



## ESTANDARIZACIÓN EN LEVANTAMIENTOS DE NIVELACIÓN VIAL

### Standardization leveling surveys road

Raúl Orlando Patiño Pérez<sup>1</sup>, Diego Armando Díaz Rincón<sup>2</sup>, Raúl Andrés Párraga Gonzales<sup>3</sup>

**Para citar este artículo:** Patiño, R., Díaz D., Parraga R. Estandarización en levantamientos de Nivelación Vial. Revista Topografica Azimut, (4), 44-52.

**Recibido:** 2-febrero-2012 / **Aceptado:** 25-julio-2012

#### Resumen

Actualmente en Colombia los proyectos viales carecen de metodologías y especificaciones técnicas que sean estandarizadas y que conlleven a la obtención de mejores precisiones.

Esta investigación presenta una metodología a partir de una recopilación, análisis y clasificación de información de documentos base como: el Manual de Carreteras de Chile, la Norma NBR 14166 de Brasil, además de especificaciones técnicas manejadas por entidades colombianas, como el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el Instituto Desarrollo Urbano (IDU), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Wilches y CIA.

Por último con la investigación y el análisis realizados se obtuvo una propuesta en forma de manual de procedimientos técnicos para levantamientos de nivelación topográfica en fase II y III en proyectos viales, con el cual se espera mostrar una perspectiva de calidad en cualquier trabajo de nivelación topográfica que se lleve a cabo en un proyecto vial.

**Palabras clave:** Norma, estandarización, proyecto vial, manual, nivelación, precisión.

#### Abstract

Currently in Colombia road projects lack of methodologies and technical specifications that are standardized and that lead to achieving better accuracies.

This research presents a methodology consisted of a compilation, analysis and classification of documents based information as: the Manual Highway Chile, Brazil NBR 14166, plus specifications handled by Colombian entities, such as the Instituto Nacional de vías (INVIAS), Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Water and Sewerage Company of Bogotá, Wilches and CIA.

Finally with the research and analysis conducted was obtained in the form of a proposed technical procedures manual for topographic leveling surveys in Phase II and III in road projects, which are expected to show a quality perspective at any topographic leveling work which is carried out in a road project.

**Key words:** standard, standardization, road project, manual, leveling accuracy.

1 Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia [opatinoz@udistrital.edu.co](mailto:opatinoz@udistrital.edu.co)

2 Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia [diedrin@gmail.com](mailto:diedrin@gmail.com)

3 Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia [r.parraga.g@gmail.com](mailto:r.parraga.g@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

La realización de levantamientos de nivelación es un proceso topográfico para determinar diferencias de altura entre puntos del terreno. Este tipo de levantamientos requiere definir unas metodologías de trabajo, el uso de instrumentos, procedimientos, precisiones y escalas de presentación adecuadas, entre otros elementos que necesitan de estandarización. Siendo este un problema que se presenta en las fases de un proyecto vial (fases II y III).

Históricamente los proyectos viales requieren levantamientos topográficos (Planimétricos y Altimétricos) para poder hacer los diseños. Con el desarrollo de nuevas tecnologías (LIDAR, GNSS, Fotogrametría Digital, entre otros) estas tareas han adquirido un mayor nivel de complejidad. Lo anterior ha planteado un cambio en las metodologías y recursos a emplear, haciéndose necesario estandarizar procesos acordes con estos desarrollos. Cada una de las etapas que se requieren para la ejecución de una vía necesita topografía con procesos estandarizados o regidos por normas.

La necesidad de los usuarios de la topografía (calculistas y constructores) establece la precisión que debe tener un trabajo topográfico de nivelación. Estas exigencias determinan las metodologías, técnicas a emplear, los equipos e instrumentos a utilizar, los requerimientos de perfil profesional y laboral del personal a vincular en un proyecto.

El propósito de esta investigación es analizar, filtrar, comparar y dar un lenguaje común de exigencias que permita garantizar la calidad del trabajo topográfico en las fases de un proyecto vial en las etapas en que sea necesario la nivelación topográfica. Lo anterior, dado que la falta de implementación, desconocimiento, o inexistencia de normas topográficas en fases de un proyecto vial genera problemas en costos, en tiempos de ejecución, y en resultados de calidad.

