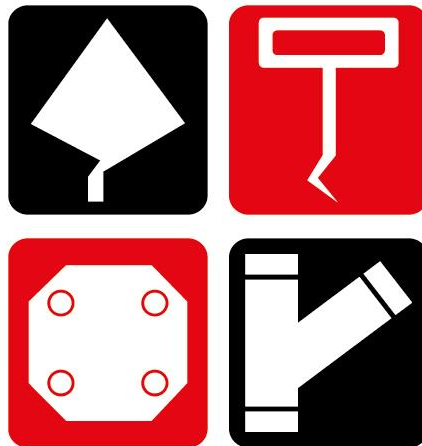


“Año de la lucha contra la corrupción e impunidad”

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCION



“LEVANTAMIENTO Y CONTROLES TOPOGRAFICOS PARA EL MAPEO Y
EXPLOTACION MINERA MEDIANTE TUNELES, SOCAVONES Y A CIELO ABIERTO,
CON EQUIPOS GPS Y ESTACION TOTALES”

TESIS PARA OBTENER EL GRADO TECNICO EN TOPOGRAFIA

TESISTA: ALVARADO CALDERON ROSARIO DOLORES

LIMA, PERU

2020



Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir y no desmayaren los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia por ellos soy lo soy, para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia mi coraje para conseguir mis objetivos.



Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, y por el amor y bondad que me permiten sonreír ante todo mis logros que son resultados de tu ayuda, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me muestras lo hermosa que es, y lo justa que puedo llegar a ser,

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.



ÍNDICE

1. EXPLORACIÓN:	6
1.1 Exploración Geofísicas.....	6
1.2 Exploración por Sondeo.....	6
2.1 pozos:.....	9
2.2 Galerías.....	9
2.3 Chimeneas y Coladeros.....	10
2.4 Rampas.....	10
3.1 Explotación por cortes largos.....	10
5.1 TOMA DE AVANCES:.....	13
5.2 ROMPIMIENTOS MINEROS.....	14
5.3 INTRUSIONES MINERAS.....	14
5.4 HUNDIMIENTOS Y MACIZOS DE PROTECCIÓN.....	14
7.1 Transmisión de la planimetría.....	17
7.1.1 Comunicación directa:.....	17
7.1.2 Comunicación por un pozo:.....	17
8.1 Puntos de apoyo.....	23
8.2 Métodos gravimétricos:.....	24
8.3 MÉTODOS ÓPTICOS:.....	24
9.1 CÁLCULO DE LA CORRECCIÓN.....	25
9.2 MÉTODO DE FIRMINY:.....	26
10.1 ITINERARIO PRINCIPAL:.....	27
10.1.1 Señalización:.....	27
10.1.2 Instrumentos:.....	27
10.1.3 Estacionamientos singulares:.....	28
10.1.4 Métodos topográficos:.....	29
10.2 ITINERARIOS SECUNDARIOS.....	30
1. TRABAJO REALIZADO.....	31
10.3 Levantamiento de los detalles.....	37
11.1 LEVANTAMIENTO DE SUPERFICIE PREVIO, MEDIANTE EL SISTEMA POSICIONAL GLOBAL (GPS).....	39
11.2 Triangulación:.....	40
11.3 itinerario:.....	40
11.4 Altimetría:.....	41
2. TRABAJO REALIZADO.....	42



3. TRABAJO REALIZADO	44
4. TRABAJO REALIZADO	46



INTRODUCCIÓN

Los trabajos topográficos en el interior de las minas forzosamente son distintos a los de superficie, debido a las condiciones particulares de trabajo en el subsuelo; las galerías profundas, angostas, mal iluminadas, húmedas y no bien ventiladas, hacen que los métodos y los instrumentos utilizados en la superficie no pueden ser utilizados sin una adaptación especial.

En el interior de las minas es muy fácil desorientarse cuando no se ha adquirido una práctica en trabajos de interior y está demostrado que un técnico no especializado en levantamientos topográficos subterráneos se desorienta con suma facilidad y le resulta muy difícil la realización de las operaciones topográficas en las galerías, túneles o en las explotaciones del interior de las minas. Es por ello que resulta indispensable dotar a los técnicos que han de realizar estos trabajos de unos conocimientos y de una especialización en las técnicas modernas que les permitan realizar, con facilidad y eficacia, cualquier trabajo topográfico en el subsuelo.

Si un técnico que debe ejecutar trabajos topográficos en el exterior se le exige el conocimiento de todos los accidentes del relieve de la superficie terrestre, también a un técnico que debe efectuar operaciones en el interior le resulta indispensable disponer de unos conocimientos de laboreo de minas para poder consignar, con su denominación correcta, todos los detalles levantados que deben figurar en los planos de la mina. No debemos olvidar que la perforación de pozos, los replanteos, la comunicación y dirección de las labores mineras están dentro de las atribuciones del equipo técnico encargado de realizar dichos trabajos, y sobre él recae toda la responsabilidad de su dirección topográfica.

OBJETIVO GENERAL:

- Describir el levantamiento y controles topográficos para el mapeo y explotación minera mediante túneles, socavones y a cielo abierto, con equipos GPS y estación totales

OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Explicar la exploración y planificación de la mina
- Examinar la forma y uso de los equipos topográfico estación total en lugares de difícil posicionamiento y disposición de redes
- Detallar los diferentes métodos topográficos en el levantamiento de mina



ANTECEDENTES

1. EXPLORACIÓN:

Comienza con el descubrimiento del mineral. En la antigüedad esto podía ocurrir por mera casualidad, pero en la actualidad tales descubrimientos fortuitos son más bien raros. La búsqueda de minerales, definida generalmente como prospección, lleva consigo a los tiempos actuales una investigación planificada e intervienen métodos^o instrumentos científicos.

1.1 Exploración Geofísicas

Con los métodos e instrumentos geofísicos la anomalía pueden ser medidas y registradas. Cuando los resultados de una investigación geofísicas son representados sobre un mapa, las áreas de interés especial pueden ser obtenidas y hechas objeto de una más profunda y detallada investigación.

La aplicabilidad de los diferentes métodos geofísicos de prospección depende del tipo de recursos, la formación de las rocas, profundidad etc..., pero es solamente una combinación métodos lo que proporciona mejor la información. Los métodos de prospección electrónica están basados en las medidas de resistividad de la tierra y de una distribución potencial por la creación de un campo eléctrico en la tierra.

Por métodos magnéticos las variaciones de la intensidad de los campos magnéticos de la tierra pueden ser fácilmente determinados. Tales métodos son especialmente útiles para la prospección de minerales magnéticos.

Las irregularidades en el campo gravimétrico de la tierra pueden ser medidos por métodos gravimétricos. Estas irregularidades son causadas por las variaciones en la densidad de la roca; una sección de roca con más alta densidad que la de sus alrededores producirá una pequeña subida en el efecto de la gravedad

1.2 Exploración por Sondeo

Aunque los métodos geofísicos pueden indicar dónde se encuentra o pueden ser encontrados los depósitos de mineral, la evidencia de qué es lo que permanece debajo de la tierra se produce más a menudo por medio de la exploración a través de la perforación. El siguiente paso lógico en la prospección es, por lo tanto, la perforación con testogo.

La perforación con testogo puede alcanzar las grandes profundidades necesarias en la prospección y producir una serie de muestras ininterrumpidas de la roca, que puede así ser analizada y clasificada. Para la total exploración de un yacimiento es necesario un programa extensivo de perforación, a menudo con los barrenos dispuestos en un patrón regular interseccionado el depósito del mineral.

