

**APLICACIÓN DE REDES TOPOGRÁFICAS DE CONTROL SOBRE
INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA PARA PROYECTOS DE
INGENIERÍA EN CARRETERAS**

CHRISTIAN CAMILO PEÑA FRANCO

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE VÍAS Y TRANSPORTE
CALI
2015**

**APLICACIÓN DE REDES TOPOGRÁFICAS DE CONTROL SOBRE
INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA PARA PROYECTOS DE
INGENIERÍA EN CARRETERAS**

CHRISTIAN CAMILO PEÑA FRANCO

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Civil**

**Asesor
SAIETH CHAVES PABÓN
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE VÍAS Y TRANSPORTE
CALI
2015**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cali, 3 de Septiembre de 2015

A mis padres, Hugo Fernandi y Flor Rosmira.
A mis hermanas, Diana Carolina y Giselle Vanessa.
Y en especial a Dios por darme la vida y permitirme
Terminar esta fase de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

SAIETH CHAVES PABÓN, Ingeniero Civil, Profesor de la facultad de estudios a distancia de la universidad militar nueva granada y asesor del presente trabajo.

CAROL AREVALO DAZA, Ingeniera Civil, profesora y tutora del programa de ingeniería civil a distancia de la universidad militar nueva granada.

Las directivas de la Facultad de Estudios a Distancia y en particular al Programa de Ingeniería Civil a Distancia de la Universidad Militar Nueva Granada.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
Objetivos del Estudio	5
Estrategias Metodológicas.....	5
Estructura del Documento	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
ANTECEDENTES.....	8
1. APLICACIÓN DE REDES TOPOGRÁFICAS DE CONTROL.....	10
1.1 Conceptos básicos.....	10
1.2 triangulación	11
1.2.1 tipos de triangulación.....	12
1.2.1.1 triangulaciones de superficies.....	12
1.2.1.2 triangulación geodésica	13
1.2.1.3 triangulaciones mediante GPS	13
1.2.2 toma de datos en campo.....	13
1.2.2.1 instrumentos empleados en campo	13
1.2.3 métodos para la medición de ángulos	14
1.2.3.1 método simple	14
1.2.3.2 métodos de repetición	15
1.2.3.3 métodos de reiteración.....	15
1.3 deformaciones para el diseño de carreteras.....	15
1.3.1 monitoreo de deformaciones en largos períodos de tiempo	16
1.4 Técnicas de medición de deformaciones	16

1.4.1	Puntos de referencia	16
1.4.2	Puntos de la red de referencia	17
1.5	Calculo de una red topográfica	17
1.5.1	Vértices	17
1.5.2	Red básica.....	18
1.5.3	Las redes de carreteras y su función	19
1.6	Parámetros para carreteras según INVIAS	19
1.6.1	Movilización.....	19
1.6.2	Entrega del Terreno y Replanteo del Trazado.....	19
1.6.3	Equipos	20
1.6.4	Organización de los trabajos	20
1.6.5	Trabajos Nocturnos.....	20
1.6.6	Trabajos No Autorizados.....	21
1.6.7	Trabajos Defectuosos.....	21
1.6.8	Control del Trabajo.....	21
1.6.9	Aceptación del Trabajo.....	21
1.7	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	23
1.7.1	Red de Nivelación en el sistema de altura Nacional de referencia.....	23
1.7.2	Redes de nivelación de primer Orden	24
1.7.3	Línea de nivelación de segundo orden.....	24
1.7.4	Líneas de Nivelación de tercer orden	24
1.8	Red Nacional de Carreteras.	24
1.8.1	Principales redes primarias en Colombia.....	25
	Troncales.....	26
	Transversales	28
1.8.2	red de Carreteras Urbanas	31
2.	REAJUSTE DE UNA RED TOPOGRAFICA.....	31
2.1	Planteamiento del trazado	32
2.1.1	reconocimiento o exploración.....	33
2.1.2	trazado ante preliminar.....	33

2.1.3 trazado preliminar.....	34
2.2 Cambios en el diseño de una vía.....	35
2.2.1 Puntos de inflexión.....	35
2.2.2 Puntos transversales y tangenciales a la cota de diseño	36
2.2.3 Corte de vía.....	36
2.2.4 Inclinación y cambio de Cota.....	37
2.3 Obra vial empleando redes topográficas	37
2.3.1 Reconocimiento del terreno.....	38
2.3.2 Elección de la ruta.....	38
2.3.3 Ruta preliminar	38
2.3.4 Ejecución	39
2.4 Obra vial sin emplear redes topográficas	40
2.5 Errores en la operatoria.....	41
2.5.1 Errores de Cierre.....	41
2.5.2 errores sistemáticos.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
Referencias bibliográficas.....	45

INTRODUCCIÓN

En la creación y mantenimiento de carreteras es indispensable el adecuado uso de habilidades y elementos protocolares en el desarrollo del proceso constructivo; la planeación ha sido una parte importante en todo proceso consciente e inconsciente del hombre a lo largo de la historia ya que a partir de esta se han perfeccionado las técnicas y métodos empleados en cada proceso constructivo, pero también podemos denotar en la historia que son hecho que no siempre sobresalen el análisis preliminar en construcción, como dice el dicho “de los errores se aprende”, en muchas ocasiones son la falta de conocimiento previo o de ingerir las variaciones inesperadas que pueden producirse, de ahí la importancia de las redes topográficas en carreteras.

En este trabajo se detalla lo que son las redes topográficas aplicadas en obra, en tres etapas identificadas como preliminares, de control y posteriores; la preliminar como parte esencial de la planeación, y al diseño, lo que nos referimos es a la creación de una carretera y el dominio sobre la zona de trabajo a través de puntos, como una guía en el plano bidimensional, esto como complemento para agilizar el desarrollo de la obra, en segunda parte tenemos el control, ya que los cambios que puede presentar la topografía de un terreno son constante de cierta manera y unos más rápidos que otros como se presenta en nuestro país, las deformación y relieve son una de las causas primordiales que se deben mantener vigiladas mediante una red topográfica especial de control ya que si por alguna razón esta ocurre se introduce a la tercera denominada de posteriores o mantenimiento, básicamente se genera un posible solución vial en el diseño basado en la red topográfica preliminar cambiando puntos guía construidos o no funcionales y agregando nuevos puntos de apoyo.

RESUMEN

En este trabajo por medio del análisis investigativo y la recolección de información se destaca la importancia de las redes topográficas de control, en un ámbito ingenieril orientado a obras viales como puntos de apoyo y referencia usado por el ingeniero. Las redes topográficas en primera instancia son la base de la planeación y el resurgimiento de la elaboración de un diseño vial, resurgentes de la necesidad constante de las personas de cambiar de una a otra posición, por lo general por un medio móvil que este a su vez por medio de una ruta en una vía, y eventualmente esta fue diseñada por unos puntos bidimensionales seleccionados por las características topográficas que otorgaba el lugar y para conveniencia en relación tiempo - distancia; todo con el fin de otorgar lo que toda obra de infraestructura ingenieril tiene como propósito, el bienestar común. La descripción de su aplicación en este trabajo se enfoca a procesos de planeación, monitoreo, y de mantenimiento reiterativos en obras de carreteras, de ahí se resalta la importancia en el monitoreo ya que se pueden tomar datos para clasificar ciertas variables en obra como lo son las deformación o derrumbes viales en algunas zonas montañosas de nuestro país.

Para obtener un control espacial del lugar de trabajo cada ingeniero proyecta de cierta forma las zonas que encuentra en la estructura del terreno y aprovecha cada espacio a su disposición para el trazo y la ejecución de la vía, estos pasos se producen mediante la red topográfica; posteriormente se toman medidas para prevenir desgaste o inhabilitación de la vía por medio de la red topográfica de monitoreo e inciertamente, cada vez que se requiera la red topográfica se debe acondicionar a la necesidad para la que fue creada; cuya necesidad puede cambiar con el paso del tiempo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto ingenieril en carretera se gestiona de manera consecutivo en procesos administrativos y preliminares que determinan viabilidad del diseño y el impacto de la obra sobre todo las condiciones topográficas otorgados por la naturaleza como: geografía, clima y la hidrología; de estos datos tomados se estiman condiciones de trabajo para el ingeniero y se establecen las características propias de cada proyecto al momento de ejecutarse, por lo tanto, sobresalen de estas, dentro de un margen de error, imprevistos manejables en un plan contingente basado en el desarrollo de la red topográfica.

