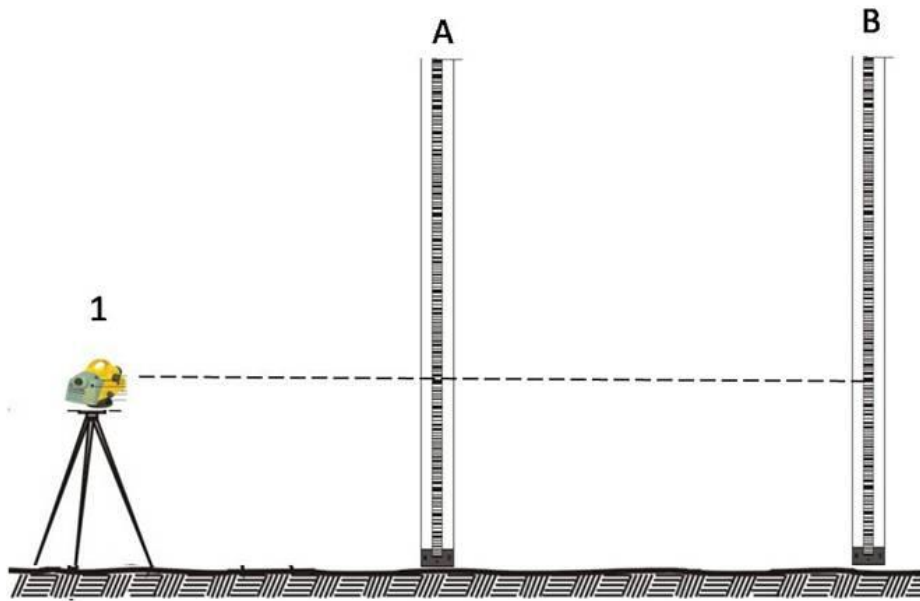


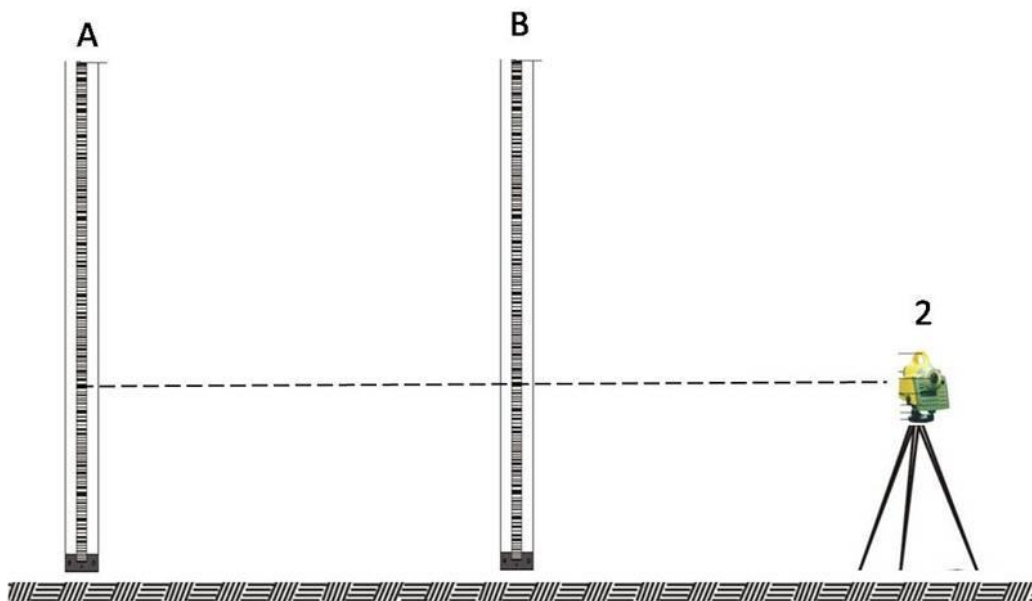
Figura 20. Comprobación en equipos (Método Nähbauer)

- Se coloca el instrumento en la posición 1 (Figura 28) con el fin de efectuar la lectura en la mira A (cercana) y después en la mira B (lejana).



**Figura 21. Comprobación en equipos (Posición 1)**

- En el siguiente paso se coloca el instrumento en la posición 2 (Figura 29) y se efectúa la lectura en la mira B (cercana) y después en la mira A (lejana).



**Figura 22. Comprobación en equipos (Posición 2).**

- Una vez concluida la última medición, el equipo deberá desplegar en pantalla el valor "C" resultante, para el cálculo de este valor, normalmente se utiliza la siguiente expresión (dicho valor también puede ser calculado manualmente):

$$C = \frac{((IA2 - IB2) - (IA1 - IB1))}{((dA2 - dB2) - (dA1 - dB1))} \times 206265["]$$

En donde:

IA1= Lectura en la mira cercana desde la estación 1.

dA1= Distancia a la mira cercana desde la estación 1.

IB1= Lectura en la mira lejana desde la estación 1.

dB1= Distancia a la mira lejana desde la estación 1.

IB2= Lectura en la mira cercana desde la estación 2.

dB2= Distancia a la mira cercana desde la estación 2.

IA2= Lectura de la mira lejana desde la estación 2.

dA2= Distancia a la mira lejana desde la estación 2.

Ejemplo de un cálculo de "C" para un Nivel Digital.

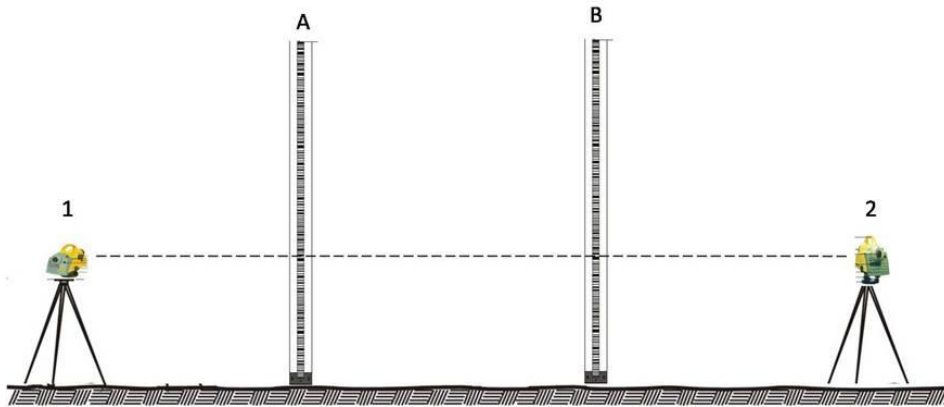


Figura 23. Método Nähnauer

Tabla 4. Lecturas y distancias de las miras obtenidas para el ejemplo.

Lecturas en las miras (m)	Distancia a las miras (m)
IA1= 1.57593	dA1= 16.420
IB1= 1.72384	dB1= 34.233
IB2= 1.42870	dB2= 13.945
IA2= 1.28003	dA2= 31.747

$$C = \frac{(1.28003 - 1.42870) - (1.57593 - 1.72384)}{(31.747 - 13.945) - (16.420 - 34.233)} \times 206265$$

$$C = \frac{-0.00076}{35.615} \times 206265 = -0.0000213 \times 206265$$

$$C = -4.4''$$

### 3.10.3 Comprobación en equipos Óptico Mecánicos, determinación de colimación “C”

- Se deben elegir dos puntos estables en el terreno, A y B, separados por una distancia de 66 m, aproximadamente, con una pendiente no mayor al 1%, estos puntos servirán para colocar las miras.
- Se coloca el equipo a una distancia aproximada de 6.0 m, del punto “A” y se efectúan las lecturas A1 (cercana) y B1 (lejana) empleando los tres hilos de la retícula además de la lectura del micrómetro.
- Se traslada el equipo a una distancia aproximada de 6.0 m, del puntos “B” y se efectúan las lecturas B2 (cercana) y A2 (lejana) de igual manera que el punto anterior.
- Enseguida se realiza la corrección de las lecturas observadas sobre la mira lejana por curvaturas o refracción.
- Se determinan los intervalos a las miras cercana y lejana, restando de la lectura superior la lectura media y de esta, la inferior y luego se suman estas dos diferencias.
- Se efectúa la suma de las lecturas cercanas y lejanas de los hilos medios, así como la de los intervalos respectivos.
- Con los valores obtenidos de los puntos anteriores se determina el factor de colimación “C” utilizando la fórmula:

$$C = \frac{(\sum(\text{Lecturas mira cercana}) - \sum(\text{lecturas mira lejana}))}{(\sum(\text{intervalos mira lejana}) - \sum(\text{intervalos mira cercana}))}$$

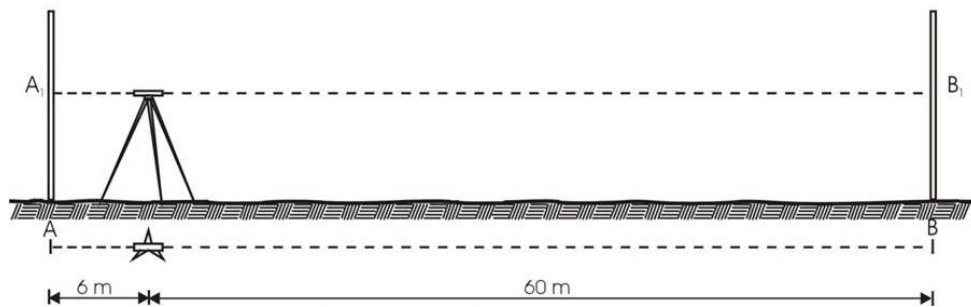


Figura 24. Primera posición

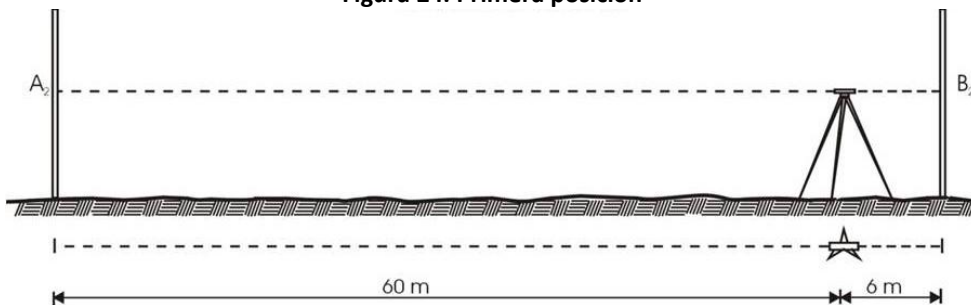


Figura 25. Segunda Posición

### Ejemplo de un cálculo de "C" para un nivel óptico-mecánico

LÍNEA:											
SECCIÓN:						INSTRUMENTO:					
LIBRETA:				HOJA:		FECHA:				HORA:	
OBSERVADOR:						ANOTADOR:					
ESTADO ATMOSFÉRICO:											
ESTACIÓN	LECTURAS CERCANAS	MICRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA	NUM. DE MIRA	LECTURAS LEJANAS	MICRO	SUMA	INTER-VALOS	SUMA
A	1652					#	1891				
	1570	593	157593	82	0		1720	384	172384	171	0
	1488			82	164		1549			171	342
B	1489					#	1439				
	1420	870	142870	69	-1		1280	3	128003	159	1
	1350			70	139		1122			158	317
SUMA			300463		303	SUMA			300387		659
SUMA CORREGIDA			300367			REFRACCIÓN Y CURVATURA					
RESTA A			0.76			SUMA CORREGIDA			300367		
						SUMA DE INTERVALOS MIRA CERCANA					303
						RESTA B					356
C = A/B =						0.00213	0.002				
CALCULO:						<i>NOTA: Es recomendable que el valor de "C" para este tipo de equipos, NO EXCEDA DE +/- 0.004</i>					

**Notas:**

Para el caso de niveles electrónicos.

- Es recomendable que si el valor de "C" excede  $\pm 10$ ", el procedimiento de determinación o comprobación se repita tantas veces como sea necesario, hasta encontrar un valor permitido.
- En caso de que el equipo de medición no satisfaga la determinación o comprobación del error de colimación se podrá (a consideración de la Unidad del Estado responsable del levantamiento y de acuerdo al tipo de proyecto):
  - Trabajar con la mínima diferencia en la equidistancia de las observaciones (lecturas de distancia).
  - Efectuar mantenimiento al nivel.
  - Revisión de verticalidad de las miras.
  - Tener presente la especificación del fabricante de  $\pm 15'$  para el compensador.

Para el caso de niveles óptico mecánicos.

- Es recomendable que si el valor de "C" excede  $\pm 0.004$ , el equipo deberá ajustarse (para instrumentos de constante estadimétrica igual a 100 y panfocales).

- Para equipos de constante estadimétrica igual a 200 el valor de “C” no deberá exceder de  $\pm 0.007$  y para instrumentos de constante estadimétrica igual a 300 el valor de “C” no excederá de  $\pm 0.01$ .

### Ajuste

En caso de ser necesario puede realizarse un ajuste al equipo de medición mediante los siguientes pasos:

- a) Determinar el valor de la lectura de la mira lejana para la segunda posición del equipo utilizando la fórmula:

$$A3=A2+CS$$

Donde:

A3= letra calculada.

A2=lectura observada.

S= intervalo estadimétrico de la 2ª posición de la visual lejana.

C= error de colimación

(Todos en las mismas unidades, exceptuando “C” que es una cantidad abstracta).

- b) Aflojar el tornillo de sujeción de la cubierta protectora del objetivo, aproximadamente media vuelta.
- c) Colocar en el micrómetro las tres últimas cifras de la lectura A3 (en milímetros y fracciones de milímetros).
- d) Mantener centrada la burbuja del nivel tubular mientras se gira la cubierta protectora del objetivo hasta obtener la otra parte de la lectura A3 (metros, decímetros y centímetros) sobre la mira.
- e) Apretar nuevamente el tornillo de sujeción.
- f) Para finalizar se realiza una comprobación de los resultados obtenidos, en caso necesarios se ajusta nuevamente repitiendo los pasos anteriores las veces que sea necesario hasta cumplir con la condición establecida para “C”.

En algunos niveles Óptico Mecánicos “panfocales” y modelos más recientes este ajuste puede ser suficiente. En niveles (de constante estadimétrica igual a 100) si el ajuste descrito no basta, se podrá realizar lo siguiente:

- a) Llevar el índice de la cubierta protectora del objetivo a su posición original.
- b) Colocar en el micrómetro las tres últimas cifras de la lectura A3.
- c) Girar el tornillo de calado de los meniscos hasta leer en la mira la parte restante de A3.
- d) Aflojar ligeramente el tornillo horizontal exterior de ajuste del nivel tubular.
- e) Asignar los tornillos verticales, aflojando uno y apretando el otro, hasta conseguir el calado de los meniscos.
- f) Apretar el tornillo horizontal exterior.

Al finalizar se deberá realizar una comprobación de los resultados, el ajuste se llevará a cabo las veces que sea necesario.

### **3.10.4 Comprobación y ajuste por error de cruce (para niveles Óptico Mecánicos de constante estadimétrica igual a 100)**

Para la comprobación se deberá realizar lo siguiente:

- a) Colocar el anteojo perpendicular a dos tornillos niveladores.
- b) Nivelar el instrumento.
- c) Leer una mira colocada a una distancia comprendida entre 20 y 30 m.
- d) Girar en una media vuelta el tornillo nivelador izquierdo.
- e) Girar el tornillo nivelador derecho hasta restablecer la lectura inicial.

Si se mantiene el calado de la burbuja del nivel tubular, no existe error de cruce. En caso contrario será necesario realizar un ajuste el cual puede realizarse de la siguiente manera.

#### **Ajuste**

Aflojar un tornillo horizontal de ajuste del nivel tubular y apretar el otro hasta obtener el calado de la burbuja. Después de hacer este ajuste se comprobara el valor de "C".

### **3.10.5 Comprobación y Ajuste del Nivel Esférico**

Para la comprobación se deberá realizar lo siguiente:

- a) Situar el instrumento sobre terreno firme.
- b) Colocar el anteojo en dirección de dos tornillos nivelantes.
- c) Centrar la burbuja del nivel esférico mediante los tornillos nivelantes.
- d) Girar el anteojo 180°. Si el nivel está correcto la burbuja permanecerá centrada. En caso contrario será necesario realizar un ajuste el cual puede realizarse de la siguiente manera:

#### **Ajuste**

Se deberá eliminar la mitad del desplazamiento con los tornillos de corrección del nivel esférico y la otra mitad con los tornillos nivelantes, se realiza una comprobación y ajustando cuantas veces sean necesarias.

### **3.10.6 Comprobación de la Constante Taquimétrica**

En la mayoría de instrumentos de constante estadimétrica igual a 100 puede comprobarse su constante taquimétrica, esta operación deberá efectuarse antes de iniciar los trabajos de campo. Para su determinación es necesario seguir los siguientes pasos:

- a) Seleccionar un terreno lo más plano posible.
- b) Marcar un punto de origen a partir del cual se medirán en línea recta distancia a 75, 85, 95, 105, 115 y 125 m.