En muchas ocasiones es el topógrafo el técnico encargado de planificarlos sondeos, y siempre deberá replantear su situación y dirección, unas veces en la superficie y otras en el interior mina. (fig. 1)

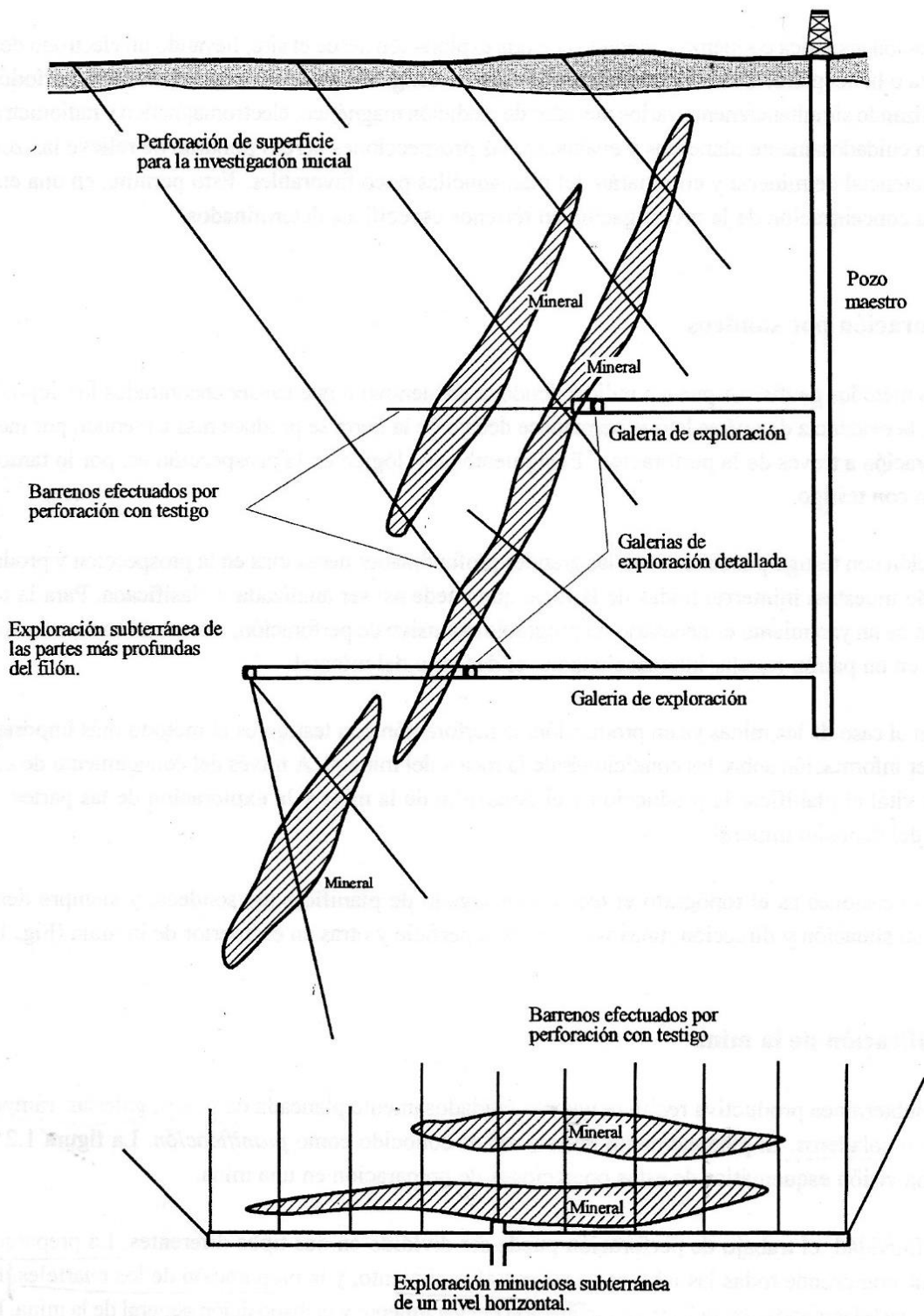


fig. 1 exploración de filón por perforación con testigo

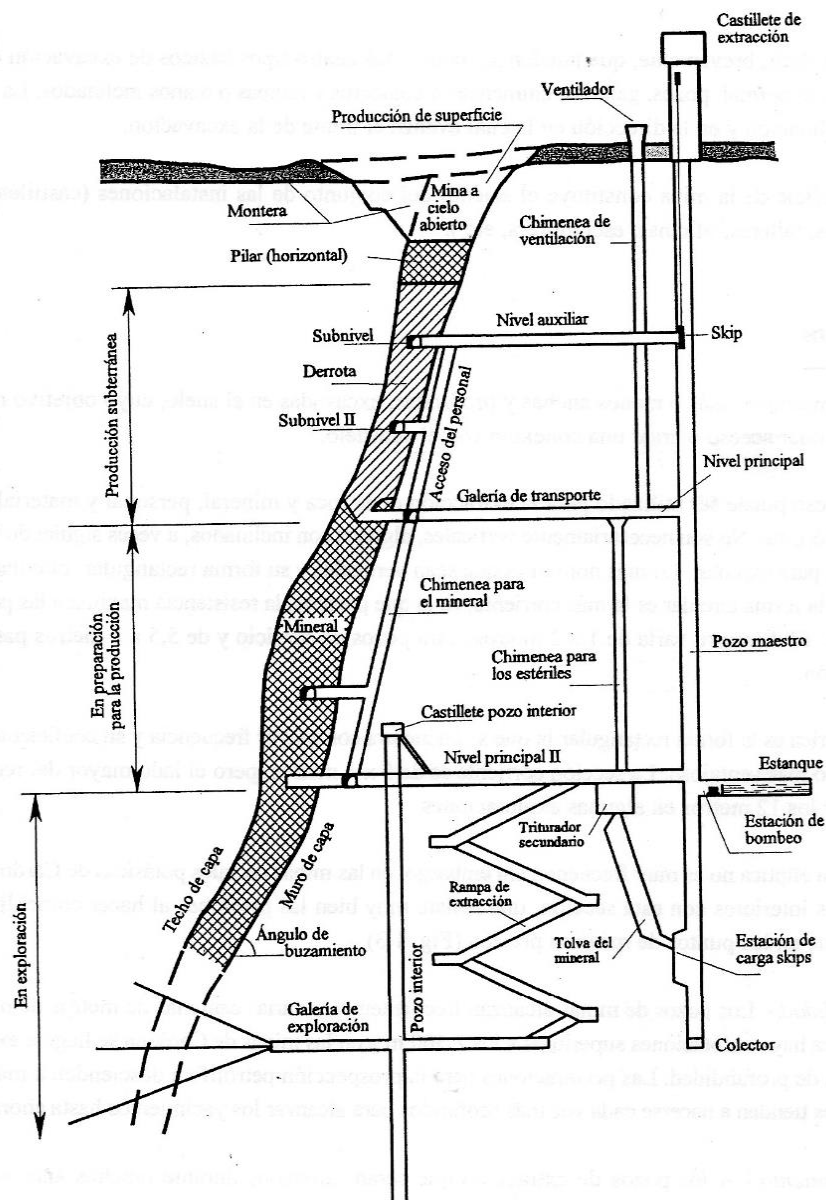


2. PLANIFICACIÓN DE LA MINA

Una mina subterránea productiva requiere una red cuidadosamente planeada de pozos, galerías, rampas y chimeneas o coladeros. El replanteamiento de esta red es conocido como planificación

Según su finalidad, el trabajo de perforación puede ser dividido en dos tipos diferentes. La preparación general, que comprende todas las labores de acceso al yacimiento, y la preparación de los cuarteles. Esta preparación va relacionada con la forma de inclinación del yacimiento y la disposición de la mina (fig.2). Esto incluye pozos, galerías de transporte, rampas, chimeneas o coladeros, que pueden ser necesarios no solamente para el acceso, sino también para el transporte, ventilación, etc.

Fig 2. disposición principal de una mina con un yacimiento de mineral con inclinación muy pronunciada





2.1 POZOS:

Son excavaciones más o menos anchas y profundas, escavadas en el suelo, cuyo objetivo normal es el de proporcionar acceso o crear una conexión con el subsuelo.

En América es la forma rectangular la que se encuentra con mayor frecuencia y su coeficiente de utilización es mucho más ventajoso. La sección corriente es de 5 x 4 metros, pero el lado mayor del rectángulo puede alcanzar los 12 metros en algunas explotaciones.

Revestimiento: a los pozos de extracción que serán utilizados durante muchos años se les aplica un revestimiento llamado entibación, esta entibación puede estar constituida por materiales clásicos, como la madera, los ladrillos o el hormigón.

Profundización de pozos: la profundización del pozo tiene que ser considerada necesariamente como un tipo de preparación más bien complicada, debido a la complejidad de los equipos y las operaciones que lleva consigo.

El riesgo de desviación, en la profundización de pozos profundos, son muy elevados y es el topógrafo el que debe controlar el descenso con mucha regularidad y hacerlo rectificar en caso de desviación.

Se deduce que en todos estos trabajos topográficos que permiten dar la dirección y efectuar el control de todas las labores, fijar el punto de partida y la orientación de las galerías adyacentes, etc., así como determinar la profundización en el punto preciso, es el equipo de topógrafos el encargado de su implantación y control y, por lo tanto, sobre él recae toda la responsabilidad del trabajo.

