



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

3

FACULTAD DE INGENIERÍA

“CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL DEL  
MUELLE DE MANEJO DE CARBÓN, EN  
PETACALCO, GRO.””

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA  
P R E S E N T A N:  
EDGAR FREDY DÍAZ GARCÍA



ASESOR

ING. UBERTINO GONZALEZ GONZALEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/0106/01

Señor  
EDGAR FREDY DÍAZ GARCÍA  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. UBERTINO GONZÁLEZ GONZÁLEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA.

"CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL DEL MUELLE DE MANEJO DE CARBÓN,  
EN PETACALCO, GRO."

- INTRODUCCIÓN
- I. GENERALIDADES
  - II. ESTUDIO PRELIMINAR
  - III. DETERMINACIÓN DE LA MERIDIANA ASTRONÓMICA
  - IV. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL
  - IV. BATIMETRÍA
  - V. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deba prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universidad 25 de junio de 2001.  
EL DIRECTOR

ATC GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB CAMP

# AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Ubertino González González, por haberme ayudado a explicar y desarrollar los temas expuestos en esta tesis, así como también el compartir sus conocimientos a lo largo de la carrera.

## A DIOS

Por haberme dado la oportunidad de mi sueño se convirtiera realidad.

## A MIS PADRES

Por todos los sacrificios y esfuerzos que realizaron para darme una educación y por esa confianza que me dieron.

## A MIS HERMANOS

Por todos los momentos de alegría y tristeza que hemos compartido, así como también por su apoyo.

## A MI ESPOSA E HIJA

Gracias por tu apoyo y confianza que me has dado durante estos años, así como también la comprensión,

## A LA UNIVERSIDAD

Por haberme aceptado y permitido ser uno más de sus hijos.

“Para ser universitario hay que tener  
la piel dorada y la sangre azul”

## A LA FACULTAD DE INGENIERIA

Por haberme dejado recorrer tus pasillos y salones con mis amigos universitarios y dejarme ser uno más de sus pilares.

## A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Por brindarme su amistad, apoyo y consejos que me sirvieron para superarme.

“GRACIAS A TODAS AQUELLAS PERSONAS  
QUE ME DIERON LA OPORTUNIDAD DE  
DESARROLLARME Y APOYARME EN EL  
TRABAJO”

“El éxito, no es de aquellos que lo desean, si no de aquellos que se esfuerzan por obtenerlo”

TEMA:

# CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL DEL MUELLE DE MANEJO DE CARBÓN, EN PETACALCO, GRO.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.

CAPITULO I. GENERALIDADES.

CAPITULO II. ESTUDIO PRELIMINAR.

CAPITULO III. DETERMINACIÓN DE LA MERIDIANA  
ASTRONÓMICA.

CAPITULO IV. METODOLOGIA EMPLEADA PARA EL CONTROL  
HORIZONTAL Y VERTICAL

CAPITULO V. BATIMETRIA

CAPITULO VI. CONCLUSIONES.

GLOSARIO.

BIBLIOGRAFÍA.

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO I. GENERALIDADES.	2
I.1. ANTECEDENTES.	3
I.2. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA.	5
CAPITULO II. ESTUDIO PRELIMINAR.	8
II.1. PLANEACION.	8
II.2. PERSONAL Y EQUIPO.	12
II.2.1 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO UTILIZADO.	14
II.3. METODOLOGIA EMPLEADA.	32
CAPITULO III. DETERMINACIÓN DE LA MERIDIANA ASTRONÓMICA.	37
III.1. METODOS PARA DETERMINAR EL AZIMUT POR OBSERVACIONES AL SOL	38
III.1.1. POR OBSERVACIONES AL SOL A LA MISMA ALTURA, ANTES Y DESPUÉS DE SU PASO POR EL MERIDIANO.	41
III.1.2. EL SOL EN CUALQUIER MOMENTO (METODO DE DISTANCIAS ZENITALES).	43
III.1.3. OBSERVACIONES AL SOL EN DOS POSICIONES "MÉTODO DE TOSCANO" (CON UN INTERVALO DE 20 A 30 min.)	45
CAPITULO IV. METODOLOGIA EMPLEADA PARA EL CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL.	57
IV.1. CONCEPTO DE CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL.	58
IV.2. NORMAS PARA EL CONTROL.	60
IV.3. CONTROL TOPOGRÁFICO.	64
IV.3.1. CONTROL HORIZONTAL.	67
IV.3.2. CONTROL VERTICAL.	74
IV.4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.	77
IV.4.1. LEVANTAMIENTO HORIZONTAL.	78
IV.4.2. LEVANTAMIENTO VERTICAL.	85
IV.5. PROCESAMIENTO DE DATOS	94

CAPITULO V.	BATIMETRIA.	97
	V.1. CLASIFICACION DE LOS LEVANTAMIENTOS BATIMETRICOS.	99
	V.2.ESTANDARES DE PRECISIÓN PARA LEVANTAMIENTOS BATIMETRICOS.	100
	V.3. SONDEO.	102
	V.4. LEVANTAMIENTO BATIMETRICO.	106
	V.5. PROCESAMIENTO DE DATOS.	111
CAPITULO VI.	CONCLUSIONES.	118
	GLOSARIO.	120
	BIBLIOGRAFÍA	122

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas actuales más serios e importantes que afronta el país, lo constituye la inestabilidad que existe en el subsuelo, así como también la actividad sísmológica. Los levantamientos de control tienen precisamente la tarea de inspeccionar los estados en que se encuentran las estructuras civiles ( edificios, vías terrestres y aéreas, puentes, etc.)

El objetivo principal de un levantamiento de control es obtener información detallada para llegar a conocer con cierta plenitud el hundimiento y/o desplazamiento de la estructura, es necesario tener un registro con anterioridad de cuyos valores se podrá obtener con aproximación el comportamiento de dicha estructura. Las operaciones que acompañan este levantamiento son: poligonales cerradas de primer orden, nivelaciones diferenciales, orientaciones astronómicas, etc.

Para este trabajo se hizo un levantamiento batimétrico en el cual se obtiene información actualizada para la confección de los diferentes tipos de cartas náuticas y publicaciones necesarias para proporcionar una navegación segura.

Las operaciones necesarias para este levantamiento es la subsecuencia del levantamiento de control establecido para la instrumentación del *muelle de recibo y manejo de carbón*, en Petacalco, Guerrero.

# CAPITULO

## I

### GENERALIDADES.

Uno de los problemas actuales más serios e importantes que tiene el país, lo constituye el gran consumo de Energía Eléctrica a menor costo, es decir, el kilowatt-hora mas barato.

El país, no obstante cuenta con Centrales Termoeléctricas, Hidroeléctricas y la Planta Nuclear "Laguna Verde", Ubicada en Veracruz que ocupa el lugar Veinticincoavo en el ámbito mundial en producción de Energía Eléctrica.

Las Centrales Termoeléctricas con las que cuenta el país está generalmente Ubicadas cerca de los centros de producción de carbón, como la Central Termoeléctrica de Compostilla en León, Gto. , Instalada a bocamina para aprovechar los menudos de carbón, o la Central Termoeléctrica de Petacalco, Gro., Que recibe el mineral, a través del Muelle de Recibo y Manejo de Carbón, Ubicado en el Puerto Industrial de Lázaro Cárdenas transportándolo por bandas hasta la Terminal Eléctrica.

## I.1. ANTECEDENTES.

La Central Termoeléctrica "Presidente Plutarco Elías Calles" (CT PPEC), Ubicada al norte del poblado de Petacalco, Municipio de la Unión, en la región costera del estado de Guerrero, es una central de tipo dual, que puede generar electricidad mediante el empleo de carbón mineral o de combustóleo. Dicha central consta de seis unidades generadoras de electricidad y de acuerdo con los cálculos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), cuando opere al 100% de carga, el consumo máximo de carbón mineral será de aproximadamente 130ton/h por unidad, generando unas 14.3ton/h de ceniza por unidad. Se estima que el consumo promedio de carbón Será de  $5.01 \times 10^6$  toneladas y la producción de ceniza de 551,760 toneladas al año.

La ceniza generada estará conformada por ceniza volante y ceniza de fondo. La primera será capturada por medio de precipitadores electrostáticos, mientras que la segunda será extraída del fondo de las calderas. Dentro de la Central Termoeléctrica la ceniza se almacenara en silos, desde donde se trasladara a la zona limítrofe del predio mediante una banda trasportadora y de ahí será transferida a un sistema de bandas que la lleva al deposito de ceniza. Dicho deposito se construyo en el predio Ubicado al sureste de la Isla Cayacal, dentro del recinto Portuario del Puerto Industrial Lázaro Cárdenas, en el estado de Michoacán. El objetivo de construir el deposito de ceniza en el recinto portuario es el de establecer las mejores condiciones técnicas y ambientales para el manejo y la disposición de la ceniza

El Muelle esta Ubicado en la margen izquierda del brazo Benito Juárez, o más conocido como el canal de acceso al puerto industrial de Lázaro Cárdenas. El Muelle tiene una longitud de 410m, así como un ancho de 27m. el dragado se llevó a la cota -18.00m con respecto al nivel medio que alcanza el agua en las pleamares y bajamares, ya que se recibirán barcos de 60,000 a 120,000ton. sobre la plataforma operan dos sistemas de descargo tipo cucharón de almeja y una tolva viajera.

El ámbito geológico se delimita por las características generales del delta, en el que predominan los depósitos del plioceno-cuaternario constituidos por depósitos litorales, aluviales, palustres y conglomerados. Se ha inferido que el espesor de estos materiales es mayor a los 600m.

El ámbito hidrológico en el que asienta la estructura del muelle, así como también el sitio para depósito de cenizas, comprende el delta del Río Balsas, desde la Presa "José María Morelos", donde el flujo del Río es regulado y utilizado para la generación de energía eléctrica, hasta su desembocadura en el océano pacífico. Es en esta área que el Río fluye a través de la planicie costera formando meandros y se divide en dos brazos, dando origen a la Isla Cayacal.

En la zona en estudio se distinguc tres unidades de suelo, que según la clasificación son: regosol eutrico, fluvisol eutrico y feozem haplico.

El clima de la región corresponde a un clima cálido, subhmedo, con lluvias de verano, la oscilación térmica es menor a los 5°C y por lo tanto isoterma y mancha térmica típica. el mes más caliente ocurre después del solsticio de verano.

Los vientos en la región del Puerto Industrial fluyen principalmente del suroeste con una frecuencia del 15% en el rango de 5 a 24 km/h. Esta zona se encuentra en la trayectoria que siguen los ciclones y tormentas tropicales que se forman en el Pacífico nor-oriental.

El Puerto Industrial está localizado en la zona de subducción en la cual la Placa de Cocos se introduce por debajo de la Placa Continental de Norteamérica, por lo que se caracteriza por una alta sismicidad. Durante el periodo del 1 de enero de 1960 al 31 de diciembre de 1997, se registraron 158 eventos sísmicos mayores a 5 grados en escala de Richter, el más severo se registró el 19 de septiembre de 1985 con una magnitud de 8.1 en la escala de Richter.

# CAPITULO

## II

### ESTUDIO PRELIMINAR.

Antes de proceder a realizar el proyecto, es de vital importancia tomar en consideración los alcances técnicos, así como también tener un panorama conjunto de la zona que será estudiada. No obstante la complejidad, la diversidad y disposición del proyecto nos hace necesario llevar a cabo un estudio preliminar, esto es el conjunto de operaciones necesarias para llevar con éxito la ejecución del proyecto, es decir, se debe contar con una planeación de oficina, un personal y equipo adecuado, así como también de una buena metodología.

A continuación se explicara detalladamente cada una de estas acciones.

#### II.1.PLANEACION.

Para la planeación en la oficina del *Control Topográfico* y el *Levantamiento Batimétrico*, debemos tomar en cuenta lo siguiente:

Instrucciones Generales.- Indica las especificaciones de la precisión para el Control Topográfico. La Clasificación del Levantamiento Batimétrico, el propósito del Levantamiento y Control, así como también los límites del área por levantar.

Instrucciones Particulares.- Señala el espaciamiento máximo entre líneas de sondeo, estaciones de los puntos de control horizontal a utilizar, Ubicación del Banco de Nivel Profundo, instalación de puntos de control sobre la cubierta del muelle, etc.

El personal participante, material y equipo a utilizar.

Las instrucciones de un proyecto en un levantamiento, se giran con la debida oportunidad, acompañada de información necesaria, para permitir la formulación de un plan general de operaciones. Los planes para el trabajo día a día se ejecutan dentro del plan general, de tal manera, que la operación se lleve a cabo sin tropiezos y con el máximo de eficiencia y calidad.

Las especificaciones para el Control Topográfico y el Levantamiento Batimétrico, se deben dar a conocer, para tomar en cuenta el personal y equipo, con el objeto de cumplir y llevar a cabo con efectividad y orden el proyecto.

El plan de operación esta sujeto a cambios, al iniciar el trabajo de campo y durante su proceso. El jefe designado para el proyecto debe estar consciente de esto, ya que tomará decisiones, basándose en los principios de la ingeniería y del interés del proyecto.

Se investigarán datos de Control Geodésicos existentes (Horizontales y Verticales). En mapas y cartas topográficas de la zona. Los resultados de esta investigación nos indicarán si existe o existen puntos de control que nos proporcionen los datos necesarios para poder ligarnos, así como también su grado de precisión.

El plan de operación que se lleva a cabo para el trabajo en campo, tiene defectos por esta razón se debe hacer una investigación en el sitio, de los siguientes puntos:

a) Seleccionar los lugares con mejores condiciones de visibilidad, espaciamiento y cobertura confiable del área por trabajar.

b) El acceso al área de trabajo, en relación con la transportación del personal y equipo.

c) Establecimiento de estaciones de mareas, estaciones de corrientes, etc.

También se deben tomar en cuenta las características climatológicas y la estación del año, por las posibles crecidas del Río Balsas, lluvias y otros factores que alteran el tiempo normal para la ejecución del trabajo.

A continuación se ilustra el procedimiento de planeación que se llevo a cabo:

1.- Nombre del proyecto "Levantamiento Topográfico e Instrumentación para el Control de Desplazamientos Verticales y Horizontales, tanto bajo acciones Estáticas como Dinámicas, en el Muelle de la Terminal de Recibo y Manejo de Carbón, en Petacalco, Guerrero".

2.- Establecimiento de un Banco de Nivel Profundo.

3 - Se realizara el trazo de dos líneas bases, para llevar el Control Planimétrico y Altimétrico. La primera será trazada sobre el Muelle y la segunda sobre el Terreno Natural que se encuentra precisamente atrás de la plataforma principal. Cada línea contara con seis puntos que servirán para detectar tanto Desplazamientos Horizontales, como Movimientos Verticales.

4.- Se hará una Orientación Astronómica para obtener el Azimut de la Línea, la cual nos servirá para radiar los Puntos de Control y obtener (x,y).

5.- Se instalarán 60 puntos de Control Vertical, dentro de la cubierta del Muelle con una superficie de 410m x 27m con el objeto de observar hundimientos a largo plazo.

6.- Se efectuará un Levantamiento Batimétrico en una superficie de 410m x 110m con una profundidad aproximada no mayor a 20m.

Para la obtención de algunos datos importantes como la Ubicación Geográfica aproximada del lugar se consulto la carta del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática "INEGI" correspondiente a la zona "13D19 (Lázaro Cárdenas Guerrero y Michoacán)".

obteniendo la siguiente información:

latitud	17°33'10.80"
longitud	102°06'03.60"

## II.2.PERSONAL Y EQUIPO.

El personal participante estará seleccionado conforme a su experiencia y aptitudes, así como también el grado de confiabilidad en su trabajo.

Así como también proveer de personal entrenado para reemplazos en los casos de enfermedades, accidentes o abandono del trabajo.

### Personal utilizado:

- a) Dos Ingenieros Topógrafos
- b) Dos Cadeneros.
- c) Dos Estadaleros.
- d) Un lancharo.

### El equipo a utilizar estará en función:

- a) De la clase de terreno.
- b) De los requisitos del proyecto.
- c) Y del método a emplear.

Además, hay que considerar la disponibilidad del equipo y las condiciones en las que se encuentra.

El equipo que se consideró para el trabajo cuenta con las especificaciones de precisión, esto nos permite la elección de un mejor método a emplear en campo.

Equipo utilizado, Ver tabla (a) y (b)

EQUIPO	MARCA	MODELO	ESPECIFICACIONES
Teodolito	Widl	t-2	aproximación a 1"
Teodolito	Zeiss-jena	3t-2kn	aproximación a 1"
Transito	T.T.Quintero	BC-8	aproximación a 20"
Nivel	Wild	NA-2	amplificación 32x
Brújula	Luft	Tipo Brunton	graduada de 0° a 360°
Distanciómetro	Distomat	D155	Distancia hasta 2.5km.
Prisma			prisma único

Tabla (a)

UTILERIA
1.-Una baliza para lancha con bandera.
2.-Una baliza.
3.-Dos estadales.
4.-Cintas de 30m y 50m
5.-Dos plomadas.
6.-Clavos de concreto.
7.-Tres radios de comunicación.
8.-Una cuerda de 130m, con marca a cada 10m.
9.-Una sonda de 25m, con marcas a cada 10cm.
10.-Un escandallo de 6kg de peso.
11.-Una lancha de motor.
12.-Pintura
13.-Materiales: arena y cemento (para monumentar algun punto)
14.-Libretas de campo

Tabla (b)

## II.2.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO UTILIZADO:

TRANSITO T.T.QUINTERO ( BC-8).. Se llama Transito (ver figura II.2.1), a aquellos instrumentos mediante los cuales se hacen mediciones angulares, cuya aproximación se obtiene con un vernier sobre un círculo graduado o limbo. Se denomina más generalmente Teodolito a aquellos goniómetros cuya óptica es más evolucionada o más refinada, que tienen como mecanismos más precisos y sobre todo, cuyas lecturas angulares se realizan círculos hechos sobre cristal gravado y se aproximan mediante un micrómetro de tipo óptico y un microscopio.