- c) Colocar el equipo a 0.20 m adelante del origen, con lo cual las distancias desde el equipo hasta los puntos serán de: 74.80 m, 84.80 m, 94.80 m, etcétera.
- d) Nivelar el instrumento y efectuar las lecturas de los intervalos estadimétricos sobre la mira colocada de cada punto.
- e) Calcular la constante taquimétrica, dividiendo la suma total de las distancias entre la suma total de los intervalos.

Como parte de la comprobación del cálculo, se determina la constante taquimétrica para cada tramo y se promedia.

Si alguno de los seis valores obtenidos varía por más de 0.002 del promedio, el valor que difiera se comprobará y las distancias correspondientes se medirán por segunda vez en forma más cuidadosa.

Cuando se trate de niveles Óptico Mecánicos “panfocales”, dado que no son analíticos, la longitud de las visuales se determinará observando el contenido de la Tabla 6, donde el intervalo estadimétrico está dado en centímetros, y la distancia en m.

Los valores de la tabla 6 se obtienen aplicando una fórmula (la cual deberá ser proporcionada por el fabricante del equipo), como ejemplo a continuación se muestra la utilizada en algunos casos por el INEGI:

$$D = C_1 L - \sqrt{(C_1 L)^2 - (C_2 L + C_3 L^2)} + C_4$$

Donde:

D = Distancia

L = Intervalo estadimétrico en centímetros

C1 = 1.773974

C2 = -9.482552

C3 = 2.776029

C4 = 1.692 (para micrómetro con divisiones de 10 mm)

Tabla 5. Tabla para convertir intervalos estadimétricos en distancia

INTERV.	DIST.	INTERV.	DIST.	INTERV.	DIST.	INTERV.	DIST.	INTERV.	DIST.	INTERV.	DIST.	INTERV.	DIST.	INTERV.	DIST.
5.5	3.49	18.0	16.57	30.5	30.61	43.0	44.90	55.5	59.30	68.0	73.74	80.5	88.22	93.0	102.72
6.0	3.95	18.5	17.12	31.0	31.18	43.5	45.48	56.0	59.87	68.5	74.32	81.0	88.80	93.5	103.30
6.5	4.43	19.0	17.68	31.5	31.75	44.0	46.05	56.5	60.45	69.0	74.90	81.5	89.38	94.0	103.88
7.0	4.91	19.5	18.23	32.0	32.32	44.5	46.63	57.0	61.03	69.5	75.48	82.0	89.96	94.5	104.46
7.5	5.41	20.0	18.79	32.5	32.89	45.0	47.20	57.5	61.60	70.0	76.06	82.5	90.54	95.0	105.04
8.0	5.90	20.5	19.34	33.0	33.46	45.5	47.78	58.0	62.18	70.5	76.63	83.0	91.12	95.5	105.62
8.5	6.41	21.0	19.90	33.5	34.03	46.0	48.35	58.5	62.76	71.0	77.21	83.5	91.70	96.0	106.20
9.0	6.92	21.5	20.46	34.0	34.60	46.5	48.93	59.0	63.34	71.5	77.79	84.0	92.28	96.5	106.78
9.5	7.43	22.0	21.02	34.5	35.17	47.0	49.50	59.5	63.91	72.0	78.37	84.5	92.86	97.0	107.36
10.0	7.95	22.5	21.58	35.0	35.74	47.5	50.08	60.0	64.49	72.5	78.95	85.0	93.44	97.5	107.94
10.5	8.47	23.0	22.14	35.5	36.31	48.0	50.65	60.5	65.07	73.0	79.53	85.5	94.02	98.0	108.52
11.0	8.99	23.5	22.70	36.0	36.88	48.5	51.23	61.0	65.65	73.5	80.11	86.0	94.60	98.5	109.10
11.5	9.52	24.0	23.26	36.5	37.45	49.0	51.80	61.5	66.22	74.0	80.69	86.5	95.18	99.0	109.68
12.0	10.05	24.5	23.82	37.0	38.03	49.5	52.38	62.0	66.80	74.5	81.27	87.0	95.76	99.5	110.26
12.5	10.58	25.0	24.32	37.5	38.60	50.0	52.95	62.5	67.38	75.0	81.85	87.5	96.34	100.0	110.84
13.0	11.12	25.5	24.95	38.0	39.17	50.5	53.53	63.0	67.96	75.5	82.42	88.0	96.92		
13.5	11.65	26.0	25.51	38.5	39.74	51.0	54.11	63.5	68.54	76.0	83.00	88.5	97.50		
14.0	12.19	26.5	26.03	39.0	40.31	51.5	54.68	64.0	69.11	76.5	83.58	89.0	98.08		
14.5	12.74	27.0	26.64	39.5	40.89	52.0	55.26	64.5	69.69	77.0	84.16	89.5	98.66		
15.0	13.28	27.5	27.21	40.0	41.46	52.5	55.83	65.0	70.27	77.5	84.74	90.0	99.24		
15.5	13.82	28.0	27.78	40.5	42.03	53.0	56.41	65.5	70.85	78.0	85.32	90.5	99.82		
16.0	14.37	28.5	28.34	41.0	42.61	53.5	56.99	66.0	71.43	78.5	85.90	91.0	100.40		
16.5	14.92	29.0	28.91	41.5	43.18	54.0	57.56	66.5	72.01	79.0	86.48	91.5	100.98		
17.0	15.47	29.5	29.48	42.0	43.75	54.5	58.14	67.0	72.58	79.5	87.06	92.0	101.56		
17.5	16.02	30.0	30.04	42.5	44.33	55.0	58.72	67.5	73.16	80.0	87.64	92.5	102.14		

INTERV.: En centímetros.

DIST.: En metros.

### 3.10.7 Comprobación y Ajuste de la Niveleta de la Mira

Para la comprobación se deberá realizar lo siguiente:

- Colocar la mira en posición vertical mediante el uso de una plomada, en dos planos perpendiculares (frente y costado) y sujetar firmemente.
- Examinar la burbuja de la niveleta.
- Si se mantiene centrada, la niveleta estará correcta. En caso contrario se procede a realizar un ajuste.

Ajuste

Llevar la burbuja al centro con los tornillos de corrección.

La comprobación deberá realizarse al inicio de cada comisión o en caso de sospecharse algún desajuste.

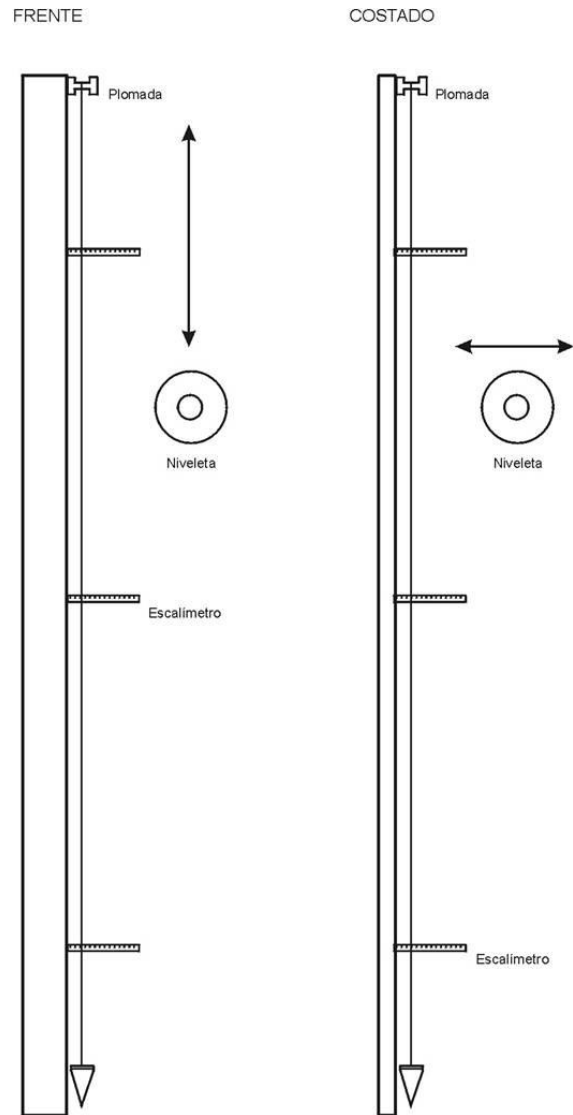


Figura 26. Comprobación y Ajuste de la Niveleta de la Mira

### 3.10.8 Comprobación y Ajuste del Trípode

Se sitúa el trípode en posición normal y se levanta tomándolo de la plataforma; si las patas mantienen su posición relativa se considerará ajustado. En caso contrario se ajustará apretando moderadamente los tornillos que las sujetan.

## 3.11 Levantamiento (nivelación geodésica diferencial)

### 3.11.1 Definición de términos

- a) Estación. Punto donde se coloca el equipo de medición.

- b) Punto de liga. Es aquél donde se sitúa una de las miras.
- c) Punto atrás. Es aquél que se posiciona atrás del equipo de medición según el sentido en que se avanza.
- d) Punto adelante. Es aquél que se posiciona adelante del equipo de medición según el sentido en que se avanza.
- e) Visual atrás. La que se dirige a la mira colocada en el punto atrás.
- f) Visual adelante. La que se dirige a la mira colocada en el punto adelante.
- g) Miras A y B. corresponden a las designadas por el fabricante.
- h) Escala A de la mira. Es la que se inicia en el cero de la mira.
- i) Escala B de la mira. Es la que se encuentre desfasada con respecto a la Escala A.

### 3.11.2 Configuración del equipo

Antes de iniciar algún levantamiento, se deberá realizar la configuración del equipo, dicha configuración dependerá de las necesidades del proyecto que la Unidad del Estado responsable del levantamiento crea conveniente.

Ejemplo que muestran algunos parámetros utilizados por el INEGI en sus levantamientos:

Entrada:

- Coeficiente de refracción: 0.130
- Coeficiente de adición vertical (offset): 0.00000
- Se introduce o actualiza la fecha y hora

Límites/pruebas:

- Distancia máxima de una visual: 60
- Altura mínima de observación: 0.50000
- Altura máxima de observación: 2.80000
- Diferencia máxima entre estación: 0.00030 a 0.00050 dependiendo de la discrepancia acumulada y pendiente de cada sección.

Ajustes:

- Se determina el método utilizado para obtener el valor de corrección del error de colimación.

Parámetros de registro:

- Se configura el equipo de la forma que el guardado de cada registro se realice en la memoria interna del aparato, incluyendo la fecha y hora de cada uno de los registros.

Parámetros generales del equipo:

- Unidades de altura, entrada y salida: m
- Cifras desplegadas en pantalla (5 después del punto): 0.00001 m
- Formato de fecha: dd.mm.aa
- Formato de hora: 24 h

### 3.11.3 Asignación del nombre del proyecto

Con la finalidad de estandarizar el nombre y contenido de los archivos que se almacenan en la memoria interna de los equipos de medición, y con el fin de facilitar su identificación, control, análisis y respaldo, se deberá ingresar el nombre del proyecto directamente al equipo (en caso de que el modelo utilizado así lo permita). Es recomendable que dicho nombre este estructurado por 8 caracteres como máximo, incluyendo del lado derecho los primeros cuatro dígitos de derecha a izquierda del nombre del banco de partida y del lado izquierdo de igual forma que el caso anterior los primeros cuatro dígitos del banco final.

Ejemplo: **XXXXZZZZ.\***

**XXXX** = Cuatro dígitos del banco inicial.

**ZZZZ** = Cuatro dígitos del banco final.

TRAMO	ARCHIVO
V0158 AL V0162	01580162.DAT
V01110 AL V01115	11101115.DAT

Una vez realizado el levantamiento de campo y transferida la información a un equipo de cómputo, es recomendable el renombrar los archivos para fines de identificación, análisis y respaldo, para ello se podrá incluir en el nombre del archivo designado durante el levantamiento las abreviaturas del estado al que pertenece dicho levantamiento de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 6. Abreviaturas de los estados**

AGUASCALIENTES	AGS	MORELOS	MOR
BAJA CALIFORNIA	BCN	NAYARIT	NAY
BAJA CALIFORNIA SUR	BCS	NUEVO LEÓN	NL
CAMPECHE	CAM	OAXACA	OAX
COAHUILA DE ZARAGOZA	COA	PUEBLA	PUE
COLIMA	COL	QUERÉTARO	QRO
CHIAPAS	CHS	QUINTANA ROO	ROO
CHIHUAHUA	CHI	SAN LUIS POTOSÍ	SLP
DISTRITO FEDERAL	DF	SINALOA	SIN

DURANGO	DGO	SONORA	SON
GUANAJUATO	GTO	TABASCO	TAB
GUERRERO	GRO	TAMAULIPAS	TAM
HIDALGO	HGO	TLAXCALA	TLX
JALISCO	JAL	VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE	VER
MÉXICO	MEX	YUCATÁN	YUC
MICHOACÁN DE OCAMPO	MCH	ZACATECAS	ZAC

## Recomendaciones

- El nombre del proyecto debe respetar el sentido de la línea de nivelación, por lo que siempre deberá iniciar con el número del banco menor y finalizará con el número del banco mayor.
- Los proyectos sólo deberán contener la información de las secciones trabajadas en ida y vuelta, las repeticiones hechas y las determinaciones de “C” por día efectuadas en el intervalo de Bancos de Nivel comprendidos según el nombre del proyecto.
- Se deberá considerar en el nombre del proyecto incluir solo los cuatro caracteres del nombre de Bancos de Nivel de recién establecimiento.
- No es recomendable que la información de campo de una comisión sea almacenada en un sólo proyecto (varios tramos de nivelación), por lo que el responsable de la brigada de medición decidirá el tamaño del proyecto de acuerdo con la capacidad de la tarjeta de memoria del equipo, la capacidad de descarga de datos (equipo – computadora), la topografía del terreno, la meta de trabajo asignada, etcétera.
- Para evitar repetición de trabajos de campo debido a la pérdida de información por fallas en la memoria o el equipo, se deberán anotar el desnivel y las distancias atrás y adelante de cada sección en ida y vuelta como respaldo. El responsable de la brigada deberá realizar un informe en caso de pérdida de información.

### 3.11.4 Lineamientos generales para la nivelación de una línea

3.11.4.1 Las líneas de nivelación deben iniciar y terminar en Bancos de Nivel con elevaciones previamente establecidas, del mismo orden del levantamiento o mayor. Las elevaciones de estos Bancos de Nivel deberán verificarse para comprobar su estabilidad. De igual forma, en cualquier punto de unión con otra línea de nivelación establecida, se podrán efectuar enlaces (ligas) para comprobar la estabilidad del Banco de Nivel de unión.

3.11.4.2 Para comprobar la estabilidad de los Bancos de Nivel de inicio, fin o de unión de las líneas de nivelación, se nivelarán la(s) sección(es) necesarias entre los Bancos de Nivel de las líneas establecidas con anterioridad hasta que el desnivel actual y el anterior de una sección estén dentro de tolerancia, ejemplo de comprobación en una sección levantada por el INEGI (tablas 7, 8 y 9):

**Tabla 7. Nivelación de una línea (Gabinete).**

<b>GABINETE</b>		
SECCIÓN DE LIGA	ELEVACIONES (1994)	DESNIVEL (Elevaciones)
BNFF3	1859.6478 m	-9.0764 m
BN12751R	1850.5714 m	

**Tabla 8. Nivelación de una línea (Campo)**

<b>CAMPO</b>								
SENT.	DIST.	DESN.	TOL.	DISC.	DESN. PROM.	OBSERVACIONES		
	1.36 Km		<b>±4.66 mm</b>		-9.0760 m	1995 año de medición		
						-9.0737 m	1999 año de medición	
							-9.0744 m	2001/2002 año de medición
I		-9.07111			<b>-1.68 mm</b>	-9.0720 m	2008 año de medición. La discrepancia indica que la sección está dentro de tolerancia.	
V		+9.07279						
I		-9.07007			<b>-4.43 mm</b>	-9.0723 m	2009 año de medición. La discrepancia indica que la sección está al límite de la tolerancia.	
V		+9.07450						
I		-9.07540			<b>-1.80 mm</b>	-9.0763 m	2010 año de medición. La discrepancia indica que la sección está dentro de tolerancia.	
V	9.07720							

**Tabla 9. Nivelación de una línea (Observaciones)**

AÑO	DESNIVEL	DIFERENCIA	OBSERVACIONES
1994	-9.0764 m		Elevaciones ajustadas.
1995	-9.0760 m	-0.0004 m	Las diferencias muestran el comportamiento del desnivel de la sección BNFF3-BN12751R, la cual con el paso del tiempo se está acercando al límite de la tolerancia establecida. Lo anterior indica que uno de los dos Bancos de Nivel ya no es estable y que en poco tiempo la elevación de ese Banco de Nivel no servirá para ligar nivelaciones. Por lo tanto, habrá que buscar otra sección de liga para garantizar la estabilidad de los Bancos de Nivel y sus elevaciones para el proceso de la línea o circuito.
1999	-9.0737 m	-0.0027 m	
2001/2002	-9.0744 m	-0.0020 m	
2008	-9.0720 m	-0.0044 m	
2009	-9.0723 m	-0.0041 m	
2010	-9.0763 m	-0.0001	Nuevo comportamiento de la sección.