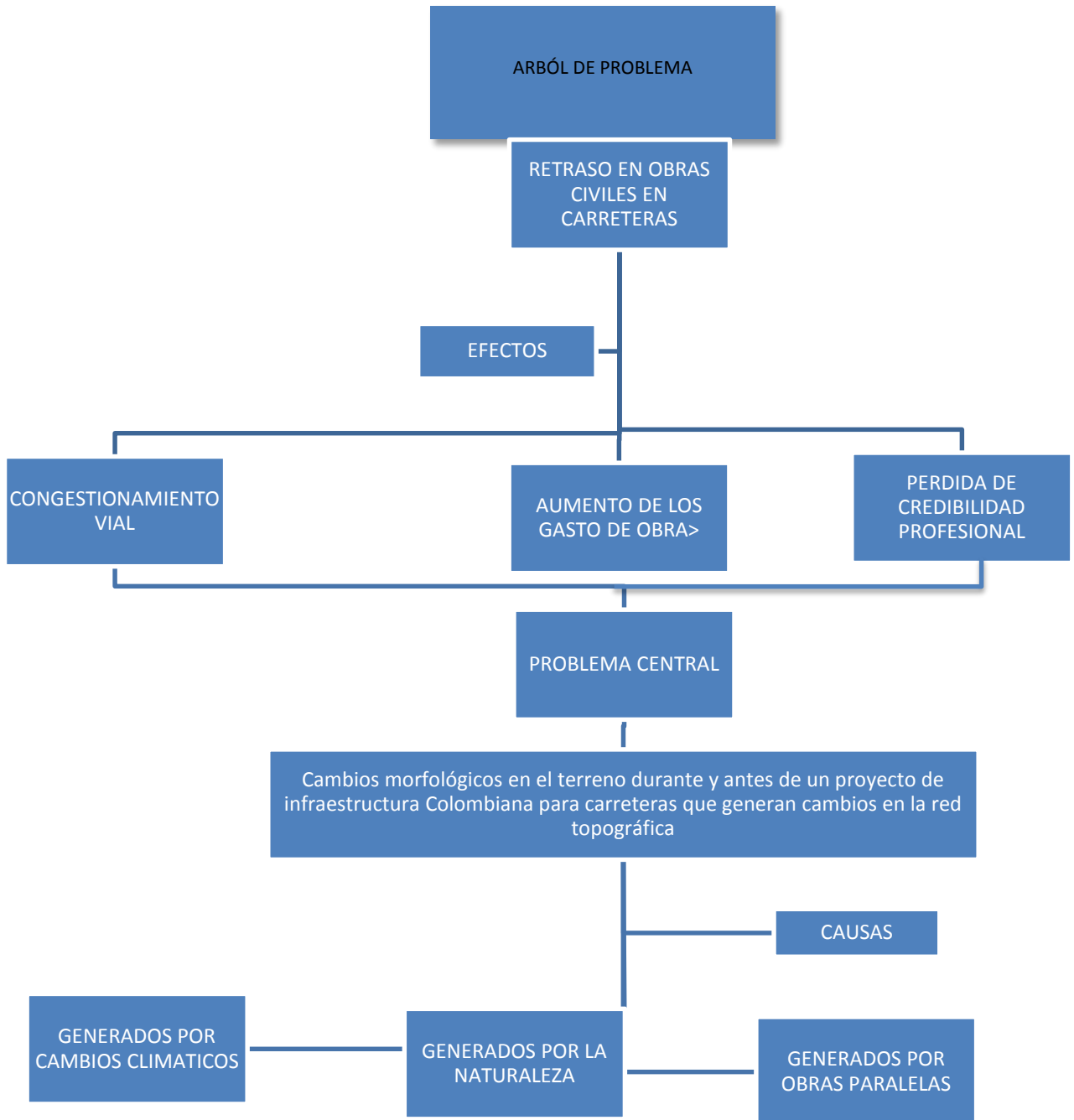
En Colombia contamos con zonas, en su mayoría, de cambios climáticos y geológicos notorios acompañados de un relieve inconsistente en donde se observan problemas morfológicos constantes como derrumbes, movimiento y crecimiento de cuerpos de agua, y problemas de aguas subterráneas (pozos y canales); también podemos mencionar los cambios morfológicos ocasionados por otras obras ingenieriles. En muchas ocasiones la red topográfica otorgada en campo al ingeniero no posee datos recientes o inmediatos a la fecha de inicio de obra pero que son evidente en obras de infraestructura, para tener en cuenta todo esto también se requiere monitoreo durante el proceso constructivo; de ahí surge inmediatamente el planteamiento del ingeniero que lo llevará a la aplicación de una red propia, y en ciertos casos una red paralela a la red topográfica de control en obra.

Bajo este contexto, se plantea el siguiente problema:

“Cambios morfológicos en el terreno antes y durante de un proyecto de infraestructura Colombiana para carreteras que generan cambios en la red topográfica”

De acuerdo con esta situación, el interrogante principal del proyecto propuesto se define como:

¿Cómo reajustar y/o modificar la red topográfica de control en un proyecto de infraestructura en carretera que es sometida a cambios morfológicos en su terreno?



Objetivos del Estudio

Describir teóricamente la aplicación de redes topográficas de control en carreteras para agilizar procesos dentro de las etapas preliminares y posteriores a un proyecto en carreteras.

Estrategias Metodológicas

Éste es un estudio descriptivo que se realizó mediante la interpretación de información, el análisis de las redes topográficas de control y su aplicación en obras de carreteras.

Estructura del Documento

Para mejor comprensión por parte del lector, el contenido de este documento se ha estructurado en dos temas centrales, el primero centrado en el estado del arte de la aplicación de redes topográficas predestinado a describir conceptos básicos y la importancia del uso de la red, el segundo enfocado en el estado del arte para el reajuste de una red topográfica donde se analiza como ajustar una red ya existente en el inicio del diseño del proyecto constructivo.

JUSTIFICACIÓN

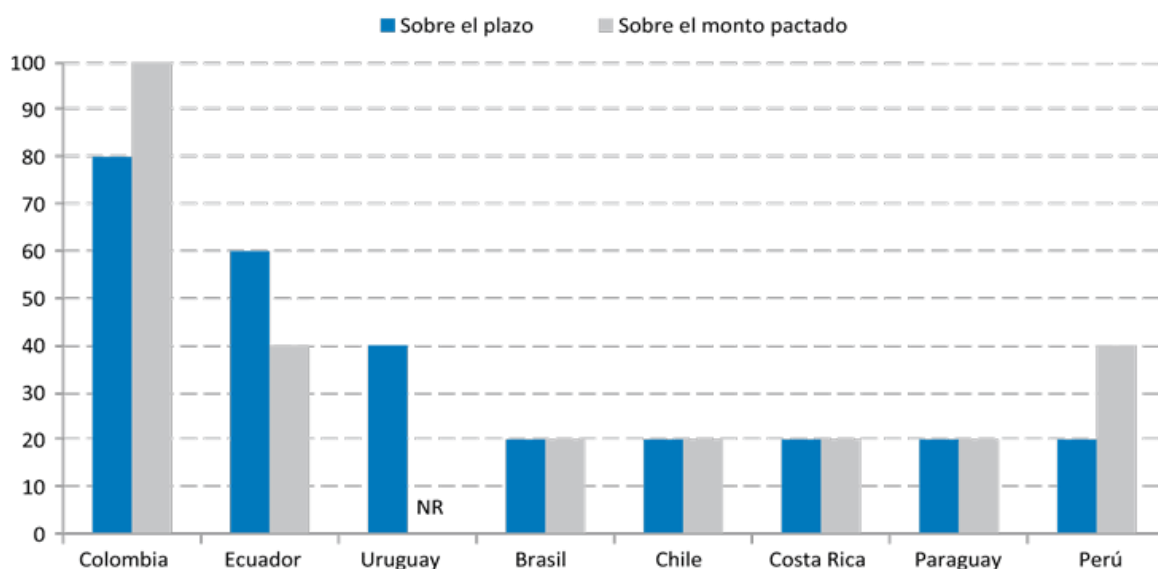
Una de las funciones principales de las redes topográficas son el monitoreo de obras civiles con el propósito de mostrar constantemente el comportamiento del terreno y las variables que posiblemente se puedan presentar en obra; cada proyecto en carreteras así como cada zona de trabajo las redes topográficas son distintas en cada obra, por lo que el ingeniero no puede partir del razonamiento o experiencias de proyectos anteriores; cada infraestructura vial tiene de hecho su particularidad y complejidad, por lo tanto, un pertinente conocimiento previo de la ubicación geográfica facilitaría su adecuación.

La ingeniería se encuentra constantemente en el auge de la modernización, el uso de métodos tecnológicos para mejorar la técnica de trabajo se ve reflejado en todo campo ingenieril; los mecanismos para la medición topográfica son producto del avance tecnológico, gracias a estos podemos usar las redes topográficas de control para solucionar problemas de infraestructuras vial, en Colombia, podemos observar enormes trazos viales atravesando grandes zonas montañosas como el cruce de la cordillera central llamado “la línea”, un claro ejemplo de la ejecución de un reajuste en redes topográficas, se observa la vía antigua ligada principalmente al movimiento circular desprendible de la cota por la que yace la vía, principalmente notamos ajustes topográficos basado en redes de control que mostro la concavidad dominante en el relieve montañoso en donde cada punto de inflexión que se ajustaba perfectamente para acortar esa distancia a través de puentes, ingeniosamente diseñado, replanteando por completo el diseño nuevamente vemos que tras un análisis en las redes proyectamos posibles trazos lineales atravesando material rocoso de pequeñas magnitudes en incursión al macizo pero de gran magnitud en la infraestructura de la carretera. Podemos analizar en este trabajo que no solo en problemas de zonificación podemos aplicar estos puntos de apoyo sino también en situaciones como por ejemplo los desastres naturales (derrumbes) que comúnmente vemos en vías colombianas y que nos vemos afectados dada la inconsistencia de las zonas montañosas para generar una rápida reacción a la restructuración del diseño basándonos en estos puntos de apoyo.

El ingeniero civil debe estar consciente de las condiciones topográficas donde se genera una obra de infraestructura, por tanto, es importante que se mantuviesen instrumentos o puntos de apoyos que permitan el monitoreo y control de estas. En este trabajo se establecerán las características en el uso de puntos de apoyo

topográficos dentro una infraestructura para agilizar procesos de gestión de obras civiles.

En el proceso constructivo constantemente se determinan variables de tiempo para el cumplimiento de entrega de la obra; el ingeniero debe prevenir cualquier inconveniente que paralice el proyecto en carretera, y no solo prevenir sino proveer de planes de contingencia en caso de cada imprevisto que posean, entre otras cosas gastos adicionales. De acuerdo al siguiente gráfico, las estadísticas muestran que en Colombia es uno de los países que más retrasos presenta en obras de infraestructuras en vías, por lo que se hace un error reiterativo en el transcurso de las construcciones en carreteras (ver imagen).



Fuentes: Gutiérrez y Nieto-Parra (2011), “The Policy-Making Process of Transport Infrastructure in Latin America: A Review from Policy Makers”, OECD Development Centre Working Paper, proximate publications

A pesar de los inconvenientes Colombia es un país que está en proceso socio-económico evolutivo que genera cada vez más la necesidad de alcanzar avances en su infraestructura vial. En la actualidad el presidente de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), Luis Fernando Andrade, reconoce que este año 2015 no se logrará la meta del PND y tampoco el objetivo de la entidad, que es de 300 kilómetros de carreteras nuevas construidas; objetivos que podrían ser algo difíciles de alcanzar dado la dura morfología de nuestro país y su altimetría variante.

ANTECEDENTES

Desde los comienzos, la ingeniería se ha manifestado en el hombre de muchas formas, una de estas ha sido con el fin de acondicionar su entorno para proporcionar entre muchas cosas calidad en su estilo de vida; claramente esto se ve reflejado en campos como la topografía, incorporando en estas los avances tecnológicos, satelitales y demás mecanismos de ubicación que como podemos observar han cambiado considerablemente al paso de los años.

El progreso técnico - científico empuja de manera impactante las condiciones laborales de un ingeniero, y consecuente a esto, a sobrevalorar la calidad de vida de las personas, obras e infraestructuras civiles dentro de la demanda social, convirtiendo a la ingeniería civil en la base de la evolución humana, y a la topografía, de forma iterativa, en una de las mayores herramienta para el acondicionamiento de un proyecto civil. En el auge industrial y tecnológico que ha surgido en todo este surtimiento conceptual a lo largo de décadas podemos analizar la implementación y creación de instrumento de medición y ubicación topográficos resultado del dominio espacial que el hombre y ahora el ingeniero necesita poseer, pero esto no obstante está provisto de un margen de error que se considera de gran magnitud en zonas de variabilidad morfológica en la persistente lucha de la tecnología contra la naturaleza.