## MARCO TEÓRICO

### Fases en proyectos viales

Un proyecto vial es un conjunto de actividades de construcción, operación y funcionamiento que pretenden generar un corredor cómodo para establecer comunicación permanente, generar desarrollo industrial, comercial, turístico entre otros temas concernientes en una sociedad.

El producto final es un desarrollo de fases como: pre-factibilidad, Factibilidad y diseños definitivos.

### Fase I (Pre-Factibilidad)

“Esta etapa trabaja con información a escalas pequeñas como: 1:25.000 y 1:10.000” (Cámara Colombiana de la infraestructura, 2010, p. 12) o cualquier otra que permita interpretar la zona de intervención y analizar ciertos puntos en detalle, información geográfica secundaria como imágenes orto rectificadas, cifras de población, proyecciones de población, aforos de tráfico en diferentes épocas, información hidrológica, estudios ambientales, socioeconómicos, geológicos y geomorfológicos regionales.

Finalmente se acostumbra hacer visitas de campo para reconocimientos que sean útiles para las otras fases viales. El propósito en esta etapa consiste en analizar, planificar y proponer alternativas que sean evaluadas para la viabilidad según los criterios técnicos de ingeniería, impactos ambientales y características de diseño del corredor vial.

### Fase II ( Factibilidad)

Esta fase analiza la información básica. Las visitas de campo realizadas en pre-factibilidad se profundizan con investigaciones y toma de datos iniciales, permitiendo tener una perspectiva técnica y unos datos reales con los cuales se presentan soluciones

de problemas pensados en fase I, proponiendo planos base que serán útiles en fase III. El objetivo de esta fase es definir características del proyecto y hacer un presupuesto; de igual manera se determina según lo anterior, rentabilidad, tiempos de ejecución y las posibles inversiones del proyecto vial.

En esta etapa la nivelación topográfica que se maneje puede ser, nivelación trigonométrica o geométrica, según la complejidad del proyecto.

### Fase III (Diseños Definitivos)

Esta fase consiste en la elaboración del proyecto de ingeniería de detalle, con preparación de planos finales para la construcción de las obras, y con un grado de exactitud confiable. La escala mínima de diseño será de 1:2000 con precisión 1:1000. Esta ingeniería de detalle se debe basar en los aspectos técnicos descritos en los estudios de preinversión. (Cámara Colombiana de la infraestructura, 2010, p. 12).

En la etapa de inversión, se realizan todas las actividades necesarias para la puesta en marcha del proyecto, es decir, las acciones necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto.

## METODOLOGÍA

Este proyecto de investigación se desarrolló mediante actividades que permitieron la recolección y análisis de información relacionada con levantamientos de nivelación topográfica.

Un aspecto inicial en el desarrollo del proyecto fue la participación en las reuniones de la Comisión Permanente de Geomática de la Sociedad Colombiana de Ingenieros (SCI). Esta comisión es la encargada por parte de la SCI para coordinar las tareas del Comité Técnico de Normalización 028 en lo relacionado con el proceso de elaboración de la Norma Técnica Colombiana (NTC) para Levantamientos Topográficos. En estas reuniones se obtuvo información de primera mano como lo fue las Normas Brasileñas NBR 14166 y la

actualización de la NBR 13133 de 2011, también se obtuvo gran parte del Manual de Carreteras de Chile y se conocieron los planteamientos y propuestas de varios miembros de la sociedad, los cuales conllevarán a la elaboración de la NTC para Levantamientos Topográficos, y las propuestas preliminares de norma de levantamientos topográficos.

Esta información recolectada pasó por un filtro investigativo basado en cuadros de análisis que relacionaban aspectos como: equipos, precisión, tolerancias, sistema geodésico, escala, planos, tipos de nivelación y metodologías usados por cada país y entidad a la hora de planear, diseñar y ejecutar un levantamiento de nivelación en un proyecto vial.