3.11.4.3 Si se cuenta con dos Bancos de Nivel establecidos en una misma estructura (puente, muelle, roca, etc.) o próximos entre sí, mismos que puedan ser afectados por un mismo disturbio, no deben considerarse como comprobación adecuada para iniciar o finalizar una línea, ni para efectuar un enlace o liga en un punto de unión, aunque la nueva diferencia de elevación concuerde con la diferencia anterior (dentro de la tolerancia permisible).

3.11.4.4 La nivelación de cada sección se hará bajo condiciones atmosféricas diferentes para dirección de ida y de vuelta e independiente una de la otra, cuidando estar dentro de la tolerancia establecida. En caso de no cumplir con dicha tolerancia, la nivelación debe repetirse tantas veces sea necesario hasta que las dos nivelaciones en direcciones opuestas cumplan con la tolerancia.

3.11.4.5 La comprobación de estabilidad entre Bancos de Nivel se puede establecer hasta en dos secciones consecutivas, secciones de uno o dos km, si la primera no cumple con la tolerancia y ambas si lo cumplen, significa que el Banco de Nivel intermedio tuvo alguna perturbación.

3.11.4.6 Se debe nivelar la sección de ida en horario matutino y la sección de regreso (vuelta) en horario vespertino o viceversa, o en diferente día. El responsable de la brigada debe contemplar la mayor diferencia posible entre las condiciones atmosféricas de las mediciones, sin ocasionar por ello retardos excesivos en el trabajo.

3.11.4.7 Una sección de nivelación debe tener un número par de puestas de aparato, esto quiere decir que se iniciarán y concluirán las mediciones en la misma mira o estatal.

3.11.4.8 El método recomendable de observación en cada puesta de aparato puede ser: alternado atrás-adelante-atrás-adelante/adelante-atrás-adelante-atrás (ADAD/DADA), esto asegura que siempre se estará observando a la misma mira o estatal, al iniciar las mediciones en cada puesta de aparato.

3.11.4.9 La discrepancia de una sección debe estar dentro de los límites de la tolerancia establecida en función de la distancia mínima de la sección y la especificación vigente. Se debe tomar en cuenta que existen varias correcciones, por ejemplo la corrección ortométrica, que afectan directamente los valores de los desniveles, los que en el proceso de la información deberán ser reportados por el programa de ajuste (utilizado por la Unidad del Estado responsable del levantamiento) como fuera de tolerancia, por lo tanto puede no trabajarse en campo al límite de dichas tolerancias y sólo el control de la discrepancia acumulada indicará cual o cuales secciones habrá que repetir, de ser necesario.

3.11.4.10 La discrepancia acumulada entre los desniveles de ida y vuelta de cada sección debe tener una tendencia a "cero"; si se muestra una marcada tendencia a aumentar en cualquiera de los signos (más o menos) debe investigarse la causa de la acumulación y tomar las medidas necesarias para corregir dicho problema. Algunas soluciones encontradas por el INEGI a lo largo del tiempo para corregir esta acumulación han sido: el cambio de sentido de nivelación (la vuelta primero y la ida posteriormente), iniciar y concluir con la mira "B", permutar el lugar por donde se nivela (por el otro lado del camino), cambiar la forma de colocar el trípode (dos patas paralelas al camino y viceversa) e incluso que otro brigadista realice las observaciones.

3.11.4.11 Las líneas de nivelación, en su mayoría, requieren de varias etapas de levantamiento (comisiones), esto implica un intervalo de tiempo entre cada levantamiento sin efectuar mediciones continuas. Por lo anterior, en caso de dejar de nivelar por un tiempo indeterminado (más de tres días) se deberá dejar la última sección abierta, es decir solo se nivelará la ida, y al inicio de la nueva etapa de medición se nivelará el regreso de la sección o viceversa, si queda dentro de tolerancia quedará comprobada la estabilidad de los bancos y se podrán continuar los trabajos, en caso contrario se buscará el desnivel que cumpla con la tolerancia en la o las secciones anteriores.

3.11.4.12 En caso de que al final de una etapa de trabajo se realice el cierre de una sección, se verificará el desnivel al inicio de la nueva etapa haciendo una sola nivelación ya sea de ida o regreso, para comprobar la estabilidad de los bancos. En caso de no encontrarse dicha estabilidad, se procederá hasta encontrar el desnivel que cumpla con la tolerancia en la o las secciones anteriores.

3.11.4.13 En todo momento el instrumento deberá estar protegido contra los rayos solares, para lo cual podrá utilizarse una sombrilla de nylon que se colocará sobre el aparato.

3.11.4.14 Es recomendable que todas las marcas, incluyendo aquellas colocadas por otras Unidades del Estado que sean localizadas a lo largo de la línea de nivelación, sean niveladas, ya sea como parte de la línea o como ramales (radiaciones).

3.11.4.15 Es importante la toma de temperaturas de las miras al inicio y fin de cada sección y realizar el registro correspondiente.

3.11.4.16 Por lo menos una vez al mes debe verificarse la verticalidad de las miras y de ser necesario se harán las correcciones correspondientes a las niveletas (niveles esféricos).

3.11.4.17 Durante el periodo de levantamiento en campo, diariamente por la mañana y antes de iniciar los trabajos de nivelación, se hará la determinación del error de colimación del nivel (determinación de "C"), de acuerdo a lo expuesto en párrafos anteriores, asimismo se deberán hacer los cálculos necesarios y el llenado de formatos específicos para las actividades de campo, lo anterior con la finalidad de detectar un posible error y solucionarlo en la misma etapa de medición.

3.11.4.18 La comprobación de los trabajos de nivelación de una línea se hará hasta que ésta cierre en bancos de elevación conocida o que sea ligada a otras para formar circuitos.

3.11.4.19 Las secciones o tramos de una línea de nivelación deben tener continuidad en su levantamiento o medición durante las diferentes etapas de trabajo de campo, esto facilitará el control de la línea (discrepancia acumulada) y la codificación de información de la misma. Para tal efecto el "reconocimiento" de las secciones a medir en cada etapa de trabajo de campo es de vital importancia, de lo contrario, la comprobación de estabilidad en las secciones adyacentes a los tramos no trabajados será necesaria como ya se mencionó en los puntos anteriores e) y l) tantas veces sea necesaria.

3.11.4.20 En cada etapa de campo o periodo de comisión es importante no dejar secciones fuera de tolerancia, asimismo no bastará con que la sección quede dentro de tolerancia, se debe comprobar la estabilidad de los Bancos de Nivel considerando lo mencionado en los incisos e, k y l.

### 3.11.5 Pasos generales para la observación de una estación (nivelación simple)

Utilizando un Nivel Óptico Mecánico

- a) Instalar el equipo en el punto medio de la línea que une las dos miras, de modo que dos patas del trípode queden en línea paralela a la ruta y la tercera sobre la perpendicular.
- b) Nivelar el equipo mediante el nivel esférico.
- c) Dirigir el anteojo a la primera mira por leer, enfocando adecuadamente para evitar el error de paralaje.
- d) Hacer el calado de la burbuja del nivel tubular.
- e) Llevar el hilo horizontal por medio del tornillo acimutal y el del movimiento fino a la escala A y con el botón micrométrico de nivel hacer que los lados de la cuña de la retícula sean tangentes a la marca correspondiente a centímetros de la mira (revisar nuevamente el calado de la burbuja del nivel tubular y ajustarse si es necesario).
- f) Efectuar la lectura de los hilos superior, medio e inferior, complementando la lectura del hilo medio con la del micrómetro. Todas las lecturas se anotarán en una libreta de campo.
- g) Leer y anotar la lectura de la escala B únicamente con el hilo medio tal como se indicó el inciso anterior.
- h) Obtener los intervalos estadimétricos y comprobar que la diferencia entre ellos sea inferior a 2 mm, sumándolos a continuación. Comprobar además que la diferencia de las lecturas de los hilos medios en la escala A y B sea 301.55 cm. con una tolerancia de + 0.05 cm.
- i) Leer la segunda mira repitiendo las instrucciones de los incisos c) a h) una vez que se haya comprobado que la diferencia entre las longitudes de las visuales a ambas miras cumpla con lo señalado en la tabla 11. Resumen de las normas y especificaciones de acuerdo a su orden.

**Nota:** para los niveles digitales o electrónicos los procedimientos indicados en los incisos d) a h) no aplican ya que son sustituidos por la acción de oprimir el botón de toma de lecturas (gatillo para medición). La comprobación de la lectura es realizada internamente por el programa del nivel, el cual calcula los desniveles de la doble lectura de las visuales en cada estación, desplegando un mensaje cuando quedan fuera del rango establecido por el usuario.

Utilizando un Nivel Digital

- a) Instalar el equipo en el punto medio de la línea que une las dos miras, de modo que dos patas del trípode queden en línea paralela a la ruta y la tercera sobre la perpendicular.
- b) Nivelar el equipo mediante el nivel esférico.
- c) Dirigir el anteojo a la primera mira por leer y afinar la puntería con el tornillo tangencial horizontal, enfocando adecuadamente para evitar el error de paralaje.
- d) Efectuar la lectura con el gatillo de medición o con el botón correspondiente del panel frontal.
- e) Leer la segunda mira repitiendo las instrucciones de los incisos c) y d).

- f) Se deberán configurar los parámetros necesarios del nivel para que se despliegue en pantalla, si es necesario repetir la medición o si se continúa con los trabajos.

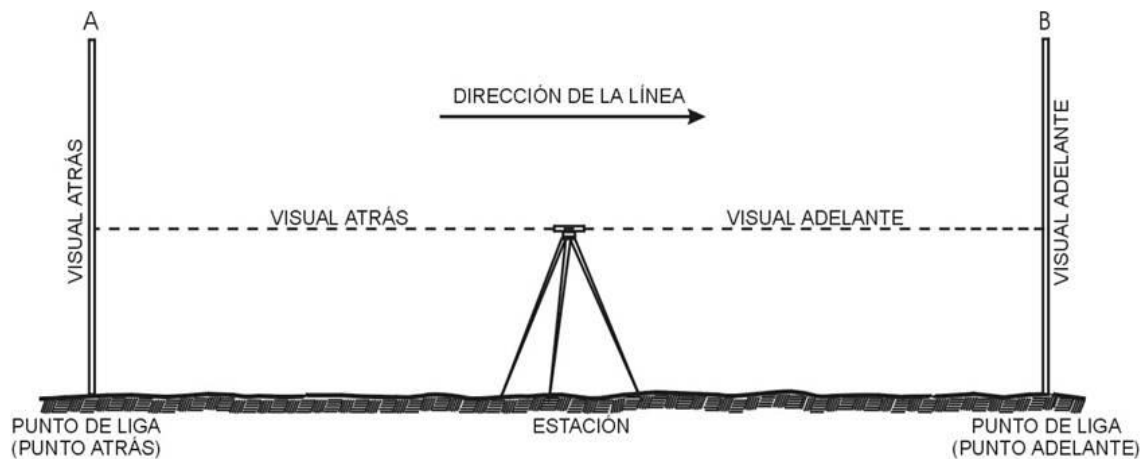
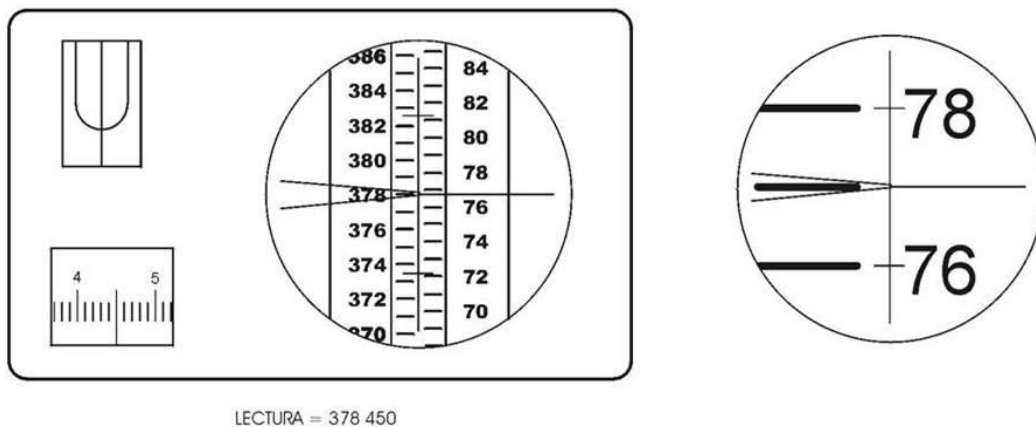


Figura 27. Imagen de ejemplo de los elementos de una Nivelación Simple



LECTURA = 378.450

Figura 28. Ejemplo de la forma de leer una mira con cinta graduada

### 3.11.6 Procedimiento general (Nivelación Compuesta)

Utilizando un Nivel Óptico Mecánico

- Colocar la mira A en la marca del banco de partida, tomando la precaución de quitar el aro metálico a la mira (en caso de que ésta cuente con uno).
- Situar el equipo en estación de acuerdo a la distancia específica y a las condiciones topográficas y meteorológicas existentes.
- Ubicar la mira B a una distancia igual a la existente entre el instrumento y la mira A, medida a pasos por el portamira y afinándola por el método de estadía.
- Efectuar las lecturas como se describe en la nivelación simple, tomando la temperatura de las miras.
- Trasladar el instrumento a la siguiente estación, igualmente el portamira A, previa colocación del aro metálico, colocar la mira sobre la base o soporte para la mira (sapo) en el nuevo punto de liga, a igual distancia del instrumento a la mira B, corrigiéndola por medio de estadía.
- Realizar las lecturas en la forma ya descrita pero leyendo primero la mira de adelante.

- g) Continuar con la nivelación leyendo en las estaciones pares primeramente la mira de adelante, y en las estaciones impares la mira atrás. El número de estaciones deberá ser siempre par, lo cual significa que la mira A siempre ocupará la marca del banco de llegada. En este punto la mira se usará sin aro metálico.

#### Utilizando un Nivel Digital

El procedimiento es similar al del Nivel Óptico Mecánico, únicamente existe la diferencia de que en este tipo de nivel la distancia a las miras es medida y reportada electrónicamente al pulsar un botón del panel frontal (correspondiente a la distancia) y así se puede ajustar esta distancia a las necesidades del levantamiento.

**Nota:** el procedimiento podrá iniciarse también con la mira B operando, como ya quedó indicado cuando se comienza con la mira A.

#### **3.11.7 Recuperación de Bancos de Nivel (Desnivel) y Ligas a los Mismos**

La recuperación o comprobación se basará en la nivelación de por lo menos dos Bancos de Nivel consecutivos pertenecientes a trabajos de igual o mayor orden de exactitud, de modo que se compruebe que se ha conservado la estabilidad de los mismos.

En el caso de que no se cumpla la comprobación en los dos bancos mencionados, se procederá con el siguiente banco y si persiste la inestabilidad, se analizará si la suma de los dos desniveles, entre el primer y el tercer banco, cumple con la comprobación, esta no deberá extenderse a más de dos o cuatro km, o dos secciones, dependiendo del tipo de sección (1 o 2 km) de lo contrario habrá que buscar otra sección donde se pueda comprobar la estabilidad de los bancos efectuando el mismo procedimiento.

La comprobación se podrá realizar con una IDA, una VUELTA o ambas mediciones y esta(s) se codificarán junto con las mediciones anteriores, también en IDA y VUELTA, y ambas deberán estar dentro de la tolerancia establecida conforme al criterio de rechazo establecido por la Unidad del Estado responsable del levantamiento, de esta forma se comprobará la estabilidad entre marcas, más no así, los movimientos verticales locales o regionales del terreno.

No se recomienda considerar una medición antigua o anterior y una reciente como comprobación de estabilidad (en IDA o VUELTA o viceversa), si la medición reciente sólo es compatible (tolerancia) con una de las mediciones anteriores, significa que hubo movimiento en alguno de los Bancos de Nivel que conforman la sección de nivelación.

#### **3.11.8 Registro**

Cuando se emplee un equipo Óptico Mecánico, se deberá llevar un registro de la información correspondiente a los levantamientos de campo, incluyendo anotaciones que la Unidad del Estado considere importantes, para ello se

podrá hacer uso de un formato que deberá ser definido por la responsable del levantamiento, puede recurrirse al utilizado por el INEGI descrito en el anexo 1, y se podrán considerar la siguientes recomendaciones:

- Todas las anotaciones deberán hacerse utilizando tinta negra.
- En caso de que se anote un número equivocado, se cancelará éste con una línea diagonal y arriba se anotará el número correcto.
- Se anotarán las temperaturas al inicio y al final de la sección o en caso de que se interrumpa el trabajo normal.
- En el caso de una vista extra se puede hacer una breve descripción y se enmarcarán las anotaciones correspondientes a dicha vista.

### 3.11.9 Resumen de las Normas y Especificaciones de acuerdo a su orden

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de las normas y especificaciones a las cuales se apega el INEGI para nivelación geodésica, y corresponde a lo establecido en la Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional.