La diferencia entre un Tránsito y un Teodolito es más bien desde el punto de vista tecnológico y académicos para efectos de la enseñanza, ya que los principios geométricos son los mismos y en todo caso el uso de uno o de otro dependerá de los objetivos que se persigan en la enseñanza-aprendizaje.

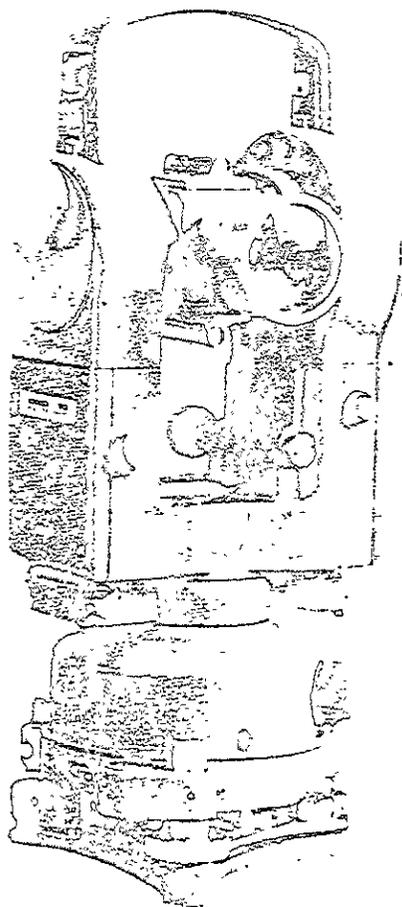
El Tránsito posee una base de sustentación apoyada y atornillada sobre una cabeza metálica con tres patas extensibles que pueden ser de madera o de aluminio, conocido como trípode. La base del tránsito se llama base niveladora y esta provista de tres tornillos niveladores colocados 2 a 1 en forma perpendicular o de cuatro tornillos niveladores colocados 2 a 2.

Estos tornillos, son de cuerda estándar, al girar deben hacerse en forma simultanea es decir, ambos hacia adentro o ambos hacia afuera uno se acorta mientras el otro se alarga; sin olvidar que la burbuja sigue la dirección del dedo pulgar izquierdo.

Esto hace que la base realice un movimiento basculante para que con el auxilio de los niveles tubulares del limbo o plato horizontal, podamos poner el aparato en posición horizontal, esto es cuando la burbuja de aire se localice en la parte superior del nivel.

Sobre el plato superior que cubre al círculo horizontal se apoyan los soportes del telescopio, que al girar sobre dos cojinetes en  $180^\circ$  describen lo que se denomina vuelta de campana alrededor del eje de alturas, el cual que es perpendicular al eje acimutal, cumpliendo así con la condición geométrica correspondiente.

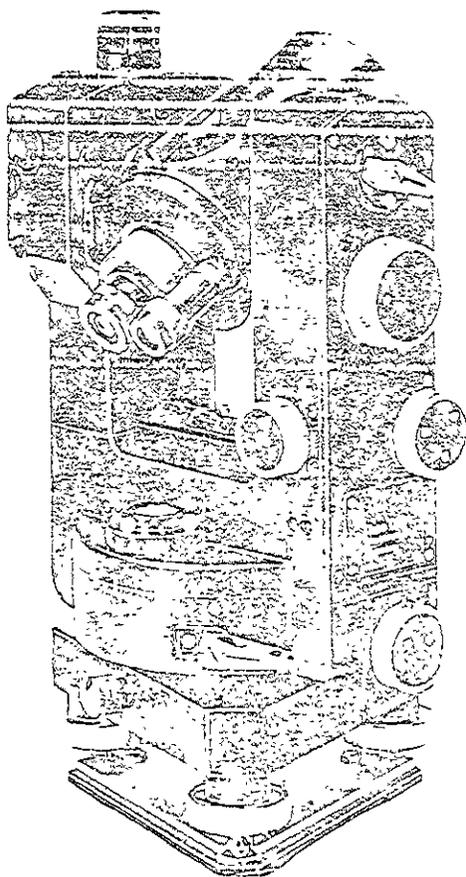
Unido a la base niveladora se encuentra un tubo o caja de forma cónica, con un eje de giro o eje acimutal que coincide con el centro del aparato en general y en particular con el centro del círculo graduado o limbo horizontal. Así mismo este eje es colinial con el vertical (lineal cenit-nadir) que se ve materializada por medio de la plomada, cuyo soporte en forma de gancho coincide también con el eje acimutal.



Wild T2 (1986)...

## TEODOLITO (WILD T-2).<sup>2</sup>

Figura II.2.2.



(ZEISS-JENA 3T-2KN).<sup>3</sup>

Figura 11.2.3.

**DISTANCIOMETRO (DISTOMAT DI5S).** Este tipo de instrumentos (ver figura II.2.4.), se ha desarrollado muy rápidamente, a partir de la Segunda Guerra Mundial, por las aplicaciones del radar cuyo fundamento biónico es el chillido que emiten los murciélagos. Según la intensidad del eco, determinan intuitivamente la dirección y distancia al objeto que refleja el sonido. Así, pueden volar en la oscuridad, cazar y pasar por lugares estrechos.

Este principio de una onda emitida y la devuelta por un reflector a gran velocidad, permitió diseñar aparatos de medición de larga distancia. Los antecedentes de los actuales distanciometros electrónicos, que funcionan basándose en ondas luminosas y electromagnéticas, se basan en el distanciómetro electrónico de fuente luminosa denominado Geodímetro, en el año de 1948 por Eric Bergstrand Geodesta Sueco, sustituyendo la rueda dentada y el espejo semitransparente por dispositivos ópticos, eléctricos y electrónicos que permitían medir distancias, basándose en la expresión:

$$\text{Distancia} = (t(\text{señal recibida}) - t(\text{señal emitida})) / 2 = \text{vel. de la luz}$$

$$d = t l ( v l / 2) \quad \text{en donde:}$$

d = Distancia

t l = Tiempo empleado por las ondas luminosas en su recorrido de ida y regreso.

v l = Velocidad de las ondas luminosas en el vacío

$$299,792.4 \pm 0.4 \text{ km/s}$$

Así, se leía en la pantalla correspondiente la lectura de la distancia, a la cual aplicando las correcciones por temperatura, presión y reducción al horizonte por medio del ángulo vertical contribuía a medir largas distancias con una precisión muy aceptable.

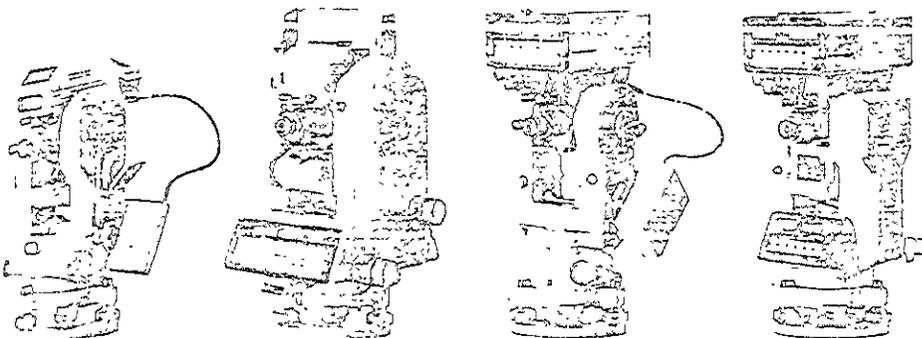
A partir de finales de la década de los 60, empiezan a surgir los distanciometros electrónicos tanto de fuente luminosa como de fuente electromagnética, con grandes avances en sus características electro-ópticas, de sencillo manejo, bajo peso y tamaño, así como una elevada precisión.

El principio de estos instrumentos consiste en determinar el tiempo que tarda una onda luminosa o electromagnética en hacer el recorrido de ida y vuelta, entre el aparato emisor de la onda y el prisma reflectante. Estos aparatos emplean la técnica de medición de diferencia de fase y utiliza como onda portadora la radiación infrarroja que se logra por medio de un emisor de arseniuro de galio o por medio de rayo láser, ya sea de rubí o de gas helio-neón. Así, el rayo emitido llega hasta un prisma reflector y regresa, de modo que en función del tiempo de recorrido proporciona la distancia inclinada, la que era necesario corregir por temperatura y presión, así como reducirla al horizonte.

Un factor importante en la precisión y alcance de los distanciómetros eléctricos son los prismas reflectores, considerando básicamente los aspectos de potencia en la emisión, el tamaño y número de prismas y las condiciones atmosféricas.

EL DISTOMAT DI55. Es un Distanciómetro electrónico compacto, que se caracteriza sobre todo por su gran precisión y su gran alcance. Con un prisma puede medir distancias de hasta 2.5 Km, con 11 prismas su alcance es de 5Km. Debido a su gran precisión de medición de  $3\text{mm}+2\text{ppm}$  (desviación estándar), ya que es compacto, el DI55 es especialmente idóneo para la medición en trabajos de ingeniería y mediciones de deformación, poligonación, taquimetría de precisión, así como para mediciones en el catastro y replanteo de predios.

El DISTOMAT DI55 (Wild), puede combinarse con todos los Teodolitos ópticos y electrónicos. Si se le combina con un Teodolito electrónico y con el terminal de datos GRE3/4, se obtiene un Taquímetro registrador, como se observa en la figura siguiente:



DISTANCIOMETROS ELECTRÓNICOS.<sup>4</sup>

Figura 11.2.4.

**PRISMA.** Los prismas que se utilizan son de tipo recto que reflejan los rayos en la misma dirección en que llegan. Sus características de precisión están dadas por los lados del cristal cuyas caras deben ser perfectamente paralelas así como por la perpendicularidad precisa de las caras. El tamaño y número de los prismas definen tanto la precisión como las distancias máximas, de acuerdo con la potencia de emisión de la fuente de radiación utilizada. Esa distancia máxima ideal no se alcanza debido a los distintos factores atmosféricos: la refracción, la absorción y dispersión, partículas de polvo, humos, vapor de agua, lluvia, etc.

Las variaciones en la presión atmosférica, así como en la temperatura, son elementos importantes a considerar en las correcciones por refracción y al introducir las constantes de los aparatos.

**NIVEL (WILD NA-2).** Los principios en los que se basa este tipo de instrumentos (ver figura II.2.5.), provienen de tiempos remotos y consisten en aprovechar la fuerza de atracción de la tierra. Ya los romanos usaban una regla T de madera que oscilaba apoyada en unas patas también de madera y en la parte baja de la T colocaban un recipiente con plomo u otros objetos pesados. De esta manera, la parte mas larga de la T definía la vertical por gravedad y su parte corta definía una línea de colimación perpendicular a la vertical.

Los niveles automáticos tienen su base en principios gravimétricos; carecen de nivel tubular en el telescopio, así como del tornillo basculante y otros elementos que contienen los niveles tradicionales y basculantes.

Poseen un nivel del tipo circular (para colocar el aparato casi siempre en posición horizontal). Cubierto por una caja metálica, el telescopio posee un compensador automático que puede ser de péndulo, de prismas, de espejos o electromagnético.

La construcción es de tal forma, que el montaje de esos elementos hace las veces de uno o varios paralelogramos, en los cuales los lentes, espejos o prismas, están colocados en las caras verticales de los paralelogramos. Y puesto que se buscan centros gravimétricos apropiados, estas estructuras buscan siempre el equilibrio, proporcionando una línea de colimación que describe siempre planos horizontales. Una vez entrada la burbuja del nivel circular, el movimiento de equilibrio de estos compensadores automáticos puede ser controlado por medio de una perilla que le proporciona fijación o libera movimiento a criterio del operador, al momento de hacer cada observación.

Las revisiones y correcciones de los niveles de tipo automático son similares a las del nivel basculante. Es recomendable no hacer estos ajustes, a menos que no hubiese un taller especializado cerca y hubiese urgencia de hacer el trabajo con estos aparatos.

El nivel automático NA-2 está provisto de una resolución de  $\times 32$ , de un campo visual adecuado, de una precisión de centrado del compensador de  $\pm 0.3''$ . En resumen, posee las características necesarias para los trabajos de precisión del primero al tercer orden y para mediciones de precisión en la construcción de maquinaria.



NIVEL (WILD NA-2).<sup>5</sup>

Figura II.2.5.

ESTADAL O MIRAS VERTICALES. Son reglas graduadas de madera, acero, plástico, metal invar. o fibra de vidrio (ver figura II.2.6).

Los hay de charnela (bisagra) de 4m de longitud y en ocasiones 3m con secciones de 1m o de 2m (caso del estatal de 4m). Existen también los de tipo telescópico hasta de 5m.

Los de tipo filadelfia que poseen una placa corrediza con cruce de línea vertical y horizontal en forma de círculo y una pequeña escala para lecturas precisas, directamente en el estatal. Todos ellos tienen marcas que indican los metros, los decímetros, en forma numérica y los centímetros o medios centímetros grabados sobre superficie blanca, verde clara o amarilla o bien en colores que resaltan como el rojo y negro.

La selección de ellos dependerá de los objetivos que se persigan o en su defecto de la disponibilidad que se tenga. Es claro que entre mejor sea el equipo que se utilice, mejores serán los resultados; pero si se trabaja en condiciones de terreno difíciles y de clima extremoso, la selección tendrá que ser muy bien pensada.



**BRUJULA BRUNTON ROSSEACH.** Este instrumento (ver figura II.2.7.), también se le llama mini teodolito o teodolito de bolsillo. Es dispositivo de orientación basado en el magnetismo terrestre que determina la dirección de las líneas en relación con la meridiana magnética y a la vez el ángulo que una línea forma con esta última.

La Brújula no es un instrumento muy preciso pero si muy práctico, que cumple perfectamente bien ciertos fines. La Brújula es un instrumento cuya principal pieza la constituye una aguja imantada que puede girar libremente alrededor de su centro de gravedad y dado que los polos magnéticos de la tierra actúan como grandes imanes, la aguja tendera siempre a estar alineada en esa dirección, siguiendo las leyes del magnetismo para definir la línea norte-sur o meridiana magnética.



**BRUJULA BRUNTON**

Figura II.2.7.7

**PLOMADAS.** Las plomadas son elementos complementarios para trabajos topográficos, en operaciones de señalamientos, medición y en general de auxilio en trabajos de campo. Ver tabla II.2.a.

Núm. De Catalogo	Peso
PL-6	168g. (6 Onzas)
PL-7	224g. (8 Onzas)
PL-8	280g. (10 Onzas)
PL-9	336g. (12 Onzas)
PL-10	392g. (14 Onzas)
PL-11	448g. (16 Onzas)
PL-12	504g. (18 Onzas)

Tabla II.2.a.

**BALIZAS.** Las balizas son de madera de sección redonda pintadas con pintura para intemperie, alternando cada 0.50m, sección de color rojo y blanco. El regatón es de fierro e intercambiable. Ver tabla II.2.b.

Longitud M	Diámetro m	Peso kg	Piezas
2.00	32	1.05	1
2.50	32	1.15	1
3.00	32	1.25	1
2.50	32	1.15	Seccionables 2 piezas de 1.25
3.00	32	1.25	Seccionables 2 piezas de 1.25

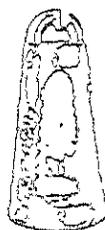
Tabla II.2.b.

CINTA DE ACERO (LUFKIN). Esta cinta se caracteriza por su resistencia, duración y resistencia a la tensión. Ver tabla II.2.c.

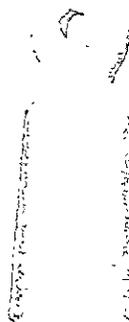
Longitud m	Ancho	Graduación	Cruceta cm	Peso Kg
30	6mm	mm, cm, dm, m	0.330*0.145	0.910
50	6mm	mm, cm, dm, m	0.370*0.250	1.970
100	6mm	mm, cm, dm, m	0.446*0.320	3.080

Tabla II.2.c.

SONDA. (ver figura II.2.8.). Es una banda o cuerda de cáñamo de la India o de lino de determinada longitud, en ocasiones la cuerda se fabrica con una alma central de bronce fosforoso, que se utiliza para realizar trabajos de sondeo, sin embargo, algunos técnicos utilizan una cadena ligera en lugar de la cuerda, debido a que no produce bucles y a que no es demasiada pesada en la mano del operador, además están pintadas con pintura anticorrosiva, alternando cada 0.10m, secciones de color rojo y blanco.



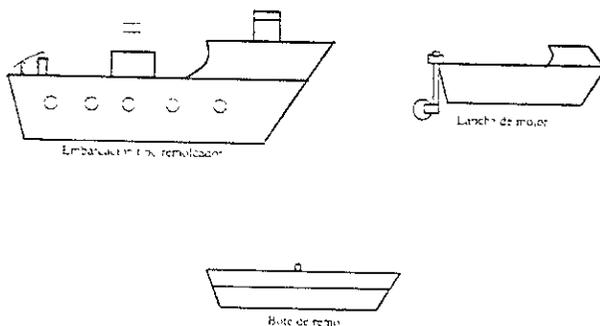
Equipo utilizado para los trabajos de sondeo.  
 ESCANDALLO  
 Figura II.2.9.