Con estos cuadros se procedió a realizar una comparación de cada aspecto filtrado para así determinar una propuesta presentada en forma de *Manual de Estandarización en Procedimientos Técnicos de Levantamientos de Nivelación Topográfica en un Proyecto Vial en fases II y III*.

Pero, para garantizar la confiabilidad del manual se realizó una última comparación teórica con libros como: Tratado de topografía por el Dr. Manuel Chueca Pazos y el de Mercedes Farjas, con los cuales se comparan y discuten aspectos contenidos en la propuesta del Manual de Estandarización en Procedimientos Técnicos de Nivelación Topográfica.

A continuación se presentan actividades, cuadros y conceptos metodológicos que hicieron parte del resultado final del proyecto.

## NIVELACIÓN EN PROYECTOS VIALES

La nivelación en un proyecto vial es la unión de tipos de nivelación geométrica, trigonométrica, GNSS, LIDAR, según la complejidad y la fase del proyecto vial.

Este conjunto de tipos de nivelación topográfica se hace en fase II y III con algunas diferencias en el uso de equipos, metodologías, precisiones, debido a que

cada fase tiene un propósito que conlleva a diferentes resultados en planos y precisiones, útiles para la evaluación de alternativas.

En Colombia se usa de una forma no estandarizada el conjunto de metodologías, precisiones, uso de equipos y demás características para el desarrollo de un estudio topográfico. Esta investigación propone un manual teórico llamado P09-2011V1, el cual pretende generar un lenguaje común de este tipo de características, según una recolección de información de referencia de países como Brasil, Chile y de otras entidades colombianas relacionadas con la nivelación en proyectos viales.

Finalmente, esta propuesta de manual es una solución en forma teórica, la cual debería ser llevada a campo, interviniendo las fases de factibilidad y diseños definitivos. Posteriormente es posible evaluar el producto generado, qué debe ser depurado y qué puede aportarse a la norma que se trabaja en la Sociedad Colombiana de Ingenieros por la comisión de Geomática.

## PRECISIONES EN PROYECTOS VIALES

La precisión es un concepto primordial en todo proyecto de topografía. Este concepto es el que da el grado de fiabilidad de los datos tomados en campo. En Colombia las entidades relacionadas con levantamientos de nivelación vial, hacen un manejo de términos de referencia donde se incluyen precisiones. Pero estos términos son diferentes para cada entidad. De igual manera si se hace una comparación global en este caso con Colombia, Brasil y Chile se encuentra el mismo resultado.

### Metodologías en proyectos viales

Un proyecto vial en cada fase tiene unos propósitos puntuales. Para cumplir estos objetivos el ingeniero, topógrafo, y demás personal que se encarga de nivelación en un proyecto vial, usa cada uno una metodología distinta, según su experiencia, y/o facilidad.

Estas metodologías si se estandarizan para el manejo común, generarían resultados con calidad y son garantía para fase II y III de un proyecto vial (Tabla 1).

**Tabla 1.** Nivelación de líneas, circuitos y secciones NBR (Brasil) Fuente: Norma NBR 13133-1994

Clase	Metodología	Desarrollo					Tolerancia estrechas
		Sección de línea	Extensión Máx.	Alcance Máx.	Alcance Mín.	No Máximo de alcance	
IN	Nivelación Geométrica Clase III		10 Km	80 m	15 m		0.012 m√K
IIN	Nivelación Geométrica Clase III		10 Km	80 m	15 m		0.020 m√K
IIIN	Nivelación Trigonométrica	Principal	10 Km	500 m	40 m	40	0.150 m√K
Trig		Secundaria	5 Km	300 m	30 m	20	0.020 m√K
IVN	Nivelación Taquimétrica	Principal	5 Km	150 m	30 m	40	0.300 m√K
Taqui	Lecturas directas e indirectas con teodolito clase I						0.400 m√K

E.M: Error máximo en metros, K: Longitud del circuito de recorrido (ida y Regreso), en kilómetros.