**Tabla 10. Resumen de las normas y especificaciones de acuerdo a su orden**

Concepto	Primer orden		Segundo orden		Tercer orden
	Clase I	Clase II	Clase I	Clase II	
Separación recomendada entre líneas.	100 a 300 Km	50 a 100 Km	20 a 50 Km	10 a 20 Km	Según necesidades
Separación de los Bancos de Nivel.	1 a 2 Km	1 a 2 Km	1 a 2 Km	1 a 3 Km	1 a 3 Km
Instrumental.	Niveles geodésicos y miras invar.				
Procedimiento de campo.	Nivelación de ida y vuelta				
Longitud máxima de una visual.	50 m	60 m	60 m	70 m	90 m
Máxima diferencia, en longitud, de una visual atrás y adelante para una estación.	2 m	5 m	5 m	10 m	10 m
Diferencias en distancia, acumuladas para una sección.	4 m	10 m	10 m	10 m	10 m
Discrepancia máxima admisible para una sección.	3 mm $\sqrt{K}$	4 mm $\sqrt{K}$	6 mm $\sqrt{K}$	8 mm $\sqrt{K}$	12 mm $\sqrt{K}$
Discrepancia máxima admisible para línea o circuito.	4 mm $\sqrt{K}$	5 mm $\sqrt{K}$	6 mm $\sqrt{K}$	8 mm $\sqrt{K}$	12 mm $\sqrt{K}$
Discrepancia máxima en un tramo abierto para una marca temporal.	± 1 mm	± 1 mm	± 1 mm	± 1 mm	± 1 mm

$K$  = Longitud en kilómetros.

**Nota:** En caso de exceder la discrepancia máxima se deberá repetir el trabajo completamente.

### 3.11.10 Cálculos preliminares durante los levantamientos de campo

Durante cada día dentro del periodo de comisión, al finalizar los trabajos de nivelación y dependiendo del equipo de medición utilizado, es recomendable que el personal que forme parte de la brigada de campo, efectúe los cálculos de desniveles, distancias, diferencias estadimétricas, etc., de cada sección y la codificación de éstos y otros datos, como temperaturas, fechas, etc., en los formatos que la Unidad del Estado responsable del levantamiento diseñe y crea convenientes, pueden considerarse como ejemplo los utilizados por el INEGI de acuerdo tipo de equipo como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 11. Formatos**

<b>Formato</b>	<b>Nivel Óptico Mecánico</b>	<b>Nivel Digital</b>
Esquema de localización de información	Si	No
Extracto de nivelación	Si	No
Resumen de la línea	Si	Si

Ejemplo de cada formato y su instructivo de llenado (de acuerdo a las actividades realizadas por el INEGI) se muestra en el apartado 4 del presente documento (4. Ejemplo de Formatos utilizados por el INEGI en el levantamiento de Estaciones Geodésicas Verticales), es importante que el responsable de la actividad revise que la información este completa, clara y concreta, de acuerdo con las recomendaciones dadas en los instructivos de llenado de cada uno de los formatos y se podrá observar las siguientes indicaciones para estandarizar el llenado de los mismos:

- a) La nomenclatura para los Bancos de Nivel de reciente establecimiento deberá diferenciarse de aquella utilizada para los establecidos con anterioridad (en caso de que la Unidad del Estado que realiza los levantamientos cuente con información histórica), para el caso del INEGI se utiliza la nomenclatura VEENNN (donde EE corresponde al número del Estado y NNN a un número consecutivo) para aquellos establecidos recientemente y BNXXXXXX para aquellos que forman parte de líneas de nivelación antiguas, ejemplos: V01125, V3218A, BNM168, BNPQ32, BN11201A, BN352, etcétera.
- b) Es recomendable que en los nombres de los BN no se utilicen guiones o caracteres especiales, ya que pueden ocasionar incertidumbre al momento de identificarlo.
- c) Es importante obtener datos de posición del BN, ya sea mediante el uso de un navegador GPS (si solo se requiere de un valor aproximado) o si se requiere exactitud el uso de un equipo GPS/GNSS de doble banda, con lo cual se obtendrán los valores de Latitud y Longitud que deberán colocarse en los formatos de descripción del BN.
- d) En los formatos de extracto de nivelación y resumen de la línea adoptados por las Unidades del Estado, y de acuerdo al tipo de nivel utilizado, es recomendable codificar los desniveles obtenidos a cinco decimales, en caso de que el programa o software utilizado para el ajuste de los datos no acepte cifras con más de cuatro cifras decimales, se deberá seguir el siguiente procedimiento:

- Si la quinta cifra decimal está entre 1 y 4, la cuarta cifra decimal queda igual, ejemplo: 1.45873 m = 1.4587 m.
  - Si la quinta cifra decimal está entre 6 y 9, la cuarta cifra decimal aumenta en una unidad, ejemplo: 8.25487 m = 8.2549 m.
  - Si la quinta cifra decimal es 5 y la cuarta es un número non, ésta aumenta en una unidad, ejemplo: 101.15475 m = 101.1548 m
  - Si la quinta cifra decimal es 5 y la cuarta es un número par, ésta queda igual, ejemplo: 37.62445 m = 37.6244 m.
- e) Para el redondeo de distancias, distancia acumulada, tolerancia, discrepancia y discrepancia acumulada se deben aplicar el inciso anterior, en el entendido de que se está hablando de la última cifra decimal de cada una de las variables citadas.
- f) De igual forma debe tenerse en cuenta el redondeo, aproximación o truncado que se realice a los decimales de las distancias, tolerancias, discrepancias, etc., cuando sean empleadas hojas de cálculo en el llenado de los formatos. Se debe observar para su registro lo descrito en cada uno de estos.

**Tabla 12. Ejemplo de datos para un registro**

DIST. ATRÁS m	DIST. ADEL. m	DIST. m	DIST. Km	TOL. ± mm	DIST. Km	TOL. ± mm
315.263	315.969	631.232	0.631	3.18	<b>0.63</b>	<b>3.17</b>
746.376	746.182	1492.558	1.493	4.89	<b>1.49</b>	<b>4.88</b>
927.601	927.596	1855.197	1.855	5.45	<b>1.86</b>	<b>5.46</b>
1129.187	1130.182	2259.369	2.259	6.01	<b>2.26</b>	<b>6.01</b>

- g) La discrepancia es la variación entre los desniveles de ida y de regreso o vuelta de una sección de nivelación, se considera el signo del menor desnivel como signo de la discrepancia, ejemplo:

**Tabla 13. Ejemplo de discrepancias**

SECCIÓN	I/V	DESNIVEL	DISCREPANCIA
BNNQ130	I	<b>29.12201</b>	
V261596	V	-29.12299	<b>+0.98</b>
V261596	I	27.40424	
BNNQ131	V	<b>-27.40319</b>	<b>-1.05</b>
BNNQ131	I	3.56316	
V261597	V	<b>-3.55966</b>	<b>-3.50</b>

La norma establece un criterio de rechazo de observaciones (como se mencionó en los Estándares de Exactitud de Posicionamiento Vertical y el Resumen de las Normas y Especificaciones de acuerdo a su orden) en los levantamientos de campo y toda sección cuya discrepancia no cumpla con este criterio deberá repetirse; de igual forma este criterio debe aplicarse en los programas o software utilizados para el proceso de información, pero

en esta etapa, los desniveles de las secciones ya tienen adicionados algunos factores, como lo es la corrección ortométrica, esto implica que un desnivel aceptado en campo pueda ser rechazado durante el proceso.

Estas discrepancias sólo deben ser calculadas en la línea principal, en los circuitos y no en los ramales (si es el caso), razón por la cual estos ramales deben ser codificados al final de los diferentes formatos. Lo que facilita la interpretación de la Tabla de Ligas en los resultados.

De igual forma en las secciones de liga al inicio, intermedias y al final de una línea de nivelación esta discrepancia no debe ser calculada, esto debido a que se conocen las elevaciones de los bancos de liga.

El sentido de las discrepancias puede tener o no el sentido de la nivelación, cuando se unen dos líneas o varias para formar un circuito con diferentes sentidos de levantamiento, la persona responsable del proceso de la información decidirá de acuerdo con los bancos de liga y bancos con elevaciones fijas el sentido de proceso y por lo tanto el sentido del cálculo de estas discrepancias.

a) La discrepancia acumulada es la suma algebraica de las discrepancias de las secciones de nivelación de la línea principal y es importante que está debe tender a cero milímetros, (0.0 mm).

**Tabla 14. Ejemplo de discrepancia acumulada.**

SECCIÓN	I/V	DESNIVEL	DISCREPANCIA	DISCREPANCIA ACUMULADA
BNNQ130	I	29.12201	0.98	<b>+0.98</b>
V261596	V	-29.12299		
V261596	I	27.40424	-1.05	<b>-0.07</b>
BNNQ131	V	-27.40319		
BNNQ131	I	3.56316	-3.50	<b>-3.57</b>
V261597	V	-3.55966		

De acuerdo a lo ya mencionado en los Estándares de Exactitud de Posicionamiento Vertical y al Resumen de las Normas y Especificaciones de acuerdo a su orden, se establece un criterio de rechazo para la línea o circuito, y este criterio está en estrecha relación con la discrepancia acumulada del tramo que se esté trabajando (distancia del tramo), y no quiere decir que todo el tramo deba repetirse en caso de no cumplir con lo establecido.

Para tal efecto se deberá analizar, del trabajo desarrollado, cuál(es) sección(es) debe(n) repetirse para bajar el valor de la discrepancia acumulada, pero esto conllevará a la comprobación de estabilidad hacia atrás y adelante de las secciones detectadas como susceptibles de repetición, si ya han pasado más de los tres días establecidos.

Para el control de la discrepancia acumulada, se puede tomar en cuenta principalmente el desarrollo de la línea de nivelación en la etapa del anteproyecto, este desarrollo puede ser obtenido:

- En forma gráfica de la cartografía del proyecto, o
- De los croquis de los Bancos de Nivel que conforman la línea.

De esta forma se tendrá un valor estimado de la discrepancia acumulada, se podrá llevar el control de la misma por periodo de trabajo en campo y, principalmente, el responsable de la brigada tendrá los elementos necesarios y el criterio para tomar la decisión de las secciones que deberá repetir, en caso de que la discrepancia acumulada esté alta o fuera de lo establecido, por ejemplo:

Si se tiene una línea de nivelación con un desarrollo de 100 Km, 115 Bancos de Nivel y se tiene programado realizar los levantamientos de nivelación en cinco periodos o comisiones de trabajo, entonces tendremos:

**Tabla 15. Ejemplo de cálculos para un desarrollo de 100 Km.**

Concepto	Bancos de nivel		Desarrollo Km		Tolerancia $\pm 5 \text{ mm } \sqrt{K}$
	Parcial	Total	Parcial	Total	
Línea principal		115		100	$\pm 50.0 \text{ mm}$
Primer tramo	25	25	20.76	<b>20.76</b>	$\pm 22.78 \text{ mm}$
Segundo tramo	28	53	23.96	<b>44.72</b>	$\pm 33.44 \text{ mm}$
Tercer tramo	26	79	21.01	<b>65.73</b>	$\pm 40.54 \text{ mm}$
Cuarto tramo	21	100	19.87	<b>85.60</b>	$\pm 46.26 \text{ mm}$
Quinto tramo	15	115	14.40	<b>100.00</b>	$\pm 50.00 \text{ mm}$

También se debe considerar que la corrección ortométrica que se aplica a la línea de nivelación, en la etapa del proceso de la información, puede afectar al error de cierre y así no cumplir con lo establecido por la norma, por lo tanto es muy importante que la discrepancia acumulada tienda a cero.

### 3.11.11 Codificación, Revisión, Proceso y Análisis de datos

Una vez concluidos los trabajos parciales de campo (comisiones) de una línea o circuito de nivelación, se procederá a la codificación digital de cada uno de los formatos específicos, para que al término de los mismos se cuente con la información lista para el proceso y análisis de resultados, así como del respaldo de la información.

Las anomalías, omisiones y errores cometidos en estos periodos parciales deben ser atendidas de inmediato en el mismo periodo de trabajo.

A continuación se muestra como ejemplo el orden y secuencia de pasos que ha utilizado el INEGI dependiendo del equipo de medición, para la codificación, revisión y proceso de la información:

Niveles Óptico Mecánicos:

- Libretas de campo (digitalización)
- Esquema de localización de información (organización de la información)
- Extracto de nivelación (obtención de desniveles)
- Resumen de línea (obtención de discrepancias)
- Hoja de codificación para el *software* de proceso (acomodo de información de acuerdo a los datos de entrada del *software*)
- Archivo de entrada para el *software* de proceso (creación de archivo de entrada con datos y formato para su ingreso al *software*)
- Ajuste de datos mediante *software* de proceso (ajuste de los datos mediante método de mínimos cuadrados)
- Análisis de resultados (comprobación y verificación de resultados).

Niveles Electrónicos:

- Datos crudos (organización de información obtenida por el aparato)
- Resumen de línea (obtención de discrepancias)
- Hoja de codificación para el software de proceso (acomodo de información de acuerdo a los datos de entrada del *software*)
- Archivo de entrada para el software de proceso (creación de archivo de entrada con datos y formato para su ingreso al *software*)
- Ajuste de datos mediante *software* de proceso (ajuste de los datos mediante método de mínimos cuadrados)
- Análisis de resultados.(comprobación y verificación de resultados)

### 3.11.12 Codificación y Formatos

A continuación se mencionan algunos formatos que ha utilizado el INEGI en trabajos de nivelación, dichos formatos pueden ser considerados por las Unidades del Estado con la finalidad de coadyuvar en su procesos cuando sean responsables de realizar trabajos de nivelación.

#### Información de campo

La información recolectada y calculada en campo, para el caso de los niveles Óptico Mecánicos debe ser transcrita en un Formato Análogo de Registro de Observaciones (Libretas de Nivelación de Precisión) y posteriormente pasada a Formato Digital con la ayuda de hojas de cálculo. En este proceso de digitalización deben ser capturadas las lecturas de los hilos estadimétricos y micrómetros; para posteriormente realizar el cálculo de: intervalos y su suma, desniveles y distancias, además se valida el desnivel obtenido en las dos escalas de las miras.

Para el caso de los Niveles Electrónicos, la información es recolectada y almacenada de forma automática por el equipo, asimismo éste realiza los cálculos necesarios para obtener desniveles y distancias, y almacena los resultados en la memoria electrónica del equipo. Posteriormente se debe realizar la transferencia de la información a un equipo de cómputo siguiendo los pasos necesarios de acuerdo al modelo de equipo utilizado.

#### Localización de la información y extracto de nivelación

Para la localización de la información el INEGI utilizar un formato que permite identificar la relación “Libreta – Sección de Nivelación” en una línea de nivelación de manera rápida y sencilla (tal como se muestra en el Formato 6 Esquema de localización de la información, cada Unidad del Estado podrá o no utilizar un formato similar).

Además es importante contar con un formato que permita concentrar en un resumen datos por sección de nivelación como: desniveles, determinación del valor de colimación, entre otros. (Formato 2 Extracto de nivelación), lo que permitirá contar con insumos para la obtención de un resumen de línea.

## Resumen de la línea

Consiste en un formato que puede incluir (Formato 4 Resumen de la línea Niveles Óptico Mecánicos) además de la información observada en campo, datos calculados con la misma tales como, distancia acumulada, discrepancias, así como información de temperatura, posición geográfica, valor de “C” y observaciones, entre otros. Dicha información es de sumo interés debido a que representa el insumo principal para llevar a cabo el proceso de ajuste de los datos.

En este formato se deben registrar todos los trabajos parciales del levantamiento de la línea de nivelación, incluyendo las secciones repetidas y los ramales al final del mismo (si es el caso).

Para el caso de Niveles Digitales (Formato 5 Resumen de la línea -Nivel Digital-) se pueden incluir dos columnas adicionales para las distancias “atrás y adelante”, a diferencia del formato para Niveles Óptico Mecánicos que sólo tiene una; dichos formatos pueden ser adaptados a una hoja de cálculo.

## Archivo de entrada para el *software* de proceso

Es recomendable que el archivo de entrada para el *software* de proceso se estructure en tres partes (lo anterior con la finalidad de tener organizada la información permitiendo una mayor facilidad para su búsqueda o análisis):

- a) Primera parte. Información de la línea:
  - Nombre de la línea.
  - Discrepancia máxima admisible para una sección, opciones y restricciones.
  - Datos del equipo de medición.
- b) Segunda parte. Información de los levantamientos:
  - Datos de campo (fecha, libreta, página, temperaturas, desnivel, distancia, factor de colimación, designación de los Bancos de Nivel, sentido de nivelación, diferencia estadimétrica y clave de línea).
  - Datos de Gabinete (latitud de los Bancos de Nivel).
- c) Tercera parte. Información propia para el proceso y ajuste de desniveles (de acuerdo al *software* de proceso que se esté utilizando).
  - Elevaciones fijas de los Bancos de Nivel.
  - Sigma de las elevaciones.
  - Instrucción de fin del archivo de datos (en caso de que sea indispensable de acuerdo al *software* utilizado).

