

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA**

**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**INFORME DE PASANTÍA USO NIVEL INGENIERO EN CONSTRUCCIÓN.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Técnico Universitario en CONSTRUCCIÓN

Alumno:

Benjamín Enrique Ávila Caamaño.

Profesor Guía:

Sr. Rodrigo Figueroa Oyarzún.

**2021**

Durante los años de aprendizaje que llevo muchas personas me han alentado a seguir en pie y no rendirme.

A todas estas personas les agradezco en demasía, por ayudarme y hacer que en este momento me sienta capaz de lograr mis objetivos.

Dedicado a mi madre, padre, mis hermanos, a mi pareja, abuelos y amigos.

A los docentes de la carrera Construcción por guiarme durante estos 2.5 años.

Gracias a todos por entregarme tan valioso aprendizaje de vida.

## **RESUMEN**

**KEYWORDS:** PRÁCTICA PROFESIONAL, ORIGEN TOPOGRAFIA, EVOLUCIÓN INSTRUMENTAL, NIVEL DE INGENIERO, DISTANCIAS, NIVELACIÓN GEOMETRICA, NIVELACIÓN SIMPLE, NIVELACIÓN COMPUESTA ABIERTA, NIVELACIÓN COMPUESTA CERRADA, ERROR DE CIERRE, TOLERANCIA, COMPENSACIÓN, REGISTRO, TAQUIMETRIA, TRIGONOMETRIA, COORDENADAS.

## ÍNDICE

**RESUMEN**

**INTRODUCCIÓN**

**CAPÍTULO 1: ..... ANTECEDENTES GENERALES**

**1.1. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA**

**1.1.1. Objetivos generales**

**1.1.2. Objetivos particulares**

**1.2. PRESENTACIÓN HISTORICA**

**CAPÍTULO 2: ..... NIVEL DE INGENIERO EN LA CONSTRUCCIÓN**

**2. NIVEL DE INGENIERO**

**2.1. PARTES DEL NIVEL DE INGENIERO**

**2.1.1. MIRA**

**2.1.2. ESTADAL**

**2.1.3. TRÍPODE**

**2.2. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

**2.2. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA SIMPLE**

**2.2.2. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA**

**2.2.3. NIVELACIÓN COMPUESTA ABIERTA**

**2.2.4. NIVELACIÓN COMPUESTA CERRADA**

**2.2.5. ERROR DE CIERRE**

- 2.2.6 TOLERANCIA DE ERROR DE CIERRE
- 2.2.7 COMPENSACIÓN DE COTAS
- 2.3 REGISTRO TOPOGRÁFICO ABIERTO
- 2.4 REGISTRO TOPOGRÁFICO CERRADO

### **CAPÍTULO 3:.....TAQUIMETRO Y ESTACIÓN TOTAL EN CONSTRUCCIÓN**

- 3. TAQUIMETRÍA
  - 3.1. TAQUÍMETRO
    - 3.1.1. PARTES DEL TAQUÍMETRO
  - 3.2. ESTACIÓN TOTAL
  - 3.3. INSTALACIÓN
  - 3.4. NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA
    - 3.4.1. ÁNGULO CENITAL
    - 3.4.2. RAZONES TRIGONOMÉTRICAS
    - 3.4.3. FÓRMULAS DE COORDENADAS
    - 3.4.4. CALCULO DE PR2

**CONCLUSIÓN**

**BIBLIOGRAFIA**

**ANEXO GLOSARIO**

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 0-1. Distribución de terreno.

Figura 0-2. Codo.

Figura 0-3. Medidas con referencia en el cuerpo.

Figura 0-4. Codo Real.

Figura 0-5. Gnomon.

Figura 0-6. Diopra.

Figura 0-7. Chorobate.

Figura 0-8. Vara de Jacob.

Figura 0-9. Estacas de Eratóstenes.

Figura 2-1. Mira nivel de ingeniero.

Figura 2-2. Estadal dimensionado.

Figura 2-3. Nivel de mano.

Figura 2-4. Trípode.

Figura 2-5. Nivelación simple.

Figura 2-6. Nivelación compuesta.

Figura 2-7. Nivelación compuesta abierta.

Figura 2-8. Nivelación compuesta cerrada.

Figura 2-9. Fórmula error de cierre.

Figura 2-10. Cuadro de clasificación y tolerancias.

Figura 2-11. Compensación de cota

Figura 2-12. Registro de nivelación abierta.

Figura 2-13. Registro de nivelación cerrada.

Figura 3-1. Partes taquímetro.

Figura 3-2. Estación total y prisma.

Figura 3-3. Plomada óptica y PR1.

Figura 3-4. Ángulo cenital.

Figura 3-5. Comparación de cocientes.

Figura 3-6. Fórmula Distancia horizontal.

Figura 3-7. Fórmula cota de punto.

Figura 3-8. Cálculo retro azimut.

## **INTRODUCCIÓN**

No se sabe con exactitud el origen de la topografía, pero se piensa que desde que el hombre quiso establecerse en un lugar y ponerse a cubierto, tanto del clima como de depredadores, se generó la necesidad de mantener una estabilidad tanto de vida, como en el terreno donde se emplazarían y es por ello que el ser humano primitivo comenzó a realizar mediciones de su entorno; desde apilar materiales y dar estabilidad a cierta superficie, como el hecho de cursar las aguas para los cultivos, teniendo ya presente y sabiendo aprovechar las pendientes. Dicha necesidad condujo al ser humano a la fabricación de ingeniosos instrumentos, que por muy primitivos que fueran, sirvieron de guía para las posteriores generaciones, quienes irían a su vez desarrollando las técnicas, los estudios y complementando con información; Lo que originaría nuevas teorías, desarrollo tecnológico y científico, surgiendo los nombres que utilizamos cotidianamente en estos días. La nivelación ha contribuido en forma muy importante al desarrollo de la civilización, ya que las construcciones de caminos, conductos de agua o canales, las grandes obras de arquitectura, entre otras, tanto de la actualidad como de la antigüedad, son una prueba verídica de éste sorprendente descubrimiento.

Como muestra de belleza y admiración lo logrado en las pirámides de Egipto, los caminos, canales e infraestructuras realizadas por los Griegos y Romanos, el Canal de Suez, los túneles del Mont-Cenis en Panamá, y tantas otras obras que no estarían en pie actualmente para poder ser admiradas sin la aplicación tanto de la nivelación, como de las matemáticas de intervinieron detrás de esta, quedando muy en nuestra mentes la existencia de las prácticas de la nivelación, desarrollándose diversos tipos, de entre los que se encuentra la Nivelación Directa, Topográfica o Geométrica, método que nos permite encontrar directamente la elevación de los terrenos, mediante la referencia de puntos o cotas, en relación a superficies cuya altura ya se conoce referencialmente.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

En este capítulo se presenta el motivo que impulsó a nuestros antepasados a buscar una nivelación en el terreno, además de poder realizar cálculos, delimitar dimensiones y controlar sus dimensiones, aunque su forma se vea afectada por algún fenómeno natural, también se hará mención de instrumentos que sirvieron como guía para alcanzar los novedosos instrumentos que se utilizan actualmente.

### **1.1. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA**

El principal Objetivo del Alumno es familiarizarse con el instrumento Nivel de Ingeniero, para comprenderlo en su totalidad y poder aplicar dicho aprendizaje; Complementado con el Otorgado por la universidad a todas las etapas que componen una Obra de construcción de manera correcta, en lo que será su futuro laboral.

#### **1.1.1. Objetivos generales**

- Realizar las 320 horas de práctica requerida, por la Universidad Técnica Federico Santa María, para la obtención al título de Técnico Universitario en Construcción.
- Comprender el correcto uso y manejo del instrumento “nivel de ingeniero”, su Historia, Comprender Funcionamiento, Mostrar Utilidad en Obra y los procesos en obra a los cuales incide.
- Lograr realizar con éxito todas las labores que se le encomienden, aplicando los conocimientos que la Universidad Técnica Federico Santa María ha otorgado durante los cinco semestres cursados en la universidad.