En las NBR se hace énfasis en tener unos puntos de referencia de nivel bien materializados y ubicados de tal manera que sea fácil su identificación, garantizando estabilidad y perdurabilidad (Tabla 2)

De igual manera se mencionan técnicas que conllevan a lograr alta calidad en el trabajo. Entre ellas están: hacer un control con nivelación y contra nivelación de circuitos, minimizar errores debidos a los fenómenos de refracción y reflexión, hacer lecturas directas y recíprocas en nivelación trigonométrica de precisión.

Esta investigación presenta unos cuadros de clasificación que sirvieron de filtro para el resultado final del manual P09-2011V1 (Tabla 3)

**Estandarización de procedimientos técnicos en nivelación de proyectos viales**

La estandarización es un conjunto de reglas que regula la realización de ciertos procesos o la fabricación de componentes para certificar la interoperabilidad y calidad, generando un lenguaje común y alcanzando una comunicación que facilite el entendimiento.

**Tabla 2.** Clasificación Tolerancias tipos de nivelación en Chile, Fuente Manual de viad de Chile

Tipo de nivelación	Nivelación Geométrica			Trigonométrica		
	Alta Precisión m	Precisión m	Corriente m	Precisión m	Corriente m	Baja Precisión m
Precisión	$\pm 0.002 \text{ m} * \sqrt{K}$	$\pm 0.01 \text{ m} * \sqrt{K}$	$\pm 0.02 \text{ m} * \sqrt{K}$	$\pm 0.03 \text{ m} * \sqrt{K}$	$\pm 0.06 \text{ m} * \sqrt{K}$	$\pm 0.08 \text{ m} * \sqrt{K}$

E.M: Error máximo en metros, K: Longitud del circuito de recorrido (ida y Regreso), en kilómetros.

**Tabla 3.** Filtro investigativo normas NBR Brasil

M		
E		
T	✚ ABNT/CB-02	✚ Nivelación Doble
O	Revisión NBR	(Nivelación y
D	13133/1994	contra
O	Febrero: 2011	nivelación)
L	✚ NBR 13133-	✚ Nivelación
O	1994	Trigonométrica
G	✚ NBR 14166-	✚ GPS-NAVSTAR
Í	1998	✚ Nivelación
A		geométrica

Los problemas nombrados anteriormente acerca de los diferentes caminos que se toman para la planeación, ejecución de una nivelación topográfica en un proyecto vial, hace necesario analizar los requisitos existentes acerca de este tema, filtrar información y proponer unos procedimientos en temas de precisión, metodologías, equipos que permitan manejar un lenguaje común que sea certificado y genere alta calidad en los proyectos.

Esta investigación llevó a cabo unos pasos para la elaboración de la estandarización de los datos recolectados y la elaboración de la propuesta final. (Figura 1)

## RESULTADOS

### Manual P09-2011V1

Esta propuesta de manual es una estandarización de aspectos topográficos concernientes a nivelación vial. El contenido de esta propuesta contiene aspectos como: precisiones, equipos, tolerancias, escalas, tipos de nivelación y metodologías, los cuales permiten presentar una información con un lenguaje común en el área de la nivelación topográfica en proyectos viales.



Fuente: Propia. (Tesis propuesta estandarización de procedimientos técnicos para levantamientos de nivelación topográfica en fase II y III en proyectos viales)

Figura 1. Filtro investigativo normas NBR Brasil



## Precisiones

Las precisiones o tolerancias en los trabajos de nivelación dependen de la complejidad del proyecto vial. De acuerdo con las metodologías, la fase y teniendo presente que debe contarse con circuitos de nivelación, las tolerancias del proyecto se pueden estimar de la siguiente forma: (Tabla 4)

## Equipos topográficos usados en una nivelación vial

Los equipos a usar en cualquier proyecto vial se seleccionan de acuerdo a la fase y a la complejidad de este. Para la fase de factibilidad y diseños definitivos que son las fases analizadas en esta investigación se propuso el uso de los equipos mostrados a continuación. (Tabla 5)

**Tabla 4.** Estandarización propuesta en el numeral de Precisiones del manual P09-2011V1

Tipo de Nivelación	Geométrica	de Precisión	Trigonométrica Clase I	Trigonométrica Clase II
Precisión	$E.M = \pm 0.010 \text{ m} * \sqrt{K}$	$E.M = \pm 0.005 \text{ m} * \sqrt{K}$	$E.M = \pm 0.06 \text{ m} * \sqrt{K}$	$E.M = \pm 0.08 \text{ m} * \sqrt{K}$
Fase Recomendada	II y III	III	II o III	II
Observaciones			Según la complejidad del proyecto	Poligonales de Tercer Orden, para apoyo de levantamientos para escalas (1:5.000 y menores).