El proceso topográfico para obras en carreteras se desenvuelve en un sistema de puntos que gesticulan las imágenes bidimensionales, y estas a su vez permiten tener una concepción del terreno, este proceso se empezó con el concepto básico de triangulación que es la base primordial del desarrollo de una red topográfica de control mediante el cálculo básico de sus vértices.

La triangulación se originó en el antiguo egipcio con un sistema similar al del triángulo rectángulo y el cálculo de los catetos e hipotenusa donde empleaban el cálculo de triangulo semejantes para calcular la altura de las pirámides; este proceso topográfico siguió su avance histórico como se muestra en la tabla 1 hasta conformar lo que llamamos hoy en día redes topográficas.

AÑO	SUCESOS
224-271	En China, Pie Xiu (224-271), en el quinto de sus seis principios, identificó la medición de los ángulos rectos y agudos para un adecuado trazado de mapas, necesario para establecer con precisión las distancias
1048	Rayhan Biruni († 1048) introdujo también las técnicas de triangulación para medir el tamaño de la Tierra y las distancias entre diversos lugares
1296	Gemma Frisius propuso utilizar la triangulación para determinar con exactitud la posición de lugares lejano
	Nace la Cartografía mediante triangulación
1615	Él estudió la distancia de Alkmaar a Bergen-op-Zoom, utilizando un conjunto de 33 triángulos.
1617	Snell calculó la forma de corregir las fórmulas para adaptarlas a la curvatura de la Tierra.
1669	Con los métodos de Snell, Jean Picard mide un grado de latitud a lo largo del meridiano de París
1733-1740	En Francia, Jacques y su hijo César Cassini llevan a cabo la primera triangulación de todo el país
1980	Las redes de triangulación a gran escala han sido sustituidas por el Sistema global de navegación por satélite (GNSS)

Tabla 1: Historia de la triangulación (<https://es.wikipedia.org/wiki/Triangulación>)

Elaboración: Propia

1. APLICACIÓN DE REDES TOPOGRÁFICAS DE CONTROL

1.1 Conceptos básicos.

En la topografía básicamente se ha establecido su uso para poseer orden y espaciamiento territorial por lo general para la realización de un trabajo topográfico se necesitan puntos con coordenadas conocidas como punto de apoyo sobre la superficie o plano donde se ejecutara todo un proyecto ingenieril; estos puntos en los que apoyarse pueden ser de forma directa o indirecta, es decir, precisas o proyectadas desde otros puntos ya conocido posteriormente; estos puntos se denominan vértices, y al conjunto de ellos red topográfica o red básica. Para la creación de la estructura formada del enlazamiento de los puntos de apoyos se construye la red topográfica que es la base de los trabajos cartográficos y fotogramétricos con el objetivo de una orientación de la zona de trabajo. Cuando hablamos de una red en un proyecto nos vamos a referir a dos de estas, la primera a una red simétrica, en ella se mostrara detalladamente la distribución espacial en el terreno, es decir, nos mostrara lo que denominamos normalmente latitud y longitud en un plano cartesiano; y la segunda es la red básica altimétrica, en esta distinguimos las variaciones (h) de altura en el terreno; el propósito de contar con estos dos tipos de redes es el de disponer de una red tridimensional.

La red tridimensional es la de mayor precisión en el momento de trabajar en el diseño del proyecto; en ciertos casos, por factores de cambios en la realización de cualquiera de las dos redes aunque los vértices sean los mismos pueden no coincidir ambas redes y por lo tanto no se generaría la red tridimensional.

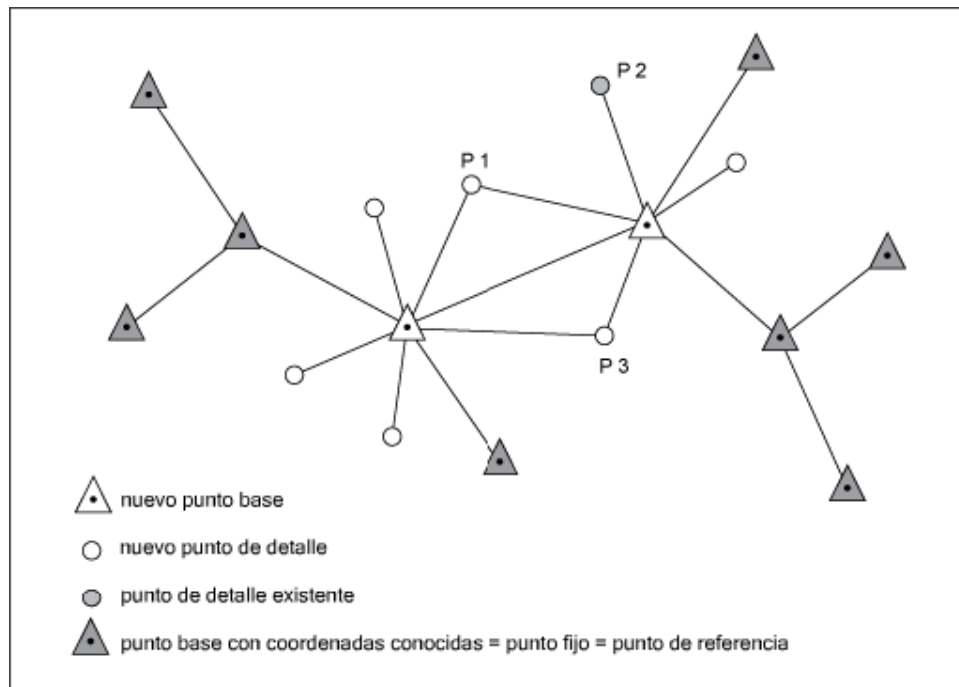


imagen1 red topográfica de control
fuente: <http://docs.autodesk.com/>

1.2 triangulación

Es el uso geométrico asociado a la topografía para la ubicación de puntos, medida de distancias o áreas de polígonos en conjunto.

Se emplea fundamentalmente para determinar los puntos geodésicos o definir espacialmente el posicionamiento en un terreno mediante el cálculo de los vértices.

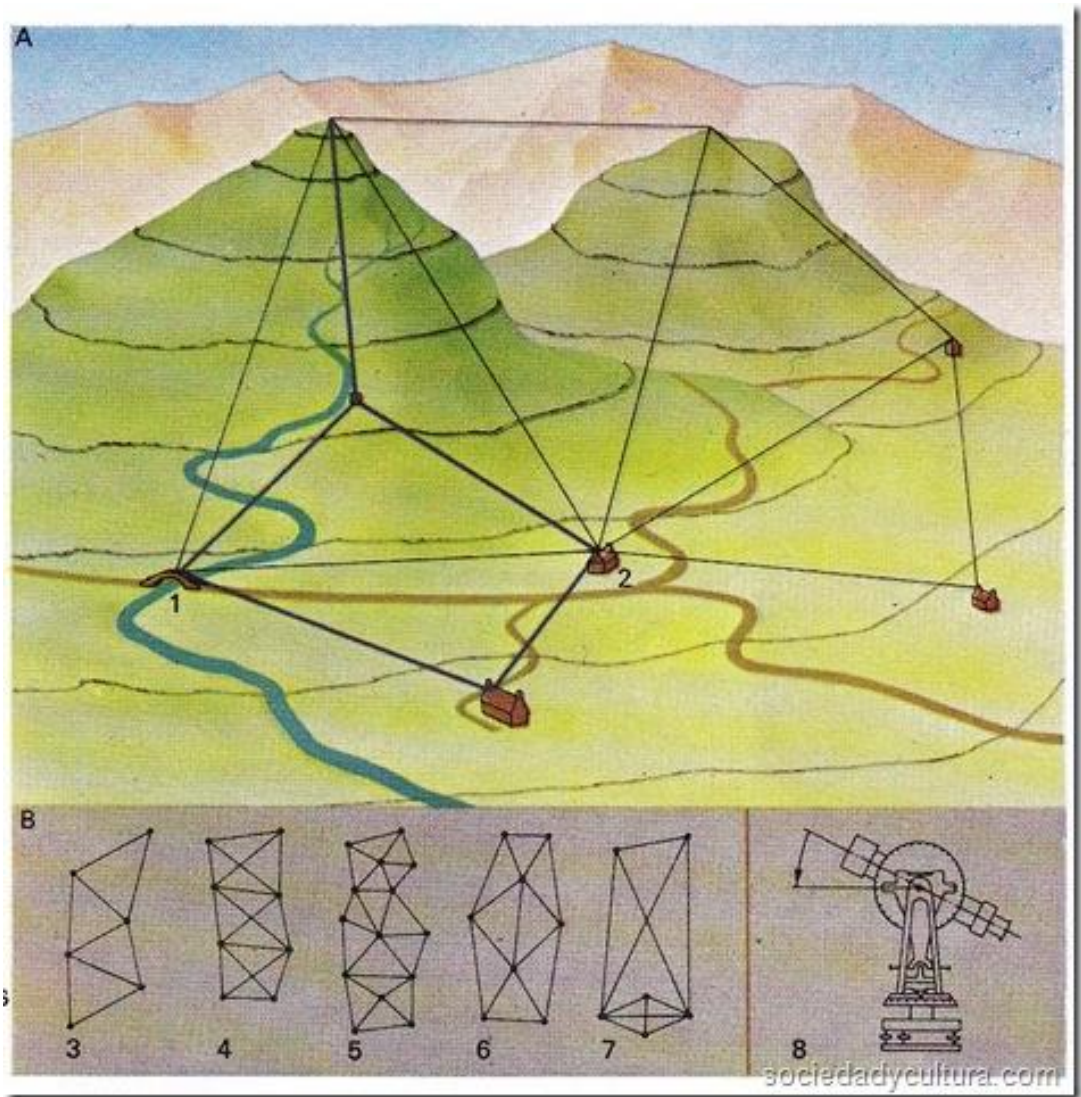


Imagen 2: triangulación
fuente: <http://sociedadycultura.com>

1.2.1 tipos de triangulación

1.2.1.1 triangulaciones de superficies

Es el método más común para hallar el área de un polígono en topografía hablamos de polígonos generados de la zonificación de terrenos basado en cotas

de nivel y puntos de quiebre en dos dimensiones; dividiendo los polígonos triangularmente desde una vista superior altimétricamente y la suma de las áreas triangulares será el área total del terreno y cada punto en los vértices son puntos de referencia.