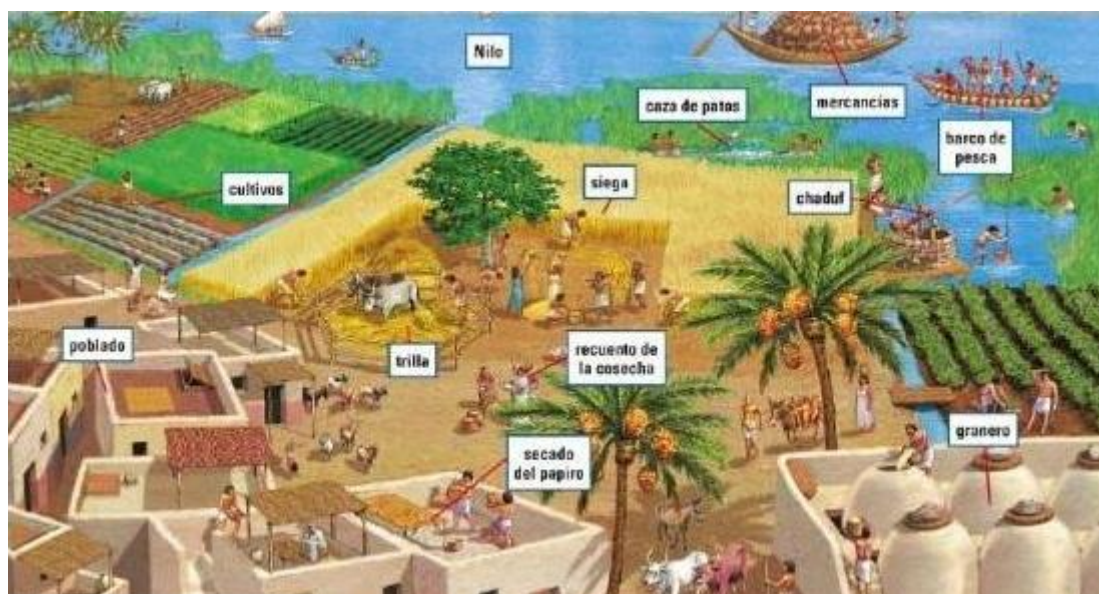
### 1.1.2. **Objetivos particulares**

- Lograr un correcto manejo y alto desempeño del instrumento para demostrar, las capacidades, habilidades y cualidades que el alumno presenta y presentará en su futuro laboral.
- Adquirir la mayor cantidad de conocimiento posible. Lograr Identificar todas las etapas constructivas y desarrollarlas de la manera más eficiente, de modo que el alumno pueda manejar las distintas situaciones que en obra se encuentran.

## 1.2. PRESENTACION HISTÓRICA

Los primeros registros que se conocen de la necesidad de realizar mediciones métricas nos remontan al año 3000 A.C aproximadamente, los babilonios y egipcios utilizaban ya cuerdas y cadenas para la medición de distancias; Los egipcios conocían como ciencia pura lo que después los griegos bautizaron con el nombre de geometría y su aplicación en lo que pudiera considerarse como topografía o etimológicamente mejor dicho "topometría".

Egipto fue repartido en lotes de fincas para la paga de impuestos, pero las inundaciones anuales del Rio Nilo arrasaban con partes de estos generando la necesidad de delimitar los terrenos de manera permanente, por lo que se asignaron Topógrafos de la época para delimitar dichos lotes, a partir de que el hombre se hizo sedentario y comenzó a cultivar la tierra nació la necesidad de hacer mediciones o, como señala el ingeniero geógrafo francés P. Merlin, la topografía "nace al mismo tiempo que la propiedad privada".

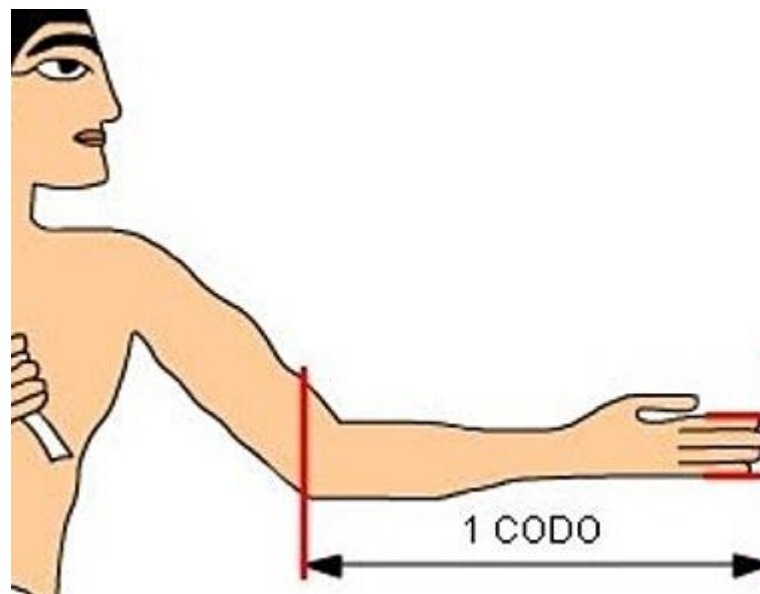


Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 1-1. Distribución de terreno.

### 1.2.1.

Las mediciones hechas en Egipto por los primeros cadeneros o estira cables, como al parecer eran llamados, se realizaban con cuerdas anudadas, o con marcas, que correspondían a unidades de longitud convencionales, como el denominado "codo". Cada nudo o marca estaba separada, en la cuerda, por el equivalente de 5 codos y esto daba una longitud aproximada de 2.5 m.



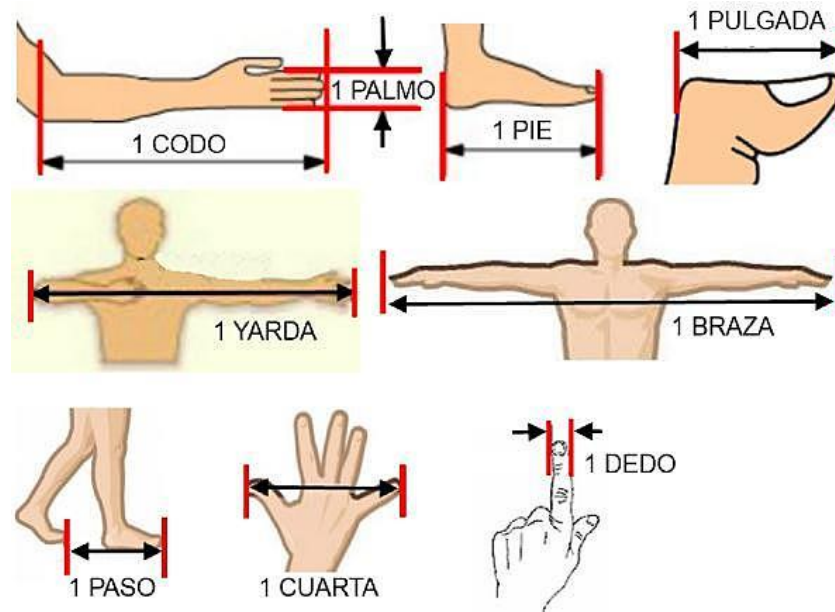
Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 1-2. Codo.

### 1.2.2.

La necesidad de medir generó que el hombre utilizara patrones de medidas familiares, originalmente su propio cuerpo como por ejemplo los "codos", que era la distancia entre el codo y la punta de los dedos con el brazo extendido; De igual manera la distancia entre la punta del dedo meñique y la punta del dedo pulgar, con la mano totalmente extendida era considerado "medio codo", El "pie" fue otra forma de medir y se le

consideraba como las tres cuartas parte de un “codo”, La altura del hombre era equivalente a cuatro “codos”.



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 1-3. Medidas con referencia en el cuerpo.

#### 1.2.4.

Pero por las diferencias físicas que existían entre los individuos estas medidas eran ambiguas, por ello hacia el año 3000 A.C se estableció el “codo real”, posiblemente correspondiente al codo de algún faraón y su dimensión era de 52.3 centímetros.



Fuente: www.google.com

Figura 1-4. Codo Real.

#### 1.2.5.

No se manejan referencias de nueva investigación hasta que por los años 560 A.C. Anaximandro (Discípulo de Tales, Filósofo y geógrafo) Introdujo el “Gnomon”, un artefacto que puede ser utilizado como calendario y reloj solar; El cual consistía en “hipérbolas dibujadas en el suelo marcan la trayectoria de esa sombra a lo largo de cada día en distintas épocas del año. La curva más próxima al gnomon corresponde al recorrido de la sombra durante el solsticio de verano, cuando el Sol alcanza mayor altura sobre el horizonte; por eso la sombra es la más corta de todas. En cambio, la más larga corresponde al solsticio de invierno, cuando el Sol está más bajo.”