E.M: Error máximo en metros, K: Longitud del circuito de recorrido (ida y Regreso), en kilómetros.

**Tabla 5.** Equipos Topográficos usados en una nivelación vial

Método de Nivelación	Instrumento	Descripción
Trigonométrica	Teodolito	Este equipo puede ser usado para proyectos donde se requiera medianas precisiones y para actividades específicas (cota a puntos de estación de una poligonal, puntos de nivel) dentro de la fase II.
Trigonométrica	Estación Total	Este instrumento es recomendado usarlo para el método de nivelación trigonométrica. Fase II. (Levantamientos para cubicaciones previas, y puntos de nivel)
Geométrica	Nivel de Precisión	El uso de este instrumento es para trabajos de nivelación de alta precisión, el procedimiento es más refinado para transporte de cotas y puede ser usado para fase II y III dependiendo de las características del terreno y de la complejidad del proyecto vial. Circuitos de ida y vuelta en corredores.
Estático, RTK Stop and Go	Receptor GNSS	Este instrumento es adecuado usarlo en levantamientos de nivelación en proyectos viales de baja y mediana complejidad. Con método estático, se recomienda para la fase de factibilidad y en actividades de desplazamiento de coordenadas, cuando no se tenga una red definida en áreas rurales. En método RTK y stop and Go, para levantamientos de silueta de vía, puntos de nivel y detalle en fase II.
LIDAR	LIDAR	Es recomendable para ser utilizado en proyectos viales en la fase II y III, el uso de esta tecnología nos ofrece incondicionalmente una amplia información de la zona según la ubicación geográfica.