SAN LUIS POTOSI-RIOVERDE															
4.0			2	2	1	0	1	2	1	1	1	0	1	0	0
N-3															
ENE	2	6	8	462412	132	OBN5011	2215BN5010	2215F	-10SLPM	1					
ENE	2	616	-462392	130	OBN5011	2215BN5010	2215B	10SLPM	1						
ENE	2	9	1	-302337	200	-1BN5010	2215BN5009R	2214F	6SLPM	1					
ENE	2	911	302374	198	-1BN5010	2215BN5009R	2214B	12SLPM	1						
ENE	2	11	1	302366	200	OBN5009R	2214BN5010	2215F	4SLPM	1					
ENE	2	10	1	-302318	200	2BN5009R	2214BN5010	2215B	-2SLPM	1					
ENE	2	819	-375134	190	2BN5009R	2214BN5008	2214F	0SLPM	1						
ENE	2	811	375181	190	2BN5009R	2214BN5008	2214B	12SLPM	1						
ENE	2	1017	375162	190	OBN5008	2214BN5009R	2214F	-08SLPM	1						
ENE	2	1010	-375127	190	OBN5008	2214BN5009R	2214B	-20SLPM	1						
DIC	1	1	-323926	210	O2BN5008	2214BN511130	2213R	-59SLPM	1						
DIC	1	212	324008	200	O2BN5008	2214BN511130	2213B	2SLPM	1						
DIC	1	0506	-323960	210	-1BN5008	2214BN511130	2213F	10SLPM	1						
ENE	2	826	323993	210	1BN511130	2213BN5008	2214F	10SLPM	1						
ENE	2	832	-323949	200	1BN511130	2213BN5008	2214B	0SLPM	1						
ENE	2	521	-28458	77	-1BN511130	2213BN5006	2213F	32SLPM	1						
DIC	1	518	28474	73	-1BN511130	2213BN5006	2213B	-32SLPM	1						
DIC	1	0201	-382055	290	OBN511130	2213BN5005	2213F	-57SLPM	1						
DIC	1	0221	382066	290	-4BN511130	2213BN5005	2213B	-54SLPM	1						
999999															
BN5010				2072.1475.0001											
BN5011				2025.9109.0001											
BNP 6060				1013.0563.0001											
BNP 6059				1031.3001.0001											
BNP 6058				1054.0603.0001											
999999															
999999															

**Figura 29. Ejemplo de un archivo de datos utilizado en el INEGI de acuerdo al software de proceso**

Con respecto a la estructura de los datos y al sentido de nivelación de las líneas, se debe indicar al software el sentido de nivelación las instrucciones que éste requiera, Ejemplo: caracteres “F” y “B” (adelante y atrás respectivamente) y la designación de los Bancos de Nivel, en caso de contar con varias líneas, tramos o secciones en diferente sentido de nivelación no habrá la necesidad de invertir los signos de los desniveles para dar un solo sentido a la información, el software deberá hacer los cálculos correctos.

### 3.11.13 Revisión de los Formatos de Codificación

Es de suma importancia que una vez que se realice la codificación de información en los formatos diseñados y adoptados por la Unidad del Estado Responsable del levantamiento, se realice una revisión rigurosa para evitar transcripciones erróneas, por lo cual se realizan las siguientes recomendaciones:

- El formato para la fecha, debe estar estandarizado por ejemplo: DD-MM-AAAA, y debe corresponder al formato y fecha grabada en la placa del BN medido.
- El formato para la hora, debe estar estandarizado por ejemplo: 24 horas y al minuto (06:18, 16:30), se debe tener en cuenta que pasando de 30 segundos se aproximará al minuto siguiente.
- El nombre de los Bancos de Nivel de corresponder al formato establecido por la Unidad del Estado responsable del levantamiento.
- Para los puntos (d al j) se debe observar lo indicado en el apartado “Cálculos preliminares”.
- Para desniveles fuera de tolerancia o muy cercana a la misma.
- Desniveles mal aproximados para el proceso y ajuste.
- Distancia de las secciones mal aproximadas al efectuar las sumas de las distancias atrás y adelante, y que deben estar al Decámetro.
- Distancia acumulada errónea, dada por el inciso anterior.
- Discrepancia mal calculada en valor y signo.

- m) Discrepancia acumulada errónea, dada por el inciso anterior y por tomar en cuenta los ramales.
- n) Datos incorrectos para el Error de colimación "C" y la Diferencia Estadimétrica.
- o) No deben faltar datos de Temperaturas.

### 3.11.14 Proceso y Análisis

#### Proceso

El proceso y ajuste de los datos debe realizarse utilizando el software compatible con los datos colectados por la Unidad del Estado responsable del levantamiento, de acuerdo al tipo de Nivel utilizado, y debe ser capaz de aplicar como mínimo el método de mínimos cuadrados para el ajuste de los datos.

En el INEGI se utiliza un programa denominado LEVEL, el cual fue creado por la DEFENSE MAPPING AGENCY de los Estados Unidos de Norteamérica e implementado a partir de 1982, para el proceso y ajuste de información de nivelación.

Actualmente, es una versión adecuada y modificada para las computadoras personales (y únicamente está disponible para uso institucional) y para su ejecución utiliza un archivo de datos (\*.dat) con formato y estructura ya definidos.

Una vez integrado y depurado éste archivo de datos, la secuencia para el proceso de la información es la siguiente:

- Ejecución del programa de proceso y ajuste.
- Lectura del Archivo de Datos (\*.dat).

```

Directorio de C:\AGS-SLP
05/12/2008 02:09 p.m. <DIR>      .
05/12/2008 02:09 p.m. <DIR>      ..
04/04/2003 10:54 a.m.             26,033 AGS-SLP.dat
06/05/1948 09:18 a.m.             314,744 LEVEL.EXE
                                2 archivos 340,777 bytes
                                2 dirs  43,518,144,512 bytes libres

C:\AGS-SLP>LEVEL
File name missing or blank - Please enter name
UNIT 5? AGS-SLP.dat

IN READ AFTER 125 CONTINUE
IN READ AFTER 140 CONTINUE
IN READ AFTER 150 CONTINUE
IN READ AFTER 41 READ
IN SUBROUTINE FIXRD
IN SUBROUTINE MEAN
IN SUBROUTINE ADD
IN SUBROUTINE MEAN
IN SUBROUTINE ADD
IN SUBROUTINE MEAN
IN SUBROUTINE ADD
IN SUBROUTINE SECT
IN SUBROUTINE UPSOL
IN SUBROUTINE INVERT
IN SUBROUTINE ADJUST
IN SUBROUTINE SUBRMS
Stop - Program terminated.

```

Figura 30. Ejemplo del inicio de proceso de datos

- De no existir errores en el archivo de entrada (\*.dat), automáticamente se generará un archivo de resultados, mismo que puede ser renombrado con el nombre de la línea trabajada.
- El procedimiento de ajuste debe ser similar en cualquier programa de proceso.

## Análisis

Para realizar el análisis de verifica la información del archivo de resultados, independientemente del software de proceso utilizado, los resultados deben estar estructurados incluyendo algunas de las siguientes secciones:

- Resumen de datos.
- Resumen de Bancos de Nivel.
- Resumen de los Bancos de Nivel fijos.
- Corrección Ortométrica aplicada.
- Cálculo del desnivel promedio y rechazo de observaciones.
- Tabla de ligas.
- Elevaciones ajustadas.
- Resumen de secciones y desniveles.

A continuación se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos de un ajuste en el INEGI con el programa utilizado para el proceso.

## Resumen de datos

	DESDE	SECCION	A	DMA-IAGS			CORRECCION		ESTADIA		CE FECHA LIBRO LINEA							
				OBS DE	DIST	CORR DE	MIRA	TEMP	NIVEL	DIFF	*C*	TM	TS	EX	10-6	MO	ANVOL	PG
1	F	BNGJ35R	BNGJ36	-4.7155	.97	-4.7155	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAFEB	4		
2	B	BNGJ36	BNGJ35R	4.7157	.97	4.7157	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAFEB	4		
3	F	BNGJ35R	BNGJ36	-4.7163	.97	-4.7163	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRASEP	5		
4	B	BNGJ36	BNGJ35R	4.7180	.97	4.7180	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRASEP	5		
5	B	BNGJ36	BNGJ35R	4.7197	.97	4.7197	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
6	F	BNGJ36	V24499	-2.1292	.82	-2.1292	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
7	B	V24499	BNGJ36	2.1324	.83	2.1324	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
8	F	V24499	V24500	-2.0620	.67	-2.0620	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
9	B	V24500	V24499	2.0620	.67	2.0620	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
10	F	V24500	V24501	-1.5906	.64	-1.5906	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
11	B	V24501	V24500	1.5908	.65	1.5908	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
12	F	V24500	V24501	-1.5898	.65	-1.5898	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
13	F	V24501	V24502	-3.1552	.98	-3.1552	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	7		
14	B	V24502	V24501	3.1557	.98	3.1557	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	7		
38	B	V24538	V24537	-2.2245	.62	-2.2245	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	4		
39	F	V24538	V24539	3.7559	.70	3.7559	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	4		
40	B	V24539	V24538	-3.7554	.71	-3.7554	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	4		
41	F	V24539	V24540	1.9051	.52	1.9051	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAMAR	4		
42	B	V24540	V24539	-1.9055	.52	-1.9055	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	4		
43	F	V24540	V24541	3.8563	1.01	3.8563	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	4		
44	B	V24541	V24540	-3.8560	1.01	-3.8560	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	4		
45	F	V24541	V24543	3.0557	1.16	3.0557	N/A	N/A	.0000	6.	.003	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	1	10
46	B	V24543	V24541	-3.0530	1.10	-3.0531	N/A	N/A	-.0001	-36.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	1	10
47	F	V24543	BN771	1.0299	.54	1.0299	N/A	N/A	.0000	-10.	.003	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	1	14
48	B	BN771	V24543	-1.0279	.54	-1.0280	N/A	N/A	-.0001	-40.	.003	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	1	05
49	B	BN771	V24543	-1.0370	.60	-1.0370	N/A	N/A	.0000	0.	.000	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	4		
50	F	BN771	V24544	1.3905	.56	1.3904	N/A	N/A	-.0001	-22.	.003	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	1	16
51	B	V24544	BN771	-1.3896	.54	-1.3895	N/A	N/A	.0001	24.	.003	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	1	03
52	F	V24544	V24545	-12.64	.50	-12.64	N/A	N/A	.0000	-10.	.003	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	1	19
53	B	V24545	V24544	12.85	.52	12.85	N/A	N/A	.0000	-8.	.003	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	1	01
54	F	V24545	V24546	-2.784	.70	-2.784	N/A	N/A	.0000	-12.	.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	2	12
55	B	V24546	V24545	2.759	.66	2.758	N/A	N/A	-.0001	-64.	.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	2	10
56	F	V24546	BN5455	-.0036	.32	-.0037	N/A	N/A	-.0001	-26.	.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	2	14
57	B	BN5455	V24546	.0020	.33	.0020	N/A	N/A	.0000	-24.	-.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	3	28
58	F	BN5455	V24547	-.5484	.87	-.5485	N/A	N/A	-.0001	-66.	.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	2	15
59	B	V24547	BN5455	1.5486	.87	1.5487	N/A	N/A	.0001	30.	.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	2	06
60	F	V24547	V24548	-3.8923	1.89	-3.8923	N/A	N/A	.0000	-6.	.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	2	18
61	B	V24548	V24547	3.8886	1.87	3.8887	N/A	N/A	.0001	46.	.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	2	01
62	F	V24548	BN776	-6.9460	1.84	-6.9460	N/A	N/A	.0000	16.	-.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	3	01
63	B	BN776	V24548	6.9424	2.00	6.9423	N/A	N/A	-.0001	48.	-.002	NONENO	DATOS	DE	MIRAAER	5	3	16

Figura 31. Ejemplo de resumen de Datos

Se muestra la información ingresada para su proceso y ajuste.

## Resumen de Bancos de Nivel



La corrección ortométrica con signo positivo (+) corresponde a mediciones en sentido Norte - Sur y Oeste - Este y la corrección con signo negativo (-) corresponde a mediciones en sentidos opuestos, Sur - Norte y Este - Oeste.

Derivado de esto, el signo de la discrepancia acumulada, la discrepancia de cada sección, la calidad o grado de confiabilidad de las alturas o elevaciones de los Bancos de Nivel fijos y el sentido de las nivelaciones (signo de la corrección ortométrica), influyen en el residual final del proceso y ajuste de la información.

Para un proyecto nuevo se debe tener en cuenta el comportamiento del equipo de medición para determinar el sentido de trabajo.

CORRECCION ORTOMETRICA							
BENCHMARK	A	BENCHMARK	ALT. PROM.	LAT(1)	LAT(2)	CORR ORTOM.	CORR. DE
8 V24527		9 V24528	1855.43189	22 9	22 8	.00199	-3.78411
9 V24528		8 V24527	1855.43189	22 8	22 9	-.00199	3.78541
11 V24532		12 V24533	1848.37665	22 8	22 7	-.00198	-2.36942
12 V24533		11 V24532	1848.37665	22 7	22 8	-.00198	2.37142
18 V24538		19 V24539	1849.15221	22 7	22 6	-.00198	3.75788
19 V24539		18 V24538	1849.15221	22 6	22 7	-.00198	-3.75738
21 V24541		22 V24543	1858.32186	22 6	22 5	-.00199	3.05771
22 V24543		21 V24541	1858.32186	22 5	22 6	-.00199	-3.05510
24 V24544		25 V24545	1862.20674	22 5	22 4	-.00199	-1.24444
25 V24545		24 V24544	1862.20674	22 4	22 5	-.00199	.12648
27 BN5455		28 V24547	1861.59101	22 4	22 3	-.00199	-5.4654
28 V24547		27 BN5455	1861.59101	22 3	22 4	-.00199	.54667
28 V24547		29 V24548	1859.37326	22 3	22 2	-.00199	-3.89033
29 V24548		28 V24547	1859.37326	22 2	22 3	-.00199	3.88671
30 BN776		31 V24549	1848.39609	22 2	22 1	-.00197	-4.18187
31 V24549		30 BN776	1848.39609	22 1	22 2	-.00197	4.18520
31 V24549		32 V24550	1846.64248	22 1	21 59	-.00394	.67462
32 V24550		31 V24549	1846.64248	21 59	22 1	-.00394	-.67845
33 V24551		34 V24552	1852.27477	21 59	21 58	-.00197	11.45888
34 V24552		33 V24551	1852.27477	21 58	21 59	-.00197	-11.46051
34 V24552		35 BN5459	1870.20143	21 58	21 57	-.00199	24.39342
35 BN5459		34 V24552	1870.20143	21 57	21 58	-.00199	-24.39447
35 BN5459		36 BN5460	1883.72730	21 57	21 56	-.00200	2.65661
36 BN5460		35 BN5459	1883.72730	21 56	21 57	-.00200	-2.65636
36 BN5460		37 BN1661	1882.53015	21 56	21 55	-.00200	-5.04994
37 BN1661		36 BN5460	1882.53015	21 55	21 56	-.00200	5.05119
37 BN1661		38 V24553	1872.03760	21 55	21 54	-.00199	-15.93381
38 V24553		37 BN1661	1872.03760	21 54	21 55	-.00199	15.93384
38 V24553		39 BN5462	1843.37137	21 54	21 53	-.00196	-41.39930
CORRECCION MAXIMA (ELEVACION) EN ESTA ITERACION FUE				.00510			
SUMA DE LOS CUADRADOS DE LOS RESIDUOS			.00	GRADOS DE LIBERTAD		147	RMS(PESO) .00177

Figura 34. Corrección Ortométrica obtenidas mediante el programa LEVEL

En la imagen se aprecia una sección con diferencia de latitudes de dos minutos (02'), al compararse con otras secciones de la línea se observa que la diferencia de desnivel es menor a un metro; sin embargo la corrección ortométrica es alta. Finalmente, la suma de los cuadrados de los residuos calculada en la línea debe tender a 0.00 m, entonces se comprueba lo dicho con respecto a la magnitud de esta corrección.