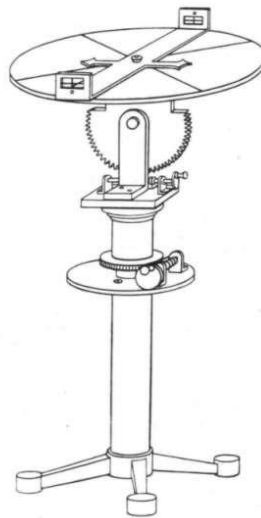


Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 1-5. Gnomon.

#### 1.2.6.

Posterior a dicho instrumento se conoció la “dioptra” o plano horizontal para la medición de ángulos y nivelación, tenía su principio en un tubo en "U" con agua el cual servía para horizontalizar la plataforma.

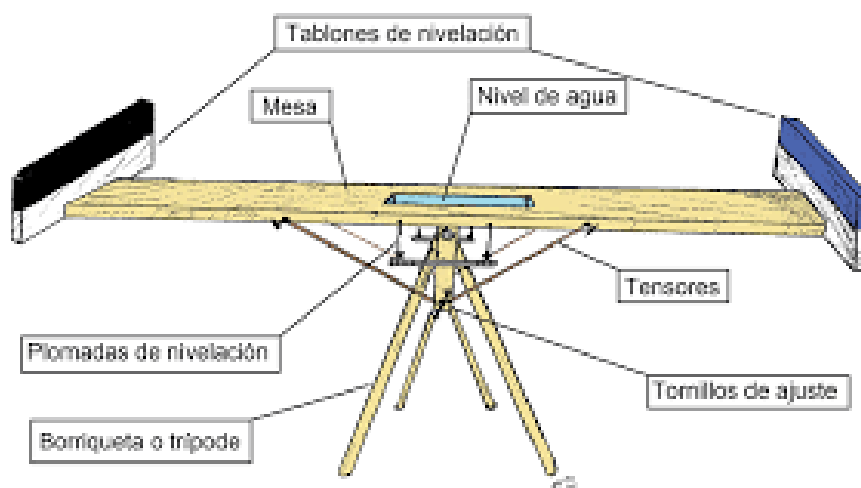


Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 1-6. Dioptra.

### 1.2.7.

Luego ya se usaba el “corobates” o “Chorobate” es nuestra primera aproximación a un “nivel” que hoy conocemos, consistía en una regla en la cual se horadaba una ranura que el agrimensor llenaba de agua. En cada extremo de la regla, una plomada permitía comprobar la vertical. Al inclinar la regla, un simple control visual permitía apreciar el nivel del agua en la ranura. Mediante esta observación, era posible deducir la inclinación que debía darse al acueducto para garantizar en la obra la misma inclinación. Corresponde a herramienta de comprobación de niveles utilizada durante la antigüedad romana, en particular, para la construcción de acueductos.

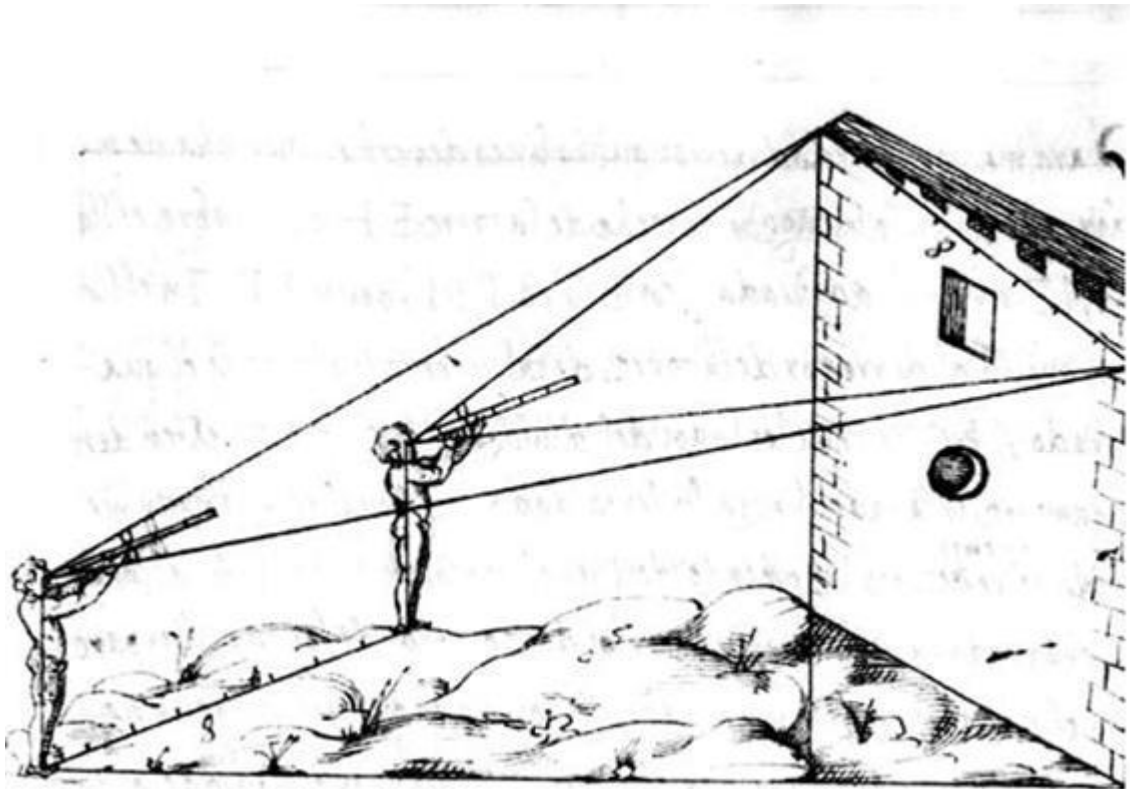


Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 1-7. Chorobate.

### 1.2.8.

La “Vara de Jacob” (Jacob’s staff) era una larga varilla recta por la cual puede deslizarse otra más corta perpendicular a ella, de modo que ambas formen en todo momento una cruz, es un instrumento astronómico de construcción simple y bajo costo permite medir ángulos entre puntos alejados del observador, por ejemplo, entre dos astros. Con él se puede, entre otras cosas, determinar el movimiento aparente de un planeta con respecto a las estrellas y comprobar la segunda ley de Kepler.



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 1-8. Vara de Jacob.

### 1.2.9

Eratóstenes, padre de la geodesia, astrónomo, geógrafo, matemático y bibliotecario griego logró estimar la circunferencia de la tierra, logrando que su resultado tuviera un error menor al 1%, El resultado de Eratóstenes fue 39.375 Kilómetros, siendo hoy en día 40.075 kilómetros con respecto al Ecuador el valor más aceptado.

El método que utilizó fue clavar dos estacas, una en Siena y otra en Alejandría a una distancia estimada por Eratóstenes de cinco mil estadios (donde cada estadio correspondía aproximadamente a 157.50 m) obteniendo una distancia de 787.500 metros o 787.5 kilómetros y logró observar que la sombra que se producía por el solsticio de verano era distinta, ya que solo la estaca ubicada en Alejandría producía sombra, esto fue una evidente prueba de que la tierra no era plana, y que debía tener una curvatura, utilizando la altura de la estaca y la distancia de la sombra con respecto de la estaca, aplicando conocimiento trigonométrico logro calculó el ángulo que se producía de  $7.2^\circ$ , posterior aplico una regla de tres en la que  $7.2^\circ$  era a 787.5 km como  $360^\circ$  eran a "x", la razón de " $7.2^\circ/360^\circ$ " la simplificó y expreso como " $1/50$ ", luego resolviendo la regla de tres " $(50*787.5)/1$ " obtuvo un resultado de 39.375 km.



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 1-9. Estacas de Eratóstenes.

**CAPÍTULO 2: NIVEL DE INGENIERO EN LA CONSTRUCCIÓN**

## **2. Nivel de Ingeniero**

El nivel de Ingeniero es un instrumento cuya función principal es la medición de desniveles que se generan en el terreno, esto se logra midiendo distintos puntos (Cotas) los cuales se encuentran en distintas posiciones y variadas alturas, además posibilita el traslado de cotas desde un punto conocido a uno desconocido, por ello su utilización es en estudios de altimetría.

### **2.1 Partes del Nivel de Ingeniero**

El nivel de Ingeniero consta de tres instrumentos para su uso, de los cuales dos se ensamblan para posibilitar su correcto funcionamiento, su uso es de carácter manual y realizado por dos operarios, donde el primero se encarga de mirar y manejar el nivel de ingeniero como tal; para tomar las medidas, anotarlas y realizar los respectivos cálculos y el otro se encarga de sostener el estadal lo más vertical posible ayudándose de su nivel de mano, y de desplazarse por el terreno según el otro operario lo solicite.