2.2 GALERÍAS

Las galerías horizontales en una mina son utilizadas con varias finalidades; para la preparación de los túneles, exploración, acceso del personal a las exploraciones o frentes de trabajos, transporte de material, del mineral, etc., en ellas se instalan las vías, bandas transportadoras, conducciones, cables eléctricos, etc.

La galería que se viene utilizando con éxito consiste en introducir en el techo unos pernos metálicos, fabricados con redondos liso o corrugados de 18 a 25 mm, con longitud que oscilan entre 0.50 y 15 m. la cola del perno se abre en el apretado y en el otro extremo lleva una placa inmovilizada por unas tuercas en el techo de la galería (fig. 2)

Tanto la perforación realizada mediante perforadoras neumáticas del tipo "jumbo" y cargadores JOY o EIMCO como la efectuada por equipos de rozado continuo permiten unos avances de varias decenas de metros por día; la operación debe de ser controlada muy de cerca por el topógrafo. El eje del trazado debe seguir, en efecto, una dirección determinada; los perfiles longitudinales y transversales, regularmente levantados, permiten asegurar la observación de las pendientes y de los gálibos.



2.3 CHIMENEAS Y COLADEROS

Las chimeneas y coladeros en una mina sirven como conexiones entre diferentes niveles horizontales con las funciones de servir de paso la mineral, al personal, a la ventilación o para facilitar la preparación

Existe varios métodos de uso corriente para la realización de chimeneas. Los métodos más simples no se encuentran mecanizados: los operarios montan una estructura de madera o metálica, y esta sirve de plataforma durante la perforación.

Estas operaciones deben ser dirigidas y controladas por un topógrafo. Él es quien debe de relacionar los dos pisos a comunicar (punto de inicio del taladro y punto de cale), calcular la dirección e inclinación del taladro, así como situar la máquina en el punto adecuado con su inclinación y dirección previamente calculado.

2.4 RAMPAS

Las rampas inclinadas de transporte se están convirtiendo cada día más en una característica común del desarrollo minero. Esta tendencia está ligada a la conveniencia, en la mina moderna, de utilizar máquinas autotransportnates con motor diésel o eléctrico, ya que son muy costosos y tienen que ser utilizadas eficazmente. Su rápido y cómodo desplazamiento a las diferentes labores es de vital importancia.

Las rampas o los planos inclinados sirven para las mismas finalidades que las chimeneas: es decir, como medios de comunicación entre niveles horizontales. La inclinación se encuentra entre el 14% y el 10%, lo que hace posible el simple y rápido de las máquinas de ruedas autopropulsadas.

Igualmente, **estos trabajos debe dirigirlos y controlarlos el topógrafo.** Él es quien deberá relacionar los pisos a comunicar, calcular las rampas y replantear las direcciones y pendientes hasta calarlas.

3. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN (ABATIMIENTO)

Según la naturaleza y disposición de los yacimientos se utilizan diversos métodos. Atendiendo a la pendiente o inclinación de la veta los métodos varían desde el caso de un yacimiento alzado o en pila donde se utiliza la gravedad para hacer descender el mineral a la galería de evacuación, situada en la base del bloque, hasta los que a continuación se describen que son los más corrientes y que se aplican a yacimientos de pendiente moderada.

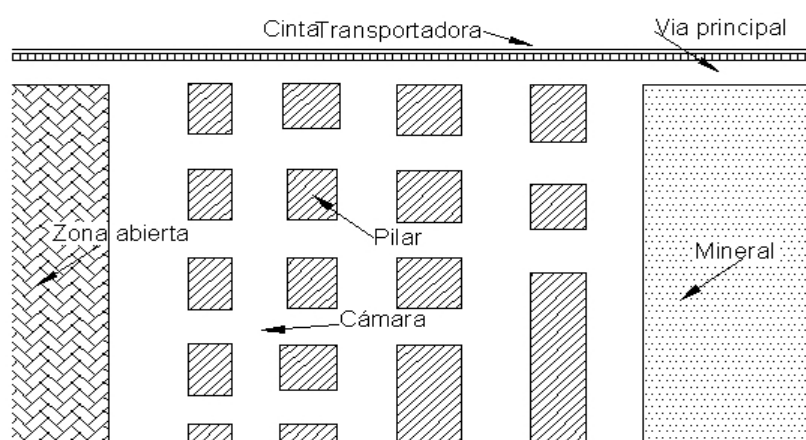
3.1 Explotación por cortes largos

Este largo pasillo queda limitado por el macizo virgen a un lado y al otro por pilares de sostenimiento; estos pilares pueden ser sustituidos por puntales metálicos colocados en líneas paralelas al frente, y sostienen tapas metálicas pegadas al techo asegurando su fortificación lo que permite dejar al descubierto una superficie importante. Entre los



puntales y el frente queda paso suficiente para la maquinaria de arranque, siendo esta fortificación progresiva a base de desplazamientos hidráulicos (fig. 3).

Al largo corte se ha llegado desde dos galerías transversales llamadas vía de cabeza y vía de base. El derribo del material se puede llevar a cabo por distintos métodos, dependiendo de la naturaleza de éste: con un largo tiro de explosivos se consigue derribar de una vez 1,5 m de ancho o incluso más; actualmente existen máquinas como las rozadoras, también llamadas fresadoras, cuyo brazo termina en un cabezal provisto de unas herramientas de corte, llamadas picas, que disgregan el material y que producen altos rendimientos hasta con las rocas más duras; otro sistema de arranque es el raspador que, arrastrado por un tractor o por un cable del que tira un cabestrante (grúa), derriba y carga el material en una sola operación.

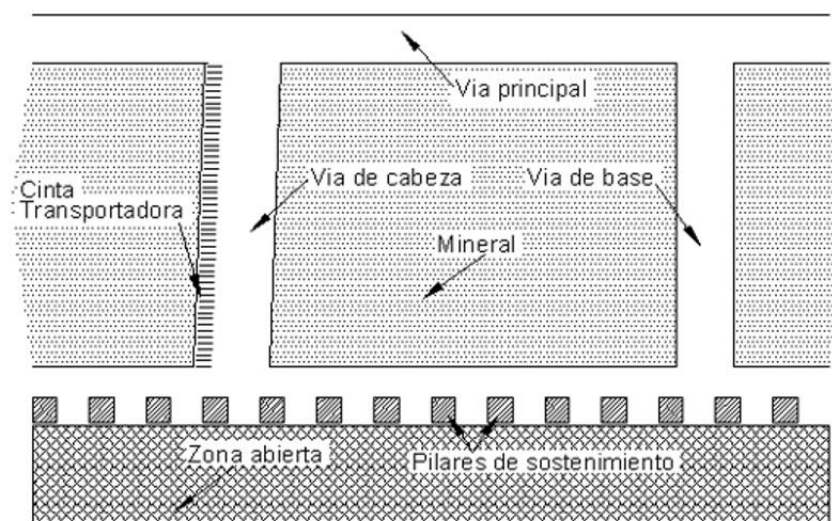


(fig.3) Un largo corte forma un frente de ataque al yacimiento de 100 a 300 m de longitud.

3.2 Explotación por cámaras y pilares

A partir de una galería principal se trazan, en una dirección sensiblemente perpendicular, unas anchas galerías (de 4 a 6 m) paralelas y en toda la longitud del bloque a abatir, o sea unos cien metros, estas galerías se llaman cámaras y los espacios de mineral entre ellas pilares; las cámaras se comunican entre sí por unos recortes espaciados realizados en los pilares (fig. 4). Una vez trazadas las cámaras comienza la fase de despilaramiento atacando cada pilar, de una anchura análoga a la de las cámaras, hasta dejar solamente una delgada cortina de mineral. Este método requiere un techo bastante bueno para aguantar, al menos momentáneamente, sin fortificación.

La maquinaria utilizada para este tipo de explotación es automotora sobre neumáticos, con el fin de poder desplazarse rápidamente de una cámara a otra. Perforadoras y rozadoras se encargarán del arranque, cargadoras sobre vehículos basculantes lo depositarán sobre vagonetas o cintas transportadoras situadas en la vía principal.



(fig. 4) explotación por cámaras y pilares

4. CONDICIONES DE TRABAJO EN EL SUBSUELO

Las condiciones de trabajo en el interior de las minas son tan diferentes a las exteriores que no todas las personas son capaces de habituarse a este modo de trabajar, ni permanecer largo tiempo bajo la tierra.

Se deduce, por tanto, que la topografía subterránea es tan diferente en la superficie que no se puede prescindir, en su aplicación, en sus especiales circunstancias, a las que es preciso que se adapten no solo los instrumentos y los métodos de trabajo, sino los operadores.