## Desnivel promedio y rechazo de observaciones

DESDE	SECCION A	DISTANCIA	D.E.	RES	RECHAZADO	PROMEDIO	SIGMA
BNGJ35R	BNGJ36	.97	-4.7155	.0009			
		.97	-4.7157	-.0007			
		.97	-4.7163	-.0001			
		.97	-4.7180	-.0016			
		.97	-4.7197	-.0027	ELIMINADO	-4.71638	.49244
BNGJ36	V24499	.82	-2.1292	-.0016			
		.83	-2.1324	-.0016		-2.13079	.64225
V24499	V24500	.67	-2.0620	-.0000			
		.67	-2.0620	-.0000		-2.06200	.57879
V24540	V24541	1.01	3.8563	-.0002			
		1.01	3.8560	-.0002		3.85615	.71063
V24541	V24543	1.16	3.0577	-.0013			
		1.10	3.0551	-.0013		3.05637	.75140
V24543	BN771	.54	1.0299	.0009			
		.54	1.0280	-.0009			
		.60	1.0370	.0056	ELIMINADO	1.02895	.51962
BN771	V24544	.56	1.3904	-.0005			
		.54	1.3895	-.0004		1.38997	.52432
V24544	V24545	.50	-1.1244	-.0010			
		.52	-1.1265	-.0010		-1.12544	.50488
V24561	V24562	.58	-1.1642	-.0000			
		.58	-1.1641	-.0000		-1.16414	.53852
V24559	V24563	2.08	-25.5955	-.0002			
		2.08	-25.5959	-.0002			
		2.07	-25.6084	-.0066	ELIMINADO		
		2.05	-25.6071	-.0076	ELIMINADO	-25.59567	1.01980
V24563	BN1676	1.65	-.6328	-.0005			
		1.68	-.6338	-.0005		-.63328	.91238

Figura 35. Desnivel promedio y rechazo de observaciones

Esta sección se muestra el desarrollo del trabajo por secciones, las distancias y desniveles corregidos de las mismas, tantas veces se hayan trabajado, en su caso, el rechazo de observaciones fuera de tolerancia, el residual que es la diferencia entre el desnivel promedio y cada uno de los desniveles corregidos de una sección, y finalmente el desnivel promedio de cada una de las secciones que servirá para el ajuste de la información.

## Tabla de enlace o ligas

*** TABLA DE ENLACE ***						
ITERACION 2						
DESDE	A	DISTANCIA	D.E.	RES	SIGMA	
1 BNGJ35R	2 BNGJ36	.97	-4.71638	-.00207	.49244	
2 BNGJ36	3 BN5460	33.75	15.32933	-.01837	4.11557	
3 BN5460	4 BN1661	2.20	-5.05057	.00113	1.05000	
4 BN1661	5 BN5465	12.56	-78.49432	-.00662	2.50944	
5 BN5465	8 V24559	2.64	-56.09122	-.00058	1.09872	
8 V24559	9 V24562	1.63	-28.08304	.00000	.91079	
8 V24559	6 BN1680	8.80	28.61508	-.00206	2.06266	
6 BN1680	7 V11195	28.34	265.62975	-.01635	3.77022	

Figura 36. Tabla de enlace o ligas

Si en las secciones anteriores del archivo de salida no se encuentran errores, anomalías o inconsistencias, se toma esta tabla para el análisis y validación de los resultados del proceso, para lo cual se revisarán y validarán de acuerdo con los Estándares de Exactitud Posicional vigentes:

- La discrepancia máxima admisible para una sección, se aplicará para las secciones de liga inicial y final (actualmente  $4 \text{ mm } \sqrt{\text{distancia}}$ ).
- La discrepancia máxima admisible para línea o circuito, se aplicará para el tramo entre las secciones de liga inicial y final (actualmente  $5 \text{ mm } \sqrt{\text{distancia}}$ ).
- A continuación se muestran tablas de ejemplo para la verificación de discrepancias.

**Tabla 16. Ejemplo considerando sólo sección de liga inicial y final**

SECCIÓN	DIST. Km.	RESID. mm.	TOL. $\pm 4\text{mm}\sqrt{K}$	TOL. $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$	OBSERVACIONES
BNJ35R – BNJ36	0.97	-0.00207	0.00394	No aplica	Dentro de Tolerancias
BNJ36 – V11195	88.29	-0.04295	No aplica	0.04698	
V24559 – V24562	1.63	0.00000	No aplica		RAMAL

**Tabla 17. Ejemplo considerando elevaciones intermedias**

SECCIÓN	DIST. Km.	RESID. mm.	TOL. $\pm 4\text{mm}\sqrt{K}$	TOL. $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$	OBSERVACIONES
BNJ35R – BNJ36	0.97	-0.00207	0.00394	No aplica	Dentro de Tolerancias
BNJ36 – BN5460	33.75	-0.01837	No aplica	0.02905	
BN5460 – BN1661	2.20	0.00113	0.00593	No aplica	
BN1661 – BN5465	12.56	-0.00662	No aplica	0.01772	
BN5465 – V24559	2.64	-0.00058	0.00650	No aplica	
V24559 – BN1680	8.80	-0.00216	No aplica	0.01483	
BN1680 – V11195	28.34	-0.01635	No aplica	0.02662	
V24559 – V24562	1.63	0.00000	No aplica		RAMAL

En ambos ejemplos, los resultados están dentro de los Estándares de Exactitud Posicional y por lo tanto ambos procesos son válidos, pero analizando los estadísticos tenemos:

- En el primer ejemplo, los Bancos de Nivel antiguos tendrán un nuevo valor de elevación además de los de recién establecimiento, ya que el residual del tramo de la línea está cerca del límite de la tolerancia, el error se distribuirá en toda la línea de nivelación.
- En el segundo ejemplo, de acuerdo con los residuales, tolerancias de los tramos, con un comparativo de elevaciones derivadas del proceso y las elevaciones del banco de datos, es posible conservar las elevaciones de bancos antiguos al fijarlas en el proceso, además se puede detectar el o los tramos donde se aplicará más corrección y que sean susceptibles de revisión y, en su caso, de nivelar nuevamente.

## Elevaciones ajustadas

*** ELEVACIONES AJUSTADAS ***							
ESTACIONES DE INTERSECCION 1RA				ITERACION 2			
ESTACION	ELEVACION	ESTACION	ELEVACION	ESTACION	ELEVACION	ESTACION	ELEVACION
BNG335R	1874.4226	BNG336	1869.7083				
BNS465	1801.5166	BN1680	1774.0431	BNS460	1885.0560	BN1661	1880.0043
V24562	1717.3429			V11195	2039.6892	V24559	1745.4260
BNS479	2032.0199	V11194	2030.7991				
BNS478	1905.1958	V24566	1922.0014	V11193	1974.2747	V11192	1903.9648
BNS475	1850.7560	BN1690	1830.0004	V24565A	1869.8433	BNS476	1878.1316
BNS472	1781.3217	BN1684	1771.3369	BNS474	1813.9323	BNS473	1789.2167

Figura 37. Elevaciones ajustadas.

Una vez hecha la revisión y validación de la Tabla de Enlace y comprobando que esté dentro de lo establecido por los Estándares de Exactitud Posicional, la siguiente sección corresponde a un listado de Bancos de Nivel y sus Elevaciones ajustadas en el proceso.

### Resumen de Secciones y Desniveles

Finalmente, la siguiente sección obtenida mediante el programa utilizado por el INEGI para el ajuste, es un resumen comparativo del desnivel de campo y el desnivel ajustado, el residuo entre ambos, que no es más que la suma de correcciones, y la parte que correspondió al ajuste del desnivel.

	SECCION	DISTANCIA	DE OBSERVADO	DE COMPUTADO	RESIDUO	RES. (PESO)
1	BNG335R	2 BNG336	.970	-4.71550	-4.71430	-.00120
2	BNG336	1 BNG335R	.970	4.71570	4.71430	.00140
1	BNG335R	2 BNG336	.970	-4.71630	-4.71430	-.00200
2	BNG336	1 BNG335R	.970	4.71800	4.71430	.00370
2	BNG336	1 BNG335R	.970	4.71970	4.71430	.00540
2	BNG336	3 V24499	.820	-2.12920	-2.13034	.00114
3	V24499	2 BNG336	.830	2.13240	2.13034	.00206
4	V24500	4 V24500	.670	-2.06200	-2.06164	-.00036
4	V24500	3 V24499	.670	2.06200	2.06164	-.00036
4	V24500	5 V24501	.640	-1.59060	-1.59017	-.00043
5	V24501	4 V24500	.650	1.59080	1.59017	.00063
4	V24500	5 V24501	.650	-1.58980	-1.59017	-.00037
5	V24501	6 V24502	.980	-3.15520	-3.15492	-.00028
6	V24502	5 V24501	.980	3.15570	3.15492	.00078
24	V24544	23 BN771	.540	-1.38953	-1.39027	.00074
24	V24544	25 V24545	.500	-.12444	-.12517	.00073
25	V24545	24 V24544	.520	-.12648	-.12517	.00132
25	V24545	26 V24546	.700	-.27542	-.27669	-.00127
26	V24546	25 V24545	.660	.27577	.27669	-.00092
26	V24546	27 BNS455	.320	-.00365	-.00269	-.00097
27	BNS455	26 V24546	.330	.00205	.00269	-.00064
27	BNS455	28 V24547	.870	-5.4654	-5.4613	-.00041
28	V24547	27 BNS455	.870	.54667	.54613	.00054
MA DE LOS CUADRADOS DE LOS RESIDUOS			.00	GRADOS DE LIBERTAD 147	RMS(PESO)	.00177

Figura 38. Resumen de secciones y desniveles.

### 3.11.15 Expediente de nivelación

#### Integración del expediente de la línea

Para un mejor manejo y estructuración de la información generado durante el proceso de nivelación, es recomendable que las Unidades del Estado que realicen este tipo de levantamientos incorporen como mínimo los datos e información generados, debidamente depurado en expediente de la línea o circuito de nivelación y debe realizarse un respaldo como parte del aseguramiento de la información, asimismo se deberá enviar copia en

formato digital al área designada para administrar la base de datos (en caso de contar con ella) es importante que cada Unidad Productora de Información se haga responsable de la veracidad de dicha información.

Ejemplo del contenido de un expediente análogo o digital (dependiendo del equipo de medición) generado en el INEGI:

- Croquis general de la ruta (Formato shape)
- Respaldo digital de las observaciones (libretas para los Niveles Óptico Mecánicos o archivos de salida del Nivel Digital)
- Formato extracto de nivelación
- Formato resumen de la línea
- Formato esquema de localización de la información
- Formato codificación para programa de proceso y ajuste
- Archivo de captura de datos para programa de proceso y ajuste
- Archivo de resultados del proceso
- Archivo por entidad federativa en formato tabular de los resultados
- Croquis y descripción de cada Banco de Nivel
- Cartografía escala 1:50 000 con la ubicación de BN (opcional)
- Informe de término de línea de nivelación
- Imágenes (en su caso)

### 3.12 Croquis y descripción de estación geodésica vertical (Banco de Nivel)

ESTACION GEODESICA: VERTICAL-HORIZONTAL- GRAVIMETRICA		
DENOMINACION:		LATITUD: :
PROYECTO:		LONGITUD:
CLASIFICACION: BN:	GPS:	EG:
DEPENDENCIA:		ALTURA ELIPSOIDAL:
ESTADO:		ALTURA NMM:
MUNICIPIO:		GRAVEDAD Y DESV. ESTAND.:
CARTA ESC. 1:50 000:		FECHA DE MED.:BN: GPS: EG:
CONDICIÓN DE LA MARCA:		FECHA DE VERIFICACION:
MARCO DE REF. HORIZONTAL:		FECHA DE VALIDACIÓN DEL BN:
		VERTICAL: GRAVIMETRICO:

CROQUIS:		DETALLE:														
		<table border="1" style="margin: auto;"><thead><tr><th colspan="3">REFERENCIAS</th></tr></thead><tbody><tr><td>R1m:</td><td>AZ°:</td><td>TIPO:</td></tr><tr><td>R2m:</td><td>AZ°:</td><td>TIPO:</td></tr><tr><td>R3m:</td><td>AZ°:</td><td>TIPO:</td></tr><tr><td>R4m:</td><td>AZ°:</td><td>TIPO:</td></tr></tbody></table>	REFERENCIAS			R1m:	AZ°:	TIPO:	R2m:	AZ°:	TIPO:	R3m:	AZ°:	TIPO:	R4m:	AZ°:
REFERENCIAS																
R1m:	AZ°:	TIPO:														
R2m:	AZ°:	TIPO:														
R3m:	AZ°:	TIPO:														
R4m:	AZ°:	TIPO:														

DESCRIPCION DE LA MARCA
ITJNERARIO

Figura 39. Croquis y descripción de Estación Geodésica Vertical (Banco de Nivel)

Instructivo de llenado del Formato 1 “Croquis y descripción de estación geodésica vertical (Banco de Nivel)”

**Objetivo:** Contar con información gráfica y descriptiva del Banco de Nivel para facilitar la localización de la marca para posteriores eventos de medición

**Momento de llenado:** Durante los trabajos de monumentación y medición (actualización)

**Responsable de llenado:** Responsable de la brigada de monumentación y medición.

Para su llenado tomar en cuenta la siguiente tabla:

**Tabla 18. Instrucciones de llenado del croquis y descripción de estación geodésica vertical (Banco de Nivel)**

CONCEPTO		SE ANOTARÁ
DENOMINACIÓN:		Nombre y/o número asignado a la Estación Geodésica Vertical (Banco de Nivel), Horizontal o Gravimétrica.
PROYECTO:		Nombre y/o número asignado al Circuito, Línea, Red o Densificación de Nivelación formada por Bancos de Nivel o trabajos de otra red.
CLASIFICACIÓN	BN:	Clasificación que se le da al Banco de Nivel (Primer Orden, Clase I; Primer Orden, Clase II; Segundo Orden, Clase I; Segundo Orden, Clase II o Tercer Orden, Clase Única).
	GPS:	Clasificación correspondiente a la Estación Geodésica Horizontal.
	EG:	Clasificación correspondiente a la Estación Geodésica Gravimétrica.
DEPENDENCIA:		Nombre oficial de la Unidad del Estado que realizó el establecimiento de la Estación Geodésica.
ESTADO:		Entidad Federativa donde se encuentra la Estación Geodésica.
MUNICIPIO:		Nombre del Municipio donde se encuentra la Estación Geodésica.
CARTA ESCALA 1:50 000:		Clave de la carta topográfica a escala 1:50 000 donde se encuentra la Estación Geodésica de acuerdo a la división y nomenclatura utilizada por el INEGI.
CONDICIÓN DE LA MARCA:		Estado físico en el que se encuentra la Estación Geodésica. Opciones: Buena, Destruída y No localizada.
MARCO DE REF.		De acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional y al procedimiento utilizado para la obtención de la información.
HORIZONTAL:		ITRF08, ÉPOCA 2010.0
VERTICAL:		NAVD29 o NAVD88
GRAVIMÉTRICO:		IGSN71
LATITUD:		La Latitud precisa obtenida mediante un levantamiento con equipo GPS/GNSS y ligada a la Red Geodésica Nacional Activa o en su caso, la de un navegador para el BN o EG.
LONGITUD:		La Longitud precisa obtenida mediante un levantamiento con equipo GPS/GNSS y ligada a la Red Geodésica Nacional Activa o en su caso, la de un navegador para el BN o EG.
ALTURA ELIPSOIDAL:		La altura elipsoidal obtenida mediante un levantamiento con equipo GPS/GNSS y ligada a la Red Geodésica Nacional Activa o en su caso, la de un navegador para el BN o EG.

CONCEPTO	SE ANOTARÁ
ALTURA NMM:	La altura ortométrica que se obtuvo mediante los procesos de nivelación. (Banco de Nivel).
GRAVEDAD Y DESV. ESTAND.:	El valor de la gravedad absoluta de la Estación Gravimétrica y desviación estándar obtenida de los procesos de cálculo de los datos de medición (en caso de que la Unidad del Estado realice este tipo de levantamientos).
FECHA DE MED. BN; GPS; EG:	Fecha en que se realiza la medición de la Estación Geodésica Vertical, Horizontal o Gravimétrica: DDMMAAAA.
FECHA DE VERIFICACIÓN:	Fecha en que se llevó a cabo la verificación de la Estación Geodésica para saber su condición: DDMMAAAA.
FECHA DE VALIDACIÓN DEL BN:	Fecha en la que se aprobó la altura de la Estación Geodésica Vertical (BN): DDMMAAAA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA GRAVEDAD:	Desviación estándar obtenida de los procesos de cálculo de los datos de medición.
CROQUIS:	Se elaborará un croquis de la localización de la Estación Geodésica en una escala apropiada y con las características siguientes: El croquis se orientará de acuerdo a la meridiana magnética impresa en la forma. El Banco de Nivel se indicará mediante un círculo, con su denominación correspondiente. ▪ El área a cubrir (50 m alrededor de la marca) deberá garantizar su posterior localización.
DETALLE:	Se elaborará un croquis de acercamiento del lugar donde se ubica la marca, que detalle el lugar de la monumentación o empotramiento de la Estación Geodésica o insertar una imagen de la placa de la Estación Geodésica Vertical – BN.
REFERENCIAS:	<u>R#m</u> La distancia en metros y centímetros de cada una de las referencias expresadas como R-1, R-2, R-3 y R4 si existiera, tomado desde cada una ellas hacia el BN. La distancia leída con cinta métrica, conservando lo más posible la horizontalidad. <u>Az°</u> El acimut en grados sexagesimales de cada una de las referencias expresadas como R-1, R-2, R-3 y R-4 si existiera, tomado desde cada una ellas hacia el BN. <u>TIPO</u> El rasgo utilizado para cada una de las referencias establecidas (roca, árbol, poste, monumento, etcétera).
DESCRIPCIÓN DE LA MARCA:	Placa de material del cual está hecha la placa de XXX de diámetro con la siguiente inscripción: Nombre de la Unidad del Estado (Acrónimo o Siglas); BN o MARCA: nombre del Banco de Nivel o Estación Geodésica (Ej. BN405-8, BNGJ36, BN15004, V25135, etc.); FECHA: fecha de establecimiento (DDMMAAAA); EMPOTRADA: descripción de la mojonera o el área de empotramiento.  El eje de la ruta está _____ m, más <u>alto o bajo</u> del nivel de la placa.
ITINERARIO:	A partir de: localidad, rasgo geográfico, de infraestructura, etcétera más cercano a la Estación Geodésica; sobre: vía de comunicación (carretera, terracería, brecha, calle, avenida, etc.); hacia; localidad, rasgo geográfico, de infraestructura, etc.; el BN o MARCA: nombre del Banco de Nivel o de la Estación Geodésica; se encuentra a: distancia Km, al costado: lado de la vía de comunicación de la ruta a: distancia m, de su eje.  Información adicional: Se puede especificar el lugar donde se encuentra la estación geodésica, si es conocido (edificio, rancho, puente, etc.), el lugar donde se pueda abastecer de comestibles y combustible, así como especificar los datos de la(s) persona(s) que conocen la Estación Geodésica.