#### **2.1.1 Mira**

La mira corresponde a un accesorio que va montado sobre el trípode. En la mira podremos encontrar al costado un nivel de burbuja, el cual usando los principios del agua que comparte con sus antepasados nos indicará en el momento si nuestra mira se encuentra en correcta horizontalidad, cuenta también con un lente el cual tiene el aumento suficiente para poder divisar nítidamente las divisiones que presenta nuestro estadal, además un retículo con hilos estadimétricos para poder hacer la puntería y toma las lecturas, y como elemento final a mencionar encontramos en la parte inferior de la mira

unos tornillos de nivelación, consisten en tres tornillos los cuales mediante su rotación permiten asegurar su perfecta nivelación y horizontalidad del plano de comparación (Se recomienda lograr la horizontalidad con el uso del nivel de burbuja incorporado y con la correcta posición del trípode sobre el terreno, esto debido a que el constante movimiento rotatorio los gastarán y afectara el desempeño del instrumento; Por ello su uso debe ser mínimo y en casos de una falta mínima de horizontalidad según indique la burbuja)



Figura 2-1. Mira nivel de ingeniero.

### **2.1.2 Estadal**

El estadal o mira topográfica es una regla graduada la cual permite medir desniveles mediante su lectura a través de nuestra mira de nivel de ingeniero. Existen diferentes modelos de mira; las más comunes son de aluminio, de 4 o 5 metros y por lo general rígidas.

Presenta una numeración de carácter ascendente comenzando en el "00" hasta el "49" y este valor se verá reflejado en la línea inferior de dicho número, se expresa en decímetros, pero su lectura se realiza en metros, por lo tanto, para una mayor comprensión de lectura "01 decímetros" equivaldrá a "0.1 metros"; "29 decímetros" equivaldrá a "2.9 metros" y así respectivamente, por tanto de línea a línea "09 a 10" existen "0.1 metros" es decir, "10 centímetros" de distancia; Entre estas línea se encuentran dos símbolos que

parecen una "E" donde cada uno de ellos equivaldrá a "5 centímetros" y cada espacio será de "1 centímetro". Por lo general no posee indicador para la lectura de milímetros por lo que se deberá medir mentalmente por tanteo, respetando un margen de error como se mostrará en la última marca superior de la imagen a continuación.

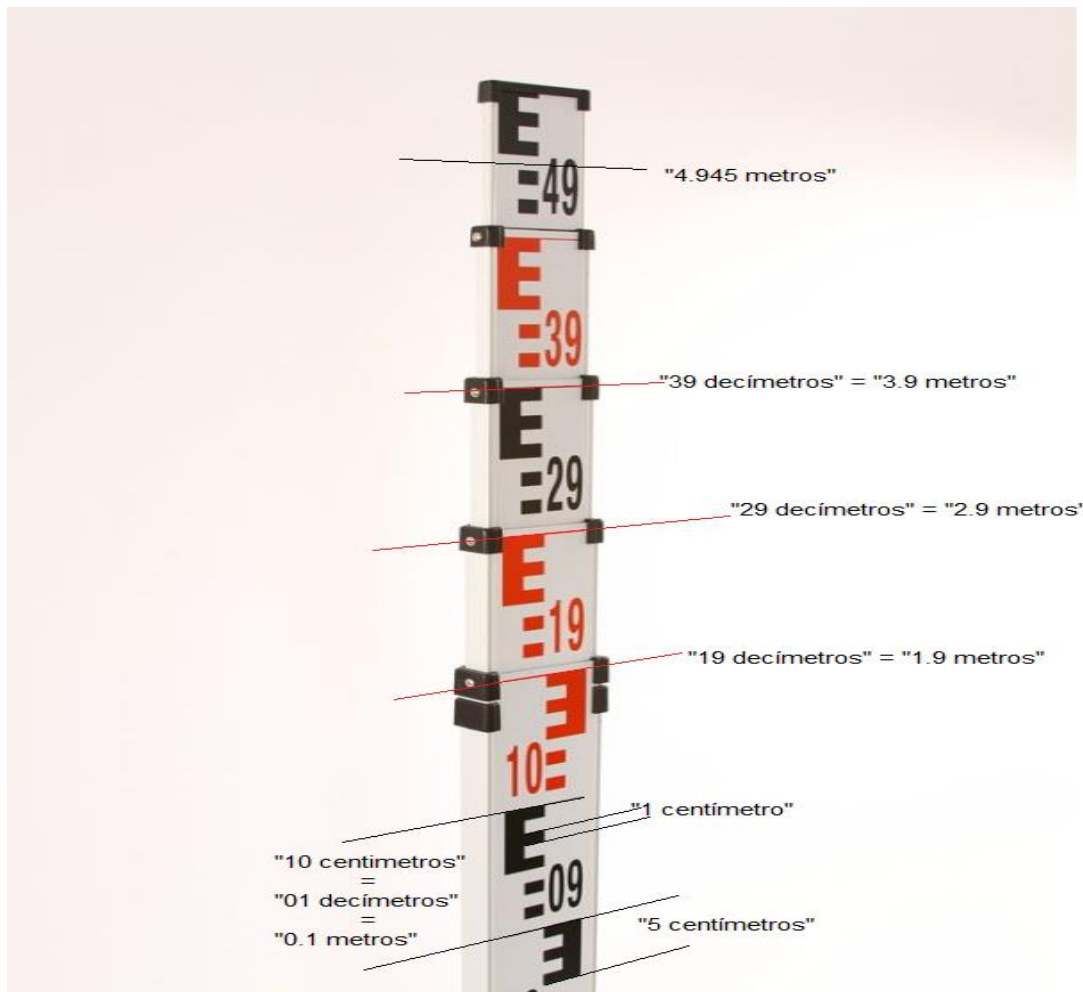


Figura 2-2. Estadal dimensionado.

El estadal viene acompañado de un “Nivel de mira” o “Nivel de jalón” un accesorio de mano que al igual que la mira cuenta con un nivel de burbuja el cual permite al operario del estadal corroborar la horizontalidad del instrumento para que la lectura realizada a través de la mira sea concordante y exacta.



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 2-3. Nivel de mano.

### **2.1.3 Trípode**

El trípode funcionará como base donde se apoyará y acoplará nuestra mira, es un instrumento de tres patas que otorga estabilidad e impide el movimiento propio de este. El “trípode topográfico” sirve como soporte para distintos instrumentos tales como teodolitos, estaciones totales, niveles, entre otros. Cuenta con tres patas que pueden ser de madera o metálicas las cuales son extensibles y terminan en regatones de hierro para pisar, lo que permite al operario clavarlos al terreno proporcionando así aún más estabilidad al instrumento completo, su correcta instalación será en alguna parte del plano estable, donde

se logre divisar la mayor cantidad de terreno facilitando la visual del estadal, ya que al abarcar mayor visual no se requerirá trasladar tanto el instrumento y hacer tantas “paradas”.



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

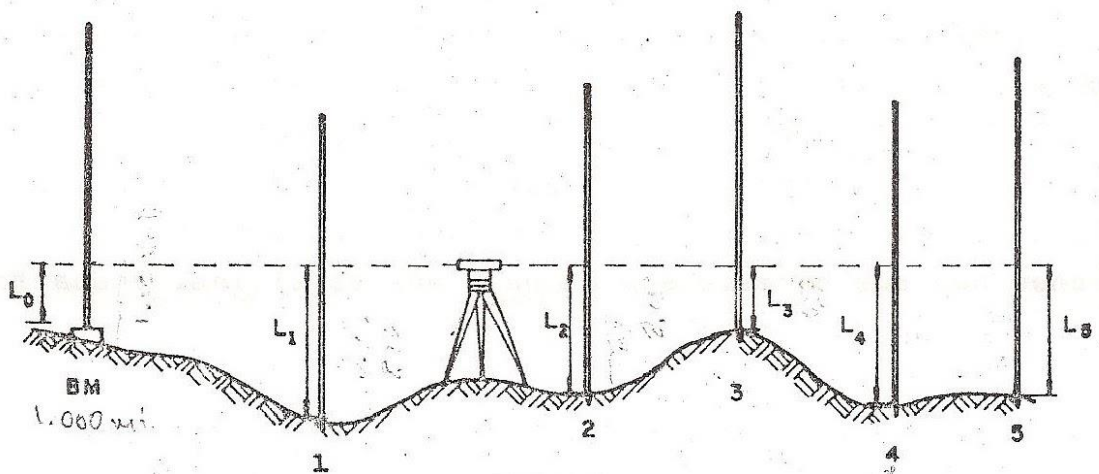
Figura 2-4. Trípode.