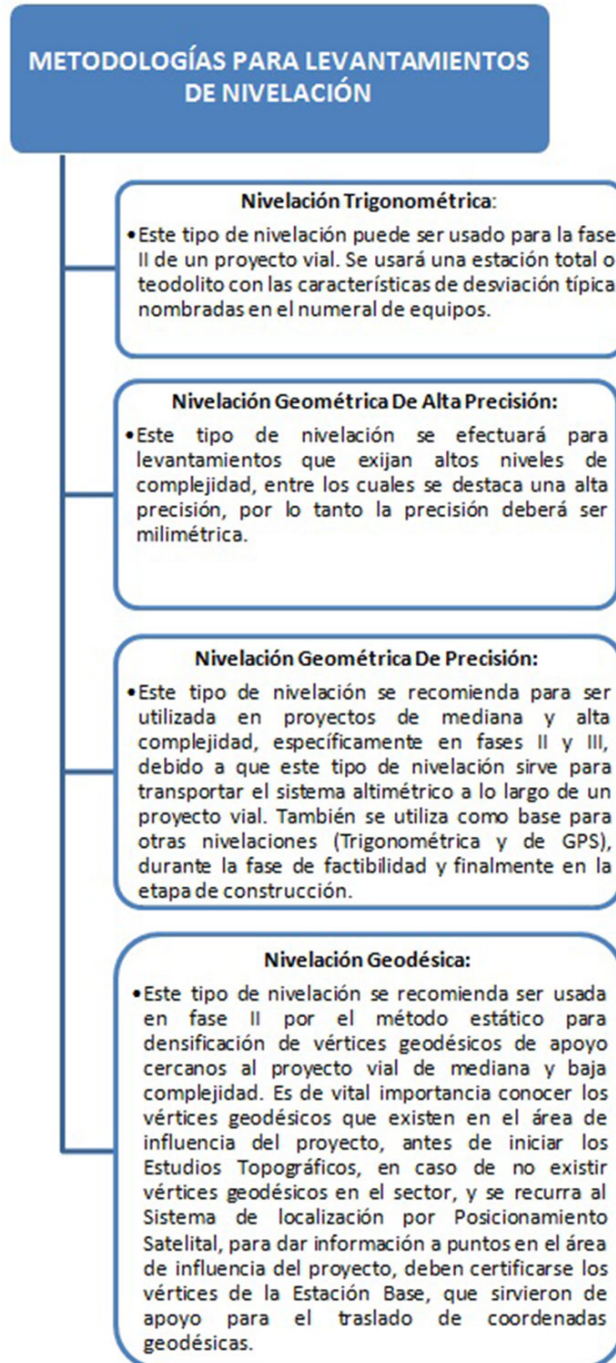
## METODOLOGÍAS

El uso de metodologías empleadas en la nivelación de un proyecto vial, varían dependiendo de la precisión exigida, los recursos instrumentales y los procedimientos que se manejan en la ejecución de una nivelación, por ello el manual de

procedimientos técnicos P09-2011V1, propone el manejo de una metodología estándar: (Figura 2)

## CONCLUSIONES

Los proyectos viales en Colombia pueden tener mejores precisiones, menores costos, tiempos de





ejecución más rápidos siempre y cuando, manejen o se rijan por procedimientos técnicos de nivelación actualizados.

Las entidades colombianas relacionadas con el tema de proyectos viales (IDU, INVIAS), implementarían el manual de procedimientos técnicos de nivelación, con el cual obtendrían un soporte para realizar las licitaciones topográficas y en el cual los contratistas se basarían para el desarrollo del proyecto vial.

Al obtener una estandarización de metodologías de nivelación en proyectos viales, el desarrollo vial en Colombia crecería de manera significativa, puesto que las grandes obras viales podrían desarrollarse por diversos frentes de obra en distintos tramos obteniendo empalmes con buenas precisiones. Lo anterior, gracias a la utilización de un lenguaje común.

La adopción de un manual de procedimientos técnicos en nivelación topográfica, conllevaría a un gran avance para los proyectos viales, para el desarrollo de la investigación en la academia e impulsaría ofertas laborales para profesionales en el área de la construcción.

## REFERENCIAS

ÁLVARO TORRES NIETO Y EDUARDO VILLATE BONILLA, Topografía, cuarta edición, marzo 2000. (pp. 177 – 181)

(Associação Brasileira de Normas Técnicas) ABNT, Rede de ReferênciaCadastral Municipal – Procedimento NBR 14166, Rio de Janeiro, AGO 1998.

(Associação Brasileira de Normas Técnicas) ABNT, Execução de levantamento topográfico NBR 13133, Rio de Janeiro, MAIO 1998.

CONTRATO IDU, 025 de 2006

CONTRATO IDU, 133 de 2005-Estudios y Diseños. Vol.1, Tomo 1

CONTRATO IDU, 187 de 2004

CONTRATO IDU, 188 DE 2004

CONTRATO IDU, 198 de 2002- Estudios y Diseños

CONTRATO IDU, 201 de 2006-Diseños Definitivos

CONTRATO IDU, Consorcio Troncal carrera 7, estudios y diseños troncal carrera séptima Rev. 0

CONTRATO INVIAS, actualización de estudios y diseños fase III de la carretera la Espriella río mataje código 0501

DIVISIÓN DE GEODESIA, Manual de procedimientos en levantamientos topográficos de precisión versión 1 IGAC, noviembre 2006

DIVISIÓN DE GEODESIA DE LA SUBDIRECCIÓN DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA DEL IGAC, Guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS, mayo 1997

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, adopción del marco geocéntrico nacional de referencia Magna-Sirgas como Datum oficial de Colombia, Bogotá, octubre 2004.

JAMES CÁRDENAS, Diseño geométrico de vías, primera edición 2002(pp. 1-5)

Lineamientos para trabajos topográficos, construcción general y diseño general NS-030, Bogotá, marzo 2005.

MERCEDES FARJAS, Levantamientos Topográficos, Tema 4, tema 11, tema 3.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. Dirección de viabilidad. Manual de Carreteras Volumen 2. Chile, 2002.