Iluminación: Por tener que trabajar en ausencia de la luz solar, el campo visual es oscuro y por lo tanto es necesario iluminar el retículo para visuales de cierta longitud. Para ello se introduce en el tubo de quitasol del anteojo un papel enrollado, colocándose una lámpara de minero, una linterna eléctrica u otro foco luminoso cualquiera por delante y un poco al lado del extremo objetivo del anteojo.

Temperatura: al profundizar más en el interior, se observa que la temperatura aumenta con la profundidad de un modo más o menos regular. En las labores mineras, en los sondeos profundos y en la construcción de túneles se ha observado que, por término medio general, el aumento de la temperatura es de un grado por cada 33 metros. Se denomina esta profundidad con el nombre de grado geotérmico.

Se comprende, pues, que la temperatura original de las rocas puede pasar de 50° en el interior de las minas profundas y que, para que el trabajo pueda rendir, es indispensable "climatizar" el interior de las minas por medio de ventilación artificial, que produce cambios eficaces y al mismo tiempo una mejora sobre el estado higrométrico.

Presión barométrica: la presión barométrica varía en función directa a la profundidad. Se puede admitir que, dentro de nuestras condiciones de altitud, la presión aumenta en unos 9 mm de columna de mercurio por cada 100 metros. El grado de presión es



relativamente regular, lo que hace presumir la posibilidad de hacer nivelación en el fondo por los procedimientos barométricos.

Humedad: El aire de las galerías es con frecuencia muy húmedo, y a temperaturas elevadas el estado hidrométrico tiene una importancia considerable para la respiración, se debe, por consiguiente, bajar el grado hidrométrico cuando sobrepasa de las condiciones límites, esta atmosfera, a las vez caliente y húmeda, provoca la rápida corrosión de algunos metales

Es conveniente en estos casos utilizar en el interior de las cajas de los aparatos unos cartuchos de SILACAGEL, que absorben la humedad. Estos cartuchos pueden ser regenerados fácilmente calentándolos.

Polvo: en estas atmosferas húmedas, el polvo que se posa sobre los instrumentos topográficos forma una pasta abrasiva que los pueda dañar. La solución consiste, según se dijo antes, en utilizar instrumentos fabricados con materiales no acatables y completamente estancos.

Velocidad de aire de ventilación: la corriente de ventilación en el interior de las minas no puede, desgraciadamente, ser muy veloz; para asegurar la sedimentación de los polvos flotantes, la velocidad del aire no puede pasar de 2m/seg. Una corriente por encima provoca remolinos del polvo posado y con ello empolvamiento adicional.

En las galerías medianamente ventiladas no se deben utilizar aparatos de poco peso, pues cuesta nivelarlos y son inestables. Las plomadas que se cuelgan del techo, cuando los hilos son demasiados largos, oscilan fuertemente y su coincidencia con los con los hilos del retículo resulta imposible, la solución está en apuntar en su amarre, si es visible.

Gases nocivos: Cuando en aire de mina no es apto para la respiración o solamente son reparos, por su mayor contenido de gases irrespirables (CO_2, N_2, CH_4, H_2), se llama aire viciado, y si contiene mezclas venenosas se le llama aire tóxicos ($CO, H_2S, \text{oxidados de nitrógeno}$)

5. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS PROPIOS DE LA EXPLOTACIÓN MINERA

5.1 TOMA DE AVANCES:

En el interior de la mina hay que tomar los datos topográficos necesarios para actualizar los planos de labores. Estos trabajos se denominan toma de avances y se realizan periódicamente, generalmente cada mes.

Convendrá informarse en la oficina del volumen excavado desde la última toma para así poder deducir la longitud aproximada del avance y con este dato localizar el último punto del itinerario interior que continuaremos prolongando; la localización del punto anterior al último será sencilla una vez estemos estacionados, ya que conocemos la distancia entre ellos.

Una vez aquí tendremos que tomar los datos necesarios para actualizar los planos de labores. En el último punto del itinerario utilizado en la toma de avances es



conveniente dejar una placa refractante y la fecha en la que se realizó el trabajo, ya que se facilita enormemente la localización del punto.

5.2 ROMPIMIENTOS MINEROS

Es la realización de una labor subterránea proyectada para comunicar dos labores existentes. Puede ser en planta una recta, una curva o la combinación de ambas; en alzado podrá ser horizontal (galería), inclinada (trancada o rampa si es bajando), vertical (pozo) o mixta (galería-trancada, galería-pozo, pozo-trancada). Pueden comenzar los trabajos de perforación por uno o los dos puntos extremos de la misma, y también por puntos intermedios.

5.3 INTRUSIONES MINERAS

Se conoce por intrusión la acción de que un explotador efectúe labores mineras fuera del perímetro de sus concesiones. En el caso de que la intrusión de las labores sea en terrenos de registros mineros otorgados a otros concesionarios, generalmente no se indemniza a éstos económicamente, sino que se les autoriza a extraer un tonelaje aproximadamente igual al que se explotó indebidamente en una zona previamente acordada.

Si no se llega a un acuerdo habría que calcular las toneladas de mineral vendible extraído indebidamente para indemnizar económicamente al concesionario perjudicado, y para ello el **responsable de la topografía** deberá realizar los planos, tanto horizontal como verticales, correspondientes a la intrusión minera, y así poder disponer de datos suficientes para calcular el volumen extraído.

5.4 HUNDIMIENTOS Y MACIZOS DE PROTECCIÓN

Se hablará de los daños ocasionados en la superficie del terreno por la explotación subterránea, así como también del cálculo del macizo de protección (zona que se deja sin arrancar), necesario para evitar estos daños.

Imaginemos la explotación de una capa de carbón sensiblemente horizontal en la que se utiliza el método de hundimientos. Si suponemos que el esponjamiento de estos materiales desprendidos del techo de la capa es de 1,4, el hueco que producen será igual al vacío dejado por la explotación dividido por este coeficiente. Este nuevo hueco es rellenado a su vez por materiales que se desprenden de su techo, que siguen la misma regla de esponjamiento, y dejan así un nuevo vacío. Siguiendo este razonamiento, los nuevos huecos son sustituidos por una infinita serie

decreciente de volúmenes: es decir, que el volumen total del terreno desprendido es la suma de los términos de una progresión geométrica decreciente e ilimitada, siendo el primer término el hueco causado por la explotación y la razón de decrecimiento 1/1,4.



El conjunto de estos desprendimientos forma una figura irregular que podemos aproximar a la de la pirámide de la cual conocemos la base y el volumen y, por lo tanto, podemos calcular un valor de la altura "H".

Si las labores subterráneas se encuentran a una profundidad inferior a "H" el hundimiento se declarará en la superficie de una forma brusca (Fig. 5). Por el contrario, si las labores se encuentran a profundidad superior a "H" el hundimiento se manifestará en forma de artesa (Fig.6).

La formación de la depresión en el terreno es tanto más rápida y brusca cuanto más se acerca "H" a la distancia de la labor a la superficie. Cuando esta distancia es grande tarda algunos años en manifestarse en la superficie del terreno.

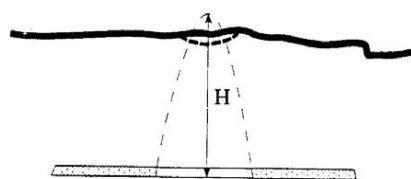


Fig.5 profundidad inferior H, el hundimiento se declara de forma brusca en la superficie

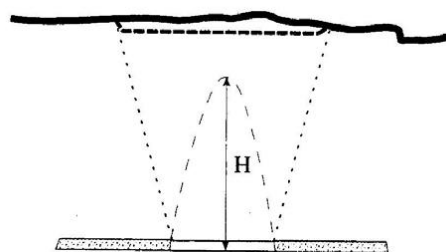


Fig.6 profundidad superior H, el hundimiento forma artesa.

Una vez el hundimiento aflora en la superficie se inicia una segunda fase y la artesa gana paulatinamente en profundidad y extensión, hasta que se restablece el equilibrio del terreno dislocado. Esta fase es de larga duración y provoca grandes depresiones en el terreno que afectan a los edificios y desecan los campos. Las zonas más peligrosas para la estabilidad de los edificios son los bordes de la artesa, zona donde pierden la verticalidad (no así en la base de la misma).