## **2.2 Nivelación geométrica**

La nivelación geométrica, por alturas, diferencial o directa, es un procedimiento que se utiliza para conocer la diferencia de nivel entre dos o más puntos, cercanos o distantes; Es capaz de determinar la distancia vertical entre los planos horizontales, reales o imaginarios, en que se encuentran dichos puntos, tomando un punto como base y no considera la curvatura terrestre. La nivelación geométrica es el procedimiento más exacto para conocer la diferencia de nivel entre dos puntos, inmediatos o distantes entre sí según sea la característica del terreno, extensión de terreno y necesidad de exactitud en el trabajo, se pueden realizar distintos tipos de nivelación “Simple, Compuesta abierta y Compuesta cerrada”.

### 2.2.1 Nivelación geométrica simple

La nivelación simple corresponde a un trabajo en el cual no es necesario mover el instrumento para realizar todas las lecturas y es la más exacta ya que al no tener la necesidad de mover el instrumento la cota instrumental es la misma al comienzo y al final del trabajo, por lo cual no produce error de cierre.

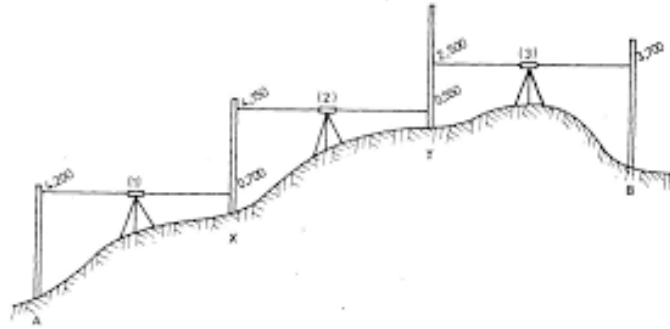


Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 2-5. Nivelación simple.

### 2.2.2 Nivelación geométrica compuesta

La nivelación compuesta consiste en un trabajo en el cual se realizan dos o más movimientos de instrumento para la toma de lecturas y se puede separar en compuesta abierta y compuesta cerrada.

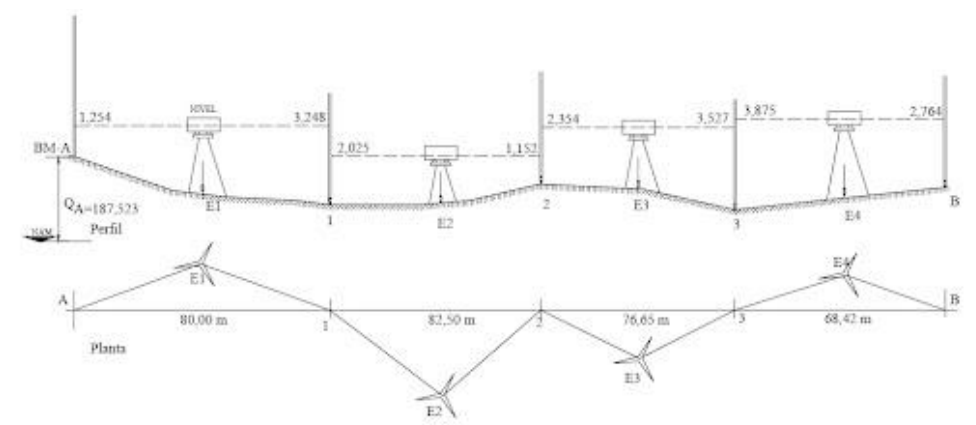


Fuente: www.google.com

Figura 2-6. Nivelación compuesta.

### 2.2.3 Nivelación compuesta abierta

Esta nivelación compuesta no retorna a su punto de origen, tiene un recorrido solo de "ida" por lo que al finalizar las cotas de inicio y final serán distintas lo que generará un error de cierre dentro de los márgenes.

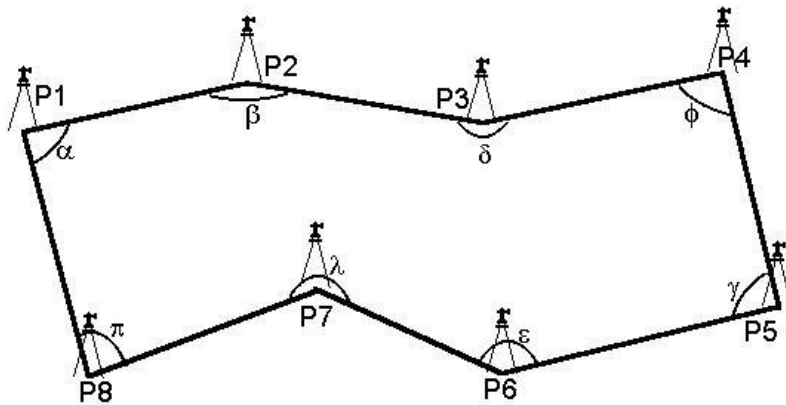


Fuente: www.google.com

Figura 2-7. Nivelación compuesta abierta.

### 2.2.4 Nivelación compuesta cerrada

Esta nivelación compuesta al finalizar su recorrido de “ida” realiza otro de “vuelta” con menos cambios de estación y cerrando en el punto de origen, esto para luego con los datos obtenidos poder determinar el error de cierre y compensar cada lectura de cota respectivamente, dándole mayor exactitud al trabajo.



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 2-8. Nivelación compuesta cerrada.

### 2.2.5 Error de cierre

Corresponderá a la diferencia entre el valor obtenido por el procedimiento de nivelación realizado y el valor verdadero (o designado como tal) para el mismo punto de cierre (por lo general el mismo punto PR1 del cual se comienza el recorrido). Para su cálculo usaremos la fórmula de la Figura 2-9.

$e_c = C_{pc} - C_{vpc}$ <p>Donde: <math>e_c</math>: error de cierre.  <math>C_{pc}</math>: cota punto de cierre.  <math>C_{vpc}</math>: cota verdadera de punto de cierre.</p>
---

Figura 2-9. Fórmula error de cierre.

### 2.2.6 Tolerancia de error de cierre

Se define como el valor absoluto máximo permitido para el error de cierre y se determina con relación a la precisión requerida en el trabajo. Dicha determinación puede ser a partir de la distancia recorrida o del número de posiciones instrumentales que se realizaron en el trabajo. Ambas determinaciones se componen de la multiplicación de una constante (la cual depende del tipo de proyecto al cual se le aplicará) por la raíz cuadrada de; en el caso de tolerancia por distancia, la distancia total recorrida expresada en metros y en el caso de tolerancia por posiciones instrumentales, la cantidad total de posiciones que se realizaron en el trabajo.

TIPO DE NIVELACIÓN y aplicaciones	Tolerancias por Distancias	Tolerancia por Posiciones Instrumentales
NIVELACIÓN GROSERA: Reconocimientos, Anteproyectos	$T = 0.1 \sqrt{L}$ (m)	$T = 0,032 \sqrt{n}$ (m)
NIVELACIÓN CORRIENTE: Perfiles, Obras Civiles en general	$T = 0.02 \sqrt{L}$ (m)	$T = 0,0064 \sqrt{n}$ (m)
NIVELACIÓN PRECISA: Urbanización, traslado de PRs	$T = 0.01 \sqrt{L}$ (m)	$T = 0,0032 \sqrt{n}$ (m)
NIVELACIÓN DE ALTA PRECISIÓN: Control de Asentamientos, Montajes	$T = 0.005 \sqrt{L}$ (m)	$T = 0,00016 \sqrt{n}$ (m)

Figura 2-10. Cuadro de clasificación y tolerancias.

### 2.2.7 Compensación de cotas

Ya conociendo el error de cierre ( $\epsilon_c$ ) se comparará con la tolerancia (T) definida, si se cumple la condición de que el error de cierre es menor o igual a la tolerancia se procederán a compensar las cotas con sus respectivos valores. Para corroborar una correcta compensación, al finalizar dicho proceso la cota inicial deberá ser igual a la cota final.

Cota Punto	Compensación	Cota Compensada
100	0	100
100,490	0,0098	100,500
100,330	0,0146	100,345
100,320	0,0215	100,341
100,260	0,0263	100,286
100,161	0,0302	100,191
100,171	0,0322	100,203
100,071	0,0341	100,105
99,961	0,039	100




Figura 2-11. Compensación de cota

### 2.3 Registro topográfico abierto

Para las nivelaciones geométricas abiertas utilizaremos un registro simple en el cual anotaremos los datos de estación, punto, lectura atrás, lectura intermedia, lectura adelante, cota instrumental y cota de punto.