SONDA  
 Figura II.2.8.

**ESCANDALLO.** (Ver figura II.2.9.), Es un cuerpo sólido de diferente peso (5, 6, o de 7kg). De acuerdo a la profundidad trabajada; En su parte superior tiene un orificio que le permite unirse a la sonda y en su parte inferior tiene forma de copa donde se pone sebo para tomar muestras del fondo, que se utiliza para mantener a la sonda tensa de tal forma que el sondeo realizado sea de manera correcta.

**EMBARCACIÓN.** El tipo de embarcación que se utiliza para realizar este trabajo es de Lancha de Motor, ya que es útil en donde hay corriente y la profundidad no es grande. Ver figura II.2.10.



DIFERENTES TIPOS DE EMBARCACIÓN PARA TRABAJOS DE SONDEO  
Figura II.2.10

**MATERIALES.** Serán todos aquellos que se utilicen para construir señales (artificiales) como monumentaciones, a las cuales puedan referírseles posteriormente.

### II.3. METODOLOGIA EMPLEADA.

De acuerdo con el estudio preliminar la metodología más conveniente de acuerdo a la ubicación del lugar, fue hacer una poligonal principal por el Método de ángulos interiores.

Una poligonal es una serie de líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se determinan a partir de mediciones hechas en campo. El objetivo de una poligonal es establecer un método rápido y cómodo para el establecimiento del control horizontal. Es particularmente útil en zonas densamente construidas y en regiones boscosas en las que la longitud de la visual es tan corta que no es adecuada la aplicación de métodos de triangulación y trilateración. Las poligonales se trazan con múltiples objetivos, entre los que se incluyen:

- 1.- La ubicación o establecimiento de límites o linderos en levantamientos de propiedad.
- 2.- El establecimiento de control suplementario en los levantamientos para la planimetría.
- 3.- La realización de la localización y del trazo constructivo de carreteras, vías férreas y de otros trabajos públicos y privados.
- 4.- La ejecución de levantamientos de control terrestre para la planimetría.

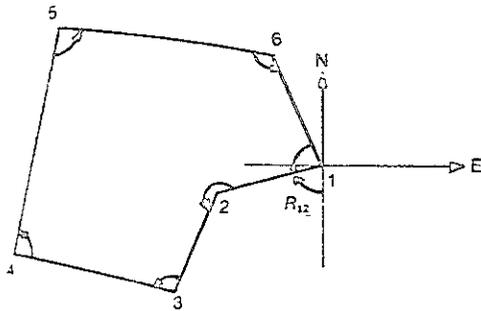
Existen dos clases de poligonales las cuales son: *la poligonal abierta y la poligonal cerrada.*

*La poligonal abierta* se origina en un punto de posición conocido y termina en un punto de posición desconocido. En este tipo de polígonos no es posible la revisión de cálculos destinados a detectar errores o equivocaciones en las distancias y direcciones. Para minimizar los errores, las

distancias deben medirse dos veces o más veces; las medidas angulares se deben hacer por repetición y deben buscarse los rumbos magnéticos en todas las líneas, la poligonal abierta constituye una alternativa muy riesgosa que no debe usarse en ninguna aplicación, ya que los resultados serian dudosos y siempre cuestionables.

Las poligonales cerradas se originan en un punto de posición horizontal conocido y cierran en otro punto horizontal conocido. Un punto de posición horizontal conocido es aquel que tiene coordenadas geográficas o por sus coordenadas X y Y en un sistema de coordenadas rectangulares.

A una poligonal que se origina y concluye en el mismo punto de posición horizontal conocido se le denomina poligonal de circuito, ver figura II.3.1



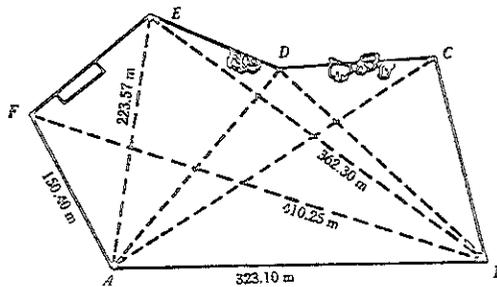
POLIGONAL DE CIRCUITO  
Figura II.3.1.

Este tipo de poligonal nos permite la revisión interna de los ángulos, aunque no hay forma de detectar los errores sistemáticos en la distancia y en los errores de orientación.

Existen varios métodos de levantamientos, alguno de los cuales son de difícil aplicación en la práctica y solamente se emplean como auxiliares, a continuación se expondrán algunos métodos a fin de elegir el más conveniente y adecuado para el trabajo de campo.

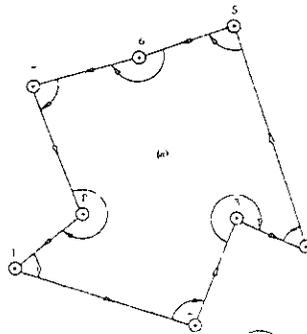


*Método por Intersecciones.* Es aplicable este método cuando desde un lado base, una poligonal abierta o cerrada se desea llegar a un punto inaccesible, es decir, sobre el cual tenemos visibilidad, pero no podemos medir la distancia hasta él. Se miden entonces los ángulos con respecto a los lados de referencia o las direcciones desde dos o más vértices consecutivos, ver figura II.3.4.



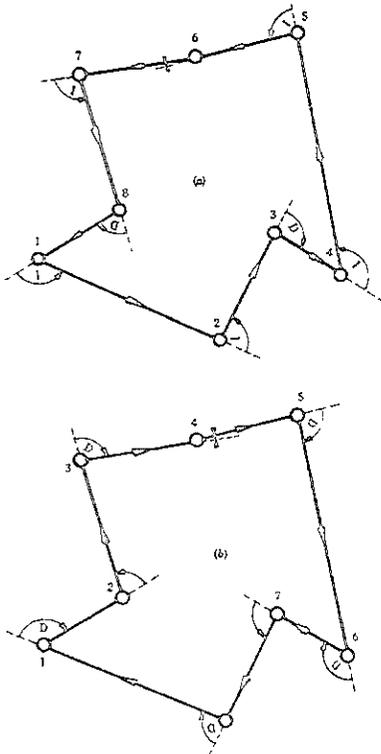
MÉTODO POR INTERSECCIONES  
Figura II.3.4.

*Método por Ángulos Interiores.* Este método consiste en seguir un caminamiento que va uniendo vértices o estaciones en el terreno, así mismo se obtienen en cada estación los ángulos interiores. Tiene la ventaja de permitir que los ángulos se midan por repeticiones o reiteraciones, lo cual no ocurre con los otros métodos, ver figura II.3.5.



MÉTODO POR ÁNGULOS INTERIORES  
Figura II.3.5.

*Método de las Deflexiones.* Este método llamado también de "ángulos suplementarios" porque su valor no excede de  $180^\circ$ , consiste en medir los ángulos formados por las líneas del polígono y las prolongaciones de los lados anteriores. Las deflexiones son derechas e izquierdas, según el sentido en que se haga girar el anteojo después de la vuelta de campana para dirigirlo sobre la prolongación de la línea anterior, ver figura II.3.6.



MÉTODO DE LAS DEFLEXIONES  
FIGURA II.3.6

# CAPITULO

## III

### DETERMINACIÓN DE LA MERIDIANA ASTRONOMICA.

Las necesidades de Orientación, en un sistema de referencia geográfico, surgen tanto para pilotos aviadores, marinos, etc. , Como para ingenieros de distintas ramas y arquitectos. Todos ellos se valen de los mismos principios de la Astronomía de Posición, disciplina que trata de la teoría y uso de los instrumentos astronómicos y los métodos para calcular los resultados obtenidos de las observaciones, a fin de determinar posiciones y direcciones de puntos de la superficie de la Tierra.

Así pues, tales determinaciones se aproximarán a los valores absolutos de Latitud, Longitud y Azimut, en la medida en que se utilicen procedimientos y métodos adecuados, así como los instrumentos de precisión adecuados.

La dererminación de la meridiana, utilizando los distintos cuerpos celestes, por procedimientos rudimentarios nos arroja resultados aproximados; pero si recurrimos a las matemáticas (aritmética, geometría, trigonometría plana y esférica) y apoyándonos con instrumentos de precisión, encontraremos los métodos de observación y cálculo que nos conduzcan a un valor más preciso de la meridiana y en consecuencia, de la orientación de cualquier línea.

### III.1.METODOS PARA DETERMINAR EL AZIMUT POR OBSERVACIONES AL SOL.

Uno de los problemas fundamentales de la Astronomía de Posición, es determinar la dirección de la Meridiana Astronómica (Línea Norte-Sur).

La determinación del azimut de una línea (Meridiana Astronómica), es indispensable para el cálculo de posiciones geográficas en los que se basa la construcción de un mapa y para obtener las coordenadas ortogonales de un levantamiento topográfico. Por medio de observaciones a los Astros se puede calcular el azimut de un Astro en el espacio o de una Línea sobre la Superficie de la Tierra.

El Azimut de una dirección se define como el ángulo diedro formado por el plano Meridiano que pasa por el lugar y el Plano Vertical que contiene a la dirección dada, ver figura III.1.1

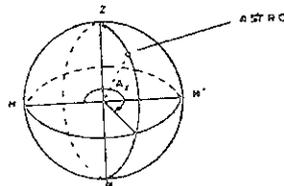


FIGURA III.1.1

H, H' = Círculo Horizontal.  
Az = Azimut de la línea.  
Z = Cenit.  
N = Nadir

Es también el ángulo plano formado por la Meridiana y la línea considerada; se mide en el sentido de las manecillas del reloj  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , a partir del Norte, ver figura III.1.2

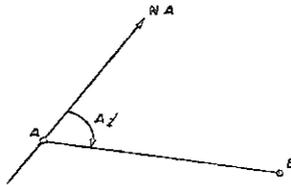


FIGURA III.1.2

El trabajo de campo consiste en medir el ángulo horizontal entre la línea del terreno y el astro observado, a continuación se calcula el azimut de éste y así se obtiene la línea, ver figura III.1.2

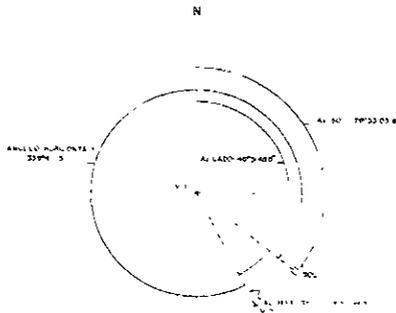


FIGURA III.1.3

El valor de este ángulo se puede determinar por varios procedimientos, que se basan en Observaciones al Sol o a alguna Estrella, a continuación se mencionarán los métodos más recomendables para determinar el Azimut de una Línea por Observaciones al Sol:

a) Por Observaciones al Sol a la Misma Altura, antes y después de su paso por el meridiano.

b) El Sol en Cualquier Momento (Método de Distancias Zenitales).

c) Por observaciones al sol en dos posiciones "Método del Ing. Toscano" ( con un intervalo de 20 a 30min.).

### III.1.1. POR OBSERVACIONES AL SOL A LA MISMA ALTURA, ANTES Y DESPUÉS DE SU PASO POR EL MERIDIANO.

Este método consiste en hacer la tangencia con el borde superior del hilo horizontal de la retícula para posteriormente hacerlo con el borde inferior del sol con el hilo horizontal a la misma altura, antes y después de su culminación, como se muestra en la figura III.1.3.1

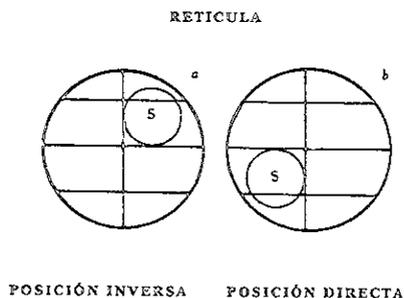


FIGURA III 1 3.1

Se recomienda hacer la medida cerca del paso para no tener que esperar demasiado tiempo a estar a la misma altura; también debe tenerse cuidado de no mover el instrumento en sentido vertical entre las dos punterías, pues únicamente debe moverse sobre su eje azimutal.

La ventaja que tiene es que no se requiere medir el ángulo vertical, no se corrige por refracción ni por variación horaria y el cálculo es muy simple como se puede deducir al analizar la fórmula y ver la figura III.1.1.2

$$Az = \left( \frac{1}{2} (L' + L) \right) - \left( \frac{1}{2} V (1 - i) \right) / \left( \cos \varphi \sin \left( \frac{1}{2} (1 - i) \right) \right)$$

Donde:

Az : Es el ángulo horizontal entre la dirección de la línea y el Norte Verdadero.

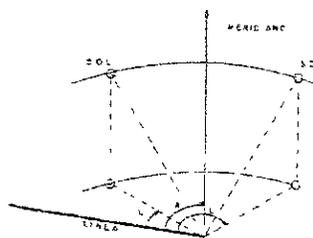
L' y L : Angulo horizontal entre la línea y sol, antes y después del paso.

V: Variación horaria de la declinación.

t', t : Horas en los instantes de las tangencias.

J : Latitud del lugar.

Figura III 1.1 2



ESQUEMA FIGURA III.1.1.2.

Operación de campo.

1.- Se instala y se centra el Teodolito en uno de los extremos de la línea, de donde se desea conocer la Meridiana Astronómica.

2.- Ya nivelado el Teodolito, se fija el movimiento direccional y se pone en ceros el ángulo horizontal y se hace puntería a la visual al extremo de la línea.

3.- En posición directa se dirige el telescopio al sol, haciendo tangencia con los hilos horizontal y vertical, en ese instante, se lee y anota la hora, así como también los ángulos de los círculos horizontal y vertical.

4.- Se da al antejo vuelta de campana y se da un giro acimutal para enfilar nuevamente al sol en posición inversa repitiendo la operación anterior.

5 - Para terminar se ve nuevamente la señal en posición inversa y si la observación estuvo correcta debe cerrar con 180°

### III.1.2. EL SOL EN CUALQUIER MOMENTO (METODO DE DISTANCIAS ZENTALES).

Este método es el más práctico para aplicarlo en levantamientos topográficos; el procedimiento es simple y puede realizarse a cualquier hora.

En este caso se requiere medir el ángulo vertical y horizontal que forma el sol con sus respectivos planos de comparación, la puntería al sol debe efectuarse como se muestra en la figura III.1.2.1, con el fin de que el promedio de las alturas corresponda al centro del sol.

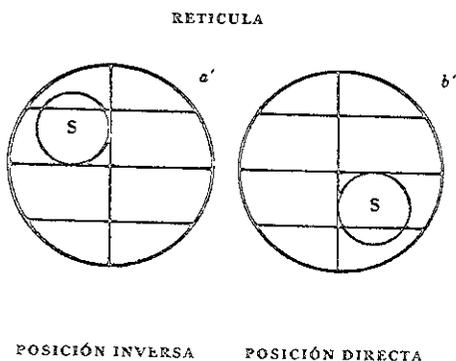


FIGURA III.1.2.1

Para la determinación del azimut de una línea base se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Cos Az} = (\text{Sen } \delta - \text{Sen } \phi \text{Cos } z) / (\text{Cos } \phi \text{Sen } z)$$

Donde:

Z: Distancia cenital verdadera.

$\phi$ : Latitud del lugar.

$\delta$ : Declinación del día de observación.

## Operación de campo.

1.- Se instala y se centra el Teodolito en uno de los extremos de la línea, de donde se desea conocer la Meridiana Astronómica.

2.- Ya nivelado el Teodolito, se fija el movimiento direccional y se pone en ceros el ángulo horizontal y se hace puntería a la visual al extremo de la línea.

3.- En posición directa se dirige el telescopio al sol, haciendo tangencia con los hilos horizontal y vertical, en ese instante, se lee y anota la hora, así como también los ángulos de los círculos horizontal y vertical.

4.- Se da al anteojo vuelta de campana y se da un giro acimutal para enfilar nuevamente al sol en posición inversa repitiendo la operación anterior.

5.- Para terminar se ve nuevamente la señal en posición inversa y si la observación estuvo correcta debe cerrar con  $180^{\circ}$ .

*Nota:* Se debe tener cuidado que entre una posición y la otra no transcurran mas de 7minutos para que el promedio de las alturas corresponda al de los ángulos horizontales además la distancia zenital no debe ser mayor de  $75^{\circ}$

Es indispensable que se realicen por lo menos tres series en posición directa e inversa del anteojo.

Con cada una de ellas se calcula un azimut y el promedio de ellos será el correcto.

### III.1.3. OBSERVACIONES AL SOL EN DOS POSICIONES (CON UN INTERVALO DE 20 A 30 min.)

Este método es usado comúnmente para trabajos ordinarios y consiste en observar al sol en cualquier momento, teniendo en cuenta que siempre se deben trabajar con dos series y con la condición de que entre cada una de ellas exista un intervalo de tiempo comprendido entre los 20 y 30 minutos, ya que en este intervalo se supone que él recorre arcos iguales en tiempos iguales.

Para poder llevar a cabo favorablemente este método, el astro debe tener un azimut grande, por lo que es conveniente realizar las observaciones de 8 a 10 de la mañana o bien de las 14 a las 16 horas.