1.2.1.2 triangulación geodésica

Es el método empleados para aplicación de puntos referencia para determinar un punto no accesible mediante la triangulación; conociendo las distancia a tres puntos usando la trigonometría para determinar lo que se conoce como el punto del observador.

1.2.1.3 triangulaciones mediante GPS

es el método en el que se mide tres distancia mediante las señales y calculando la distancia relativa a tres satélites; partiendo de cada posición absoluta y coordenadas ya conocidas de cada satélite, este método se emplea especialmente para abarcas grandes distancias espacialmente.

1.2.2 toma de datos en campo

Este proceso consiste principalmente en la ejecución física de las mediciones del terreno de obra para su posterior visualización bidimensional; la precisión y velocidad con la que se realice este proceso dependerá del método y equipos utilizados en campo.

1.2.2.1 instrumentos empleados en campo

Actualmente se cuenta con una gama de instrumentos de medición topográfica eficaz y de uso complejo que desempeñan una labor de manera rápida eficaz disminuyendo en gran manera el margen de error en comparación a los métodos tradicionales e ambiguos. Los más esenciales y básico para campo son:

- trípode: es el soporte principal en la estructura medidora de datos que genera una estabilidad necesaria evitando inclinaciones que aumentaría el margen de error en la toma de datos.
- plomada: es empleada para hacer precisar el punto de referencia con el centro óptico del punto de colocación del trípode para prevenir desviaciones horizontales.
- Estaciones Totales: Es un aparato electro – óptico empleado para labores topográficas para el cálculo de coordenadas en campo mediante una línea visual.
- GNSS topográfico: (Sistema Satelital de Navegación Global, por sus siglas en inglés) usado para la toma de datos en campo y el cálculo de coordenadas al igual que las estaciones totales, se diferencia en que no necesitan línea visual y solo se requiere una persona para su uso, son de mayor alcance como un GPS y produce levantamientos topográficos de hasta 3000m de distancia.
- espejo de iluminación: permite reflejar por medio del teodolito la distancia y Angulo proyectada del punto de colocación del teodolito al punto de proyección del espejo.
- metro, estacas, sogas u otros

1.2.3 métodos para la medición de ángulos

Son los métodos utilizados para mediciones en terreno para obtener una concepción geométrica del mismo.

1.2.3.1 método simple

Se coloca desde el inicio de las mediciones el punto de partida como el punto con cero (0) grados con la línea que se proyecta con cualquiera de los puntos de referencia hasta que se uno con el siguiente punto que nos dará el ángulo correspondiente a la medición realizada.

1.2.3.2 métodos de repetición

Al igual que en el método anterior se toma origen cero grados con cualquier punto de referencia tomado para la calibración, se gira hasta toma el ángulo que se desea medir y se devuelve a la línea de origen de cero grados; se repite dos o tres veces hasta que lo valores se van acumulando y el valore de la última mediciones se divide en las tres repeticiones y ese valor será el valor angular medido.

1.2.3.3 métodos de reiteración

Este método funciona en instrumentos que posean el tornillo a presión; en este proceso se toma al azar una lectura a cualquier punto con el fin de ir verificando cada valor tomado después. Este método consiste en definir cuantas reiteraciones se van a hacer a lo largo de las mediciones y el resultado dividido en la circunferencia dará el valor de diferencia entre cada ángulo.

1.3 deformaciones para el diseño de carreteras

Para el diseño de carreteras podemos observar lo que diferenciaremos como deformaciones aceptables e inaceptables para el diseño; en estas deformaciones se caracterizan aspectos tanto humanos como naturales que alteran el orden de la ruta trazada en el diseño.

En la mayoría de ocasiones las vías pueden fallar por una inconsistencia posterior a la realización de dicha como por ejemplo fracturas en las base de la carpeta asfáltica o fallas geológicas cercanas.

Podemos definir como una deformación aceptable como aquella donde las deformaciones generadas no interfieren en el diseño de la vía y que pueden ser corregidas con gran facilidad como por ejemplo remover material granular o cambio del recebo y la inaceptables son aquella que cambia el diseño de la vía en gran escala y que como consecuencia trae cambios en la red topográfica.

1.3.1 monitoreo de deformaciones en largos períodos de tiempo

El monitoreo se efectúa con el propósito de prevenir cualquier tipo de deformación que afecte de cualquier manera la estructura de la red topográfica y por consiguiente al proyecto realizado o en desarrollo; el sistema de monitoreo establecido de cumplir con los requisitos de medir y prevenir deformación tanto a largo plazo como a corto, para poseer un rango de precaución al momento de construir. El estudio pertinente para este tipo de sistemas es mucho más común para las mediciones de larga duración dada su naturaleza externa. Para el monitorio especialmente para uno a largo plazo necesitamos puntos de observación externo a la estructura de la red y puntos dentro de la misma; a la vez ambos puntos internos y externos deben poder emplazarse; estos puntos de la red de referencia externa se deben materializar sobre un terreno estable, además de ser intervisibles entre ellos.

La frecuencia con la que se registren y actualicen los datos en el sistema de monitoreo nos determinara la varianza y la estabilidad del proyecto en cuanto a cuantías que desfavorezcan el proceso constructivo; en la prevención de deformación naturales y/o humanas se realizara el monitoreo externo e interno a la estructura de la red topográfico y el monitoreo preventivo dentro de la zona de obra.

1.4 Técnicas de medición de deformaciones

Una deformación se mide por el impacto que genere en el proyecto es decir por las variaciones necesarias para retomar de manera viable el diseño; por consiguiente entre más porcentaje de la vía abarque esta falla más grande será la deformación y más gasto generara adecuarla; todo esto llevado a una red topográfica nos garantizara un más rápido acondicionamiento.

1.4.1 Puntos de referencia

En el monitoreo de deformaciones podemos evidenciar la medición espacial mediante puntos externo de observación en la que se medirán el desplazamiento de los objetos topográficos a monitorear desde una posición fija que se establecerá en superficie preferiblemente estable y en circunstancias que

produzcan el menos impacto posible en obra; los puntos de referencia utilizados en la medición de deformaciones tienen una posición fija y definida. Los métodos empleados para la realización de la medición son importantes a la hora de trabajar dado la precisión con la que cada método puede contar entre ellos están los métodos terrestres, los satelitales y ambos se usan para la medición de desplazamientos geoespaciales.

1.4.2 Puntos de la red de referencia

Después de generar los puntos de apoyos estables donde se ejecutara el sistema de monitoreo externo se materializaran lo que denominaremos puntos de referencia en la medición de deformación; estos puntos de referencia mediante procesos topográficos nos permitirán la determinación de desviaciones simples en el terreno en ciertos periodos de tiempo registrando el comportamiento geológico y topográfico en obra por lo que es recomendable que estos puntos dentro de la red sean de fácil acceso. Los puntos de referencia deben estar localizados dentro de los límites visible a la obra pero al mismo tiempo deben estar fuera del alcance de cualquier tipo de impacto generado por la obra ya esenciales para determinar el comportamiento de las deformaciones y nos permitirá el ajuste de la estructura de la red topográfica en trabajo. En consecuencia, el monitoreo de las redes debe ser complementado por una triangulación de la red y un sistema de control vertical para la misma.

1.5 Calculo de una red topográfica

1.5.1 Vértices

En la zonificación del terreno de trabajo se deben formar todos los puntos que conformen la red topográfica referenciado a la delimitación del lugar de trabajo y del diseño de la carretera.

El diseño del proyecto vial puede hacerse con sentido a la geometría, es decir, sobre la cartografía existente, esto aumentaría la velocidad de ejecución de la obra y disminuiría costos.

Los conceptos introducidos por Helmert en 1868 para la optimización de un diseño en topografía siguen el esquema:

- Diseño de orden cero
- Diseño de primer orden

- Diseño de segundo orden

Los puntos de las redes se eligen de manera que estén en zonas estables dentro del terreno a trabajar, es decir, morfológicamente y geológicamente no variables; los vértices de una red básica han de cumplir las siguientes características:

- Estabilidad dimensional: que no varíen de forma o tamaño.
- Estabilidad material
- Estabilidad espacial:
- Materialización de forma adecuada, fina, precisa e inequívoca.
- Fácilmente estacionable.
- Fácilmente visible desde cualquier otro punto de la zona.
- Con visibilidad sobre la zona del proyecto.
- Fácilmente localizable.
- Fácilmente sustituible, en caso de desaparición.

1.5.2 Red básica

La red planimetría se ejecuta bajo el principio fundamental de triangulación mediante instrumento de medición bien se un teodolito por ejemplo; los datos necesarios para la triangulación son:

Coordenadas del punto fundamental: tomada de punto universal de la ubicación del terreno mediante la placa estacionaria más cercana.

Orientación de los ejes proyectados desde el punto fundamental a los demás puntos de referencia mediante el instrumento de medición.

Escala de la triangulación calculándose indirectamente de su longitud, por reducción de la de un lado geodésico.

En una red topográfica planimetría se estima que cada triangulo generado de la unión proyectada de los puntos referenciados gesticulan un terreno llano aunque este no posea esa facultad.

La discrepancia o margen de error que se genera en las mediciones de campo deben ser menores a las calculadas por los instrumentos de mediciones.

$$\gamma = e_a \sqrt{2}$$

$$e_a = \sqrt{e_1^2 + e_p^2 + e_d^2 + e_v^2}$$

Las distancias tomadas en campo se tomaran con Angulo de inclinación así a partir de las distancias pueden obtenerse por cálculo los ángulos en los vértices. Si se designan por a, b, c los lados del triángulo ABC, el valor del ángulo en A se puede deducir mediante el teorema del coseno.

1.5.3 Las redes de carreteras y su función

De la formación de redes básicas de topografía se palanca la ruta de carreteras de entrelazar esas rutas se forma redes de carreteras en una región que unidas a otras formaran las redes totales de un país; una red viaria o de carreteras debe cumplir estas dos funciones: la primera es movilidad y la segunda accesibilidad; de la primera evidenciamos que es la fundamental por la cual se genera un carretera generar movilidad a menor tiempo entre dos puntos, pero la más relevante en este trabajo es la de accesibilidad en el sentido de creación de ruta basada en la red topográfica generar accesibilidad entre dos puntos a través de esta misma y en el sentido de ajuste a otra red topográfica proporcionando que haya acceso de una a otro red y viceversa.