Las medidas a tomar para evitar éstos daños corresponden a la dirección de la mina. El **responsable de la topografía** debe fijar el límite de la zona posiblemente afectada por una explotación subterránea, así como delimitar en el interior los macizos de protección de fincas rústicas o urbanas, y también los macizos de protección de algunas labores mineras, como pueden ser los pozos verticales (de extracción o de servicios).

Para efectuar este trabajo se puede utilizar una tabla en la que la única entrada o argumento es el ángulo de inclinación de la capa, que nos da el valor de los ángulos límites del terreno afectado, siendo \hat{A} el que forma con la horizontal el límite que parte del punto más alto de la explotación y B el del más bajo (Fig. 7).

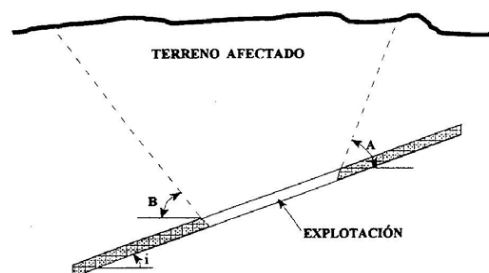


Fig.7 limite horizontal de explotación, terreno afectado



Se siguen las mismas reglas cuando se aplica esta tabla a los macizos de protección, teniendo en cuenta que debemos considerar en este caso dos explotaciones (la parte más baja de una y la más alta de otra), límites del macizo (Fig.8).

Para el control de las deformaciones producidas en la superficie se situarán varios

puntos perfectamente definidos por sus coordenadas XY, obtenidas por métodos de precisión, y su Z resultante de una nivelación geométrica de precisión. Efectuando observaciones periódicas de estos puntos podremos deducir los desplazamientos en X e Y; y los hundimientos en Z.

*“Para finalizar este capítulo se debe hacer una referencia a la **responsabilidad del topógrafo** en la realización de todos estos trabajos, que podríamos resumir así: control de la verticalidad en la excavación y revestimiento de los pozos, en la dirección y pendiente de las galerías y rampas, en las complejas estructuras de la explotación, en la toma de avances, en evitar las intrusiones, e incluso en los controles en la superficie afectada por la explotación.”*

6. CONDICIONES QUE HAN DE REUNIR LOS INSTRUMENTOS

Al trabajar en ausencia de luz solar se hace preciso utilizar instrumentos con iluminación eléctrica, esto no es un inconveniente porque a los buenos teodolitos y taquímetros, que hoy se fabrican, se les puede adaptar circuitos eléctricos, alimentados por pilas o acumuladores, que alumbran al retículo y a los limbos; también los mineros suelen utilizar lámparas especiales colocadas en el casco que protege la cabeza, que les alumbran sin dificultar sus movimientos, y que muy bien pueden ser de utilidad en topografía subterránea.

Muchas veces en topografía subterránea no podrán estacionarse los aparatos sobre trípodes, debido al poco espacio de las galerías; para estos casos se fabrican instrumentos especiales que se utilizan suspendidos del techo o de las paredes, en donde suelen colocarse las señales en vez de hacerlo en el suelo.



Fig.8 limite horizontal de explotación, terreno protegido



7. TOPOGRAFIA SUBTERRÁNEA

7.1 TRANSMISIÓN DE LA PLANIMETRÍA

Consistirá en trasladar al menos dos puntos, uno de los cuales sea de coordenadas (X, Y) conocidas y defina con el segundo una línea de acimut conocido. La precisión en la transmisión del punto de coordenadas conocidas dependerá de las necesidades impuestas por el tipo de trabajo a realizar y también del método utilizado. No obstante, la imprecisión obtenida se mantendrá como valor constante en la prolongación de los itinerarios interiores del túnel o de la mina, es decir, que no tendrá trascendencia en el levantamiento. No ocurrirá lo mismo en la transmisión del acimut, ya que un error o una precisión inferior a la exigida provocará un giro en el itinerario interior y el error cometido irá aumentando progresivamente hasta el final de dicho itinerario.

La transmisión del punto de coordenadas conocidas se suele efectuar dentro de las operaciones de transmisión del acimut, por lo que nos iremos refiriendo a esta fase en cada uno de los métodos de transmisión del acimut que a continuación se describen.

La transmisión de (acimut es la operación más delicada y en la que deben extremarse al máximo las precauciones; como ya se ha comentado, un error en el acimut de partida imprime un giro a todo el itinerario, circunstancia posible de subsanar cuando el itinerario vaya encuadrado entre dos puntos conocidos. Pero si el itinerario fuese cerrado, por no haber más que una sola comunicación con el exterior, no habría medio de comprobar el giro. Este defecto puede tener muy graves consecuencias en el caso de replanteos: si se trata de las galerías de una mina y el error es grande puede conducir a litigios por invadir alguna concesión colindante; si se trata del replanteo de túneles, los cuales se suelen excavar desde las dos bocas para encontrarse en el centro, un error provocaría un encuentro defectuoso o, peor aún, si el error es grande, podría ocurrir que ambos túneles se cruzasen.

7.1.1 Comunicación directa:

Cuando la transmisión del acimut se realiza por rampas o pozos inclinados, o como en el caso de túneles, por las bocas, o incluso por escaleras como en el del Metro, esta operación no ofrece grandes dificultades ya que se reduce a la simple prolongación de los itinerarios exteriores al interior, con un mayor o menor número de tramos según el caso.

7.1.2 Comunicación por un pozo:

Si la transmisión del acimut al interior de un túnel se lleva a cabo por pozos intermedios, o si se trata de orientar las labores mineras correspondientes a las diferentes plantas de un pozo vertical, el problema se complica y, según los medios de los que se disponga o de la precisión que se necesite, se le puede dar diferentes soluciones. Los métodos usuales para la transmisión del acimut son los siguientes: *Por medio de plomadas, Con taquímetro o teodolito, Con rayo láser, Con brújulas o declinatorias, Por métodos giroscópicos.*



a) *Por medio de plomadas*

a.1. con plomadas de gravedad

Son plomadas de gran peso que penden de un hilo de acero o de invar de 1 o 2 mm. de diámetro y de hasta 1.000 m de longitud. El hilo va enrollado en un tomo que dispone de freno para evitar un descenso muy rápido y para detenerlo en el momento que convenga.

Del extremo del hilo pende una plomada cuya misión es la de tensar dicho hilo. El peso de la plomada es proporcional a la profundidad del pozo, oscilando entre 15 Kg para profundidades de 100 m y 100 Kg para profundidades de 1.000 m (sólo alcanzables en explotaciones mineras).

Es el método clásico, aunque tiene el inconveniente de ser de realización lenta; consiste en utilizar dos plomadas que señalen un plano vertical cuyo acimut se determina desde el exterior y trasladarlo después al interior del túnel o galería mediante la observación de los hilos por medio del teodolito.

Para ello desde el punto V, punto de la red exterior más próximo a la boca del pozo, replanteamos la alineación VAB, siendo A y B dos poleas que alineamos desde V y por las que se hará pasar el hilo de las plomadas (Fig.9). Desde V visaremos a otro punto de la red exterior y mediremos el ángulo en V por lo que la alineación VAB será de acimut conocido. También mediremos la distancia VA, con lo que obtendremos las coordenadas de A.

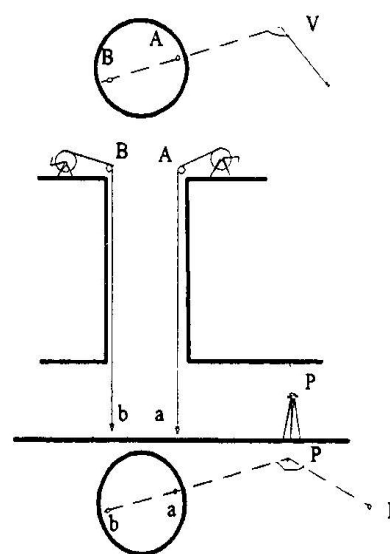


Fig. 9 ploma de gravedad

a.1.1. Alineándose

- Colocando el teodolito en la alineación por tanteos Como se intuye por el título, colocándose el aparatista en línea con las plomadas, se estaciona el aparato en un punto aproximado. A continuación, se visa a los hilos de las plomadas, observando cómo al enfocar a uno queda desenfocado el otro; es lo más probable que en un primer intento no se vean los hilos de las dos plomadas alineados, por lo tanto, debe moverse el teodolito desplazándolo sobre la plataforma nivelante. Esta operación se repetirá tantas veces como sea necesario hasta conseguirlo (fig.10).