En este caso se requiere medir el ángulo vertical y horizontal que forma el sol con sus respectivos planos de comparación, la puntería al sol debe efectuarse como se muestra en la figura III.1.3.1, con el fin de que el promedio de las alturas corresponda al centro del sol.

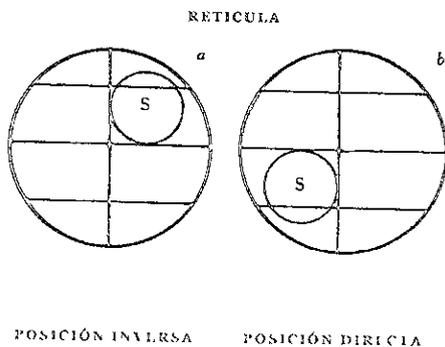


Figura III. 1.3.1

Para determinar el azimut de una línea empleando el método de dos posiciones, se procede de la siguiente manera:

1.- Se centra y nivela el instrumento con todo cuidado en uno de los extremos del lado que se va a orientar: se ponen en coincidencia los ceros en el vernier del limbo horizontal siempre y cuando esto sea posible y se fija el movimiento particular. En caso de que no se pueda poner en ceros, se leerá cualquier otra lectura en el vernier.

2.- Se gira el anteojo hasta visar la señal colocada en el otro extremo de la línea y se fija con el movimiento general, realizando la lectura en ceros.

3.- Se suelta el movimiento general y se imprime un giro al anteojo en sentido en el que se mueven las manecillas del reloj, dirigiendo la visual al sol, auxiliándose del movimiento particular, se coloca la imagen proyectada del sol sobre una tarjeta blanca, de tal modo que su imagen haga tangencia con los hilos de la retícula en el cuadrante I o II y se leen los ángulos horizontales y verticales, además de la hora, cuando se hace la tangencia con los hilos de la retícula del cuadrante elegido.

4.- Inmediatamente se pone al anteojo en posición inversa, para visar nuevamente al sol, pero esta vez de manera tal que su imagen haga tangencia con los hilos de la retícula en el cuadrante III o IV, dependiendo si la primer visual se realiza en el cuadrante I o II, se leerán nuevamente los ángulos horizontales y verticales, así como también la hora.

5.- Con el movimiento particular y con el anteojo en posición inversa, se gira el anteojo para visar la señal colocada en el otro extremo de la línea, verificando que el valor del círculo horizontal sea aproximadamente igual a  $180^\circ$ , concluyendo así una serie de observaciones.

6.- Antes de realizar la siguiente observación o serie, se debe esperar aproximadamente un intervalo comprendido entre 20 a 30 minutos de tiempo, debido a que se supone que el sol recorre arcos iguales en tiempos iguales.

Es conveniente hacer las observaciones en posición directa e inversa, a fin de eliminar el error de índice del círculo vertical. Para corregir el error de excentricidad se toman las lecturas de ambos verniers del círculo horizontal, además de que al invertir el anteojo y hacer las observaciones al sol se eliminan los errores instrumentales de índice y de colimación del anteojo.

La corrección por semidiámetro se evitara visando el sol en cualquiera de los dos cuadrantes superiores y luego en posición inversa a los cuadrantes inferiores, haciendo en ambos casos tangencia con los hilos de la retícula y promediando las dos lecturas del círculo vertical.

Para determinar el azimut con mayor precisión, a las lecturas obtenidas en el círculo vertical, se deben Corregir por Refracción Media, la cual depende de la Presión Atmosférica y de la Temperatura del aire, esta Corrección es sustractiva, mientras que la Corrección por Paralaje es aditiva.

Para determinar el Azimut de una Línea en base a las Observaciones al Sol en Dos posiciones se emplea la siguiente fórmula:

1.- Cuando las observaciones son realizadas en la mañana se aplica la formula siguiente:

$$\text{Cot } U = \text{CosAm TanL SecM} - \text{TanM SenAm}$$

De donde M se podrá obtener a partir de:

$$\text{Tan } M = (B \text{ CosAm}) / (A' - A)$$

En la que:

U : Azimut del astro en su posición media.

H : Ángulo horizontal en su primera posición.

H' : Ángulo horizontal en su segunda posición.

B : h'-h. Ángulo horizontal entre dos posiciones.

Bm :  $\frac{1}{2}(h'+h)$ . Ángulo horizontal promedio.

A : Altura del astro en la primera posición

A' : Altura del astro en la segunda posición.

Am : Altura promedio del astro observado.

Ć : declinación del astro para el instante medio de la observación.

M : Ángulo auxiliar(complemento del ángulo paraláctico)

## CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN.

La refracción atmosférica es el desplazamiento aparente que sufre un cuerpo en la esfera celeste debido a la desviación de los rayos luminosos al atravesar la atmósfera terrestre, la cual esta compuesta por capas de diferentes densidades.

El rayo luminoso que emana del sol, toca a la atmósfera terrestre en un punto donde empieza a describir una trayectoria curva, hasta llegar al observador debido a la creciente densidad de la atmósfera, el astro será observado en una dirección tangente a dicha curva, debido al ángulo de incidencia y al de refracción, estando en un mismo plano, como se muestra en la figura III. 1.3.2.

La Refracción atmosférica provoca que los astros se vean más altos de lo que en realidad están.

Por lo anterior concluimos que efectivamente la refracción hace que la altura observada de los astros sea mayor y que la distancia cenital sea menor, es por ello que la refracción es negativa por la mañana y positiva por la tarde.

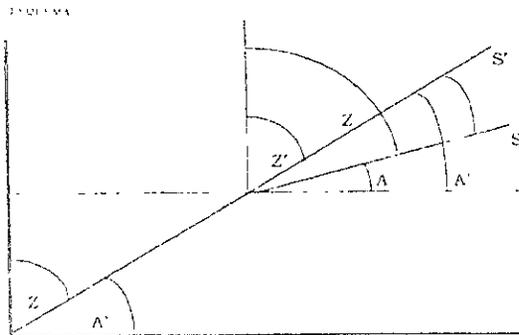


FIGURA 1.3.2

DONDE:

Z' : Distancia cenital real.

Z : Distancia cenital aparente.

A' : Altura observada.

A : Altura verdadera.

S' : Estrella ficticia.

S : Estrella verdadera.

r : Rayo refractado.

A partir de la Ley Física de la Refracción podemos establecer:

$$\text{Sen } Z = : \text{Sen } Z'$$

Donde:

M : 1.000294 que es el índice de Refracción a 0° y una presión normal de 762 mm/Hg.

$$Z = Z' + r \quad A = A' - r$$

$$\text{Sen } Z = : \text{Sen } Z'$$

$$\text{Sen } ( Z' + r ) = : \text{Sen } Z'$$

Desarrollando se tiene:

$$\text{Sen } Z' \text{ Cos } r + \text{Cos } Z' \text{ Sen } r = : \text{Sen } Z'$$

$$\text{Cos } r = 1$$

$$\text{Sen } r = r \text{Sen } 1''$$

Despejando rCosZ':

$$r \text{Cos } Z' = (\text{Sen } Z' (-1)) / \text{Sen } 1''$$

Despejando r:

$$r = (0.000294 \text{Tan } Z') / \text{Sen } 1''$$

Por lo tanto podemos establecer que la refracción media en función de la distancia cenital observada es:

$$r = 60.6'' \tan Z$$

Nota:

Puesto que el índice de refracción : esta en función de la temperatura y la presión barométrica dadas por las observaciones hechas a los astros, puede establecer la Refracción Verdadera.

$$R = rBT$$

Donde:

R : Corrección por Refracción.

r : Refracción media.

B: Factor Barométrico. =  $P'/762$

T : Factor termométrico =  $1/(1+(0.004t))$

P' : Presión Atmosférica al momento de la observación.

P : Presión Atmosférica a  $0^\circ = 762 \text{ mm/Hg.}$

t : Temperatura del aire a la sombra al momento de la observación.

0.004 : Es el coeficiente de dilatación del aire.

## CORRECCION POR PARALAJE.

Las fórmulas que se emplean para el cálculo del azimut, suponen que el observador esta colocado en el centro de la tierra; pero como esto no puede ocurrir; es decir, el observador esta situado en un punto cualesquiera de la superficie de la tierra, por lo que se deberá corregir el ángulo de la altura a fin de tener el correspondiente al centro de la tierra.

En otras palabras, podemos establecer que la paralaje, es el ángulo bajo el cual se ve el radio de la tierra desde el astro observado.

También se puede definir al Paralaje como el ángulo que forman dos visuales dirigidas a un mismo astro, una desde la superficie de la tierra y la otra desde el centro de la misma en el mismo instante físico. Ver figura III. 1. 3.

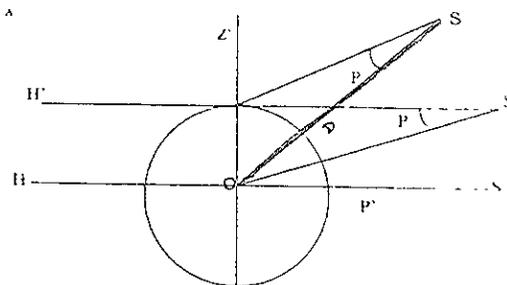


Figura: III. 1. 3

Donde:

C : Centro de la Tierra

O : Lugar del Observador.

S : Astro observado Verdadero.

S' : Astro observado Ficticio.

A : Altura Verdadera del astro.

A' : Altura Observada del astro.

Z : Distancia cenital Real.

Z' : Distancia cenital Ficticia

$$Z' = Z - P \qquad A' = A + P$$

Como se puede observar el valor del Paralaje es cero cuando el astro se encuentra en el Cenit y tiene un valor máximo cuando la distancia Cenital vale  $90^\circ$ .

$$\text{Sen } P/R = \text{Sen } (180-Z)/D$$

Del Paralaje horizontal tenemos que:

$$\text{Sen } P' = R/D'$$

Como:

$$D = D'$$

$$\text{Sen } P = \text{Sen } P' \text{Sen } Z$$

Sustituyendo los arcos por los senos tenemos que:

$$P = P' \text{Sen } Z$$

Donde, el valor del ángulo de Paralaje  $P'$  llamado Paralaje Horizontal no es constante debido a la órbita que describe la tierra alrededor del sol, ya que es eclíptica, por lo que se estableció por norma internacional que la constante astronómica sea el valor de  $8.80''$  para el ángulo de Paralaje Horizontal.

La fórmula para corregir el Paralaje será:

Para los ángulos medidos a partir del horizonte

$$P = 8.80'' \text{ Cos } A$$

O bien

Para los ángulos medidos a partir del Cenit.

$$P = 8.80'' \text{ Sen } Z.$$

De lo anterior vemos que la Refracción y el Paralaje se contraponen, es decir son de signo contrarios; la Refracción es positiva (+) para distancias Cenitales y negativas (-) para las alturas. El Paralaje es negativa (-) para distancias Cenitales y positivas (+) para las alturas.

Nota: La Refracción Atmosférica se aplica para todos los astros y el Paralaje no existe para las estrellas, dado que este astro se presenta como un punto luminoso en la bóveda celeste, por lo que la corrección será igual a cero.

$$Z_c = Z' + R - P$$

$$A_c = A' - R + P$$

$Z_c$ : Distancia Cenital corregida.

$A_c$ : Altura corregida.

$P$  : Corrección por Paralaje.

$R$  : Corrección por Refracción.

## CALCULO DEL AZIMUT.

Serie No. 1	Serie No. 2	Serie No. 3
Z1 = 56°58'45"	Z2 = 56°52'00"	Z3 = 58°24'35"
	R = rBT	
r = 0.0259004	r = 0.0314819	r = 0.02737259
B = 1.0005748	B = 1.0005748	B = 1.0005748
T = 0.9157509	T = 0.9157509	T = 0.9157509
R = 0°01'25.44"	R = 0°01'43.85"	R = 0°01'30.29"
P = 0°00'07.38"	P = 8.8" Sen Z	P = 0°00'07.50"
	P = 0°00'07.76"	

Z1 = 56°58'45"	Z2 = 57°45'45"	Z3 = 58°24'35"
R(+) = 0°01'25.44"	R(+) = 0°01'28.05"	R(+) = 0°01'30.29"
<u>P(-) = 0°00'07.38"</u>	<u>P(-) = 0°00'07.44"</u>	<u>P(-) = 0°00'07.50"</u>
Zc1 = 57°00'03.06"	Zc2 = 57°47'05.61"	Zc3 = 58°25'57.79"

Cálculo de la Declinación.      Cálculo de la Declinación.

H de observ = 16h23m44s      H de observ = 16h27m19s

Intervalo = 16h23m44s      Intervalo = 16h27m19s

Intervalo = 16h30m20.50s

$$Vh\delta = 54.81''$$

$$c = Vh\delta * Intervalo$$

$$c Vh\delta = 0^{\circ}14'58.64''$$

$$c Vh\delta = 0^{\circ}15'01.84''$$

$$c Vh\delta = 0^{\circ}15'01.84''$$

$$\delta = -10^{\circ}09'33''$$

$$\delta = -10^{\circ}09'33''$$

$$\delta = -10^{\circ}09'33''$$

$$c Vh\delta = -0^{\circ}14'58.64''$$

$$c Vh\delta = -0^{\circ}15'19.20''$$

$$c Vh\delta = -0^{\circ}15'19.20''$$

$$\delta c = -09^{\circ}54'34.36''$$

$$\delta c = -09^{\circ}54'31.16''$$

$$\delta c = -09^{\circ}54'31.16''$$

Latitud de lugar ( $\varphi$ ) = 17°55'54"

La formula para el cálculo del azimut es la siguiente:

$$\text{Cos Az} = (\text{Sen } \delta - \text{Sen } \phi \text{ Cos } Z) / \text{Cos } \phi \text{ sen } Z$$

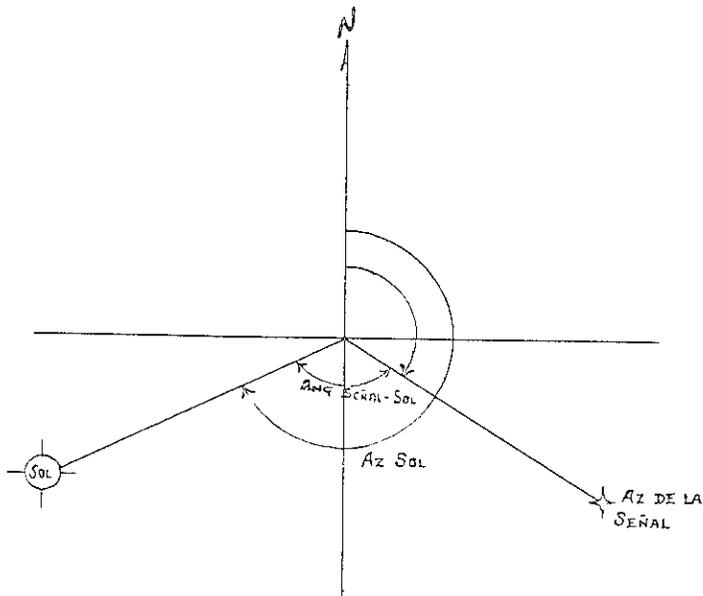
Az = 115°12'08.05"	Az = 114°41'16.47"	Az = 114°16'22.67"
-360°00'00.00"	-360°00'00.00"	-360°00'00.00"
Az. Del sol = 244°47'51.95"	245°18'43.53"	245°43'37.33"
Ang. Señal-sol = 122°13'25.00"	122°44'35.00"	123°09'30.00"
Az. De la señal = 122°34'26.95"	122°34'08.53"	122°34'07.33"

Promedio del azimut de la línea

$$122^{\circ}34'14.27''$$

corrección del aparato 15.00"

$$\text{Azimut} = 122^{\circ}34'29.27''$$



# CAPITULO

## IV

### METODOLOGIA EMPLEADA PARA EL CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL.

Los levantamientos de control determinan con precisión las posiciones horizontales y verticales de los señalamientos de referencia. Estos sirven como base para dar origen, o como comprobación de levantamientos subordinados en el caso de levantamientos cartográficos ( de orografía e hidrografía); en la delimitación de predio (deslindes) y en la planeación y proyección de vías terrestres y construcciones diversas, teniendo en cuenta el caso específico del *muelle de recibo y manejo de carbón, en Petacalco, Gro.* Donde por las características y estudios fisiográficos del sitio, la geología regional, así como también la intensa actividad volcánica del pacífico occidental y la propuesta del sistema de cimentación, se llegó a la necesidad de hacer una revisión superficial detallada del estado que guarda la estructura del muelle, ya que para cualquier análisis o estudio, se debe establecer un sistema local de coordenadas bajo un estricto control topográfico, mismo que servirá de apoyo para cualquier tipo de trabajo dentro de la obra.

La aplicación de métodos empleados para obtener el sistema local de coordenadas superficiales (x,y), esta en función de la morfología que presente la zona, por lo que se deberá tener presente que cada uno de los proyectos que se realicen, se tendrá características diferentes.

Por lo que los métodos e instrumentos a emplear varían con respecto a las condiciones y características que se tengan en cada obra.

Los sistemas locales de coordenadas estarán orientados astronómicamente, sirviendo de apoyo para *el control horizontal y vertical*, así como también para la *batimetría*.