1.6 Parámetros para carreteras según INVIAS

1.6.1 Movilización

El ingeniero encargado de la obra debe proveerse de vehículos necesarios para el transporte de bienes, equipos y componentes necesario en obra, aun de la maquinaria en leasing, se debe percatar todo transporte, mencionando cualquier remoción y traslado de material y personal; siguiendo un esquema proyectado a tiempo de trabajo de envió y entrega.

1.6.2 Entrega del Terreno y Replanteo del Trazado

Después de la entrega del terreno para iniciar la obra, el proceso corresponderá a las responsabilidades del constructor; en el replanteo del trazado se trabaja según lo indicado en el proyecto sin ocasionar ningún cambio ni movimiento de terreno

no chaflanado en el proyecto; el constructor debe demarcar con puntos de apoyos cada zona dentro del terreno como pueden ser puentes, desvíos, postes etc.; de la demarcación del trazado del diseño surge la red de trabajo planimetría de ahí se estipulan los puntos de referencia altimétricos de la carretera. Los datos de la ubicación de los puntos referenciados se entregan como datos a analizar antes del inicio de obra junto con la respectiva señalización.

1.6.3 Equipos

El constructor encargado debe asegurarse de obtener los equipos necesarios y en la cantidad requerida para mantener el flujo del proceso constructivo constante y minimizar costos manteniendo dentro del orden establecido en el diseño.

Los equipos y maquinaria deben permanecer en óptimas condiciones para su uso, de lo contrario INVIAS manifestara que estas deben someterse a reparación o cambio dependiendo del caso. Dentro de los aspectos óptimos de los equipos se debe prever la emisión de sustancias nocivas de parte de las maquinarias que utilizan fuentes de energía como petróleo; y los equipos y/o maquinaria deberán contar con los parámetros de seguridad apropiados para el empleador.

1.6.4 Organización de los trabajos

La organización del trabajo permitirá estar al tanto de no perjudicar a las demás personas, edificaciones, servicios públicos, cultivos demás factores que rodeen la elaboración del proyecto en cuestión; INVIAS sanciona cualquier afectación al medio ambiente que se genere mediante la ejecución de una obra civil.

1.6.5 Trabajos Nocturnos

Dada condiciones que impidan el trabajo laboral a luz de día, INVIAS permite las labores nocturnas bajo condiciones de iluminación que el constructor debe acatar de acuerdo a los equipos y la cantidad necesaria para continuar con el desempeño de la vía, tomando las medidas de seguridad para impedir accidentes a causa de la falta de luz.

1.6.6 Trabajos No Autorizados.

Cualquier tipo de construcción de carácter oficial o auxiliar que no cuente con la autorización del interventor será retirado, desmontado o removido inmediatamente según INVIAS; todos los gastos ocasionados por la elaboración de la construcción en cuestión correrán por cuenta del constructor y no de la empresa encargada del proyecto, los daños generados por esta a la obra vial serán responsabilidad del constructor.

1.6.7 Trabajos Defectuosos

Todo trabajo rechazado por el interventor o INVIAS por no cumplir con los requerimientos y especificaciones predeterminadas del diseño del proyecto por defectos en el material, en el personal, por deficiencia en equipos o maquinaria o elementos empleados en la construcción y deberán ser demolidos y reconstruidos por cuenta del constructor por su praxis incorrecta y dentro de las condiciones y tiempo dado por el interventor.

1.6.8 Control del Trabajo

La inspección de los materiales, equipos, del proceso constructivo y la entrega de la obra para determinar su calidad es responsabilidad del interventor, y este basa su juicio de acuerdo a INVIAS; todas las modificaciones dentro del proyecto que permitan mejorar su calidad y prevenir molestias a terceras serán propuestas por el interventor y ejecutadas de manera inmediata por el constructor encargado.

1.6.9 Aceptación del Trabajo.

Este proceso se radica en dos aceptaciones pertinentes la previa aceptación entrega de obra de parte del constructor, de ahí pasa a manos del interventor donde este también debe dar su visto bueno para garantizar la calidad de la obra, para su entrega se tiene en cuenta factores de impacto ambiental, materiales, tiempo empleado y las modificaciones propuestas por el interventor al constructor

En el análisis de aceptación de la obra INVIAS maneja un proceso analítico de la siguiente manera:

Los valores de aceptación se realizan en base a una muestra de un lote para estipular los criterios necesarios para la evaluación.

- Se calcula el valor medio de la muestra (V_m)

$$V_m = \frac{\sum V_i}{n}$$

V_i = resultado individual y n = tamaño de la muestra

- Se calcula la desviación estándar de la muestra (s) mediante la expresión:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (V_i - V_m)^2}{n - 1}}$$

- Luego calcula el promedio estimado del lote en un grado de confiabilidad dado basada en los parámetros tomados del lote en tendencia a los valores límites.

Límite inferior: $V_i(p) = V_m - k(p) \cdot s$

Límite superior $V_i, \text{ sup. } (p) = V_m + k(p) \cdot s$

P = probabilidad en %

$K(p)$ = límite de intervalo de confianza tomado de la tabla 107-1 (límites de intervalo de confianza k) de INVIAS, con relación a n .

- Se prosigue a determinar los índices de calidad de la siguiente forma:

El índice de calidad inferior y superior se calcula de la siguiente forma

$V_{\text{max}} = V_i, \text{ sup } (p) + s$

$V_{\text{min}} = V_i(p) - s$

Índice de calidad superior $LQS = \frac{V_{\text{max}} - V_m}{s}$

Índice de calidad inferior $LQI = \frac{V_m - V_{\text{min}}}{s}$

Los parámetros dados por INVIAS para cualificar la calidad se otorga mediante porcentajes (PDL) estimado de valores de los límites de las especificaciones a través de la ecuación.

$$PDL=PDLS+PDLI-100$$

PDLS= porcentaje estimado de valores bajo el límite superior de la especificación.

PDLI= porcentaje estimado de valores bajo el límite inferior de la especificación.

Determinados todos los valores anteriores se estima el PDL calculado en la tabla 107-2 de INVIAS y se determina la aceptación de la obra con respecto al porcentaje de calidad, con ese valor se sustenta la calidad de la aceptación de la obra vial.

En este proceso matemático es una constancia del cumplimiento de las normas de INVIAS para el desarrollo de procesos constructivos en carretera que se ejecutan al finalizar una obra por medio del calculista encargado se analizar los valores admisibles con el fin de presentarlos en un informe, evaluado por interventor para lograr dar aceptación al proyecto bajos los parámetros de aceptación otorgados por el constructor previamente.

1.7 Instituto Geográfico Agustín Codazzi

1.7.1 Red de Nivelación en el sistema de altura Nacional de referencia

A lo largo de este trabajo hemos observado cómo se desenvuelve una red topográfica en su sentido más usado, es decir, en su planimetría, pero es relevante el hecho de que en nuestro país no está compuesto únicamente de planicies, así pues que una red de nivelación es aquella que nos ilustra los cambios de altura dentro de la red topográfica en un carretera, basándose en la medición métrica desde el punto de partida del nivel del mar y enfocándose a longitudes en 90° entre punto y punto de referencia. El IGAC se manifiesta a través de las carreteras nacionales apegándose a los estándares técnicos del IAGS (Interamerican Geodetic Services), por lo cual, se definieron las redes de nivelación en tres niveles de precisión distintos.

1.7.2 Redes de nivelación de primer Orden

Una red de nivelación de primero orden trata de lo siguiente, el IGAC posee a su disposición puntos de referencia que se encuentran a lo largo de todo el país formando un circuito de señalizaciones para permitir al ingeniero un fácil ubicación geodésica de su entorno, cabe resaltar que cada punto esta materializado en monumentos o incrustaciones de bronce, y tienen una equidistancia entre ellos de 1.2-2.5km; así que, de todo lo anterior la red de nivelación de primer orden es aquella que se encuentra dentro del sistema de referencia en un radio de 100km.

1.7.3 Línea de nivelación de segundo orden

Ahora bien, las líneas de nivelación de segundo orden son catalogadas así por ser aquellas que abarcan y atraviesan los puntos de las ciudades medianas y pequeñas de nuestro país, y se proyectan hasta llegar a conectar a el circuito nacional de puntos que posee el IGAC.

1.7.4 Líneas de Nivelación de tercer orden

Estas líneas densifican enormemente las dos anteriores, dado que sus errores de cierre son menores y su precisión es demasiado rigurosa, lo que se manifiesta en que referenciarían más detalladamente la red vertical haciendo imposible llevar a alturas físicas los datos entre punto y punto.

1.8 Red Nacional de Carreteras.

Es el entrelace de puntos de referencia otorgados por INVIAS, que conforman toda la malla vial a lo largo de Colombia, se personifica en un sistema de circuitos de líneas que representan a las carreteras según un orden específico; también se puede denotar en este sistema el realce de los puntos de referencia y de apoyo que a su vez son utilizados para la creación y modificación de carreteras.

El sistema se compone de la siguiente forma:

- Red Primaria (Grandes Autopistas, a cargo de la nación): estas deben específicamente pavimentadas y distribuid en calzadas según la necesidad de cada zona.
- Red Secundaria (a cargo de departamentos): estas pueden estar elaboradas en pavimentos o en afirmado, y su función principal es unir municipios mediante vías que posteriormente estén ligadas a una red primaria.
- Red terciaria (compuesta por carreteras terciarias, a cargo de los municipios): esta pueden o no estar pavimentadas, se usan para unir veredas y deben estar ligada a una red secundaria.

La red nacional de carreteras está inundada de señales dentro de esta como parte de la prevención y cuidado que se le da, otorgando al usuario que transite por cada una de estas el conocimiento anunciado de como emplear cada una de estas carreteras en el tramo de viaje; las redes primarias se caracterizan en tener **Troncales** (van en sentido Norte – Sur) y **Transversales** (en dirección occidente - oriente), esto hace parte de los componentes de las rutas.

Las rutas se dividen en tramos y se identifican según su número, y se generan en una distancia no mayor a 150 kilómetros, cada tramo se considera su importancia según la relevancia de la zona y la población cercana.

La distancia de una carretera que se desprende de la ruta pero en alguna parte de su longitud vuelve unirse a la ruta se llama Tramo alterno; en cambios lo que se le denomina variante o pasos son aquellas que permiten acceder a las zonas urbanas y vuelven a unirse a la ruta posteriormente, por lo general miden entre 20 y 150 kilómetros; para la zonas alejadas y municipios de poca accesibilidad se generan ramales que se conectan a tramos alternos y permiten la comunicación de estos lugares y cualquier otra vía que puede adaptarse a un ramal se le conoce como un subramal.




