3.13 Formato: Extracto de nivelación

**“Área/Unidad del Estado Responsable del levantamiento”  
EXTRACTO DE NIVELACIÓN**

LÍNEA: \_\_\_\_\_

ESTADO: \_\_\_\_\_ BRIGADA: \_\_\_\_\_

**"IDA"**

**"VUELTA"**

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

LIBRETA _____		HOJAS _____	
FECHA _____		HORA _____	
SECCIÓN _____		KM _____	
ESC.		LECTURAS	DESNIVEL
A	+		C=
	-		
B	+		D.E.=
	-		

### Instructivo de llenado del formato “Extracto de nivelación”

**Objetivo:** Obtener los desniveles de las secciones para evaluar si se cumple con las tolerancias.

**Momento de llenado:** Diariamente, al finalizar los trabajos de medición en campo.

**Responsable de llenado:** Responsable de la brigada de nivelación.

Para su llenado se deberá tomar en cuenta las siguientes instrucciones:

CONCEPTO	SE ANOTARÁ
LÍNEA:	El nombre con que se designa a la línea de nivelación.
ESTADO:	Nombre del estado en donde se desarrolla la línea.
BRIGADA:	Nombre del responsable de la brigada.
LIBRETA	El número de la libreta de nivelación donde están registrados los datos.
HOJAS	El número de las hojas de la libreta en donde se registró la información correspondiente a la sección en referencia.
HORA	La hora en que se iniciaron las observaciones en la sección.
FECHA	La fecha en que se realizó el levantamiento de la sección, DDMMAAAA.
SECCIÓN	La sección de la cual se está calculando el desnivel, descrito por las designaciones de los Bancos de Nivel de inicio y término. Ejemplo BN511189-BN511132.
KM	La longitud total de la sección de nivelación en Km, y con dos decimales.
<b>ESC. A Y B</b>	
LECTURAS +	La suma de las lecturas positivas en la sección para cada escala.
LECTURAS -	La suma de las lecturas negativas en la sección para cada escala.
DESNIVEL	La diferencia entre las sumas de lecturas positivas y negativas para cada escala con cinco decimales.
C=	El valor del factor de colimación del aparato ("C").
D. E. (Diferencia Estadimétrica)	La diferencia de los intervalos, visuales atrás menos visuales adelante.

### 3.14 Formato 3: Registro de observaciones

HOJA 

--	--

Línea \_\_\_\_\_

Instrumento \_\_\_\_\_

MARCA, MODELO Y NÚMERO DE SERIE

Sección \_\_\_\_\_

Edo. Atmosférico \_\_\_\_\_

DESPEJADO, NUBLADO, CON VIENTO, LLUVIOSO

Observador \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_ Nivelación de \_\_\_\_\_

IDA, VUELTA

Anotador \_\_\_\_\_

	P. V.	LECTURAS POSITIVAS	MCRÓ- METRO	SUMA	INTER- VALOS	SUMA
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

	No. DE MIRA	LECTURAS NEGATIVAS	MCRÓ- METRO	SUMA	INTER- VALOS	SUMA
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

## Instructivo de llenado del formato “Registro de observaciones”

**Objetivo:** Anotar las lecturas realizadas por el observador con el nivel sobre las miras para verificar su veracidad.

**Momento de llenado:** Durante los trabajos de medición en campo.

**Responsable de llenado:** El anotador y el responsable de la brigada de nivelación.

Para su llenado tomar en cuenta las siguientes instrucciones.

CONCEPTO	SE ANOTARÁ
HOJA	El número de la hoja de la libreta.
LÍNEA	El nombre con que se designa a la línea de nivelación.
SECCIÓN	La sección de la cual se está calculando el desnivel, descrita por las designaciones de los Bancos de Nivel de inicio y término del tramo. Ejemplo BN511189-BN511132.
OBSERVADOR	El nombre del operador del instrumento.
ANOTADOR	El nombre del técnico que realiza las anotaciones.
INSTRUMENTO	La marca, modelo y número de serie del instrumento (nivel) utilizado.
EDO. ATMOSFÉRICO	El estado atmosférico dominante, despejado, nublado, con viento, lluvioso o alguna combinación de éstos.
FECHA	La fecha en que se realiza el levantamiento, DDMMAAAA.
HORA	La hora en que se inicia el registro en cada hoja.
NIVELACIÓN DE	Ida o vuelta, según la etapa del levantamiento, por lo general deberá concordar con la nomenclatura de la “sección”.
P. V.	Primero; la denominación del banco inicial, segundo; el número consecutivo de cada estación (iniciando en el número 2) y por último la denominación del banco final.
LECTURAS POSITIVAS	Las lecturas hacia la mira de atrás (tres hilos estadimétricos).
MICRÓMETRO	La lectura del micrómetro de la observación hacia atrás.
SUMA	La suma de la lectura del hilo medio más la lectura del micrómetro correspondientes a la observación hacia atrás.
INTERVALOS	La diferencia de intervalos de las lecturas inmediatas correspondientes a la observación hacia atrás.
SUMA	La suma total de intervalos de la visual.
No. DE MIRA	El número de serie de la mira visualizada atrás y adelante.
LECTURAS NEGATIVAS	Las lecturas hacia la mira de adelante (tres hilos estadimétricos).
MICRÓMETRO	La lectura del micrómetro de la observación hacia adelante.
SUMA	La suma de la lectura del hilo medio más la lectura del micrómetro correspondientes a la observación hacia adelante.
INTERVALOS	La diferencia de intervalos de las lecturas inmediatas correspondientes a la observación hacia adelante.
SUMA	La suma total de intervalos de la visual correspondientes a la observación hacia adelante.



## Instructivo de llenado del formato "Resumen de la línea (Nivel Óptico Mecánico)

**Objetivo:** Obtener las discrepancias de las secciones en las que se empleó un Nivel Óptico Mecánico para controlar la acumulación de ellas, conocer el avance en kilómetros, de la línea.

**Momento de llenado:** Diariamente después de obtener los desniveles de las secciones.

**Responsable de llenado:** Responsable de la brigada de nivelación.

Para su llenado tomar en cuenta las siguientes instrucciones.

CONCEPTO	SE ANOTARÁ
LÍNEA:	El nombre con que se designa a la línea de nivelación.
ESTADO:	Nombre de la entidad federativa en donde se desarrolla la línea de nivelación.
INSTRUMENTO:	La marca, modelo y número de serie del instrumento (nivel) utilizado.
MIRAS:	El número de serie de las miras empleadas para el levantamiento.
OBSERVÓ:	El nombre del operador del instrumento.
20__	Completar la cifra para registrar el año en que se realizó el levantamiento de la línea.
FECHA	La fecha (día y mes) en que se efectuó la nivelación de la sección, DDMM.
HORA	La hora de inicio del levantamiento de la sección.
I/V	Una I si se trata de la nivelación de ida, o una V si es la de vuelta.
SECCIÓN	En el campo correspondiente al renglón de ida la designación del Banco de Nivel donde inicia la sección, en el del reglón de vuelta la del banco donde termina la sección.
DISTANCIA PARC.	La longitud calculada de la línea de nivelación por medio de estadía en kilómetros y dos decimales.
DISTANCIA ACUM.	La suma acumulada de las distancias parciales menores de las secciones, en kilómetros y dos decimales.
DESNIVELES ESCALA A	El desnivel obtenido en la sección, tanto de ida como de vuelta, con su signo correspondiente en metros y cinco decimales.
DESNIVELES PROM. ESC. A	El promedio de los dos valores de desnivel (ida y vuelta), con el signo correspondiente al de ida, en metros y cinco decimales.
DISCREPANCIA PARC.	La diferencia entre los desniveles de ida y vuelta en milímetros, con su signo y dos decimales.
DISCREPANCIA ACUM.	La suma acumulada de las discrepancias parciales con su signo en milímetros y dos decimales.
VALOR DE "C"	El valor calculado para el factor de colimación "C".
TEMP. °C:	La temperatura prevaleciente durante la nivelación de la sección en grados centígrados.
DIF. ESTAD.	La diferencia entre las sumas de distancias estadimétricas de las visuales hacia atrás y hacia delante.
OBSERVACIONES	Cualquier comentario que sirva para aclarar los datos registrados o asentar cualquier problemática presentada.



## Instructivo de llenado del formato “Resumen de la línea (Nivel Digital)”

**Objetivo:** Obtener las discrepancias de las secciones en las que se empleó un Nivel Digital, para controlar la acumulación de ellas, conocer el avance en Kilómetros de la línea y en general llevar el control de la línea.

**Momento de llenado:** Diariamente después de obtener los desniveles de las secciones.

**Responsable de llenado:** Responsable de la brigada de nivelación.


Para su llenado tomar en cuenta las siguientes instrucciones.


CONCEPTO	SE ANOTARÁ
LÍNEA:	El nombre con que se designa a la línea de nivelación.
ESTADO:	Nombre de la entidad federativa en donde se desarrolla la línea de nivelación.
INSTRUMENTO:	La marca, modelo y número de serie del instrumento (nivel) utilizado.
MIRAS:	El número de serie de las miras empleadas para el levantamiento.
OBSERVÓ:	El nombre del operador del instrumento o responsable de brigada.
20__	Completar la cifra para registrar el año en que se realizó el levantamiento de las secciones o línea.
FECHA	La fecha (día y mes) en que se efectuó la nivelación de la sección, con el formato DDMM.
HORA	La hora de inicio del levantamiento de la sección con el formato HH:MM.
SENT/I/V	Una I si se trata de la nivelación de ida, o una V si es la de vuelta.
SECCIÓN	En el campo correspondiente al renglón de ida la designación del Banco de Nivel donde inicia la sección, en el del reglón de vuelta la del banco donde termina la sección.
DISTANCIA VISUAL ATRÁS	La suma de las distancias de las visuales atrás registrada por el nivel digital en metros y dos decimales.
DISTANCIA VISUAL ADELANTE	La suma de las distancias de las visuales adelante registrada por el nivel digital en metros y dos decimales.
DISTANCIA DIF. VISUALES	La diferencia de las distancias de las visuales atrás y adelante de la sección en metros y dos decimales.
DISTANCIA SECCIÓN	La suma de las distancias de las visuales atrás y adelante de la sección, en kilómetros y con dos decimales.
DISTANCIA ACUMULADA	La suma acumulada de las distancias parciales menores de las secciones, en Kilómetros y con dos decimales.
DESNIVEL	El desnivel obtenido en la sección, tanto de ida como de vuelta, con su signo correspondiente en metros y cinco decimales.
TOLERANCIA Y DISCREPANCIA DE LA SECCIÓN	La tolerancia de la sección de acuerdo a la menor distancia de la misma y calculada con el Estándar de Exactitud Posicional:
TOL. ±	$\pm 4\text{mm} \sqrt{k}$

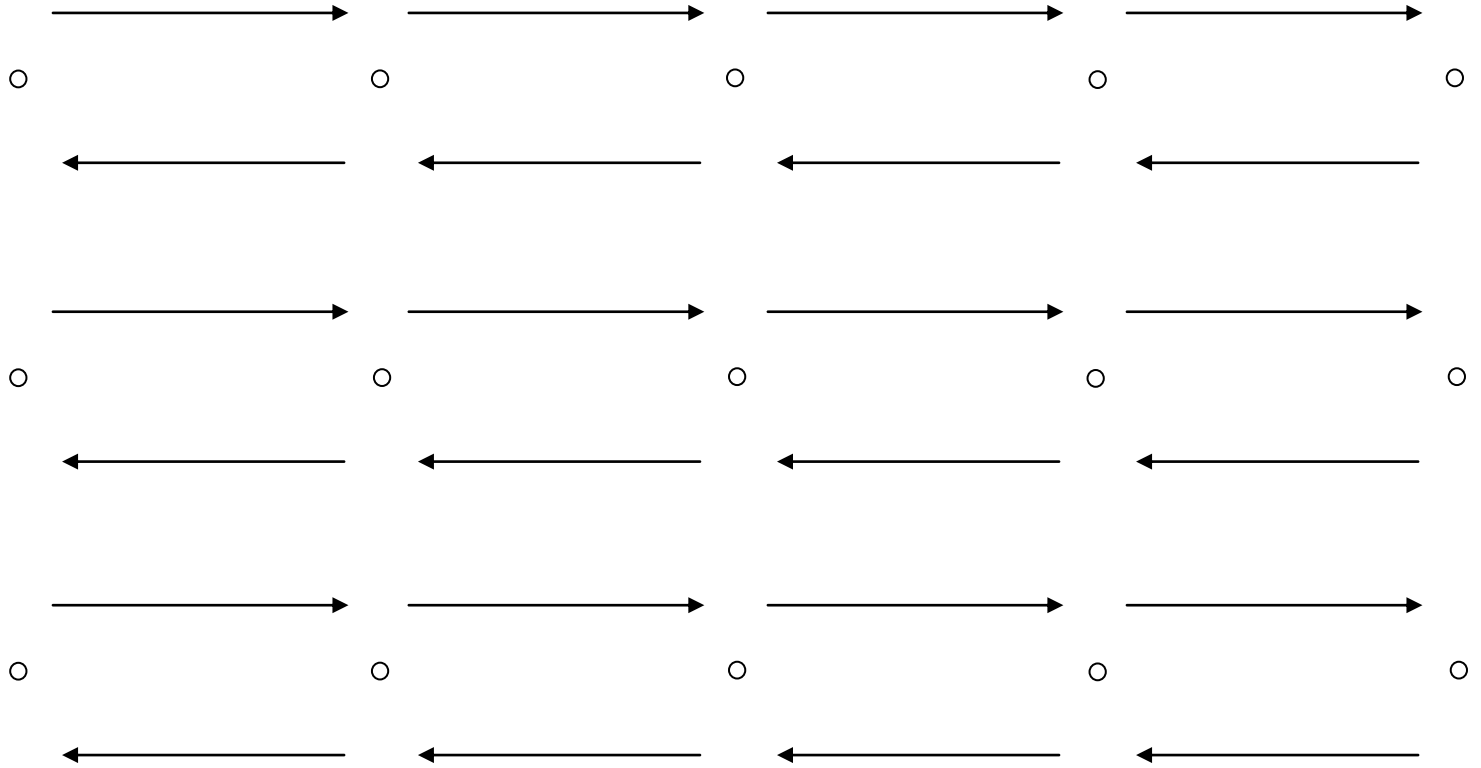
CONCEPTO	SE ANOTARÁ
TOLERANCIA Y DISCREPANCIA DE LA SECCIÓN  D. PARC.	La diferencia entre los desniveles de ida y vuelta en milímetros, y dos decimales con el signo del menor.
TOLERANCIA Y DISCREPANCIA DE LA LÍNEA  TOL. ±	La tolerancia del tramo o línea de acuerdo a la distancia acumulada de las secciones y calculada con el Estándar de Exactitud Posicional:  $\pm 5\text{mm} \sqrt{k}$
TOLERANCIA Y DISCREPANCIA DE LA SECCIÓN  D. ACUM.	La suma acumulada de las discrepancias parciales con su signo (suma algebraica) en milímetros, y dos decimales.
VALOR DE "C"	El valor obtenido para el factor de colimación "C" en segundos y dos decimales.
TEMP. °C	La temperatura prevaeciente durante la nivelación de la sección en grados centígrados.
LATITUD ° ' ''	La latitud del Banco de Nivel en el formato grados, minutos, segundos y decimales, si se dispone de estos últimos.
LONGITUD ° ' ''	La longitud del Banco de Nivel en el formato grados, minutos, segundos y decimales, si se dispone de estos últimos.
OBSERVACIONES	Cualquier comentario que sirva para aclarar los datos registrados o asentar cualquier problemática presentada.