## VI.1. CONCEPTOS DE CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL.

Existen dos tipos de levantamientos de control: *horizontal y vertical*. *El control horizontal*, en el cual las posiciones planimétricas de los puntos específicos de control se localizan por medio de trilateración, triangulación, intersección, resección o poligonación y *el control vertical*, en el cual se establecen elevaciones en bancos de nivel específicos, localizados por toda el área por levantarse. Este par de controles proporciona el esqueleto del levantamiento, el cual se "viste" después con los detalles, es decir, la localización de objetos tales como caminos, casas, árboles, puntos del terreno con elevaciones conocidas y curvas de nivel.

En levantamientos de gran extensión, se distribuyen relativamente pocas estaciones en el terreno y se conectan con mediciones más precisas, constituyendo así *el control primario*; dentro de este sistema se localizan con mediciones menos precisas otras estaciones del control, las cuales constituyen *el control secundario*. En áreas pequeñas sólo se necesita un sistema de control, que corresponde en precisión al control secundario de grandes áreas.

**CONTROL HORIZONTAL.** Este control establece coordenadas geográficas de las estaciones. A partir de esos valores pueden calcularse coordenadas rectangulares planas, generalmente en un plano estatal o en sistema coordenado Universal Transversal Mercator (UTM). En levantamientos de control sobre áreas pequeñas, como es el caso del *muelle de recibo y manejo de carbón, en petacalco, Gro.* Las coordenadas rectangulares planas pueden determinarse directamente sin determinar latitud y longitud o ligarse a un punto de control existente cerca del área.

La clase del terreno, los requisitos del proyecto, el equipo disponible y las consideraciones económicas, determinan normalmente el método por el cual se le dará la posición (X,Y).

**CONTROL VERTICAL.** Este control nos permite, determinar las elevaciones en una red de señalamientos llamados bancos de nivel o las diferencias de alturas entre puntos del terreno. Para tener puntos de referencia o de control se establece un punto de partida, conocido como Banco de Nivel (B.N.), cota que se determina con respecto a otros puntos conocidos o que se le asigna una cota cualquiera, además nos servirá como referencia durante los trabajos subsecuentes del proyecto.

## VI.2. NORMAS PARA EL CONTROL.

La precisión necesaria en el caso de un *levantamiento de control horizontal y vertical* depende principalmente de su objetivo. Algunos factores principales que afectan la precisión son el tipo y condiciones del equipo utilizado, procedimientos de campo adoptados y la experiencia y aptitud del personal. Para guiar los trabajos topográficos, el Comité Federal de Control Geodésico (FGCC), ha elaborado y publicado una clasificación detallada de normas de precisión y especificaciones. Su utilidad es doble;

1.- Proporciona un conjunto de normas o estándares que especifican las precisiones mínimas aceptables en levantamientos de control para diversos fines.

2.- Se fijan especificaciones para instrumentos, procedimientos de campo y comprobaciones de cierre para lograr el nivel de exactitud pretendido.

Las normas y especificaciones creadas por el FGCC, fijan los siguientes *tres ordenes de precisión*, expresados en magnitudes descendentes: *primer orden, segundo orden y tercer orden*.

El éxito final de cualquier proyecto de ingeniería o cartográfico depende del control apropiado de los levantamientos. Entre mayor sea el orden de precisión exigido, será mayor el tiempo y costo. Por ello es importante seleccionar el orden correcto de precisión para un proyecto dado, así como seguir cuidadosamente las especificaciones. Nótese que, independientemente de la precisión con que se conduzca un levantamiento de control, aún se tendrán errores en las posiciones calculadas de las estaciones; sin embargo, un mayor orden de precisión presupone errores menores.

A continuación se observan las normas y especificaciones, para levantamientos de control horizontal y vertical. Ver tabla VI.2.a.

**NORMAS DE PRECISION PARA LEVANTAMIENTOS DE CONTROL HORIZONTAL.**

M	W	K	FORMULA PRACTICA	ORDEN	P=D PARA 1Km	P=D PARA 1Km
0.25	0.01	0.001	$T=(P(0.000000011P+0.00002)+0.0001D)^{1/2}$	precisa	2.2	0.28
0.50	0.02	0.003	$T=(P(0.000000011P+0.00002)+0.0001D)^{1/2}$	primer	5.3	0.65
1.00	0.03	0.005	$T=(P(0.000000011P+0.00002)+0.0001D)^{1/2}$	segundo	9.5	1.10
1.50	0.05	0.001	$T=(P(0.000000011P+0.00002)+0.0001D)^{1/2}$	tercer	16.8	1.98

Tabla VI.2.a

T = Tolerancia o error máximo admisible en el cierre de una poligonal.

P = Desarrollo de una poligonal en metros.

D = Distancia entre los puntos inicial y final de la poligonal.

M = Error medio del ángulo observado.

W = Error medio de una puesta de cinta

Simplificando las formulas anteriores podemos escribir.

Ver tabla VI.2.b.

ORDEN	POLIGONAL CERRADA	POLIGONAL ABIERTA	CERRADA PARA 20Km	ABIERTA PARA 20Km	CERRADA PARA 50Km	ABIERTA PARA 50Km
PRECISA	0.00011P	0.00021P	2.2	4.2	5.5	10.5
PRIMER	0.00021P	0.00051P	4.2	10.2	10.5	25.5
SEGUNDO	0.00042P	0.00092P	8.4	18.4	21.0	46.0
TERCER	0.00064P	0.00164P	12.8	32.8	32.0	82.0

Tabla IV.2.b.

**NORMAS DE PRECISION PARA LEVANTAMIENTOS DE  
CONTROL VERTICAL.**

ORDEN Y CLASE	PRECISIÓN RELATIVA NECESARIA ENTRE BANCOS DE NIVEL CONECTADOS DIRECTAMENTE.
<b>PRIMER ORDEN</b>	
CLASE I	$0.50\text{mm} \times (K)^{1/2}$
CLASE II	$0.70\text{mm} \times (K)^{1/2}$
<b>SEGUNDO ORDEN</b>	
CLASE I	$1.0\text{mm} \times (K)^{1/2}$
CLASE II	$1.3\text{mm} \times (K)^{1/2}$
<b>TERCER ORDEN</b>	$2.0\text{mm} \times (K)^{1/2}$

Tabla VI.2.c

Donde:

K = Es la distancia entre banco de nivel en Kilómetros.

La Nivelación se puede llevar a cabo de la siguiente forma: Ver tabla VI.2.c.

a) Repitiendo la nivelación en sentido contrario, ya sea siguiendo la misma ruta u otra distinta. Este procedimiento tiene la ventaja de que al repetir la nivelacion en dirección contraria, se pueden eliminar ciertos errores acumulables.

b) Por medio de dos nivelaciones realizadas en el mismo sentido pero con distintos puntos de liga. Este procedimiento se emplea para corroborar la nivelacion realizada, teniendo la misma altura del instrumento pero diferentes lecturas en el estadal.

### IV.3. CONTROL TOPOGRÁFICO.

Para lograr los máximos beneficios de los levantamientos de control, todas las estaciones y bancos de nivel se ubicaran en puntos favorables para su empleo subsiguiente, y se proporcionan las descripciones adecuadas. Deben estar perfectamente señalados para asegurar su fácil identificación por usuarios futuros. El Control Topográfico que se emplea tiene una jerarquización, desde el orden superior hasta el inferior, y se presenta de la siguiente manera:

*Control primario.* Consiste principalmente en arcos de triangulación que van de este a oeste, espaciados aproximadamente a 100Km y atravesados por arcos que van de norte a sur y que tienen un espaciamiento similar. Además de la triangulación, se emplea también la poligonación y la trilateración, además se ha usado recientemente los métodos de satélite para determinar las coordenadas geográficas de la estación. El control primario se fija usando métodos de primer orden.

*Control secundario.* Densifica la red dentro de áreas circundadas por el control primario, especialmente en regiones con terrenos de alto precio o valor. Los levantamientos de control secundario se llevan a cabo normas de segundo orden, clase I.

*Control complementario.* Sirven en general para densificar el control entre la red primaria en regiones ligeramente desarrolladas. Se lleva a cabo también a lo largo de las líneas litorales o de costas y en trabajos extensos de cartografía o proyectos de construcción.

Los levantamientos de control complementarios se originan en estaciones de la red primaria y ocasionalmente en las redes secundarias y se efectúan según las normas de segundo orden, clase II.

*Control local.* Proporciona puntos de referencia para proyectos de construcción locales y cartografía orótopográfica a pequeña escala. Estos levantamientos se refieren a señalamientos de control geodésicos de orden superior y dependiendo de los requisitos de precisión, puede ser de tercer orden, clase I o bien, de tercer orden clase II.

*Armazón básico.* Es una red de bancos de nivel de alcance nacional, distribuida uniformemente, las elevaciones de los bancos se determinan con él mas alto orden de precisión. Consta de las redes A y B. En la red A, las líneas de nivel inmediato, tiene un espaciamiento medio de 100Km a 300Km, y se utilizan las normas de primer orden, clase I; en la red B la separación media es de aproximadamente 50Km a 100Km y se emplean normas de segundo orden, clase II. Los bancos de nivel están colocados intermitentemente a lo largo de las líneas de nivel en localidades convenientes.

*Red secundaria.* Densifica la armazón básica, en especial en áreas metropolitanas y para grandes obras de ingeniería. Se fija con las normas de segundo orden, clase I.

*Control de área general.* Control vertical para trabajos locales de ingeniería, topografía y cartografía. Se fija con las normas de segundo orden, clase II.

*Control local.* Sirve como referencia vertical para proyectos de ingeniería menores y cartografía orótopográfica a pequeña escala. Los bancos de nivel en esta categoría satisfacen las normas de tercer orden.

### IV.3.1. CONTROL HORIZONTAL.

El control horizontal puede establecerse por medio de triangulación, trilateración, poligonación, métodos aéreo fotogramétricos y con el Sistema Global de Posicionamiento (GPS).

La triangulación como lo indica su nombre, utiliza figuras geométricas formadas por triángulos. Se miden los ángulos horizontales y un número limitado de lados llamados *líneas bases*. Utilizando los ángulos y las longitudes de la *línea base*, los triángulos se resuelven trigonométricamente y se determina la ubicación de las estaciones. Ver figura IV. 3. 1.

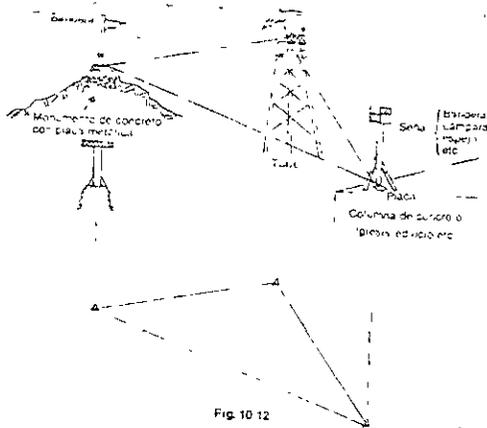


Figura IV. 3. 1.

Para la extensión del control por triangulación se han empleado diferentes figuras geométricas, pero las cadenas de cuadriláteros, llamadas arcos, son las más comunes.

estas figuras geométricas son las más simples que permiten comprobación rigurosa de cierre y ajustes de los errores de observación en campo y permiten calcular las posiciones de puntos por dos vías independientes en el caso de comprobaciones de cálculo. Las observaciones astronómicas también se utilizan a intervalos a lo largo de extensos arcos para comprobar y complementar las mediciones de ángulos y de líneas bases y como ayuda para conservar la orientación acimutal verdadera.

Estos métodos se emplean en levantamientos topográficos relativamente grandes, pero también en áreas de menor extensión cuando las condiciones del campo son apropiadas como puede ser las regiones de lomerío suave o regiones urbanas y montañosas.

*La trilateración* Este es un método para levantamientos de control horizontal basado exclusivamente en la medición de distancias horizontales (y no de ángulos) y su empleo se ha extendido debido al distanciometro electrónico. Tanto la triangulación como la poligonación exigen la medición de ángulos horizontales; de manera que los levantamientos de trilateración con frecuencia se pueden llevar a cabo más rápidamente y con iguales figuras geométricas utilizadas en la trilateración, aunque no están estandarizadas, son similares a las empleadas en la triangulación. Las estaciones deben ser visibles entre sí y por consiguiente, estar ubicadas en los puntos más altos. La consistencia geométrica de las figuras en la trilateración está menos cuantificada que en el caso de la triangulación; Ver figura IV. 3. 2.

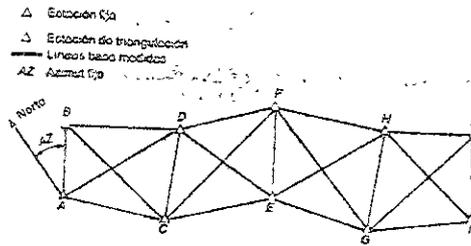


Figura IV. 3. 2.

Sin embargo, las figuras delgadas son menos "rígidas" en dirección transversal a su mayor dimensión. Por lo tanto, las redes que cubren áreas básicamente cuadradas dan mejores resultados, puesto que proporcionan una precisión uniforme total más confiable.

Los cálculos de trilateración consisten en reducir a horizontales las distancias inclinadas medidas, luego al elipsoide y por último a sus longitudes en cuadrícula, si los cálculos se realizan en sistemas cartográficos de coordenadas ortogonales planas.

*Poligonación*, el empleo de la poligonación precisa es común en levantamientos locales para extensión del *control horizontal* especialmente en trabajos de magnitud limitada. El procedimiento de campo consta de dos partes básicas: *medición de ángulos horizontales* en las estaciones de la poligonal, y *medición de las distancias* entre dichas estaciones.

Los ángulos pueden medirse mediante el método de repeticiones o direcciones, y las distancias pueden medirse con equipo electrónico o con cinta de acero. Sin embargo, los instrumentos de estación total son muy apropiados por que con ellos se pueden medir ángulos y distancias desde un solo emplazamiento.

La determinación del control horizontal con *métodos aéreos y fotogramétricos* es factible y particularmente aplicable a planimetría a escala pequeña de áreas grandes. Nótese que este procedimiento requiere un marco básico de puntos de control horizontal, establecido por métodos tradicionales, trilateración y/o triangulación o bien por el sistema de posicionamiento global. Ver figura IV. 3.4.



Figura IV.3.4  
FOTOMOZAICO

*El sistema de posicionamiento global (GPS)* Este posicionamiento por satélite que utiliza el sistema transit logra un objetivo fundamental con una exactitud uniforme en todos los puntos de la superficie terrestre. Ver figura IV.3.5.

La ciencia de la Geodesia es básica para el sistema transit, en tanto que por otra parte, el sistema transit ha llegado a ser una herramienta fundamental en la Geodesia. Esto es evidente si observamos algunos postulados sobre el propósito de la Geodesia:

1) Establecimiento y mantenimiento de controles geodésicos tridimensionales de alcance nacional y global, sobre tierra firme.

2) Medición y representación de fenómenos geodinámicos (movimiento polar, mareas terrestres y movimientos de la corteza).

3) Determinación del campo de gravedad de la tierra incluyendo variaciones temporales.

Por lo tanto, es esencial que los usuarios de los equipos de posicionamiento por satélites tengan un conocimiento general sobre Geodesia.

El sistema tiene su origen al centro de la tierra con los ejes X e Y en el plano del ecuador. El eje X pasa a través del meridiano de Greenwich, y el eje Z coincide con el eje de rotación de la tierra. Los tres ejes son ortogonales entre sí y forman un sistema que se puede designar como "la regla de la mano derecha".

### IV.3.2.CONTROL VERTICAL.

El objetivo del *control vertical* es el establecimiento de redes de control a lo largo de la zona de interés, estableciendo bancos de nivel, los cuales se deberán vincular preferentemente a la red nacional de primer orden; sin embargo, si los bancos de nivel de la red se encuentran muy lejos o resultan de dudosa calidad, la red de nivelación local se puede establecerse con un control independiente, con alturas referidas a una superficie horizontal elegida arbitrariamente, la cual para nuestro trabajo se tomo un banco de nivel que se nos hizo entrega por medio del personal de MEXCARBON S.A. de C.V., el cual posteriormente se trasladó al banco de nivel profundo.

Generalmente el problema consiste en determinar la cota de un punto con respecto a otro, para esto se le asigna al punto inicial una cota arbitraria suficientemente grande o conocida como es nuestro caso, para que los puntos de liga y los puntos de control tengan una cota cuyo valor no resulte negativo.

Las especificaciones para una buena planimetría topográfica deben de ser de primer, segundo o tercer orden, estas pueden ser un poco flexibles, ya que depende de la escala del plano, de las características del terreno por levantarse, de la equidistancia deseada entre las curvas de nivel y del fin último que se le dé al levantamiento.

Para obtener puntos de control es preciso contar con un Banco de Nivel, esto es un punto de elevación, previamente determinada y referida, por lo general a un Datum o al Nivel Medio del Mar y del cual se parte para determinar las elevaciones o cotas de otros puntos.

Los bancos de nivel se fijan en rocas estables, esquinas de edificios, banquetas, etc... esto es recomendable para periodos cortos y no para periodos largo, para periodos largos se construyen generalmente de concreto, como pequeñas mojoneras con una varilla o una saliente que defina al punto como a continuación se observa en la figura IV. 3.2.1., para posteriormente hacer una Nivelación, la cual se realiza haciendo la lectura al estadal colocado atrás y adelante del aparato, tantas veces como sea necesario, estableciendo puntos intermedios llamados Puntos de Liga(PL).