1.8.1 Principales redes primarias en Colombia.


































Como se observó anteriormente, las redes primarias son las conocidas como troncales y transversales, pero las troncales más usadas y conocidas en el sistema vial son:

Troncal Occidental: Esta vía internacional se conecta a la red vial nacional en el puente de Rumichaca, en el departamento de Nariño, que marca el límite internacional entre Colombia y Ecuador.

Troncal de Magdalena: Es la carretera que recorre de forma paralela el Río Magdalena.

Troncales

Identificador	Ruta Nacional	Origen	Destino
	Ruta 1	Circunvalación de la Isla de San Andrés ( San Andrés y Providencia)	
	Ruta 3	Circunvalación de la Isla de Providencia ( San Andrés y Providencia)	
	Ruta 5	Puente Internacional Río Mataje ( Nariño)	Palo de Letras ( Chocó)
	Ruta 13	Junín ( Nariño)	Quibdó ( Chocó)
	Ruta 15	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 17	Chiles ( Nariño)	Punto del Océano Pacífico ( Cauca)
	Ruta 19	Cali ( Valle del Cauca)	Loboguerrero ( Valle del Cauca)
	Ruta 21	Guapá ( Córdoba)	Lorica ( Córdoba)
	Ruta 23	Cali ( Valle del Cauca)	El K15 ( Córdoba)
	Ruta 25	Puente internacional de Rumichaca ( Nariño)	Barranquilla ( Atlántico)
	Ruta 25A	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	






	Ruta 25B	La Pintada ( Antioquia)	Puerto Valdivia ( Antioquia)
	Ruta 25C	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 27	Plato ( Magdalena)	Palermo ( Magdalena)
	Ruta 29	Armenia ( Quindío)	La Felisa ( Caldas)
	Ruta 31	Santander de Quilichao ( Cauca)	Palmira ( Valle del Cauca)
	Ruta 33	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 37	Garzón ( Huila)	El Palo ( Cauca)
	Ruta 39	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 41	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 43	Paicol ( Huila)	Si Dios Quiere ( Magdalena)
	Ruta 45	Puente Internacional San Miguel ( Putumayo)	Ye de Ciénaga ( Magdalena)
	Ruta 45A	Neiva ( Huila)	San Alberto ( Cesar)
	Ruta 47	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 49	San Roque ( Cesar)	Riohacha ( La Guajira)
	Ruta 55	Bogotá ( Bogotá)	Puente Internacional Pedro de Hevia ( Norte de Santander)

	Ruta 57	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 61	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 65	Villagarzón () Putumayo)	Saravena () Arauca)
	Ruta 65A	Río Caguán () Caquetá)	Puerto Caldas () Meta)
	Ruta 75	Puerto Leguízamo () Putumayo)	Puerto Gaitán () Meta)
	Ruta 85	Leticia () Amazonas)	Mitú () Vaupés)
	Ruta 95	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	

Tabla de las troncales de Colombia
fuente: wikiedia.org

Transversales

Identificador	Ruta Nacional	Origen	Destino
	Ruta 8	Guachucal () Nariño)	Orito () Putumayo)
	Ruta 10	Tumaco () Nariño)	El Pepino () Putumayo)
	Ruta 12	Guapí () Cauca)	Cruce Ruta 45 () Cauca)
	Ruta 20	Munchique () Cauca)	Paletará () Caquetá)
	Ruta 22	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 24	Patíco () Cauca)	La Ceiba () Caquetá)

	Ruta 26	Morales ( Cauca)	Guadalejo ( Cauca)
	Ruta 30	Neiva ( Huila)	Cruce Ruta 85 ( Vaupés)
	Ruta 32	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 34	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 36	Buga ( Valle del Cauca)	Cruce Ruta 65 ( Meta)
	Ruta 38	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 40	Buenaventura ( Valle del Cauca)	Puerto Carreño ( Vichada)
	Ruta 40A	Buga ( Valle del Cauca)	Melgar ( Tolima)
	Ruta 42	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 48	Nóvita ( Chocó)	Cartago ( Valle del Cauca)
	Ruta 50	Nuquí ( Chocó)	Paratebueno ( Cundinamarca)
	Ruta 50A	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 52	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 56	Medellín ( Antioquia)	Aguaclara ( Casanare)
	Ruta 58	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	










	Ruta 60	Bahía Solano ( Chocó)	Monterrey ( Casanare)
	Ruta 62	Turbo ( Antioquia)	Orocúe ( Casanare)
	Ruta 64	Ye de Barranca ( Santander)	Cruce Ruta 65 ( Arauca)
	Ruta 66	Barrancabermeja ( Santander)	Arauca ( Arauca)
	Ruta 66B	Bucaramanga ( Santander)	Empalme Ramal 55 NS 08 ( Norte de Santander)
	Ruta 68	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 70	Palo de Letras ( Chocó)	Puente Internacional Simón Bolívar ( Norte de Santander)
	Ruta 74	Puerto Rey ( Córdoba)	Tibú ( Norte de Santander)
	Ruta 78	Lorica ( Córdoba)	El Burro ( Cesar)
	Ruta 80	Carmen de Bolívar ( Bolívar)	San Juan del Cesar ( La Guajira)
	Ruta 86	Ruta Eliminada por la Resolución No. 339 del 26 de febrero de 1999	
	Ruta 88	Buenvista ( La Guajira)	Maicao ( La Guajira)
	Ruta 90	Turbo (Antioquia) ( Antioquia)	Paraguachón ( La Guajira)
	Ruta 90A	Cartagena ( Bolívar)	Barranquilla ( Atlántico)

Tabla de las transversales de Colombia
fuente: wikiedia.org

1.8.2 red de Carreteras Urbanas

Las redes urbanas son diseñadas con el fin común al de las redes nacional y es el de comunicar un lugar con otro, e este caso a un nivel más diminuto que el de una red nacional, pero de similar complejidad, esta se caracteriza por conformarse principalmente por calles y carreras, estas a su vez pueden estar unida a una red secundaria por medio de una variante o paso proveyendo a la población una conexión más directa a una red primaria.

Estas red divide a las zonas en cuadras o manzanas y están al mismo tiempo forman barrios que conforman localidades y en si todos estos juntos son los componente de la ciudad, estas hacen posible la accesibilidad a cualquier lugar dentro del casco urbano de lo contrario chocan con una red secundaria y luego una red primaria; esta posee más complejidad en sus señalización y límites de tránsito a comparación de una red principal. Dentro del perímetro urbano se clasifican las vías de la siguiente forma:

Dentro del perímetro urbano:

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| - Vía de metro o metro vía | - Ciclo rutas |
| - Vía troncal | - Peatonales |
| - Férreas | |
| - Autopistas | En las zonas rurales: |
| - Arterias | - Férreas |
| - Principales | - Autopistas |
| - Secundarias | - Carreteras Principales |
| - Colectoras | - Carreteras Secundarias |
| - Ordinarias | - Carreteables |
| - Locales | - Privadas |
| - Privadas | - Peatonales. |

2. REAJUSTE DE UNA RED TOPOGRAFICA

Partiendo del conocimiento previo al análisis de una red topográfica, el reajustamiento se plantea desde la localización de la red topográfica anterior en una infraestructura para carreteras y sus puntos de referencias (ver imagen).

Lo que veremos en este trabajo es como apoyarse en los puntos predeterminados topográficamente en una obra civil en carreteras para el ajuste de este, pero primeramente detallamos en planteamiento del diseño inicial.



Fuente: <http://www.aldebarantopografia.es>

2.1 Planteamiento del trazado

El objetivo principal de la creación de un trazado de carretera es el de comunicar sectores o zonas pobladas entre sí, para aumentar el desempeño social, económico y cultural. Los estudios para el trazado de una carretera se pueden analizar en 5 etapas:

- reconocimiento o exploración: Reconocimiento del terreno y planteamiento de las uniones entre punto primarios de la red topográfica de la vía, dados por el ingeniero de vías.
- Trazado ante preliminar: Selección de la mejor ruta, acondicionamiento de los puntos secundarios de la red, puntos de control, pendientes y distancias.
- Trazado preliminar: se hace el pertinente levantamiento topográfico se hace una marcación burda del trayecto seleccionado.
- Proyecto, son el diseño en ejecución del planteamiento de la carretera.
- Localización transferir el eje de la vía al terreno del proyecto.

2.1.1 reconocimiento o exploración

Un reconocimiento topográfico lo podemos clasificar en tres tipos: planos, ondulado y escarpado.

Un terreno plano es aquel que no cuenta con notoriedad en la altimetría no posee cuerpos de masas o sedimentos que desvía la visual horizontal de manera agravada; en cambio un terreno ondulado constantemente está jugando con la altura por donde se llevara a cabo el recorrido haciendo que se genere cambios de pendiente que estimula a gastar más energía y distancia atravesar la ruta y de igual manera un terrenos escarpado siendo aún más perjudicial el cambio altimétrico ocasionando incluso cambio de temperatura forzando al diseño de carretera a mejorar en la estructura condiciones competentes en el drenaje de agua.

El ingeniero de reconocimiento debe estar adecuadamente provisto de sus utensilios de trabajo como lo son: barómetro aneroide, brújula de bolsillo, binóculos y de una cámara fotográfica.

2.1.2 trazado ante preliminar.

En un terreno plano al determinarse los puntos primarios de unión entre las zonas que se desea comunicar en un terreno plano se observa la facilidad de trabajo por tanto lo primero a considerar para comunicar estas zonas pobladas es la línea recta sin descartar cualquier desvío obligado con condiciones de índole externa al diseño.