3.17 Formato 6 Esquema de localización de la información

**“Área/Unidad del Estado Responsable del levantamiento”**  
**ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

HOJA \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ BRIGADA: \_\_\_\_\_ IDA: 

LÍNEA: \_\_\_\_\_ ESTADO: \_\_\_\_\_ VUELTA: 



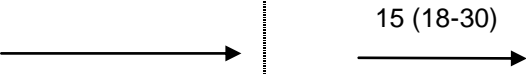

## Instructivo de llenado del formato “Esquema de localización de la información”

**Objetivo:** Facilitar la localización de los datos observados de las secciones en las libretas de nivel.

**Momento de llenado:** Diariamente al concluir los trabajos de campo.

**Responsable de llenado:** Responsable de la brigada de nivelación.

Para su llenado toma en cuenta las siguientes instrucciones.

CONCEPTO	SE ANOTARÁ
HOJA	El número consecutivo correspondiente a la hoja llenada.
DE	El número total de hojas de formato de resumen de línea llenados para la línea de nivelación.
BRIGADA:	El nombre de la Área donde está adscrita la brigada.
LÍNEA:	El nombre con que se designa a la línea de nivelación.
ESTADO:	Entidad federativa en donde se desarrolla la línea de nivelación.
○	Debajo del círculo, la designación del Banco de Nivel donde inicia o termina la sección en referencia.
	Encima de la línea, el número de la libreta de nivelación y las hojas correspondientes (entre paréntesis) en donde se registraron las observaciones de ida de la sección. Ejemplo:  Lo que significa libreta 15 hojas 18 a la 30.
	Encima de la línea, el número de la libreta de nivelación y las hojas correspondientes (entre paréntesis) en donde se registraron las observaciones de vuelta de la sección.



## Instructivo de llenado del formato “Hoja de codificación para el programa de proceso y ajuste”

**Objetivo:** Ordenar la información de la línea de nivelación para su captura y proceso con el programa de proceso y ajuste.

**Momento de llenado:** Diariamente después de obtener los desniveles de las secciones.

**Responsable de llenado:** Responsable de la brigada de nivelación.

Para su llenado tomar en cuenta las siguientes instrucciones.

CONCEPTO	SE ANOTARÁ
LÍNEA:	El nombre con que se designa a la línea de nivelación.
CODIFICÓ:	El nombre de la persona que llena el formato.
FECHA:	Fecha de inicio del levantamiento, DDMMAAAA.
<b>FECHA:</b>	
MES	Las tres primeras letras del mes en que se efectuó la nivelación de la sección, MMM.
AÑO	Las dos últimas cifras del año en que se efectuó la nivelación de la sección, AA.
<b>LIBRETA:</b>	
LIB.	El número de la libreta de nivelación en donde están registrados los datos.
PAG.	El número de la página de la libreta en donde inició el registro de la nivelación de la sección.
PROM. TEMP.	La temperatura promedio durante la nivelación de la sección en grados centígrados.
DESNIVEL	El desnivel de la sección en metros, expresado hasta el cuarto decimal y su respectivo signo (+/-).
DISTANCIA	La longitud calculada de la sección de nivelación por medio de estadía en Kilómetros, expresado con dos decimales.
<b>LATITUD:</b>	
“C”:	El valor calculado para el factor "C" del instrumento, expresado con tres decimales (solo para niveles óptico mecánicos, no se captura para niveles digitales).
BN SALIDA	La designación del Banco de Nivel donde inicia la sección.
GRAD.	El valor de grados enteros de la latitud del Banco de Nivel de salida.
MIN.	El valor de minutos de la latitud del Banco de Nivel de salida.
BN LLEGADA	La designación del banco donde termina la sección.
<b>LATITUD:</b>	
GRAD.	El valor de grados enteros de la latitud del Banco de Nivel de llegada.
MIN.	El valor de minutos de la latitud del Banco de Nivel de llegada.
F B	F o B, según se trate de la nivelación de ida o de vuelta respectivamente.
DIF. ESTAD.	La diferencia entre las sumas de distancias estadimétricas de las visuales hacia atrás y hacia adelante; y su signo (solo para niveles óptico mecánicos).
NOMB. LÍNEA	Las siglas con las que se identifica a la línea.
CÓDIGO CONTROL	No llenar.

## 4 Clasificación y análisis de errores en levantamientos geodésicos verticales

---

Error es la diferencia entre el valor observado o calculado de una cantidad física y su valor verdadero.

En la nivelación geodésica existen errores evidentes y otros de orden complejo y difícil de determinar. Para evitar o minimizar estos errores se debe utilizar siempre equipo adecuado, ajustado y en forma correcta, así como la aplicación de la metodología establecida.

Los errores que se pueden presentar en una nivelación geodésica son: equivocaciones o errores evidentes, errores sistemáticos y errores accidentales.

### 4.1 Equivocaciones

No se consideran como errores y generalmente son causadas por descuido o confusión del personal operativo.

Pueden ser detectadas y aisladas solamente mediante un cuidadoso análisis y corregidas por repetición de la observación.

- Las equivocaciones más frecuentes que se cometen en una nivelación son:
- Lectura errónea de la mira.- Se detectará por comparación de las lecturas efectuadas en ambas escalas y/o entre los intervalos estadimétricos.
- Registro incorrecto de lecturas.- Lo más común es: transposición de anotaciones. Se preverá haciendo que el anotador repita el valor dictado por el observador indicando si se trata de vista “atrás” o “adelante”.
- Movimiento del equipo de medición.- Puede darse en el nivel o equialtímetro, en la base o soporte para la mira (sapo) y a la falta de verticalidad de las miras por movimientos propios y ajenos de los portamiras o estadaleros.

### 4.2 Errores sistemáticos

Son aquéllos que siguen una ley física o matemática definida. Generalmente su influencia puede ser eliminada o reducida, por métodos de cálculo apropiados y con la aplicación en campo de un método operativo adecuado.

A continuación se describen los errores sistemáticos más comunes.

#### Error de colimación

Es debido a la falta de paralelismo de la línea de visual con respecto a la directriz del nivel. Se minimiza procurando la menor discrepancia entre la longitud de las visuales hacia atrás y adelante en cada puesta de aparato y en cada sección. El valor del error se detecta mediante comprobación instrumental.

### **Error por Variación de Temperatura**

Se debe a desigual calentamiento de las partes del nivel, lo que ocasiona desplazamiento de la burbuja. Se minimizará evitando que los rayos solares incidan directamente en el instrumento, para lo cual en todo momento, deberá protegerse con una sombrilla.

### **Error por cambio de altura del instrumento**

Ocurre cuando se hace estación en terrenos blandos, esponjosos, de compactación irregular, etc. En general, se podrá minimizar tomando las precauciones siguientes:

- Elegir la parte más compacta de los terrenos donde se opera para apoyar el trípode.
- Se encajarán los regatones del trípode tanto como el terreno lo permita.
- Efectuar las lecturas tan rápido como sea posible.
- Alternar la secuencia de lecturas en cada estación, es decir, si en una estación se lee atrás-adelante, en la siguiente se leerá adelante-atrás, debiéndose cubrir la sección con un número par de estaciones.

### **Errores de graduación de las miras**

Se deben a imperfecciones en la graduación de las miras. Las miras pueden ser calibradas por comparación en el laboratorio para obtener su longitud más probable antes de usarse en campo. Cuando se cuenta con el certificado de calibración el error se minimizará aplicando el coeficiente obtenido de dicha calibración.

### **Error cero (de índice) de las miras**

Se presenta si el cero de la graduación no coincide con la base de la mira. Se minimiza estableciendo un número par de estaciones por sección. Esto equivale a iniciar y terminar la sección con la misma mira.

### **Error por inclinación de las miras**

Se debe a que la mira no queda contenida en un plano vertical en el momento de la lectura. Este error se minimizará usando un nivel circular de burbuja en cada mira. Para evitarlo, se debe comprobar frecuentemente el nivel circular de burbuja.

### **Error por pandeo de las miras**

Se debe a que las miras no quedan contenidas en un mismo plano. Se detectará por comparación de las distancias horizontales medidas entre la cinta invar y la línea de la plomada, estas distancias se tomarán sobre las graduaciones 0.10, 1.10, 2.10 y 3 m, de la mira. Esta comprobación se hará también al costado de la mira. En caso de detectar pandeo en la mira se deberá solicitar la corrección o reemplazo de la mira.

### Error por efecto de la temperatura sobre las miras

El cambio de longitud de la cinta invar causado por la diferencia entre la temperatura de operación y la calibración se minimiza tomando la temperatura de las miras y aplicando correcciones de acuerdo al coeficiente promedio de expansión térmica por unidad de longitud por grado de temperatura del par de miras.

### Error por hundimiento de las miras

Ocurre durante el intervalo de tiempo transcurrido entre las dos lecturas de una mira desde dos estaciones contiguas, cuando se trabaja en terrenos blandos, esponjosos, de compactación irregular, etc. Se minimizará seleccionando el sitio más estable posible y evitando apoyar la mira más de lo necesario.

### Errores por efecto de curvatura y refracción

El efecto de curvatura se debe a que la visual del nivel es horizontal y la superficie de nivel es curva, por lo que siempre se hacen lecturas mayores en la mira. El efecto de refracción es causado por la desviación de la línea visual hacia la superficie de la tierra al pasar por medios de diferente densidad. Los efectos de curvatura y refracción son de signo contrario y en combinación causan una lectura mayor que la real.

El error por el efecto combinado de curvatura y refracción se minimizará con los siguientes pasos:

- Procurando la menor diferencia entre las longitudes de las visuales atrás y adelante.
- Evitando lecturas del hilo inferior menores de 0.50 m, para 1er y 2o orden, 0.20 para 3er.
- Efectuando dos nivelaciones en sentido contrario en condiciones ambientales diferentes. Si la primera nivelación se efectuó en la mañana, la segunda se hará en la tarde.
- En terreno con pendiente fuerte se procurará llevar la nivelación en zigzag.

**Tabla 19. Tabla de valores de los errores en nivelación geodésica**

Error	Valor
Por variación de la temperatura	Por cada 0.2° C de variación habrá un error de 1" para un nivel de 100 mm.
Por graduación de la mira	En caso de existir, variará alrededor de ± 0.1 mm.
Por inclinación de la mira	$e = \frac{s \theta^2}{2}$ <p>s = distancia obtenida θ = ángulo entre la mira y la vertical.</p>
Por pandeo de la mira	Si el pandeo es de 20 mm el error será 0.1 mm.
Por efecto de la temperatura en la mira	Coeficiente de expansión térmica: = $1.3 \times 10^{-6}$ por grado centígrado.
Por efecto de curvatura y refracción	$e = 6.7s^2 \times 10^{-5}$ mm. Donde: s = distancia de la visual en m.

\*Modern Theodolite and Levels, M. A. Copper.

### **4.3 Errores accidentales**

Es la parte del error de observación desconocida en signo y magnitud, producida por alteraciones fortuitas de las condiciones teóricamente exactas de observación, tales como la imperfección de los instrumentos utilizados, las limitaciones del observador, las condiciones meteorológicas cambiantes, etcétera.

Los errores accidentales más frecuentes son:

#### **Error por descentrado de la burbuja**

Se debe a coincidencia defectuosa de los meniscos y/o a movimientos del trípode después de nivelado el instrumento. Se minimizará:

- Dejando que la burbuja se estabilice en su coincidencia.
- Comprobando el centrado de la burbuja antes y después de las lecturas.
- Procurando que el trípode no sufra movimientos.

#### **Error por inexactitud de la lectura de la mira**

Es provocado por: condiciones instrumentales, ambientales, metodológicas, personales, etc., que provocan una apreciación incorrecta de la lectura. Se minimizará:

- Haciendo que la diferencia de lecturas entre las dos escalas esté dentro de lo especificado en este manual.
- Colocando las miras a una distancia conveniente para que las condiciones ambientales y personales desfavorables se reduzcan.

#### **Error por oscilación de la imagen**

Es debido a la diferencia de temperatura entre el suelo y el aire. Se minimizará evitando lecturas de hilo inferior menores a 0.50 m y observando por la mañana y por la tarde o en días nublados.

#### **Error por paralaje**

Se debe a un enfoque defectuoso. Se minimizará enfocando cuidadosamente el anteojo hasta lograr la máxima nitidez de la imagen.

# Lista de tablas y figuras

## Tablas

Tabla 1. Estándares de Exactitud de Posicionamiento Vertical	5
Tabla 2. Equipo y material.	22
Tabla 3. Equipo complementario	30
Tabla 4. Lecturas y distancias de las miras obtenidas para el ejemplo	35
Tabla 5. Tabla para convertir intervalos estadimétricos en distancia	41
Tabla 6. Abreviaturas de los Estados	44
Tabla 7. Nivelación de una línea (Gabnete)	46
Tabla 8. Nivelación de una línea (Campo)	46
Tabla 9. Nivelación de una línea (Observaciones)	46
Tabla 10. Resumen de las normas y especificaciones de acuerdo a su orden	52
Tabla 11. Formatos	53
Tabla 12. Ejemplo de datos para un registro	54
Tabla 13. Ejemplo de discrepancias	54
Tabla 14. Ejemplo de discrepancia acumulada	55
Tabla 15. Ejemplo de cálculos para un desarrollo de 100 Km	56
Tabla 16. Ejemplo considerando sólo sección de liga inicial y final	65
Tabla 17. Ejemplo considerando elevaciones intermedias	65
Tabla 18. Instrucciones de llenado del Croquis y descripción de estación geodésica vertical (Banco de Nivel)	69
Tabla 19. Tabla de valores de los errores en nivelación geodésica	87

## Figuras

Figura 1. Ejemplo de distribución de Bancos de Nivel en una Red Mareográfica	11
Figura 2. Ubicación de Bancos de Nivel sobre vías de comunicación con curvas horizontales	13
Figura 3. Ubicación de Bancos de Nivel sobre vías de comunicación con curvas verticales	13
Figura 4. Intersección de caminos	14
Figura 5. Ejemplo de placas empotrada en las armazone	14
Figura 6. Ejemplo de desviación de líneas de nivelación a localidades que se encuentran a menos de 6 km	16
Figura 7. Ramal a localidades	17
Figura 8. Banco nodal y adyacentes	17
	89

Figura 9. Ejemplo de una Placa para Banco de Nivel utilizada por el INEGI	20
Figura 10. Ejemplo de un Monumento Estándar para Nivelación utilizado por el INEGI	20
Figura 11. Ejemplo de un Monumento sobre terrenos compactos o con manto rocoso	21
Figura 12. Ejemplo de Monumento especial para Nivelación utilizado en el INEGI	21
Figura 13. Ejemplo de Placa empotrada en roca sana	22
Figura 14. Marcas de referencia	24
Figura 15. Ejemplo para la descripción de Itinerarios utilizado por el INEGI	25
Figura 16. Ejemplo de Nivel Basculante de Constante Estadimétrica igual a 100 utilizado anteriormente por el INEGI	27
Figura 17. Ejemplo de un Nivel Digital (Automático) utilizado por el INEG	28
Figura 18. Ejemplos de Miras Geodésicas que han sido o son utilizadas en el INEGI	29
Figura 19. Ejemplo de Base o soporte para la mira (sapo)	32
Figura 20. Comprobación en equipos (Método Nähbauer)	33
Figura 21. Comprobación en equipos (Posición 1)	34
Figura 22. Comprobación en equipos (Posición 2)	34
Figura 23. Método Nähbaue	35
Figura 24. Primera posición	36
Figura 25. Segunda Posición	36
Figura 26. Comprobación y Ajuste de la Niveleta de la Mira	42
Figura 27. Imagen de ejemplo de los elementos de una Nivelación Simple	50
Figura 28. Ejemplo de la forma de leer una mira con cinta graduada	50
Figura 29. Ejemplo de un archivo de datos utilizado en el INEGI, de acuerdo al software de proceso	59
Figura 30. Ejemplo del inicio de proceso de datos	60
Figura 31. Ejemplo de resumen de Datos	61
Figura 32. Resumen de Bancos de Nivel	62
Figura 33. Resumen de Bancos de Nivel Fijos	62
Figura 34. Corrección Ortométrica obtenidas mediante el programa LEVEL	63
Figura 35. Desnivel promedio y rechazo de observaciones	64
Figura 36. Tabla de enlace o ligas	64
Figura 37. Elevaciones ajustadas	66
Figura 38. Resumen de secciones y desniveles	66

Figura 39. Croquis y descripción de Estación Geodésica Vertical  
(Banco de Nivel)

68

## Bibliografía

---

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI)**, (2010). *Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional de INEGI* Sitio web: [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/normastecnicas/doc/norma\\_tecnica\\_para\\_el\\_sistema\\_geodesico\\_nacional.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/normastecnicas/doc/norma_tecnica_para_el_sistema_geodesico_nacional.pdf)

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI)**, (2011). *Diccionario de Datos Geodésicos*. 2015, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía Sitio web: [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/dd\\_geodesicos\\_v2\\_t.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/dd_geodesicos_v2_t.pdf)

**Coast and Geodetic Survey**, Edition Special 240, 1948. *Manual of Leveling Computation and Adjustment* Sitio web: [http://docs.lib.noaa.gov/rescue/cgs\\_specpubs/QB275U35no2401948.pdf](http://docs.lib.noaa.gov/rescue/cgs_specpubs/QB275U35no2401948.pdf)

**M. A. Copper**, *Modern Theodolite and Levels*.