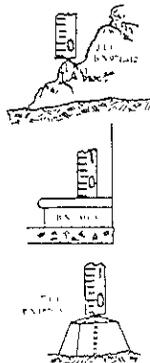
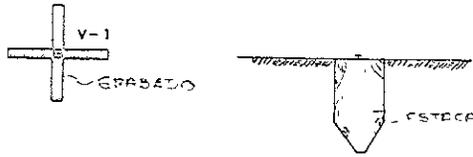


Figura IV. 3.2.1

Los puntos de liga, deben ser objetos definidos y se establecen empleando objetos naturales o artificiales como rocas, troncos de árbol, estacas con clavos, marcas pintadas o labradas con cincel, como se ve a continuación:



En la Nivelación se requiere de una serie de cambios de instrumento a lo largo de la ruta de nivelación y para cada cambio de instrumento, se obtendrá una lectura atrás en el estadal colocado sobre un punto de elevación conocido y otra lectura adelante al punto de elevación desconocido, como en la figura IV 3.2.2.

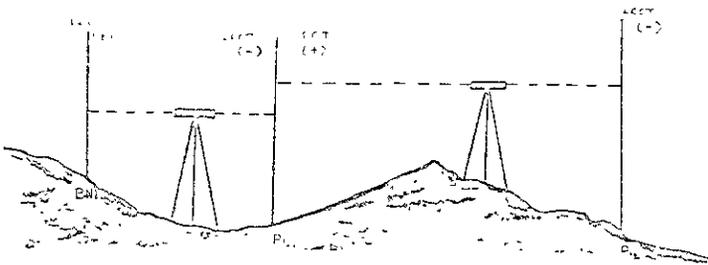


Figura 3.2.2

#### IV.4.LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Los levantamientos planimétricos y altimétricos, se realizan para obtener los detalles del predio y morfología de la zona, estableciendo puntos de control para determinar el desplazamiento horizontal y vertical a corto, mediano y largo plazo.

El levantamiento topográfico se realizará de acuerdo a las condiciones del terreno y las necesidades del proyecto, para esto se trazará una poligonal cerrada la cual nos servirá para el control horizontal y ubicación de puntos sobre la cubierta del muelle.

Para tener completo un *levantamiento de control* es necesario llevar acabo un control vertical, que se llevara a cabo mediante una nivelación diferencial la cual tiene por objetivo conocer los valores altimétricos de cada punto de control, así como también bancos de nivel auxiliar dentro de la zona.

Debemos recordar que tanto los datos planimétricos como altimétricos son de suma importancia para poder llevar un registro numérico, confiable y seguro.

De acuerdo a la clase del terreno y los requisitos del proyecto, así como también el equipo disponible y las condiciones económicas nos determinan normalmente el tipo de método a seleccionar.

#### IV.4.1.LEVANTAMIENTO HORIZONTAL.

El levantamiento horizontal, debe abarcar el área que nos interesa instrumentar, ya que es de suma importancia que los datos obtenidos de cada punto de control sobre la cubierta del muelle, nos muestre en graficas los desplazamientos a corto y/o largo plazo.

Esto se realiza por medio de una poligonal cerrada auxiliándose posteriormente de una poligonal abierta. Para determinar los ángulos correspondientes a cada estación, se llevo a cabo el método de ángulos interiores o exteriores, según sea el caso del cadenamamiento a seguir, el cual consiste en medir varias veces el mismo ángulo acumulado.

Cuando las mediciones se hacen por el método de los ángulos interiores, es conveniente hacer el cadenamamiento de la poligonal en sentido contrario a las manecillas del reloj; no así, en los ángulos exteriores, los cuales se determinan en el sentido de las manecillas del reloj.

En cualquiera de los procedimientos expuestos, es necesario conocer un rumbo o acimut de partida, para posteriormente calcular y propagar las coordenadas de los vértices de la poligonal de así manera para cada punto ubicado sobre la cubierta del muelle.

Para este caso, por facilidad se ubico un vértice en cada extremo del muelle, habiendo una separación entre ellos de 405.865m y separación de 1.035m de la orilla del muelle al vértice, el tercer vértice fue ubicado a 45m atrás del muelle y aproximadamente en medio de los dos vértices.

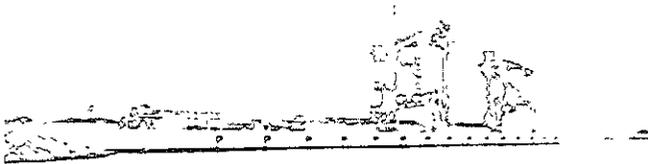


Figura IV 4.2. Fotografía tomada del muelle de recibo y manejo de carbón para el señalamiento de los vértices en los Extremos del muelle.

Para determinar los ángulos horizontales de cada vértice se realizaron en cada estación los siguientes pasos:

- 1) Centrado y nivelado el aparato en el vértice (v-2). Se hace puntería en el vértice (v-1) y se fija el movimiento horizontal.

- 2) Teniendo en la mira el vértice (v-1) se pone en cero el ángulo horizontal, es decir,  $00^{\circ}00'00''$ .

- 3) Se suelta el tornillo sujetador del movimiento direccional y se visa el vértice (v-3) y se toma la lectura del ángulo horizontal.

- 4) Enseguida se da vuelta de campana y se da un giro azimutal de  $180^{\circ}$ , visualizando nuevamente el vértice (v-3), anotando la lectura del ángulo horizontal.

- 5) Visando el vértice (v-3), se suelta el movimiento direccional y se visa el vértice (v-1) y se toma la lectura del ángulo horizontal.

6) Este mismo procedimiento se repite tantas veces se considere necesario.

7) Las mediciones de las distancias horizontales se realizan en el cambio de cada estación.

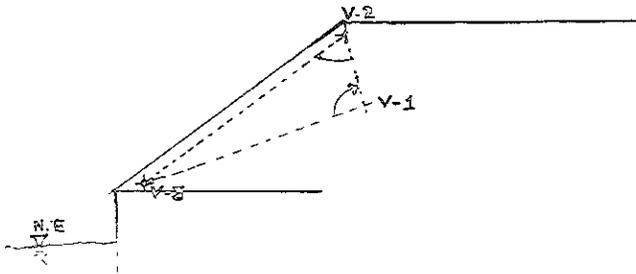


Figura IV 4.3

Sobre la cubierta del muelle están situados los vértices v-2, v-3 los cuales nos forman una línea base, ver la figura IV. 4.3, la cual nos sirvió para utilizar el método de la cuadrícula este método se adaptó a nuestras necesidades, ya que se ubicaron 75 puntos de control (X,Y,Z) dentro de la cubierta del muelle con el objeto de observar los movimientos de la misma a largo plazo, los puntos se localizan en planta empleando el teodolito y mediciones con cinta.

La plataforma del muelle consta de una superficie de 405.865 x 27 m, la cual se dividió en partes iguales para la ubicación de cada punto de control, el terreno se dividió en rectángulos en cuyos vértices se taladra para posteriormente meter un cilindro de cobre de un diámetro de 1/2 pulgada la cual se fija con resina poxica de manera que el cilindro de cobre quede al centro y a nivel de piso, para este caso los rectángulos que se formaron midieron 35 x 4.5m. Ver figura IV. 4.4.

que el cilindro de cobre quede al centro y a nivel de piso, para este caso los rectángulos que se formaron midieron 35 x 4.5m. Ver figura IV. 4.4.

El procedimiento usual consiste, primero en trazar una poligonal o una línea, para nuestro caso tenemos la línea imaginaria hecha por los vértices v-2, v-3 ( línea base) la cual se dividió en estaciones a cada 35m, a continuación se centra y nivela el teodolito en cada estación de la línea base v-2,v-3 y se taladra a separaciones de 4.50m perpendicular a la línea base, con este procedimiento se va trabajando en cada una de las estaciones, hasta cubrir toda el área requerida.

Es importante que todos los puntos se denominen con un número y una letra, los cuales designan el renglón y la columna, respectivamente. El método descrito anteriormente proporciona resultados bastantes precisos de la posición horizontal de los puntos.

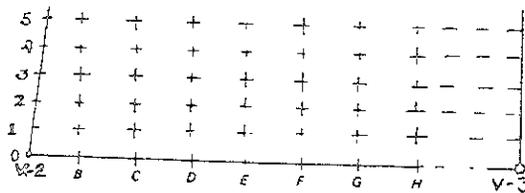


Figura IV. 4.4

A continuación se presenta el registro de campo realizado, en cada vértice del muelle de carbón, en Lázaro Cárdenas Michoacán., obteniendo los siguientes valores (Tabla de ángulos y distancias).

Tabla de ángulos y distancias obtenidas en el levantamiento Horizontal del muelle de recibo y manejo de carbón en Lázaro Cárdenas, Michoacán.

TABLA DE ANGULOS			
EST	PV	ANGULO. 1	ANGULO. 2
V-1	V-3	00°00'00"	00°00'00"
	V-2	134°57'05"	134°57'04.30"
	V-2	314°57'05"	314°57'04.30"
	V-3	134°57'04.30"	134°57'05"

TABLA DE ANGULOS			
EST	PV	ANGULO. 1	ANGULO. 2
V-2	V-1	00°00'00"	00°00'00"
	V-3	23°48'29"	23°48'28.30"
	V-3	203°48'29"	203°48'28.30"
	V-1	23°48'28"	23°48'29"

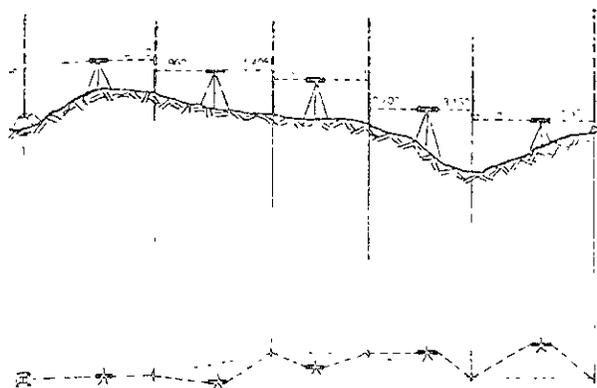
TABLA DE ANGULOS			
EST	PV	ANGULO. 1	ANGULO. 2
V-3	V-2	00°00'00"	00°00'00"
	V-1	21°14'26.30"	21°14'27.30"
	V-1	201°14'26.30"	201°14'27.30"
	V-3	21°14'27"	21°14'27"

TABLA DE DISTANCIAS			
EST	PV	DIST. 1	DIST. 2
V-1	V-2	207.770	207.769
V-2	V-3	405.865	405.868
V-3	V-1	231.503	231.500

#### IV.4.2.LEVANTAMIENTO VERTICAL.

Una vez que se han fijado los puntos de control horizontal y marcado las estaciones, nos abocaremos a establecer *el control vertical* para el cual se realiza una nivelación, la cual tiene por objeto determinar la elevación de cada punto de control horizontal, así como también los vértices de la poligonal.

Este levantamiento se ejecuta generalmente por una *nivelación diferencial directa*, este procedimiento, como su nombre lo indica, nos proporciona el desnivel entres dos o más puntos por medio de la diferencia entre lecturas hechas sobre los estadales (atrás y adelante), vistos a través de un nivel fijo, como a continuación se observa:



Esto produce un grado de precisión aceptable, para tener la seguridad de la lectura en cada punto de control se tomo la decisión de efectuar la nivelación con lectura de los tres hilos,

este procedimiento consiste en registrar las lecturas del hilo superior, el intermedio y el inferior para cada visual adelante para este caso, y para cada cambio de aparato (PL) se hará por doble altura.

La ventaja que se obtiene al emplear la lectura de los tres hilos es la realización de las lecturas reticulares superior y media, y la comprobación con la diferencia entre las lecturas media e inferior, la cual no debe exceder de  $\pm 0.002$ . Ver figura IV. 4.2.1.

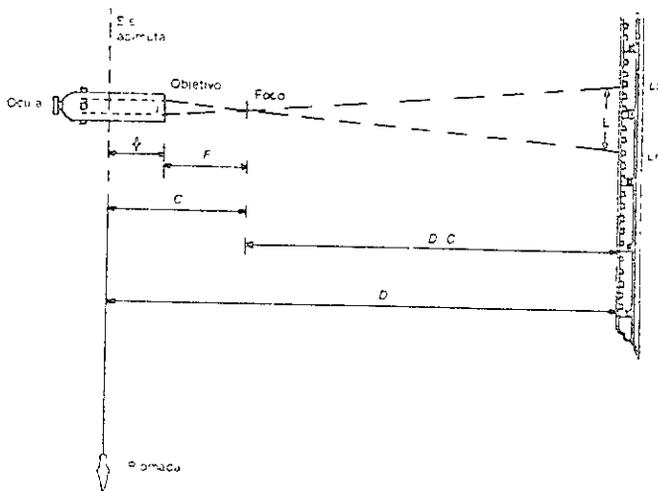


Figura IV. 4.2.1

La ventaja al emplear la doble altura de aparato para obtener los desniveles, es la realización de dos nivelaciones en igual dirección con los mismos puntos de liga, pero con diferente altura de instrumento; es decir, lo único que cambia es la altura de la línea de colimación, teniendo dos lecturas diferentes en el estadal y verificando la nivelación mediante la cota de los puntos de liga o banco de nivel.

es aconsejable diseñar redes grandes de nivelación de manera que puedan interconectarse circuitos más pequeños para proporcionar comprobaciones y aislar errores mayores.

El procedimiento de campo consiste primero que nada en ubicar el Banco de Nivel, que en nuestro caso se nos hizo entrega por parte del personal encargado, teniendo la cota: + 5.500.

Para nuestro proyecto se tuvo que ubicar un Banco de Nivel Profundo, el cual es el vértice v-1 y se tuvo la necesidad de correr la cota del Banco de nivel al Banco de Nivel Profundo, a continuación se expone lo que es un Banco de nivel profundo: Ver figura IV. 4.2.2.

a) El objetivo del banco es tener un punto fijo que no sufra los asentamientos regionales que pudieran estar ocurriendo en la superficie del terreno y para ello sirva de referencia confiable para la medición de hundimientos o desplazamientos (control vertical), que tengan lugar durante la construcción y la vida útil de cualquier obra civil.

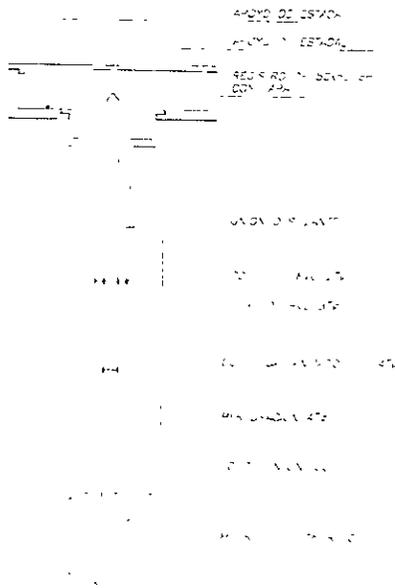
b) El criterio de localización es que deberá localizarse lejos de cimentaciones profundas que se apoyen en el mismo estrato donde se instale el banco; la profundidad de la referencia se determinará de la estratigrafía del sitio.

c) El procedimiento de instalación consta de que una vez seleccionado el sitio y la profundidad para la instalación del banco, se procede de la siguiente manera:

1-Se hace un barrenos de "4 1/2" pulgada de diámetro hasta penetrar en el estrato firme aproximadamente 0.30m, estabilizando la excavación con lodo bentonítico.

2-Se introduce simultáneamente el conjunto de tubo central con un cilindro de apoyo y ademe protector, bajando estos dos últimos firmemente apoyados para evitar que penetre material sólido dentro del ademe.

3-Una vez que se ha llegado al fondo y apoyando el cilindro de concreto, se levanta el ademe 1.20m por arriba del fondo y se queda sepultado el tubo de 3 pulgadas de diámetro, mientras que en la parte superior termina en forma de punta, en el que se apoyara el estadal.



BANCO DE NIVEL PROFUNDO

Figura IV. 4.2.2

A continuación expondremos el procedimiento de campo para correr una cota conocida B.N. a la cota por conocer B.N.P.:

a) El nivel se centra y se nivela en un lugar conveniente (a), a lo largo de la ruta pero no necesariamente en línea directa que une al banco B.N. y el B.N.P. el nivelador hace la lectura atrás en el primer estadal colocado en el B.N., anotando la lectura en el registro de campo, luego dirige la visual al estadalero de adelante, que marcara un punto de liga PL-1, de acuerdo a las indicaciones del nivelador y se anote en el registro de campo.

b) Enseguida se cambia la altura del nivel para posteriormente tomar la nuevamente la lectura del B.N. anotando la lectura en el registro de campo, posteriormente dirigiendo la visual al estadal de adelante para hacer la lectura y registrarla, teniendo dos lecturas diferentes, pero al hacer la operación se tendrán las cotas del PL-1 las cuales no deberán tener una diferencia no mayor a  $\pm 0.002$  .

c) En otro punto arbitrario (b) se toma la lectura atrás en el estadal colocado en el Punto de Liga PL-1, para después establecer un segundo Punto de Liga PL-2 y hacer la lectura adelante, este mismo procedimiento se repite hasta llegar al Banco de Nivel Profundo B.N.P.

A continuación se presenta el registro de campo obtenido al correr la nivelación del Banco de Nivel al Banco de Nivel Profundo, realizados en el muelle de recibo y manejo de carbón en Lázaro Cárdenas Michoacán.