Calculando el desplazamiento necesario para conseguir la alineación en (1) Sean P y P' las dos plomadas y M' la posición del taquímetro en una primera aproximación. Si

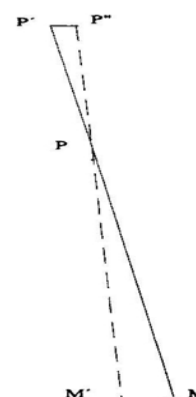


Fig. 10 M, posición real del taquímetro



M es la posición correcta de éste, y P'' es la prolongación de la alineación M' P a la altura de P', por triángulos semejantes, podemos decir que:

$$M'M = \frac{P'P'' \times PM'}{PP'} \dots 1$$

a.2. Con plomadas ópticas

Cuando la profundidad del pozo no excede de 200 m, se opta por utilizar plomadas ópticas de gran precisión o anteojos cenit-nadir. Son aparatos que, montados sobre la misma base nivelante del teodolito, son capaces de transmitir una visual al cenit, al nadir, o a ambas direcciones. La precisión obtenida varía entre 1 mm. a 30m hasta 1 mm. a 100 m en los más sofisticados.

b) USO DEL TEODOLITO O TAQUÍMETRO

Este método sólo es aplicable al caso de pozos poco profundos y de gran diámetro. Por lo que respecta a la profundidad podemos resumir diciendo que hasta 100 m de profundidad las visuales ópticas son buenas, entre 100 y 200 m empiezan a ser regulares, y a partir de esta profundidad se producen altas vibraciones y mala calidad en las imágenes.

El fundamento del método es el mismo que en el caso anterior, con la diferencia de que el plano vertical se materializa con el teodolito, en lugar de utilizar las plomadas, de la siguiente manera:

b.1. Estacionando el teodolito en el exterior

El aparato empleado debe estar equipado con accesorios que le permitan efectuar visuales al nadir (ocular acodados, ocular para visual inclinada, prisma ocular...). Antiguamente se fabricaban teodolitos con antejo excéntrico, lo que permitía efectuar este tipo de visuales leyendo el limbo en las dos posiciones del antejo y calculando el promedio. Actualmente están en desuso.



Con el teodolito clásico la forma de operar es la siguiente: en la boca del pozo se construye un andamio para el teodolito, y una plataforma independiente para el operador, montando el trípode de manera que no estorbe a la realización de las visuales nadirales.

Siendo conocido el punto de estación y visando a otro también conocido, se define la alineación que queremos trasladar al interior.

Cabeceando el anteojo en dirección al nadir, bajo las indicaciones del operador, unos ayudantes tienden en el fondo un hilo metálico tenso y cuyos extremos puedan desplazarse, haciéndolo coincidir, en la mayor extensión posible, con el hilo vertical del retículo; en esta posición se señalan unos puntos M y N simétricos con respecto al eje principal del aparato (fig. 11).

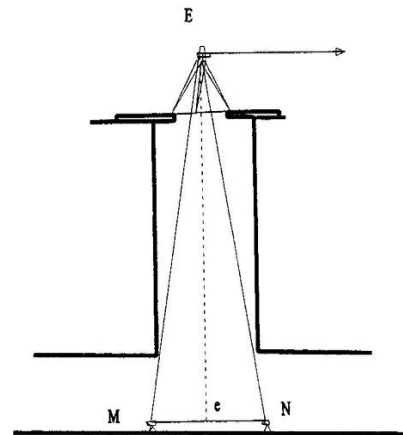


Fig. 11 estacionamiento del teodolito en el exterior

De esta manera hemos conseguido materializar en el fondo del pozo una alineación MN de acimut conocido y cuyo punto medio es de coordenadas conocidas.

b.2. Estacionando el teodolito en el fondo

También en este caso, el teodolito debe ir equipado con elementos que le permitan efectuar visuales cenitales. Estacionando el teodolito en el interior del pozo (fig. 12), dirigiremos la visual al primer punto de nuestro itinerario interior (P) y después señalaremos por tanteos en la superficie los puntos M y N en el plano vertical que contenga a la visual a P. Enlazando los puntos M y N con la red exterior, obtendremos el acimut

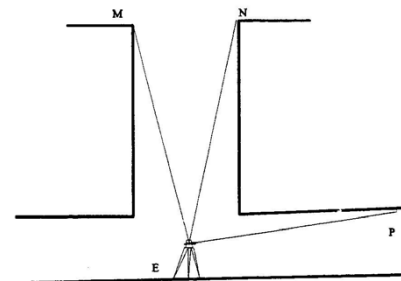


Fig. 12 estacionamiento de teodolito en el fondo



b.3. Utilizando el prisma pentagonal

El prisma pentagonal es un accesorio que se acopla en el objetivo del teodolito. Un contrapeso se coloca en el extremo del ocular. La montura del prisma puede girar por sí misma, y esta rotación hace describir al eje de puntería un plano perpendicular al eje óptico del anteojo.

Su principal utilización es la del traslado de una dirección dada a otro nivel. Para conseguir lo anteriormente expuesto se procederá de la siguiente manera:

Primeramente, se construirá un andamiaje en la boca del pozo sobre el que se pueda estacionar el teodolito y que no dificulte la observación del fondo. También se construirá una plataforma independiente para el operador. Sea "E" el punto de coordenadas conocidas sobre el que se estaciona el aparato, y "P" un punto de la red exterior, también de coordenadas conocidas (por lo tanto, la alineación EP será de acimut conocido (fig. 13)

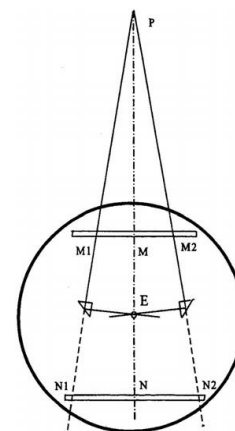


Fig. 13 estacionamiento de teodolito en el fondo

c) USO DEL RAYO LÁSER

El rayo láser materializa una visual que puede ser interceptada por una pantalla definiendo un punto, normalmente de color rojo. La aplicación del rayo láser en el campo de la topografía es cada vez mayor. Describiremos las características del rayo en el siguiente capítulo ("Replanteo de túneles") ya que es donde su aplicación facilita una gran serie de operaciones topográficas.

Una de las presentaciones comerciales consiste en un productor de rayos láser que unido al ocular de algunos aparatos topográficos por medio de un cordón metálico flexible, consigue transmitir el haz láser en coincidencia con el eje de colimación del aparato. Este ocular láser permite materializar en el espacio cualquier dirección.

Si disponemos de un teodolito con ocular de rayos láser, la forma de operar será idéntica a la descrita para teodolito o taquímetro, con la ventaja de que puede utilizarse a mayor profundidad y de que la materialización de la señal, tanto si operamos desde el exterior como si lo hacemos desde el interior, es directa. Si es a una plomada óptica de precisión o a un anteojo cenit-nadir a los que se les acopla el ocular láser, las ventajas serán las mismas.

d) USO DE BRÚJULAS Y DECLINATORIAS

Debido a las perturbaciones magnéticas provocadas por los soportes metálicos, las líneas eléctricas, la mecanización de las explotaciones, los carriles de hierro, el uso de la brújula tiende a desaparecer. Sólo si las circunstancias lo permiten, la usaremos, ya que es el método más sencillo y cómodo para determinar el acimut.



El instrumento está formado, en general, por una brújula circular de anteojo céntrico, o bien excéntrico. El anteojo excéntrico permite hacer visuales nadirales y cenitales; el error debido a la excentricidad del anteojo se compensa visando al punto en las dos posiciones y anotando la lectura media.

Las brújulas, aun las más perfectas, no son instrumentos de precisión, pues su apreciación máxima es de 10 mts. Más precisos son los taquímetros con declinatoria, accesorio que se atornilla en el montante del teodolito y que permite la orientación del círculo horizontal hacia el norte magnético. Si la declinatoria lleva acodados los extremos de la aguja, de manera que se percibe la superposición de ambos, se puede conseguir una precisión de 5 mts.

e) TEODOLITOS GIROSCÓPICOS:

El giroscopio es un aparato ideado por Foucault en 1852, como demostración de la posibilidad de indicar la dirección de la meridiana y obtener la latitud de un lugar, sin necesidad de efectuar observación astronómica alguna.

Consta el giroscopio (fig. 14) de una masa pesada P, o volante, a la que se imprime un rapidísimo movimiento de rotación alrededor de un eje A B, sujeto por una suspensión cardan, en la que C D y E F son los ejes de giro, perpendiculares entre sí, que permiten al eje A B del giroscopio ocupar libremente cualquier posición. El centro de gravedad del sistema ha de coincidir con el punto de intersección de los tres ejes, con lo que el cuerpo tiene un solo punto fijo y queda sustraído de la acción de la gravedad.