-Estación: Se anotarán los movimientos de estaciones realizados en el transcurso de las lecturas, esto no es necesario en la nivelación simple ya que para efectuarla no se requiere de movimiento instrumental, pero si en las demás.

-Punto: Corresponde a los movimientos del estadal, cada vez que se realice una lectura será un punto, teniendo en cuenta que la primera lectura atrás partirá con un PR1 que corresponde al unto de inicial o de referencia, posterior cada lectura intermedia será otro punto; Cuando sobre el estadal se realice una lectura adelante y sobre el mismo una lectura atrás corresponderá a un punto (punto de cambio debido al movimiento de instrumento)

-Lecturas: Se registrarán las lecturas de hilo medio atrás, intermedia y adelante respectivamente vistas por el instrumento la lectura intermedia se anotará sola ya que sobre esa posición de estadal solo se puede realizar una lectura, en cambio las lecturas atrás y adelante se registrarán en la misma fila ya que se realizan sobre un mismo "punto" o posición de "estadal" a excepción de la primera lectura atrás y la última lectura adelante que se anotarán solas

-Cota instrumental: Corresponde a la altura de cota en la que se encuentra el instrumento, se obtiene con la cota del terreno conocida más la lectura atrás y se anotará cada vez que se realice un cambio de estación.

-Cota punto: Corresponderá a la cota conocida del terreno donde se instala el instrumento, para su obtención a la cota instrumental le restaremos la lectura adelante o intermedia según corresponda, con esto se conocerá la cota de terreno a la que se encuentra dicho punto.

**Registro de Nivelación Abierta**

PR	PUNTO	L.ATRAS	L.INTEMEDIA	L.ADELANTE	C.I	C.P
1	PR1	1,96			101,96	100
	1		1,47			100,490
2	2	1,56		1,63	101,89	100,330
	3		1,57			100,320
3	4	2,16		1,63	102,42	100,260
4	5	1,96		2,259	102,121	100,161
	6		1,95			100,171
5	7	2,06		2,05	102,131	100,071
	8			2,17		99,961

Figura 2-12. Registro de nivelación abierta.

#### **2.4 Registro topográfico cerrado**

Para la nivelación cerrada se incorpora datos como distancia de puntos, distancia acumulada, error de cierre, compensación y cota compensada.

-Distancia de punto: Corresponde a la distancia que exista entre puntos, esta distancia puede ser conocida (medición manual) o desconocida, por lo que habría que encontrarla mediante cálculos que incluirán la observación de “Hilo superior o Hilo inferior respectivamente”

-Distancia acumulada: Es la suma de la distancia anterior más la distancia actual.

-Error de cierre: Corresponde a la diferencia de altura que exista entre la cota inicial y final, su obtención puede ser por medio de la resta entre la cota final y la cota inicial (**C.final – C.inicial**) y su corroboración se efectúa sumando todas las lecturas atrás y a dicho valor se le resta la suma de todas las lecturas adelante (**ΣL.Atras – ΣL.Adelante**)

-Compensación: Corresponde al valor de corrección que se le aplica a la “cota de punto” necesario para una respectiva cota, su obtención es por medio de la multiplicación del error de cierre por el producto de la distancia acumulada (de la respectiva cota), dividida por la distancia acumulada total.

-Cota compensada: Corresponde a la sumatoria de la “cota de punto” más el valor obtenido en la “compensación”; El primer valor obtenido debe ser igual al último valor obtenido para así verificar un correcto trabajo.

Registro de Nivelación Cerrada										
PR	PUNTO	L.ATRAS	L.INTEMEDIA	L.ADELANTE	D.P	D.A	C.I	C.P	COMP	C.C
1	PR1	1,96			0	0	101,96	100	0	100
	1		1,47		10	10		100,490	0,0098	100,500
2	2	1,56		1,63	5	15	101,89	100,330	0,0146	100,345
	3		1,57		7	22		100,320	0,0215	100,341
3	4	2,16		1,63	5	27	102,42	100,260	0,0263	100,286
4	5	1,96		2,259	4	31	102,121	100,161	0,0302	100,191
	6		1,95		2	33		100,171	0,0322	100,203
5	7	2,06		2,05	2	35	102,131	100,071	0,0341	100,105
	8			2,17	5	40		99,961	0,039	100
		9,7		9,739						
									0,039	

ERROR POR COTAS (PRIMER "C.P" MENOS ÚLTIMO "C.P")	0,039
ERROR POR LECTURAS ("ΣL.ADELANTE" MENOS "ΣL.ATRAS")	0,039

Figura 2-13. Registro de nivelación cerrada.

**CAPÍTULO 3: TAQUIMETRO Y ESTACION TOTAL EN CONSTRUCCIÓN**

### **3. Taquimetría**

La Taquimetría consiste en determinar un desnivel existente entre dos puntos con el apoyo de un triángulo rectángulo donde los parámetros de medición son el ángulo vertical y la distancia geométrica, también corresponde a un proceso topográfico que es capaz de determinar en forma simultánea coordenadas Norte, Este y cotas de punto sobre la superficie terrestre, al igual que en la nivelación geométrica se puede utilizar para levantamientos topográficos, toma de puntos/cotas y puntos de relleno, la diferencia radica en la cantidad de datos y la magnitud del terreno a estudiar (por lo general superiores a 300m de extensión); puesto que para la nivelación geométrica los datos más relevante a tener en consideración son las cotas de lectura, altura instrumental y cota de terreno, ya que con estos datos al integrarlos en el registro de nivelación podrá calcular los datos faltantes como por ejemplo la compensación necesaria por cota para conseguir un trabajo de alta precisión. Para el caso de trabajos taquimétricos los datos necesarios a conocer serán Ángulo Horizontal, Ángulo Vertical, Hilo Superior, Hilo medio e Hilo inferior, y el cálculo o procedimientos de cálculo cambian ya que ahora utilizaremos razones trigonométricas.

Para la medición dichos datos y el desarrollo de trabajos taquimétricos se pueden emplear dos instrumentos: "Taquímetro y Estación total"; Ambos instrumentos se encargan de realizar la misma labor, la diferencia ocurre en el proceso de cálculo ya que si utilizamos el taquímetro los cálculos los tendremos que hacer de manera manual, ayudándonos de una planilla Excel y/o una libreta donde realizaremos cálculos, y otra diferencia externa al mismo instrumento es estadal en el que realizaremos la lectura.

#### **3.1. Taquímetro**

Este instrumento no ocupa el sistema sexagesimal para la medición de ángulos, en cambio utiliza el sistema de gradianes (que van desde los 0° hasta los 400°) y a diferencia del nivel de ingeniero, se debe instalar sobre un punto de referencia (PR1).

Su método de trabajo es estadimétrico por lo que los trabajos se hacen de forma manual aprovechando las semejanzas en triángulos rectángulos.

### **3.1.1 Partes del taquímetro**

Al igual que el nivel de ingeniero cuenta con tornillos nivelantes en la parte más baja del instrumento, cuenta también con un nivel de burbuja y un nivel tubular, el primero a revisar y nivelar será el de burbuja y más adelante el nivel tubular; También cuenta con una plomada óptica la cual se usará para ubicarse con la mayor precisión sobre nuestro PR1, cuenta además con dos tornillos de movimiento uno para la vertical y otro para la horizontal los cuales permiten mover de manera más milimétrica la visual en su respectivo sentido y cada tornillo cuenta con su freno para restringir el movimiento. La gran diferencia con el Nivel de ingeniero es que el Taquímetro cuenta con un panel electrónico el cual indicará en gradianes el ángulo horizontal (azimut) y siempre con respecto del Norte. Sus lecturas se realizan sobre un "Estadal".