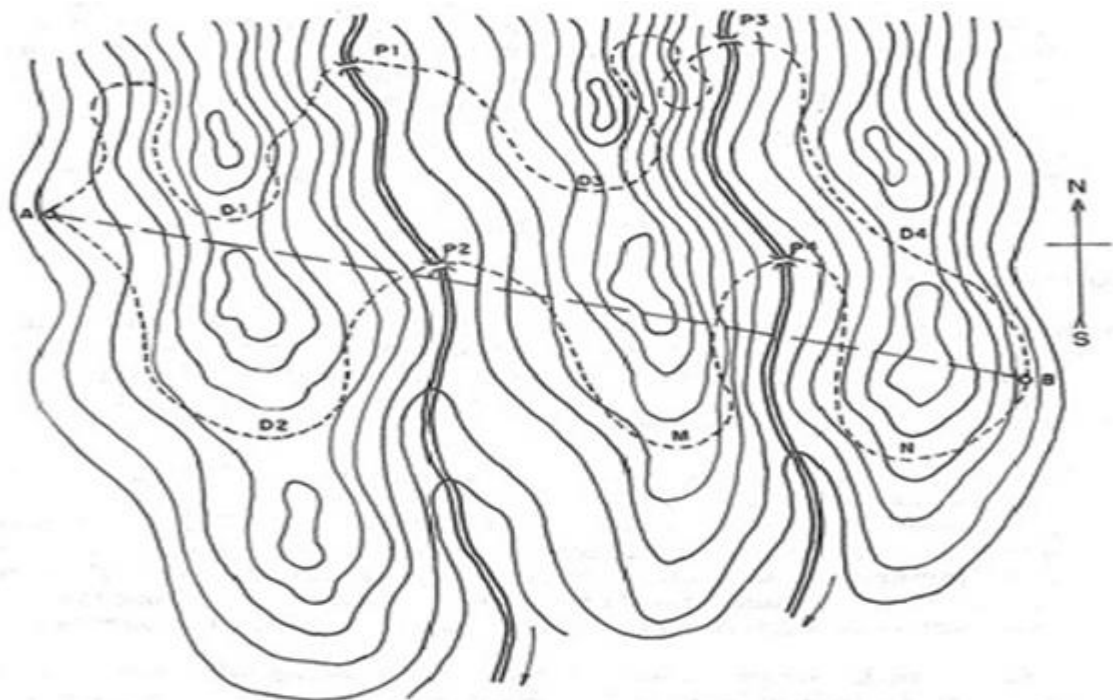
En terrenos ondulados o escarpados igualmente se debe estipular los puntos primarios de ruta que son los puntos por donde obligatoriamente debe pasar la carretera dado el trayecto estudiado por el ingeniero de vías, luego se debe manejar donde serán puntos los puntos secundarios y los puntos de control; los puntos secundarios se determinaran según pendientes y bajo el criterio de disminuir el cambio altimétrico; los puntos de control como se ha dicho anteriormente en este trabajo son puntos visuales para conservar en permanente vigilancia la obra usualmente puntos altos.

2.1.3 trazado preliminar

Después de ejecutarse el reconocimiento y llevar a cabo el trazado ante preliminar se arma un croquis de los puntos como se ve en la imagen.

A lo largo de cada trazada ante preliminar formado una serie de curva lo trazamos por tramos de polígonos y medimos distancia entre esos puntos primarios; para empezar se toma la cota a la que se encuentra el punto de partida en este caso A y la cota final B , se toma referencia también de los puntos primarios marcados en el trazo anterior y se toma en cuenta la cota más alta y la más baja en caso de que estas dos no concuerdes con las de partida y llegada; se calcula la pendiente promedio y la distancia total.

Después de determinar correspondientemente cual ruta es el trazo más conveniente según la relación distancia altura se dispone a la ejecución del proyecto, ya terminado el proyecto o no se puede pasar al re-ajustamiento adecuadamente planteado en los siguientes ítems de este trabajo.



Fuente: Paulo Emilio Bravo. Sexta edición, Libro II, tomo 13, "Diseño de carreteras", Bogotá- Colombia, 1976.

2.2 Cambios en el diseño de una vía

Los cambios en el diseño se ejecutan posteriores a su uso predispuesto, los cambios de diseño se generan con el propósito de proporcionar menores lapsos de tiempo entre punto y punto de apoyo que forman un tramo de vía; en este proceso algunos de los puntos de referencia del diseño de la vía como se muestra en la imagen anterior serán movidos o variados en su dirección y longitud y esto nos proyectara como consecuencia la nueva vía en un diseño de menor longitud de carretera.

2.2.1 Puntos de inflexión

El método de puntos inflexión está basado en carreteras con relieve circular o estructura curva, y consiste en proyectar la posible circunferencia en cada curva de la vía partiendo de la cota al margen del diseño vial; calculando el punto de inflexión proporcionado de la simetría del círculo se traza una posible línea de punto a punto con bordes semi circulares para acondicionar el diseño vial.

Por ejemplo tomemos la anterior imagen y subrayemos el punto principal P3 en la ruta de selección en el trazado ante preliminar encerremos el circulo generado y unamos los puntos de inflexión generado del circulo de la cota.



De la unión de estos puntos obtenemos un acortamiento notorio en la distancia pero solo si el cambio de cotas es level entre los puntos y se tiene una cota semicircular o mayor encierre.

Los puntos podemos obtenerlos dada la curva de ecuación $y = f(x)$ y $x = a$ un punto del dominio de $f(x)$ donde la misma admita.

Derivada 1ra finita y 2da no nula, se define curvatura C de $f(x)$ en $x = a$, a la variación de ángulo dz girado por la recta tg a $f(x)$ en $x = a$ debida a la variación infinitesimal de arco ds , o sea:

$$C = \frac{dz}{ds}$$

con dz = elemento infinitesimal de ángulo girado por la recta tg a f en a , y
 ds = elemento infinitesimal de arco de curva correspondiente a dz

2.2.2 Puntos transversales y tangenciales a la cota de diseño

Este método es uno de los más usado en el trazo de una vía y se basa en la utilización de las secciones trasversales tomadas de la curva de la cota y constituye a una de las formas de levantamiento preliminar de carreteras; se dibujan los ejes longitudinales y transversales de la cota y se trazan las secciones y subdivisiones de la cota a una escala conveniente, los puntos en la sección no necesariamente deben ser de una cota redonda. Este proceso ayudara y agilizará a tener un perfil de nivelación de la altimetría de la carretera.

2.2.3 Corte de vía

Se ubican dos puntos de referencia de la vía que se forma al menos un semi círculo entre estos dos punto y su intersección se encuentre bloqueados por un relieve montañoso geológicamente estable para realizar corte en la cota que no varié demasiado su altimetría en el tramo de vía.

Por ejemplo tomamos la imagen anterior de la ruta determinada en el diseño de una carretera y observamos donde la gran cantidad de material rocoso que bloquea la ruta obliga a bordearlo podemos reajustar a la red y los puntos principales atravesando ese macizo como en el punto secundario D1.



2.2.4 Inclinación y cambio de Cota

El cambio de cota se genera casualmente ocasionado por las representaciones circunstanciales de cada relieve y sugiere dos o más tramos de vía siendo cada uno de estos tramos más extensos y apropiados para la proyección vial perseverando la continuidad del diseño y generando más utilidad con la única condición de un cambio altimétrico o de cota en las uniones de cada tramo.

Hay condiciones en la que se permite en el reajuste de la red topográfica tomar un tramo recto donde de la carretera donde esta es ascendente o descendente únicamente, no se posee variación vertical del tramo si no que solo se tiene un sentido vertical de la lectura de la carretera hacia arriba o abajo, hay tomamos un tramo de gran longitud y proyectamos la ruta al punto más alto o bajo sea el caso, después de alcanzar esa cota se manda en línea recta la vía faltante

2.3 Obra vial empleando redes topográficas

La relevancia de la red topográfica en carretera está enfocada en el diseño y como este se desenvuelve de manera eficaz en la elaboración del proyecto en el tiempo determinado para que el mismo proyecto pueda desarrollar el potencial para el que va a ser creado, es decir, garantiza la compatibilidad de todos los elementos que un ingeniero utiliza al momentos de avanzar en una obra civil en carretera y

su calidad. Al momento de ejecutar una red topografía en una vía se ejecuta el siguiente proceso:

2.3.1 Reconocimiento del terreno

Como se menciona anteriormente en el planteamiento de una vía, en muchas ocasiones el mismo terreno nos puede indicar ¿cómo? y ¿por dónde? Tendrá un mejor desenlace la carretera, se obtendría una conexión vial sin ocasionar impacto ambiental notorio y que la morfología es de cierto una gran ayuda; pero se determinar también terrenos donde pueda ocurrir todo lo contrario.

En este reconocimiento se analiza también de la importancia y el cambio que va a provocar en el entorno y las urbanizaciones sean pueblos, ciudades o veredas aledañas.

2.3.2 Elección de la ruta

Este proceso empieza desde el momento en que se han referenciado los puntos de apoyo de la red escogidas a partir de la observación y reconocimiento del terreno, de esos puntos se guiará la trayectoria desde el punto de inicio al punto de llegada del tramo de vía.

Después de trazar la trayectoria del tramo o tramos de vía en el plano de diseño se observará que en la mayoría de los casos se han tomado puntos obligados de paso, y en esto hará que el proyecto presente diversos factores Topográficos, climatológicos, ambientales, políticos, etc.

2.3.3 Ruta preliminar

Es el desarrollo de lo planeado sencillamente en este proceso con ayuda de todos los instrumentos topográficos requeridos se trazará la línea gradiente de la ruta escogida anteriormente en el diseño de ahí surgen problemas de campo como pueden serlo el aplanamiento y corte en zonas de variaciones físicas y otros aspectos que generalmente no sobresalen en el plano como la hidrología cercana.

2.3.4 Ejecución

Todo el proceso de elaboración de las capas (base, Súbase, rodadura) hasta llegar a la carpeta de rodadura y posteriormente al uso vehicular del tramo de la vía.

La previa organización y elaboración de la red topográfica es la precaución que se toma para evitar una mala obra vial y una buena red topografía guiara el proyecto a una satisfactoria realización. Por ejemplo el tramo de vía ubicado entre Buga – Tuluá que al paso de los años paso de ser una carretera de dos carril a cuatro carriles y cuyo proyecto sobresale dado el buen uso de la red topográfica y el reajuste empleado en la ampliación de carriles conservando su buena estructura y continuidad sin perjudicar de manera pronunciada al entorno.