La inercia derivada del rápido movimiento de la masa pesada P, hace que la posición de partida del eje de giro A B se mantenga inalterable mientras no haya causas externas que la obliguen a cambiar de posición, para lo que se precisa hacer un esfuerzo.

Al apoyar el giroscopio sobre la tierra, el movimiento de rotación de ésta actúa, como fuerza perturbadora de la posición inicial del eje A B y le obliga a describir una superficie cónica de revolución (movimiento de precesión) alrededor de la paralela al eje de la Tierra, trazada desde el centro del giroscopio.

Hoy existen varios teodolitos giroscópicos y entre ellos el GAK-1 de la casa Wild (fig. 15), de sólo 1,8 Kg. de peso, adaptable como un accesorio a los teodolitos T 16, T 1-A y T 2 de la misma casa; el aparato descansa sobre los apoyos de la alidada del teodolito, sin impedir al anteojo dar la vuelta de campana, permitiendo, por tanto, usar el teodolito sin obstáculo, aunque tenga el giroscopio superpuesto

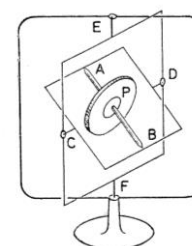


Fig. 14 esquema de un giroscopio

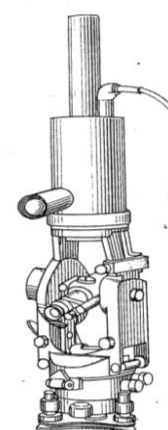


Fig. 15 Giroscopio GAK-1, de Wild sobre el teodolito T-16



La parte fundamental del aparato (fig. 16) es un giro-motor alimentado por una batería con un convertidor de frecuencias, que hace girar al rotor a razón de 22.000 revoluciones por minuto.

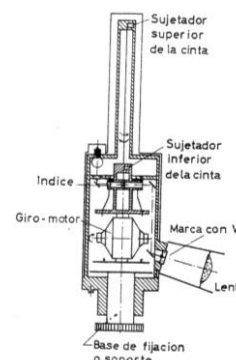


Fig. 16 sección del giróscopo GAK-I, de Wild

8. TRANSMISIÓN DE LA ALTIMETRÍA

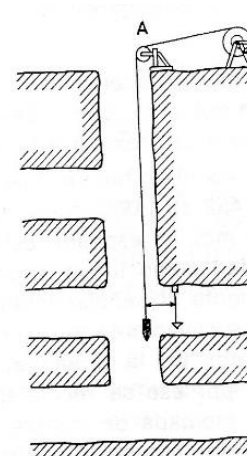
El enlace de la red exterior con la interior, para transmitir a ésta los datos topográficos obtenidos en la superficie, no ofrece dificultad en el caso de túneles o de comunicación por rampas o escaleras como en el Metro de las grandes ciudades; en estos casos el enlace es directo, prolongando en el interior los itinerarios exteriores.

No ocurre lo mismo en el caso de minas en que la comunicación es por pozos, entonces han de enlazarse por ellos los trabajos exteriores con los interiores, a estos últimos habrá que darles unos puntos de apoyo, situados en las galerías, generalmente en el techo o en las paredes, inmediatos al pozo; señalados estos puntos, los trabajos de enlace constan de tres operaciones:

- Obtener las coordenadas de estos puntos de apoyo arrastradas desde la superficie.
- Medir su profundidad para obtener su cota
- Transmitir los acimuts al interior de las galerías.

8.1 PUNTOS DE APOYO

Establece la señal, generalmente en la pared de la galería que ha de servir de apoyo a los trabajos posteriores, señalaremos en el pozo, frente a ella, la vertical que pase por un punto exterior A (fig. 17) de coordenadas conocidas por enlace con la red exterior, todos los puntos de esta vertical tendrán las mismas coordenadas y de ella se transmiten al punto de apoyo por acimut y distancia, después de haber obtenido el primero como se indica más adelante.



(Fig. 17) transmisión de coordenadas al interior de una mina



8.2 MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS:

Para esta operación se usan plomadas (fig. 18) de gran peso, 15 a 20 Kg. y aún más, pendientes de un hilo de acero o de invar de 1 a 2 mm. de diámetro y hasta de 1.000 m. de longitud; el hilo va enrollado en un torno, provisto de un freno para evitar un descenso demasiado rápido de la plomada y para detenerlo en el momento que convenga.

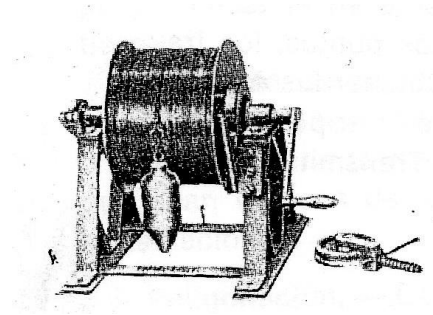


fig. 18 plomada fennel, para pozos de mina

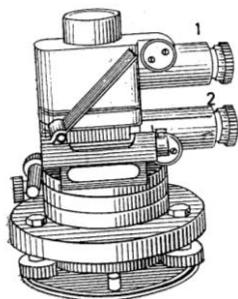
8.3 MÉTODOS ÓPTICOS:

En los métodos ópticos utilizaremos teodolito o con anteojos cenit-nadir o plomadas ópticas de precisión.

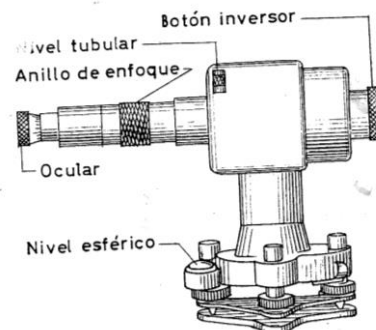
El teodolito puede usarse en la superficie o en el fondo; en el primer caso se precisan teodolitos susceptibles de dirigir visuales nadirales, lo que no es frecuente; pueden utilizarse teodolitos con antejo excéntrico, dirigiendo la visual en las dos posiciones, hallando el promedio. Con el teodolito en el fondo es posible dirigir visuales cenitales utilizando oculares acodados.

Más precisos que los teodolitos son los anteojos cenit-nadir, o las plomadas ópticas de precisión, compuesto el primero por un sólo antejo horizontal (fig. 19) que mediante un botón dirige la visual a uno u otro lado de la vertical, o por dos anteojos independientes para visuales al cenit o al nadir, respectivamente (fig. 20).

Con este último aparato se obtiene la vertical con una precisión de $\pm 2''$, error que aún puede reducirse utilizando niveles especiales de coincidencia; con este aparato se cometen errores de uno o dos milímetros en cien metros



(Fig.19) antejo wild cenit-nadir



(Fig.20) plomada óptica kern de precisión: 1, antejo cenital; 2, antejo nadiral.



9. MEDIDAS DE LA PROFUNDIDAD

La medida de la profundidad de los pozos, bien hasta el fondo o hasta los puntos de apoyo en los distintos pisos de galerías, no es fácil efectuarla con exactitud; utilizando la cinta graduada, se comete un error relativo no inferior a 1 :1.000, como consecuencia del alargamiento debido a la elasticidad, provocado por el peso de la plomada y el de la propia cinta, por lo que, a la lectura obtenida, habrá que darla una corrección que nunca puede ser exacta.

9.1 CÁLCULO DE LA CORRECCIÓN

La corrección ΔL que hemos de dar a la lectura directa L de la cinta, ha de ser aditiva ya que, al alargarse las divisiones grabadas, entrará en la medida menor número del que hubiera correspondido de conservar su dimensión normal. Calcularemos la corrección obteniendo primero el alargamiento que se hubiese originado de actuar tan solo el peso de la plomada y después el causado por el propio peso de la cinta; la suma de ámbas será la corrección buscada.

Corrección debida al peso de la plomada: El peso P de la plomada provocará un estiramiento directamente proporcional a su peso P y a la longitud L de la cinta, e inversamente proporcional a la sección S ; por tanto, el alargamiento vendrá dado por la siguiente fórmula (2):

$$\Delta L = K \left(\frac{PL}{S} \right), \dots \quad (2)$$

El término K es un coeficiente que depende del metal empleado y que da el fabricante; para una cinta de acero puede aceptarse, aproximadamente: $K = 1/1000$,

Corrección debida al peso de la cinta: El estiramiento de la cinta, por esta causa, no será uniforme como en el caso anterior, si la cinta la suponemos dividida en segmentos iguales de l milímetros de longitud, siendo l lo suficientemente pequeño para poder admitir que el estiramiento es uniforme en cada tramo, resultará que estando la cinta pendiente y vertical, el estiramiento sería nulo en el primer segmento, el segundo se estirará en virtud del peso del primero y el que ocupe el lugar n experimentaría el alargamiento correspondiente a los $n - 1$ que hay debajo.