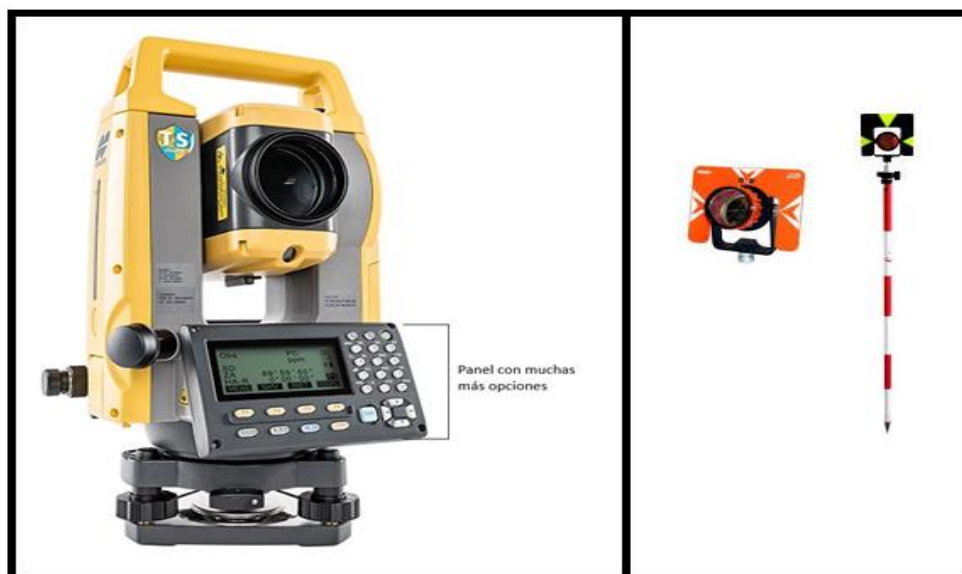
Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 3-1. Partes taquímetro.

### **3.2. Estación total**

Este instrumento mantiene las mismas características que un taquímetro a excepción de su tablero, ya que, este tablero trae integrado un software el cual permite realizar los cálculos de manera automática sin la necesidad de tomar apuntes de ellos, dicho tablero cuenta con mayor cantidad de botones de carácter alfanuméricos ubicados en lado derecho y por lo general cuatro botones bajo la pantalla; Es capaz de guardar datos de punto en archiveros que se pueden crear en el momento, su medición es electrónica ya se dispara un láser el cual revotará sobre la superficie de lectura (prisma) entregándole todos los datos necesarios para realizar los cálculos de manera automática.

A diferencia del nivel de ingeniero y el taquímetro, para la lectura no se utiliza la mira telescópica (o estatal "regla graduada"), en cambio, se utilizará un prisma circular sobre un jalón, se constituye por un conjunto de cristales a los cuales llegan las señales EMD producidas por el teodolito y, en base a al tiempo transcurrido entre la ida y la vuelta de dichas señales es como determina la distancia.



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

Figura 3-2. Estación total y prisma.

### **3.3. Instalación**

Para ambos instrumentos se recomienda comenzar colocando dos puntos de referencia uno para instalar y otro para orientar (PR1 y PR2), del primero necesitamos conocer sus cotas Norte, Este y Z, y del segundo no ya que las podremos calcular. Estos puntos de referencia se mantendrán fijos en el terreno por lo que se recomienda desde enterrar un fierro de gran diámetro lo más profundo pero visible a la vez, hasta realizar una pequeña excavación y vaciar hormigón pobre para fijar correctamente el fierro; De lo contrario esos puntos se podrán considerar como provisorios y deberán ubicarse a una distancia mínima de cinco metros.

Ya ubicados los puntos de referencia uno y dos se procede a instalar el trípode y sobre él, nuestro respectivo instrumento. Posterior se nivela el instrumento partiendo con la plomada óptica, consiste en una mirilla la cual apunta desde eje del equipo hacia el suelo, específicamente a nuestro PR1 y consiste en un retículo el cual contiene dos circunferencias, en las cuales tendrá que calzar lo más preciso nuestro fierro (punto estable) o nuestro clavo (punto provisorio). Realizado lo anterior a la perfección se procede a revisar la nivelación del nivel tubular que se encuentra bajo el lente y sobre el tablero.

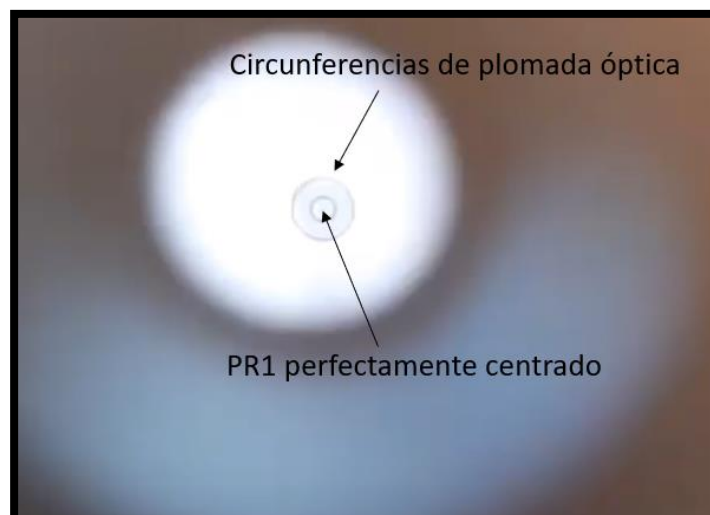


Figura 3-3. Plomada óptica y PR1.

### **3.4. Nivelación trigonométrica**

Se define como un método altimétrico que posibilita la obtención de desniveles entre puntos o cotas, mediante la observación de distancias cenitales. La ventaja de este método es la capacidad de poder realizar lecturas tanto horizontales como verticales, volviéndolo idóneo en trabajos donde la pendiente sea muy inclinada.

#### **3.4.1. Ángulo cenital**

Corresponde al ángulo entre el sol y la vertical, el ángulo cenital es similar al ángulo de elevación, con la diferencia que cumple la característica de un ángulo vertical, pero este ángulo tiene la particularidad de ser medido desde el cenit.

Por lo que el ángulo cenital =  $90^\circ$  - "ángulo de elevación".

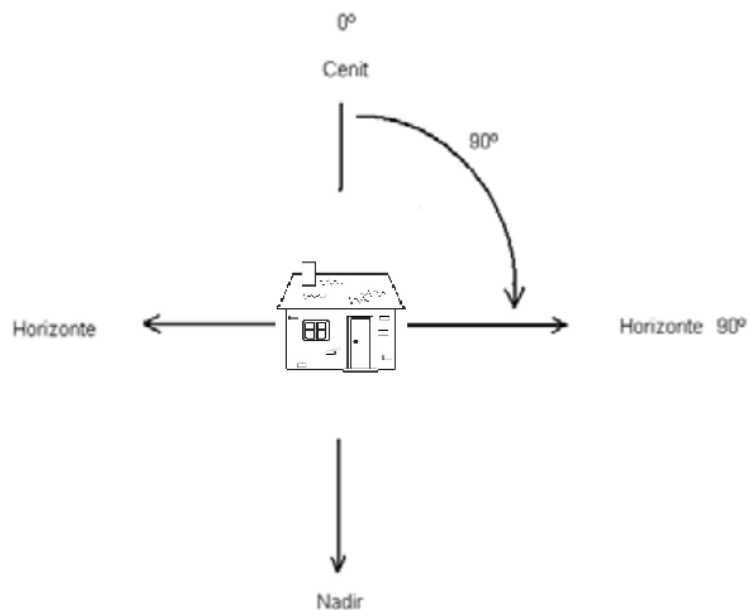
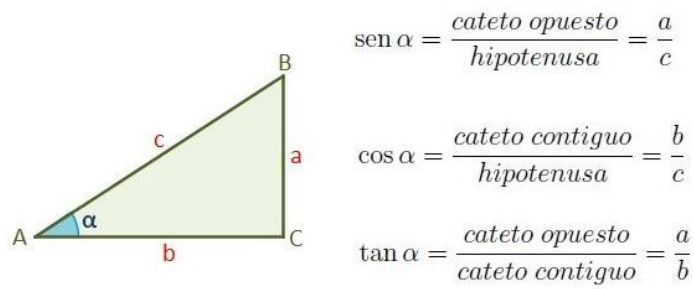


Figura 3-4. Ángulo cenital.

#### **3.4.2. Razones trigonométricas**

Corresponden a un conjunto de cálculos matemáticos los cuales posibilitan la obtención de ángulos en triángulos rectángulos, donde para poder conocer seno, coseno o tangente se deberá realizar la división de catetos según sea la ubicación del ángulo y catetos conocidos.



Fuente: www.google.com

Figura 3-5. Comparación de cocientes.

### **3.4.3. Fórmulas de coordenadas**

-Cota de punto: Para conocer la cota de un punto primero es necesario conocer la diferencia de altura (dh) existente entre la “cota instrumentas” y el “hilo medio” de la lectura, entonces (dh) se encuentra dado por la siguiente fórmula:

Diferencia de altura (dh): $((H_s - H_i) * 100 * \text{sen}(2 * \text{Angulo vertical})) / 2$
Donde H <sub>s</sub> : Hilo superior H <sub>i</sub> : Hilo inferior

Figura 3-6. Fórmula Distancia horizontal.