LUGAR: Muelle de Recibo en  
Lázaro Cárdenas, Michoacán

LEVANTO: Fredy Díaz García  
CALCULO: Fredy Díaz García  
FECHA : 17/FEBRERO/01

NIVELACIÓN DIFERENCIAL  
POR DOBLE ALTURA DE APARATO

REGISTRO DE CAMPO

A

EST.	LECT (+)	ALT. DE APAR.	LECT (-)	COTA
B.N	0.060	5.560	-	5.500
PL-1	1.151	5.459	1.252	4.308
PL-2	1.494	5.545	1.408	4.051
B.N.P			1.560	3.985

LUGAR: Muelle de Recibo en  
Lázaro Cárdenas, Michoacán

LEVANTO: Fredy Díaz García  
CALCULO: Fredy Díaz García  
FECHA : 17/FEBRERO/01

NIVELACIÓN DIFERENCIAL  
POR DOBLE ALTURA DE APARATO

REGISTRO DE CAMPO

B

EST.	LECT (+)	ALT. DE APAR.	LECT (-)	COTA
B.N	0.015	5.515		5.500
PL-1	1.165	5.475	1.206	4.309
PL-2	1.408	5.519	1.423	4.051
B.N.P			1.534	3.985

Después de haber corrido la nivelación al Banco de Nivel Profundo se hace un circuito de nivelación, que en nuestro caso por facilidad utilizaremos los vértices de nuestra poligonal v-2,v-3, ya que nos servirán de apoyo para el control vertical y posteriormente para la batimetría.

El trabajo hecho en campo para este circuito de nivelación es el descrito anteriormente, a continuación se presenta el registro de campo obtenido al hacer el circuito de nivelación, realizado en Lázaro Cárdenas Michoacán.

LUGAR: Muelle de Recibo en  
Lázaro Cárdenas, Michoacán

LEVANTO: Fredy Díaz García  
CALCULO: Fredy Díaz García  
FECHA : 17/FEBRERO/01

**NIVELACIÓN DIFERENCIAL  
POR DOBLE ALTURA DE APARATO**

**REGISTRO DE CAMPO**

A

EST.	LECT (+)	ALT. DE APAR.	LECT (-)	COTA
ENP	1 782	5 767		3 985
PI-1	1 301	5 679	1 389	4 378
PI-2	1 507	5 823	1 303	4 316
PI-3	1 487	5 799	1 511	4 312
PI-4	1 529	5 832	1 496	4 303
V 2			1 486	4 352

LUGAR: Muelle de Recibo en  
Lázaro Cárdenas, Michoacán

LEVANTO: Fredy Díaz García  
CALCULO: Fredy Díaz García  
FECHA : 17/FEBRERO/01

**NIVELACIÓN DIFERENCIAL  
POR DOBLE ALTURA DE APARATO**

**REGISTRO DE CAMPO  
B**

EST.	LECT (+)	ALT. DE APAR.	LECT (-)	COTA
B.N.P	1.729	5.714		3.985
PL-1	1.237	5.615	1.337	4.337
PL-2	1.421	5.737	1.300	4.315
PL-3	1.425	5.735	1.425	4.312
PL-4	1.507	5.810	1.433	4.304
V-2			1.458	4.352

LUGAR: Muelle de Recibo en  
Lázaro Cárdenas, Michoacán

LEVANTO: Fredy Díaz García  
CALCULO: Fredy Díaz García  
FECHA : 17/FEBRERO/01

**NIVELACIÓN DIFERENCIAL  
POR DOBLE ALTURA DE APARATO**

**REGISTRO DE CAMPO  
A**

EST.	LECT (+)	ALT. DE APAR.	LECT (-)	COTA
V-2	1.470	5.781		4.352
PL-5	1.603	5.915	1.471	4.312
PL-6	1.523	5.813	1.625	4.290
PL-7	1.577	5.882	1.597	4.306
PL-8	1.621	5.917	1.597	4.310
PL-9	1.568	5.892	1.623	4.324
PL-10	1.635	5.975	1.571	4.310
PL-11	1.400	5.807	1.302	4.311

LUGAR: Muelle de Recibo en  
Lázaro Cárdenas, Michoacán

LEVANTO: Fredy Díaz García  
CALCULO: Fredy Díaz García  
FECHA : 17/FEBRERO/01

NIVELACIÓN DIFERENCIAL  
POR DOBLE ALTURA DE APARATO

REGISTRO DE CAMPO

B

EST.	LECT (+)	ALT. DE APAR.	LECT (-)	COTA
V-2	1.523	5 875		4.352
PL-5	1 570	5 883	1.562	4 313
PL-6	1.622	5 910	1.595	4 288
PL-7	1 667	5 975	1 602	4.308
PL-8	1.601	5.917	1 659	4 316
PL-9	1 702	6 027	1 592	4 325
PL-10	1.578	5 896	1 709	4 318
PL-9	1 662	5.972	1.586	4 310
V-3			1 622	4 350

#### IV.4.2.PROCESAMIENTO DE DATOS.

El objetivo de este capítulo es representar con exactitud, claridad y habilidad en un plano lo obtenido en campo. Por lo general, primero se construye el polígono base que desaparece regularmente del dibujo una vez que ha servido de apoyo para representar, en este caso la ubicación de puntos de control y posteriormente para el trabajo de batimetría.

El método de construcción para la poligonal fue el de *las coordenadas rectangulares*, este método es sin duda el mejor por su exactitud, y su empleo es insustituible en poligonales extensas o ligadas con otras y en triangulaciones.

Las principales ventajas del método son las siguientes:

- 1) la precisión para fijar las posiciones de puntos y líneas,
- 2) en las poligonales cerradas o las que están ligadas a puntos de coordenadas conocidas, se puede conocer el grado de exactitud o su error relativo para su fácil compensación y
- 3) el cálculo de superficie, división de terrenos y otros problemas más se facilitan conociendo las coordenadas de los vértices.

La posición de un punto o la proyección de una línea, se determina por medio de los ejes, uno vertical que es el eje de las ordenadas o el eje de las Y, y el otro es el eje de las abscisas o el eje X. En topografía el eje vertical coincide con un meridiano verdadero cuando la poligonal se ha orientado astronómicamente.

Las proyecciones de los lados de un polígono de calculan:

$y = \text{distancia} * \text{coseno del rumbo.}$

$x = \text{distancia} * \text{seno del rumbo.}$

A partir del meridiano, las abscisas son positivas a la derecha o hacia el E (este) y negativas a la izquierda o al W (oeste); las ordenadas son positivas hacia arriba o al N (norte) y negativas hacia abajo o al S (sur)

Una vez que se ha calculado las proyecciones de un polígono cerrado, la suma aritmética de las norte debe ser igual a las del su, y la suma aritmética de las este debe ser igual a las del oeste, es decir, la suma algebraica de las ordenadas debe ser igual a cero, igualmente la suma algebraica de las abscisas debe ser igual a cero.

A continuación se presenta el cuadro de coordenadas obtenida de la poligonal base:

En el cuadro podemos observar que la diferencia entre las proyecciones Norte y Sur es igual a cero y la diferencia entre las del Este y el Oeste es cero, por lo tanto podemos decir que la distancia entre el punto de partida y el de llegada es el mismo.

En este caso no se tuvieron que corregir las proyecciones, de haber sido necesario antes de corregir las proyecciones, es necesario conocer sí el error relativo esta dentro de la tolerancia. Las tolerancias se formulan de acuerdo a la importancia y valor de los terrenos o de acuerdo con los instrumentos empleados, capacidad y cuidado del Ingeniero Topógrafo y auxiliares, procedimientos empleados, condiciones climatológicas y del terreno, etc.

Después de hacer las operaciones aritméticas necesarias para la obtención de la poligonal base, se tuvo que ligar a un punto con coordenadas referidas al sistema Universal Transversa de Mercator (U.T.M.), el punto ligado fue el vértice dos (V-2), en el cual se centra el aparato y se nivela, a continuaciones se dirige la visual al punto U.T.M. y se mide el ángulo formado entre este y el vértice (V-3), así como también la distancia, posterior mente se calcula utilizando el método de coordenadas rectangulares para después sumar o restar en las proyecciones norte-sur u este-oeste. Realizando la transformación del sistema local al sistema U.T.M. ,se ubican cada uno de los puntos de control ubicado sobre la superficie del muelle para representarlas en un plano.

Este proceso es fácil, ya que con la ayuda del autocad se ingresan los datos y nos dibuja cada punto levantado del área trabajada, teniendo como resultado el siguiente plano:



## CAPITULO

### V

#### BATIMETRIA.

Los levantamientos Batimétricos desde la antigüedad han ayudado a la navegación para dar seguridad. En éste tipo de levantamiento la determinación del relieve submarino, es la operación más importante y difícil.

El objetivo principal de un Levantamiento Batimétrico es obtener información actualizada para la confección de los diferentes tipos de cartas náuticas y publicaciones necesarias para proporcionar una navegación segura. Los datos batimétricos obtenidos también se usan para fines militares, necesidades comerciales e industriales; estudios de erosión y azolve en los proyectos de ingeniería y en otros estudios oceanográficos y de las ciencias de la tierra.

Todas las operaciones como son: el Control Horizontal y el Control Vertical, La medida de la Meridiana Astronómica, y la determinación de las coordenadas geográficas, el levantamiento de detalles y las líneas de costa etc., están relacionados o ligados de tal manera al trabajo final de sondas, que realmente pueden considerarse como operaciones preliminares destinadas a la consecución de este último trabajo.

El sondeo, trabajo eminentemente hidrográfico proporciona al navegante todos los elementos necesarios para garantizar su seguridad en la navegación, en cuanto a peligros submarinos se refiere.

Para tener una cierta plenitud del relieve submarino de una zona, es necesario determinar un elevado número de profundidades, sistemáticamente espaciadas, de cuyos valores podrá deducirse aquél, teniéndose que suponer, que entre cada una de las líneas de sonda efectuadas, la inclinación o pendiente del fondo es uniforme. Es indudable, que después de verificar un sondeo no se puede excluir de una manera absoluta, la existencia de algunos peligros ante la imposibilidad de poder medir la profundidad en cada punto del mar; pero también es cierto que con el criterio que se ha expuesto de hacer las sondas sistemáticamente espaciadas, se puede garantizar la fidelidad de lo trazado en una carta o plano.

El criterio más importante por el cual se puede juzgar el valor de la información obtenida, es la exactitud en el sistema empleado, del control de las posiciones, su adecuación y claridad. Las normas de exactitud para los levantamientos Batimétricos presentes y futuras son cada vez más estrictas debido al aumento del tamaño y calado de los buques modernos. El aumento de la actividad submarina y el reciente desarrollo en la explotación de la plataforma continental.

## V.1. CLASIFICACIÓN DE LOS LEVANTAMIENTOS BATIMÉTRICOS.

Los levantamientos pueden clasificarse como: Básicos, de Revisión y de reconocimiento.

Las instrucciones de cada proyecto u orden de operación, indicara cual es el requerido.

### LEVANTAMIENTO BÁSICO.

Este levantamiento debe ser tan completo que no necesite otra clase de levantamientos o ayuda, además tiene que ser adecuado para la sustitución en la construcción de cartas se refiere y que tiene que ratificar o rectificar la existencia de los detalles reportados en las cartas anteriores.

### LEVANTAMIENTO DE REVISIÓN.

En este tipo de levantamientos no se necesita llevar a cabo el trabajo tan completo sobre canales u otras áreas levantadas adecuada y recientemente, por algún organismo calificado para ello, siempre y cuando dicho levantamiento concuerde con el básico y el valor de las profundidades obtenidas por ambos, en las zonas de sobre cubrimiento de los dos trabajos sea el mismo.

### LEVANTAMIENTO DE RECONOCIMIENTO.

Esta clase de levantamientos cubre por lo general un área pequeña y se ejecuta con un propósito específico, tal como el de rectificar o ratificar la existencia de peligros u obstrucciones reportadas, proporciona información para el desarrollo de los puertos, muelles o para complementar levantamientos anteriores, con el fin de construir una carta actualizada del área trabajada.

## V.2. ESTÁNDARES DE PRECISIÓN PARA LEVANTAMIENTOS BATIMÉTRICOS.

En la preparación de los estándares de precisión, se clasificaron los levantamientos batimétricos como los efectuados con el objeto de compilar las cartas náuticas que se usan generalmente en los buques; no se tomaron en cuenta los levantamientos especiales para la Ingeniería ni los proyectos de investigación, el estudio se circunscribe a la determinación de la densidad y precisión de las medidas para representar el fondo marino y otras características suficientemente exactas para fines de navegación.

La planeación de cada levantamiento batimétrico y la preparación de las especificaciones apropiadas es una tarea muy singular y no es posible preparar un tratado sobre estándares de exactitud para levantamientos batimétricos que se pueda aplicar a cualquier área que se vaya a estudiar.

La densidad del sondeo y la precisión de las mediciones dependen de varios factores: la profundidad del agua, la composición y configuración del fondo y el tipo de buques que han de navegar en esa zona, factores que deben ser considerados, sin embargo, para las operaciones batimétricas son aceptables comúnmente ciertos grados de exactitud y es razonable que tales estándares hayan sido considerados y establecidos para servir de guía en la planificación de los levantamientos batimétricos adecuados.

## CONTROL VERTICAL.

Mediciones precisión.

Errores aceptables.

a) de 0 a 30 m (30cm)

b) de 30 a 100m ( 1m)

c) profundidades mayores de 100m (1% de la profundidad).

## V.3.SONDEO

Es una operación que tiene por objeto la determinación del relieve submarino por medio de instrumentos que nos proporcionan como dato principal la profundidad de distintos puntos del área a configurar.

Generalmente las áreas de sondeo se clasifican de la siguiente manera:

a)La primera área es la comprendida entre la línea de bajamar y la línea isobata de los 18pies ( 5.4864m) denominada línea de peligro.

b)La segunda área es la comprendida entre la isobata de los 18pies y las 30brazas ( 54.87m).

c)La tercera área de sondeo es la comprendida entre la isobata de las 30brazas y las 100brazas ( 182.90m).

d)La cuarta área de sondeo es la comprendida entre la isobata de las 100brazasa y las 1000 brazas ( 18290m).

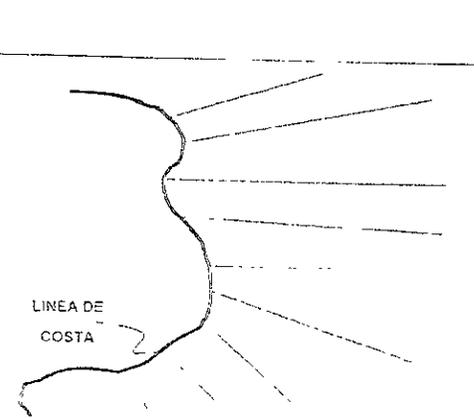
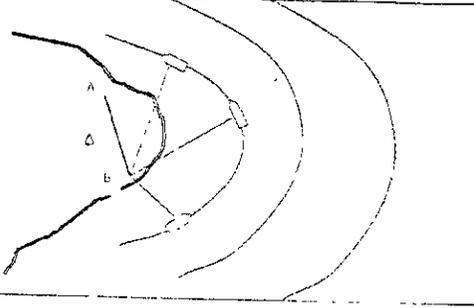
La primera área es sondeada por las embarcaciones menores que no sean mayores de 6pies (1.829m) de calado. La segunda área es levantada por las lanchas de sondeo cuyos calados y esloras sean menores de 9 (2.743m) y 30pies (9.144) respectivamente.

La tercera área la sondean los buques menores cuyos calados sean de 12pies (3.658) aproximadamente y que tengan 12pies (36.576) de eslora. Finalmente, la cuarta área la levanta el buque insignia o nodriza.

El objeto de adoptar un sistema regular de líneas de sonda es primeramente, el obtener una representación real del fondo y relieve submarino y en segundo término, revelar la existencia de bajos y peligros sumergidos, los cuales pueden ser investigados posteriormente para determinar la mínima profundidad sobre estos.

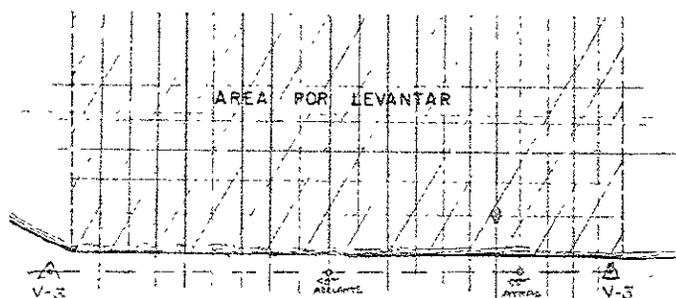
Generalmente, un sistema de líneas perpendiculares a las isobatas proporciona un desarrollo más conveniente y económico de cualquier área, pero resulta más ventajoso adoptar algún otro sistema. La selección del sistema de líneas más apropiado para un área, esta en relación con el tipo de Control Terrestre y de apoyo que se haya trazado, y también relacionado con la configuración del área misma y su situación con respecto al fondo.

Los sistemas de sondeo que se usan en la actualidad son los siguientes: Líneas Rectas Paralelas, Líneas Radiales y Arcos Concéntricos, ver figuras V.3.1, V.3.2 Y V.3.3.



FIGURAS V.3.1, V.3.2 Y V.3.3.