Vía Guadalajara de Buga – Tuluá
fuente: www.pisa.com.co

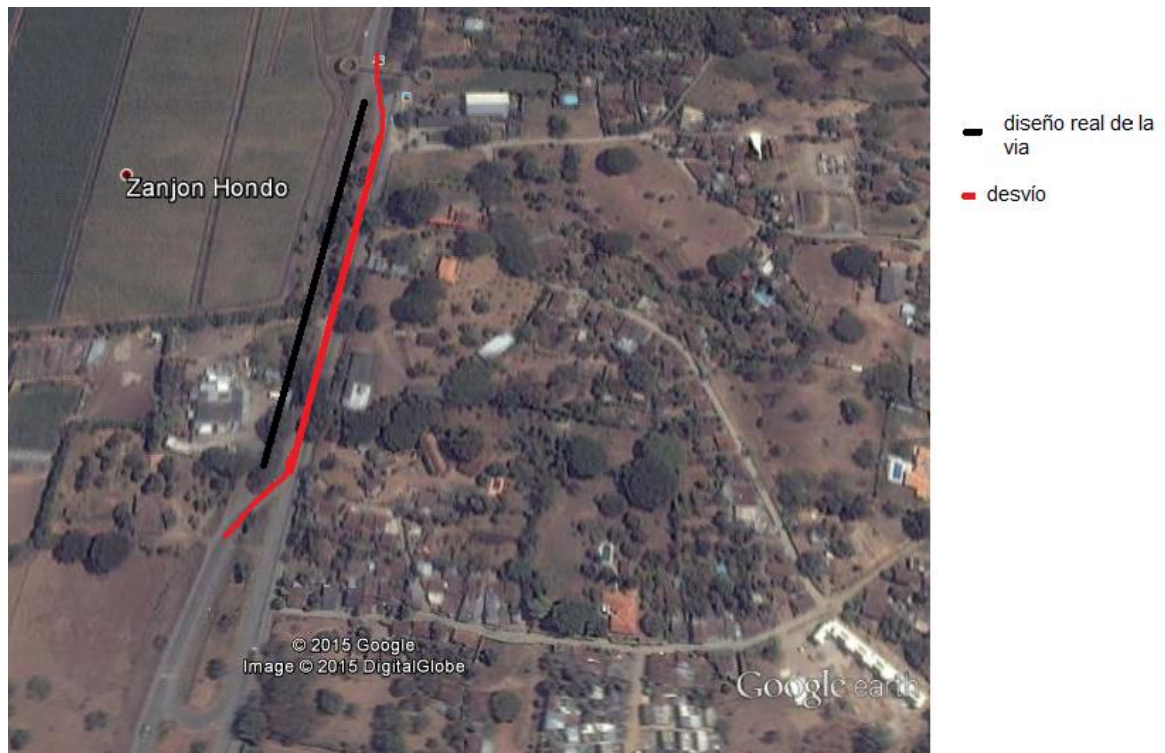
2.4 Obra vial sin emplear redes topográficas

En una elaboración de una carretera sin red de apoyo es un barco a la deriva, es una obra que dependerá mucho por así decirlo de la suerte ya que el terreno no siempre es como se puede observar en plano y en campo hay mucho inconveniente que genera cada zona de trabajo y cualquier alteración en la ruta ya se mal diseñado genera mayor tiempo y costo y trae como consecuencia se pierde credibilidad del ingeniero.

Las principales consecuencia que ocurren al no utilizar una red de referencia topográfica son:

- Aumento de costos
- Pérdida de tiempo
- Falta de continuidad en el tramo de vía
- Mayor impacto ambiental
- Obra incompleta o aplazadas
- Mala infraestructura
- Cambios de ruta en el diseño

En la imagen podemos observar como este procedimiento mal ejecutado se vio reflejado de manera significativa ya que obligo a una carretera que sería de cuatro carriles usar un desvío para usar en determinado lapso de carretera dos carriles, en un proceso de adecuación que no se ha podido concretar ya pasado varias años de la entrega de la obra; la perdida de la continuidad de la vía es una de los aspecto más importante en el diseño y que su prevención está sujeta a la buena realización de la red topográfica.



Vía Zanjón Hondo – Guadalajara de Buga
fuente: Google Earth

2.5 Errores en la operatoria

En los procesos de diseño y ajuste de una red topográfica surgen ciertos errores que pueden delimitarse como los más comunes en la práctica son los siguientes:

2.5.1 Errores de Cierre

Este error es la diferencia o el desnivel entre el punto de partida en la cota y el punto de llegada en otra cota donde el cierre de la ruta no concuerda con los datos tomados que en el diseño no se abarca dentro de la tolerancia calculada. Esto obliga a replantear la ruta de cierre dentro de la red topográfica; o recalcular la toma de dato in situ, de cualquier manera se debe manejar siempre una tolerancia de alta precisión para mayores resultados.

2.5.2 errores sistemáticos

Los errores sistemáticos son demasiado, ya que se rigen al errores practico humano o al error del instrumento empleado; pero podemos denotar los más comunes según la investigación demarcada en la bibliografía, errores accidentales para el ingeniero o topógrafo en varias circunstancias de trabajo.

- Instrumento mal calibrado.
- Hundimiento del trípode o de los puntos.
- Puntos de la red topográfica mal ubicados
- No tener centrada la burbuja del nivel en el momento de hacer la lectura.
- Error por lectura en mira.
- golpear accidentalmente el trípode.

Faltas atribuibles directamente a los niveladores:

- Por malas anotaciones en el registro o agenda electrónica.
- Por lecturas en la mira y dictar mal un valor.
- Por equivocaciones al leer números enteros.
- Por errores de cálculo.

Condicionantes de la calidad del trabajo:

- Instrumento empleado.
- Escala.
- Precisión.
- Método empleado.
- Refinamiento empleado.
- Longitud de las visuales.
- Terreno.
- Medio ambiente

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Podemos concluir que las redes topográficas son una gran herramienta ingenieril destinada a ser una guía por excelencia, siendo no solo el punto de partida en un proyecto como son la elaboración de carreteras, sino también se desenvuelve su relevancia en la planificación y diseño de este, podemos observar en este trabajo como estas nos demarcan el proyecto, nos establece los puntos principales e irrevocables por donde nuestra vía debe pasar y nos da posibilidades de trazado, y en este proceso nos permite reacomodarnos a las condiciones de la geografía existente tanto en la planimetría como en la altimetría; en definitiva podemos catalogar como la guía de construcción más extensa en el diseño de carretera porque de esta se limitan las carreteras y se conecta entre sí, generando una extensa red que funcionan apoyándose mutuamente y abriendo caminos inalcanzables, como ya se ha hecho notar en este trabajo, de los puntos de apoyo de la red nacen ramificaciones de más puntos y más posibles vías, podemos afirmar que entre más carreteras se construyan, más crecerá la red topográfica nacional provocando que se alcance los lugares remotos, como consecuencia de la cantidad de puntos que esta logre abarcar.

Podemos observar con la información tomada en este documento, que luego de la construcción de una carretera, estas pasan a convertirse en una guía, al igual que las redes para las siguientes construcciones viales, haciendo valer los puntos de apoyo que se utilizaron para su elaboración y extendiéndolos, y cada vez que están acoplados con otras carreteras facilitara el ajuste de la misma y su mejoramiento, como breve conclusión, creo que la existencia de más puntos y demarcaciones de obra pueden inducir la red topográfica en compañía con las demás obras viales a procura un menor esfuerzo en el trabajo ingenieril y concibe a provocar posibilidades de diseño mejoradas, y es ahí donde está el futuro de la construcción, en una planificación vial que va de la mano con el continuo mejorar.

En esta trabajo también se describió la importancia fundamental de emplear redes topográficas de control ya que con estas se disminuye el margen de error en el proceso de diseño de obra y facilita el reajuste posteriores de obras generadas

con mayor margen de error, impactando de manera notoria la relación tiempo costos, tal y como vemos, se ha estimado que en muchos casos que a mayor costo y tiempo se obtendrá a su vez mejor calidad, pero si buscamos un punto en el que esta relación se conserve con un balance medio, podemos concluir que este punto medio en la relación se podría alcanzar con un buen análisis posterior de la red topográfica, dado que ocasiona menor tiempo de inicio de obra y posteriormente mayor agilidad y menos coste de maquinaria y la calidad se conservaría notoriamente.

Concluimos que de cierta forma la topografía y el uso de redes es una base importante en el desarrollo de procesos ingenieriles y como se observa en este trabajo en obras viales, manifestado en el diseño de rutas y la utilización adecuada del espacio; son conocimientos que suenan básicos pero sin su previa apreciación ocurren pérdidas notorias de tiempo y costos en obras civiles, que conllevan al decrecimiento social.

Referencias bibliográficas

- Capitulo 1_1 Art 105, 107,108, Instituto Nacional de Vías (INVIAS), especificaciones 2012, especificaciones generales de construcción de carreteras.
- Carlos Kraemer, José María Pardillo, Sandro Rocci, Manuel G. Romana, Víctor Sánchez Blanco, Miguel Ángel de Val; "Ingeniería de Carreteras", volumen I, McGraw Hill, Madrid 2003.
- Criterio geométrico para diseño de carreteras, ministerios de obras públicas de Colombia, 1970.
- Gutiérrez y Nieto-Parra (2011), "The Policy-Making Process of Transport Infrastructure in Latin America: A Review from Policy Makers", OECD Development Centre Working Paper, proximate publications
- <http://ocw.upm.es>
- <http://www.bdigital.unal.edu.co>
- <http://www.eumed.net/libros-gratis>
- <http://www.siceditorial.com>
- <https://books.google.com.co>
- <https://es.wikipedia.org>
- <https://IGAC.gov.co>
- <https://invias.gov.co>
- <https://virtual2.umng.edu.co>
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI
- José Joaquín Vila Ortega, Gonzalo Jiménez Cleves, Julián Garzón Barrero." Monitoreo y Control Topográfico de Obras" Armenia-Quindío, 2012. Capitulo II.
- JOSEP MARIA FRANQUET BERNIS ANTONIO QUEROL GÓMEZ, "NIVELACIÓN DE TERRENOS POR REGRESIÓN TRIDIMENSIONAL" Cadup estudios, 2010.
- Levantamiento y trazado de caminos, Thomas F. Hickerson, Edición 5ª, traducida, México, 1969.
- Ley 769 de 2002, capitulo X, articulo 105, Clasificación de las Vías, ministerios de transporte de Colombia.
- M.J. Jiménez Martínez, A. Marqués Matéu, J.M. Paredes Asencio, M. Villar Cano. "PROGRESO EN LA PRÁCTICA DEL AJUSTE GAUSSIANO DE UNA RED LOCAL: MÉTODO DE TRIANGULATERACIÓN"; 15 de octubre de 2012.
- Ministerio de Transporte (diciembre de 2008). «DIAGNOSTICO DEL SECTOR TRANSPORTE 2008, Cifras correspondientes al año 2007» (PDF). p. 50. Consultado el 28 de marzo de 2009.
- Paulo Emilio Bravo. Sexta edición, Libro II, tomo 13, "Diseño de carreteras", Bogotá- Colombia, 1976.
- Pre-análisis aplicado a las redes de control topográfico y/o geodésico, Claudio Felipe Salazar Triviño, Universidad de Concepción (Chile). Unidad Académica Los Ángeles, Universidad de Concepción, 2007.