Una vez obtenida la diferencia de altura podremos conocer la cota de punto aplicando la siguiente fórmula:

Cota del punto: Cota Estación (PR) + altura instrumental (hi) + dh - Hm
---

Figura 3-8. Fórmula cota de punto.

-Distancia horizontal: Cuando se desconozcan las distancias existentes entre un punto y otro se aplicará la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia horizontal (Dh): } ((H_s - H_i) * 100 * (\text{sen Angulo vertical}))^2$$

Figura 3-7. Fórmula distancia horizontal.

#### **3.4.4. Cálculo de PR2**

Para el cálculo de PR2 previamente ya necesitamos conocer las coordenadas del PR1, punto sobre el cual instalaremos el taquímetro (puesto que la estación total realiza estos cálculos de manera computarizada y la ingresa de datos es en el tablero), en caso de desconocerse las coordenadas ellas serán Norte: 1000, Este: 1000 y Z: 100. Ya correctamente nivelado se enciende la pantalla, si la pantalla no indicara nada, la recomendación es rotar tanto el instrumento (horizontal), como el lente (vertical) ambos en trecientos sesenta grados. Luego debemos identificar el norte con el apoyo de una brújula u otro instrumento ya que en el norte es donde comenzará la lectura de "0 gradianes", ya identificado procedemos a mirar con el instrumento en dicha dirección y se oprimirá el botón "0set" que se encuentra en el tablero lo que ubicará "0 gradianes" en la pantalla. Luego se apuntará con la mira en dirección al PR2 y el equipo indicará en el tablero el azimut respectivo al eje horizontal. Con esa información antes de cambiar la posición instrumental hacia el PR2 realizaremos un cálculo de gradianes para conocer el Norte de nuestro PR2

Para ello extenderemos el ángulo de PR1 a PR2 y calcularemos el ángulo opuesto al azimut (o retro azimut), sabiendo que los gradianes son de 400°, indica que un ángulo extendido equivale a 200° gradianes y realizaremos el cálculo como indica la Figura 3-8.

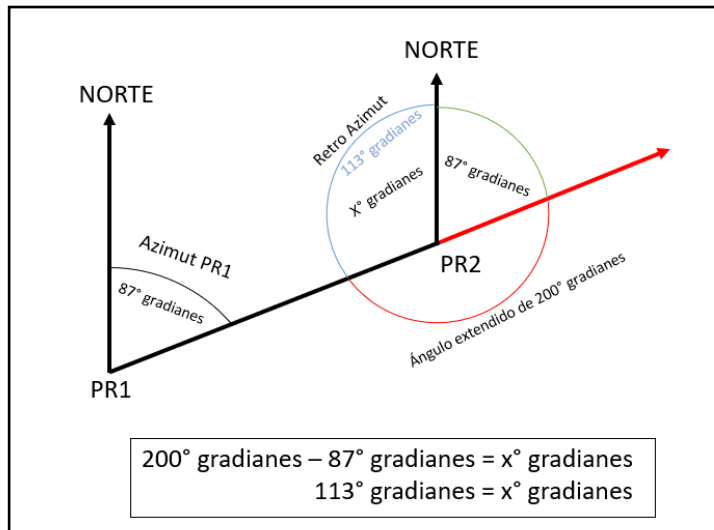


Figura 3-8. Cálculo retro azimut.

Conociendo el dato del ángulo opuesto al azimut nos instalaremos en el PR2, miraremos en dirección del PR1, oprimiremos “0set” y rotaremos la mira según el valor indicado por los cálculos encontrando así el mismo norte que usamos para el PR1. Identificado el norte, pero ahora desde nuestro PR2 volvemos a oprimir “0set” para comenzar a trabajar nuevamente y realizar la visual de otros puntos dentro del terreno.

## **CONCLUSIÓN**

Con el paso del tiempo lo que comenzó como una necesidad que se generó en el ser humano en el pasado, por lograr una superficie correctamente horizontal se ha convertido en un requerimiento fundamental para lograr, hoy en día, obras de gran envergadura o de largas distancias, ya que sin un terreno completamente nivelado o con un terreno del cual se desconoce la pendiente de inclinación se compromete mucho la estabilidad que tendrán los cimientos de dicho trabajo y podrán afectar desde la existencia de una pequeña pendiente en el hogar, hasta una caída o colapso de grandes obras, y es en ese momento donde los trabajos topográficos intervienen en una obra controlando desde antes de la puesta en marcha y controlando regularmente que los cimientos y todo lo que sobre él se construya esté en una correcta ubicación. Así como los procesos topográficos han ido evolucionando llegando a distinguirse un estudio dependiendo de las características que presente el terreno como extensión, inclinación o precisión requerida; Es que se han desglosado desde un estudio general que abarca la extensión total terrestre los estudios planimétricos, altimétricos, trigonométricos entre otros siempre y cuando la extensión de terreno pueda considerarse plana y no se deba considerar la curvatura terrestre puesto que en dicho caso comenzaríamos a hablar de estudios geodésicos.

Como se presentó en un comienzo la instrumentación que utiliza el experto topográfico se encuentra en un constante proceso evolutivo partiendo con instrumentos que se basaban en el cuerpo humano para tener una medida definida, con posterioridad se implementó el uso de agua en los instrumentos ya que esta con sus principios físicos permitía corroborar la horizontalidad del instrumento y burbujas de nivel que logran indicar una correcta horizontalidad o verticalidad. En la actualidad existen equipos que implementan todo lo anterior y más, como lo es la estación total la cual no solo cuenta con los avances de antaño, si no que cuenta con un software integrado en su tablero, el cual permite hacer cálculos verídicos y en el momento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

<https://www.filosofia.org/cur/pre/axima.htm>

<http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Cap.3.nivelacion%20geometrica.pdf>

<https://dicter.usal.es/lema/corobate>

<https://www.cienciahoy.org.ar/ch/ln/hoy121/varaJacob.pdf>

[https://historia.nationalgeographic.com.es/a/inventos-griegos-automatas-heron\\_9395/6](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/inventos-griegos-automatas-heron_9395/6)

<https://nagarvil.webs.upv.es/nivelacion-topografica/>

## ANEXO A: GLOSARIO

**Cotas** : Corresponde a la distancia vertical que hay entre un punto del terreno y el plano de referencia horizontal definido.

**Desnivel** : Se trata de la distancia vertical existente entre 2 puntos "A" y "B" correspondientes al terreno. Este desnivel será positivo si el terreno aumenta de cota de A hacia B, y será negativo si disminuye de cota.

**Pendiente** : Expresada en porcentaje corresponde al ascenso o descenso vertical por cada 100 unidades recorridas en distancia horizontal; Se trata del grado de inclinación de la rasante del terreno que une dos puntos determinados. Su cálculo se obtiene mediante la relación entre el desnivel y la distancia en el plano horizontal.

**Punto de Referencia (PR)** : Punto sobre la superficie que generalmente se encuentra referido en coordenadas y cotas, que servirá de punto de enlace para la determinación de coordenadas y cotas de los demás puntos sobre la superficie.

**Puntos de nivelación** : Aquellos a los cuales se les realiza la lectura de mira con el objetivo de determinar sus cotas o desniveles.

**Cota de punto** : Distancia medida por la vertical entre un punto y la superficie de nivel de referencia.

**Cota instrumental** : Cota que representa la altura del plano horizontal que recorre en línea recta.

**Lectura de mira** : Procedimiento que consiste en observar con el anteojo la posición aparente de los hilos estadimétricos sobre la mira colocada en posición vertical.

**Lectura atrás** : Lectura tomada con el nivel a punto de cota conocida.

**Lectura intermedia** : Lectura a punto cuya cota va a determinarse y no se usará como punto de cambio.

**Lectura adelante** : Lectura tomada a punto cuya cota va a determinarse y servirá de punto de cambio.

**Punto de cambio:** : Punto fijo u objeto a menudo de carácter temporal, utilizado en nivelación, en donde se sostiene la mira para tomar una lectura adelante y después una lectura atrás.

**Planimetría** : Representación del terreno a una escala determinada en un plano, tomando en cuenta el ancho y el largo.

**Altimetría** : Representación del terreno a una escala determinada en un plano, tomando en cuenta el ancho, el largo y además entrega información de la altura.

**Sistema sexagesimal** : Sistema que divide la vuelta completa de una circunferencia en 360 grados, cada uno de estos grados se divide en 60 partes llamadas minutos, y cada uno de estos minutos en 60 pequeñas partes llamadas segundos.

**Sistema de gradianes** : Sistema que divide la vuelta completa de una circunferencia en 400 grados gradianes, donde un ángulo recto se compone de 100 gradianes.