Para nuestro caso, el más apropiado de acuerdo a nuestro apoyo trazado sobre la cubierta del muelle fue el Sistema de Líneas Rectas Paralelas que a continuación se observa:



Este sistema es el más frecuente, especialmente a lo largo de costas abiertas o desabrigadas. La ventaja principal con tal sistema es que se obtiene la mejor delineación de las curvas de profundidad, con un mínimo de líneas de sonda; las posiciones obtenidas por observaciones de tres puntos, se obtienen fácilmente. Además de que en este caso no hubo problemas ya que el muelle está a 4.020m arriba del nivel de espejo de agua y el cual no hubo problema para medir cerca de la pantalla frontal.

El espaciamiento entre las líneas de sonda depende de la profundidad del agua, de las características del relieve submarino, de la escala del levantamiento y de la importancia el área que se levanta. El espaciamiento general de las líneas debe permitir obtener una representación real del relieve, debiendo ser lo suficientemente cerradas para que sean descubiertos todos los peligros.

En los puertos, bahías, pasos, canales y ríos la regla general es que el espaciamiento máximo de las líneas de sonda sea de 100m en profundidades menores de 11 brazas (20.12m); de 200m para profundidades de 10 a 30 brazas y de 400m para profundidades mayores. Las sondas deben obtenerse, a lo largo de todos los costados de los muelles y en las áreas adyacentes a éstas. Si el área es de tal importancia que se requiera intervalos de separación más pequeños se puede reducir cuanto sea necesario.

#### V.4. LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO.

Para llevar a cabo el Levantamiento Batimétrico se tuvo que contar con un Apoyo Horizontal, este levantamiento juega un papel muy importante, ya que es necesario realizar un control para la ubicación de las secciones batimétricas.

Dicho apoyo se realizó a lo largo de la cubierta del muelle con una separación entre línea y línea de 10m, este apoyo fue ubicado con el control horizontal.

También se establece una serie de Bancos de Nivel Auxiliar (B.N.A) para construir una red de apoyo vertical. Estos Bancos de Nivel Auxiliar se disponen cerca de la orilla para facilitar el control del espejo de agua en el momento que se realiza el levantamiento.

Este tipo de levantamiento, sé a dicho que determina el relieve submarino y que es la operación más importante y difícil, ya que una carta cuyas profundidades fueran inexactas redundaría en un peligro para la navegación.

El levantamiento batimétrico requiere de dos operaciones las cuales son:

a) Determinar la posición de la embarcación en el momento del sondeo, lo cual se hace apoyándose en los puntos establecidos del levantamiento principal y en los cadenamientos.

b) Sondear, es decir determinar la cota submarina correspondiente a cada situación efectuada.

A continuación se describe el procedimiento que se lleva a cabo para levantar líneas de sondeo:

1.- Ya establecida la línea base sobre la cubierta del muelle y la división a cada 10m, se hace la radiación de detalles existentes y bancos de nivel auxiliares, ya descritos en el capítulo anterior.

Una vez realizado lo anterior se procede a efectuar el levantamiento del fondo marino, para lo cual es necesario hacer estación con ambos teodolitos en cada una de las mojoneras de la base, visando en cada caso el extremo opuesto de la misma y colocando en ceros la lectura del limbo horizontal, así como también un tránsito que se ubicara en cada sección batimétrica que servirá para ir alineando la lancha.

NOTA: ES NECESARIO QUE EL OPERADOR DE CADA TEODOLITO LLEVE UNA LIBRETA DE REGISTRO, ASÍ COMO TAMBIÉN EL DE LA LANCHA QUE ES EL QUE REALIZA LOS SONDEOS EL CUAL DEBERA REGISTRAR CADA UNO DE ELLOS, ADEMÁS DE QUE CADA UNO LLEVARA SU RADIO DE COMUNICACIÓN (WALKIE-TALKIE).

2.- Centrando y nivelando los Teodolitos y el tránsito listos se procede a tomar la primera lectura la cual se dará a aproximadamente a 10m del muelle.

## V.5.PROCESAMIENTO DE DATOS.

Después de la obtención de información en campo se realizan las operaciones aritméticas y geométricas respectivas que nos permitan obtener el posicionamiento de cada sondeo realizado. Esto se logra al formarse un triángulo oblicuángulo, del cual conocemos la longitud de un lado (base) y dos de sus ángulos interiores. Ver figura V.5.1.

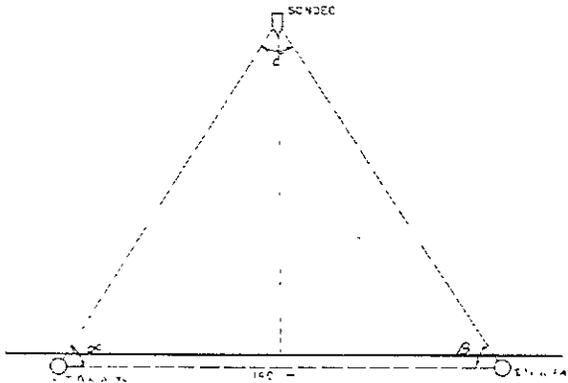


Figura V.5.1

El valor del tercer ángulo interno se obtiene:

$$\text{Ángulo } \gamma = 180 - (\alpha + \beta)$$

De acuerdo con los datos registrados en las estaciones atrás y adelante, y la distancia formada por estos, se obtienen las distancias AC y BC, con la ley de Senos:

$$a / \text{Sen } A = b / \text{Sen } B = c / \text{Sen } C$$

La resolución de cada uno de los triángulos formados por la posición de la embarcación al efectuar cada sondeo, nos proporciona los datos necesarios para el cálculo de las coordenadas "X" y "Y" respectivamente.

A continuación se presentan los registros de campo obtenidos en las estaciones atrás y adelante ( A y B ).

**REGISTRO DE LAS LECTURAS TOMADAS EN CAMPO**

**REGISTRO (A)**

LECTURA ATRÁS		
EST.	P.V	C.H.
0+250	0+260	
	10	56°13'20"
	20	63°13'23"
	30	75°23'08"
	40	77°01'46"
	50	79°23'16"
	60	80°59'49"
	70	82°29'48"
	80	83°25'40"
	90	84°03'50"
	100	84°00'45"

## REGISTRO (B)

LECTURA ADELANTE		
EST.	P.V	C.H.
0+405 865	0+260	
	10	354°15'00"
	20	350°10'00"
	30	346°28'00"
	40	342°26'00"
	50	339°00'00"
	60	335°35'00"
	70	332°41'55"
	80	328°55'55"
	90	326°17'00"
	100	323°12'55"

A la estación de adelante se le resta  $360^\circ$  para obtener el complemento y tener el tercer ángulo interno, como a continuación se expone:

LECTURA ADELANTE				
EST.	P.V	C.H.		ANG.INT.
0+405 865	0+260			
	10	354°15'00"	360°00'00"	5°45'00"
	20	350°10'00"	360°00'00"	9°50'00"
	30	346°28'00"	360°00'00"	13°32'00"
	40	342°26'00"	360°00'00"	17°34'00"
	50	339°00'00"	360°00'00"	21°00'00"
	60	335°35'00"	360°00'00"	24°25'00"
	70	332°41'55"	360°00'00"	27°18'05"
	80	328°55'55"	360°00'00"	31°04'05"
	90	326°17'00"	360°00'00"	33°41'00"
	100	323°12'55"	360°00'00"	36°47'05"

Después de obtener el ángulo faltante, se obtienen las distancias del triangulo formado por las estaciones y la embarcación esto nos facilitara posteriormente el calculo.

Este método se utiliza generalmente para ubicar cada sondeo. Ver figura V.5.2.

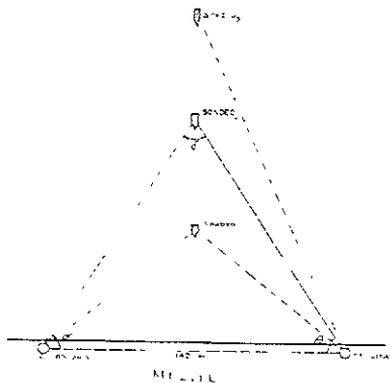


Figura V.5.2

En nuestro caso tenemos una línea base la cual esta orientada astronómicamente; teniendo el Azimut de la línea base la operación que se hace es directa, ya que con el azimut mas el ángulo obtenido de la estación de atrás se tiene el azimut directo del punto de sondeo.

La operación que se realiza para obtener la ubicación (X,Y) del sondeo es la siguiente:

a) Se tiene una distancia base, es decir la formada por la estación de atrás (A) y la estación de adelante (B).

b) Anteriormente se calcularon las distancias del triángulo formado por A, B y la embarcación (C), con la Ley de Senos.

c) Para la ubicación del sondeo, se necesita la distancia formada por AC.

d) Una vez que se tiene la distancia y el azimut formado por el primer sondeo se realiza una tabla, como a continuación se expone:

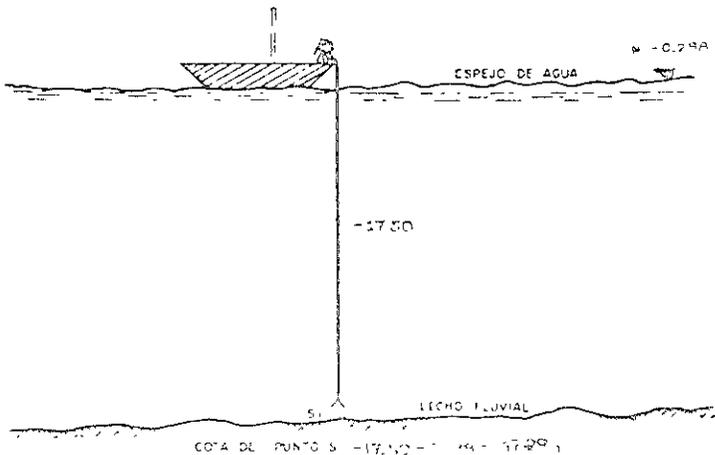
EST.	SONDEO	DISTANCIA	AZIMUT	X	Y
0+260	10m	16.56	178.859047	0.329	-16.557
	20m	26.04	185.859881	-2.658	-25.903
	30m	34.14	198.022381	-10.563	-32.465
	40m	44.17	199.666269	-14.865	-41.594
	50m	53.14	202.024603	-19.928	-49.262
	60m	62.55	203.633769	-25.076	-57.304
	70m	71.11	205.133492	-30.202	-64.377
	80m	82.72	206.064603	-36.346	-74.307
	90m	91.52	206.700714	-41.122	-81.761
	100m	101.68	206.649325	-45.606	-90.878

e) Con este procedimiento se obtienen coordenadas X,Y,Z. Sucesivamente se va trabajando cada una de las líneas de sondeo levantadas, hasta cubrir toda el área.

La cota de cada sondeo se obtiene al restar la profundidad obtenida menos el valor asignado al nivel de espejo de agua, a continuación se muestra en la siguiente tabla, el resultado de una línea de sondeo:

SONDEOS REALIZADOS EST. 0+260		NIVEL DE ESPEJO	SONDEO
0	-17.70	-0.288	-17.99
10	-18.00	-0.288	-18.29
20	-17.90	-0.288	-18.19
30	-17.90	-0.288	-18.19
40	-17.80	-0.288	-18.09
50	-17.90	-0.288	-18.19
60	-18.00	-0.288	-18.29
70	-18.10	-0.288	-18.39
80	-18.30	-0.288	-18.59
90	-18.10	-0.288	-18.39
100	-18.10	-0.288	-18.39

A continuación se ilustra el procedimiento de sondeo realizado para cada punto:



Después de hacer las operaciones aritméticas necesarias para la obtención de coordenadas, así como también su cota, se realiza el paso final el cual consiste en representar en un plano el levantamiento batimétrico.

Este proceso es fácil, ya que se tiene un control horizontal de cada una de los sondeos realizado, es decir, que las coordenadas (X,Y) están referidas al sistema Universal Transversa de Mercator.

Ya que se tienen las coordenadas se registran en el autocad, este software nos facilita la tarea de dibujar cada punto de sondeo realizado, en el cual posteriormente se realizara el dibujo de las curvas de nivel las cuales se dibujarán con una equidistancia de una metro.

Para la representación de las curvas de nivel se emplean los siguientes métodos: método de sección transversal, método de interpolación, interpolación grafica y por medio de la plancheta. El método empleado para realizar este trabajo fue el de *Interpolación Grafica*, ya que este método nos da los resultados necesarios para la realización del dibujo. Este método emplea una escala cualquiera, pero se procura que el número de divisiones sea igual al número de unidades de la diferencia de cotas, quedando comprendidos directa o diagonalmente sobre la línea que une los puntos de las cotas conocidas, teniendo como resultado el siguiente plano:



# CAPITULO

## VI

### CONCLUSIONES.

El levantamiento de control (horizontal y vertical) que se hizo en el Muelle de Recibo y Manejo de Carbón tubo la finalidad de ubicar puntos de control sobre la superficie del muelle, para detectar cualquier desplazamiento o movimiento de la estructura a mediano y largo plazo, para posteriormente representarlo en graficas. Este levantamiento nos sirvió como base para dar origen a un levantamiento subordinado como es el caso del levantamiento Batimétrico,

Estos levantamientos son llevados a cabo por medio de diferentes métodos topográficos, los cuales se analizan para tener la mayor ventaja y resolver los problemas que se presenten en campo. Estas ventajas nos las da el conocimiento teórico y práctico de trabajos anteriores. Los levantamientos están a cargo de un Ingeniero Topógrafo, este debe poseer los conocimientos teóricos y prácticos, así como también de llevar un registro numérico de control (instrumentación) y por medio de graficas.

Esta clase de trabajos nos proporciona un campo de trabajo amplio, ya que debido a la geomorfología de México, esta presenta movimientos o hundimientos en la estructura de muelles o puertos, de ahí la importancia de un control preciso y confiable encargado por el Ingeniero Topógrafo.

Un levantamiento batimétrico es la parte esencial de un trabajo hidrográfico, por lo tanto el Ingeniero Topógrafo en cargado de hacer este tipo de levantamientos para lo cual debe contar con los conocimientos y habilidades para resolver los problemas que surjan durante el desempeño del trabajo.

El levantamiento batimétrico que se realizó tiene como objetivo vigilar que no hubiera bajos en el relieve del fondo marino, ya que para este muelle el dragado que se realizo se llegó a la cota  $-18.00$ , pues se reciben barcos de 60,000 a 120,000 ton.

Este trabajo es de gran importancia para la industria portuaria, ya que si no se conoce el fondo marino se puede tener un accidente y por consiguiente perdidas para el país o empresa privada.

## GLOSARIO.

**BOCAMINA** : Acceso a una explotación subterránea, la cual por lo general se localiza en laderas.

**BAJO** : Notable elevación del fondo del mar, normalmente peligroso para la navegación.

**BANCO** : Elevación del fondo del mar de grandes dimensiones, localizado sobre la plataforma continental y en el cual las profundidades son relativamente bajas pero apropiadas para la navegación segura.

**BRAZA** : Unidad de medida usada para sondeos, una braza es igual a 1.83m.

**ESCOLLERA** : Termino usado en los EE.UU. En mar abierto, es una estructura que se extiende dentro de un cuerpo de agua (mar), el cual es diseñado para prevenir asolvamiento de una canal por el transporte de materia para dirigir y confinar las corrientes de marea. Las escolleras son construidas en las desembocaduras de ríos o canales a marea libre para ayudar a profundizar el canal o estabilizarlo.

**ISOBATA** : Línea que une puntos de igual profundidad en una carta.

**LINEA DE COSTA**: Intersección de un plano determinado de agua con la playa.

**NIVEL MEDIO DEL MAR:** valor medio de la altura de la superficie del mar para todas las etapas de la marea durante un período de 19 años y generalmente se le determina de las alturas horarias

**PLATAFORMA CONTINENTAL:** Zona que bordea un continente y que se extiende desde la línea de marea baja hasta la profundidad de 200m o 200millas náuticas de extensión, lo que ocurra primero.

**PLEAMAR Y BAJAMAR:** Al nivel máximo alcanzado por una marea creciente, se le denomina PLEAMAR, este nivel puede ser efecto exclusivo de mareas periódicas, o pueden sumarse a éstas los efectos de las condiciones meteorológicas prevalecientes. Al nivel mínimo alcanzado por una marea bajante se le denomina BAJAMAR. La altura puede obedecer solamente a las fuerzas de marea periódica, o también a que tengan influencia sobre las mismas los efectos de condiciones meteorológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, James M. Introducción a la topografía.  
2da. Edición. Mc Graw-Hill.

BRINKER, Russell C. Topografía Moderna.  
EE.UU. Harla, 1982.

NABOR, Ballesteros T. Topografía.  
1984, Editorial Limusa.

GARCIA, Alcántara D. Topografía.  
1era. Edición. Mc Graw-Hill.

Manual de procedimientos de ingeniería de diseño.  
Topografía y Batimetría.  
PEMEX.

Compendio de Hidrografía tomo II  
Dirección General de Oceanografía Naval.  
2da. Edición. Impreso por la Secretaría de Marina.

Apuntes de Hidrografía.  
INFANTE, refugio.

Normas de Organización Hidrográfica Internacional para  
Levantamientos Hidrográficos.  
Washington, D C 1993

Memorias Técnicas.

2do. Congreso Nacional de Ingenieros Topógrafos,A.C.  
Zacatecas, Zacatecas. Octubre 1991

<http://www.sonda.cimillennium/index.htm>.

<http://www.cion.org.co/marograma/muo.num>

<http://www.me.gob.mx/agoera/mapas98/imen/cemzas.num>

<http://www.conabio.gob.mx/ipinarmas/3v.num>