Según esto, calculemos el alargamiento de un segmento cualquiera con independencia de los demás, por ejemplo, el que ocupa el lugar de n

El peso de cada segmento será el peso p , expresado en kilogramos, de un milímetro de cinta, por la longitud l del segmento; por tanto, el peso de los $n-1$ segmento que penden del que ocupa el lugar de n será $p.l(n-1)$ y aplicando la fórmula (3) tendremos el estiramiento del segmento n :

$$\Delta l_n = k \frac{p \cdot l^2(n-1)}{s}, \dots \quad (3)$$



El estiramiento total de la cinta será la suma de los estiramientos parciales de cada segmento, por lo que dando a n los valores 2, 3, ..., n y sumando las expresiones tendremos como alargamiento total:

$$\Delta l_2 = k \frac{p \cdot l^2}{s} (1 + 2 \dots + (n - 1)) = k \frac{p \cdot l^2}{s} \frac{n(n - 1)}{2}; \dots (4)$$

Teniendo en cuenta que l_n es la longitud total de la cinta antes del alargamiento, que designaremos por L , tendremos:

$$\Delta l_2 = k \frac{p}{2s} \left(L^2 - \frac{L^2}{n} \right); \dots (5)$$

Si ahora hacemos que la longitud l de los segmentos tienda hacia cero, en número n tenderá a ∞ y en un límite obteniendo la formula (6):

$$\Delta l_2 = k \frac{p \cdot L^2}{2s}, \dots (6)$$

9.2 MÉTODO DE FIRMINY:

La corrección obtenida por cálculo sólo puede reputarse como aproximada, ya que el coeficiente K de elasticidad, dado por el fabricante, no podrá ser uniforme a lo largo de la cinta y dependerá de las condiciones de fabricación, del laminado y del estirado, que nunca será homogéneos.

cuando se requiera un mayor rigor en la medida, puede usarse el método de Firminy que consiste en medir el hilo ya estirado, método que, aunque también erróneo, es mucho más exacto que el anterior.

En vez de cinta graduada puede usarse un hilo sin graduar, preferentemente de invar, de 1,5 mm. de diámetro, enrollado en un tambor como el de la (fig. 21); el hilo se hace pasar por una polea situada en la embocadura del pozo (fig. 9) y entre el tambor y la polea se coloca una regla R de 5 ó de 10 m., susceptible de deslizarse longitudinalmente y de medir el desplazamiento con la mayor precisión posible.

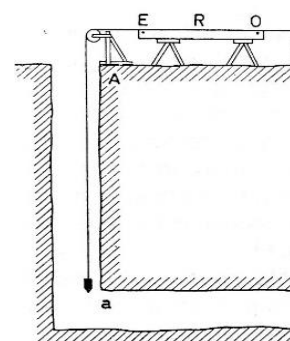


Fig.21 método de firminy para medir grandes profundidades.

Colocando la plomada al nivel del punto superior A de cota conocida, se aprisionará el hilo en su enrase con el origen O de la regla, por medio de una pinza, se accionará después el torno hasta que la pinza enrase con el extremo E de la regla; la plomada, en tal caso, habrá descendido 5 m. si la regla era de esta longitud.

El enrase con E nunca puede ser preciso manipulando el torno, por lo que



desplazaremos la regla hasta conseguirlo y los cinco metros medidos habrá que corregirlos en este desplazamiento.

Enrasando E con la pinza y situando otra en O, mediremos otros cinco metros y la plomada los descenderá cuando la pinza de O enrarse con E, introduciéndose una nueva corrección como en el caso anterior.

Así continuaremos hasta que la plomada enrarse con el punto a inferior y la profundidad medida será de tantas veces la longitud de la regla como tramos hayamos medido más la suma algebraica de las correcciones obtenidas, más el último tramo parcial medido con una regla de mano.

Al medir el hilo ya estirado por el peso de la plomada y del hilo pendiente, no se precisa introducir corrección alguna por este motivo; sin embargo, también se comete error, si bien es insignificante, procedente de no tener en cuenta el estiramiento producido por el peso de los cinco metros de hilo medidos horizontalmente.

10. TRABAJOS EN EL INTERIOR

10.1 ITINERARIO PRINCIPAL:

La ejecución de la red de itinerarios principales, no difiere en teoría de la que se realiza para los itinerarios de superficie, pero en la práctica existen ciertas peculiaridades que conviene estudiar.

10.1.1 Señalización:

Para materializar los vértices de la poligonal se emplean unos clavos especiales que se incrustan generalmente en la pared o en el techo; de esta manera se protegen contra desplazamientos o daños ocasionados por el tráfico y además son fácilmente localizables.

Estos clavos pueden llevar un orificio o garganta por los que se hace pasar el hilo de una plomada. La vertical materializada por el hilo de la plomada debe coincidir tantas veces como sea colocada ésta.

Los vértices se pintan, se numeran y se reseñan para evitar confusiones y facilitar su localización.

El centrado de los aparatos ha de ser perfecto ya que los ejes de los itinerarios suelen ser muy cortos, sobre todo en minería (decenas de metros), por lo que el error de dirección puede ser inadmisibles incluso con excentricidades imperceptibles.

10.1.2 Instrumentos:

Antiguamente se distinguían los teodolitos empleados en el interior de la mina de los usados en el exterior por su pequeño tamaño y porque los limbos iban protegidos del polvo y de la humedad.

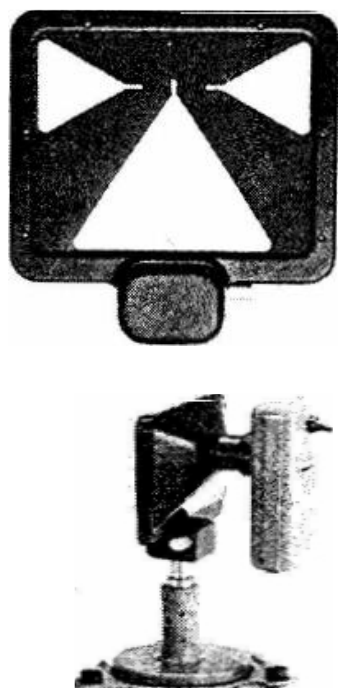
Hoy en día los teodolitos que hay en el mercado sirven igual para el interior que para el exterior por ser blindados y protegidos con pinturas especiales a base de siliconas para evitar la corrosión. Además, están dispuestos para que se les incorpore el equipo de iluminación de retículo y limbos.

La apreciación angular debe ser por al menos del medio minuto centesimal si se trata de un levantamiento para toma de avances en minería o similar; tampoco es



necesario que sea superior, dado el error de dirección que ha de cometerse. Pero para trabajos subterráneos de precisión, como levantamientos de comprobación y para el control de las deformaciones, el teodolito de 1s resulta el más apropiado.

Para anular el error de dirección algunas casas de aparatos suministran equipos de poligonación que consisten en un juego compuesto de un teodolito, tres trípodes y dos señales que se fijan al trípode por una plataforma con tornillos nivel antes, idéntica a la del teodolito. Las señales son translúcidas y también llevan incorporados equipos de iluminación



- Señales de puntería de precisión para mediciones de ángulo de gran exactitud a corta distancia.
- Figura de puntería para puntería óptima.
- Iluminable con reflector de iluminación e iluminación atornillable.
- Reflector con iluminación atornillable, fijación sobre la señal de puntería GZT1.
- Resistente a las inclemencias del tiempo.
- Duración en servicio con baterías alcalinas, unas 8 horas.

10.1.3 Estacionamientos singulares:

La única diferencia con el exterior a la hora de poner en estación el teodolito es que el eje general de éste se centra por arriba, ya que generalmente la señal se habrá materializado en el techo.

Cuando se centra el teodolito debajo de una plomada suspendida del techo el anteojo debe tener una marca des centro en la parte superior. Cuando se usa esa marca el centrado del instrumento será correcto sólo si el aparato está bien nivelado y el anteojo horizontal, en esta posición, girando la alidada alrededor del eje principal la plomada debe permanecer sobre la marca (fig. 22). Aplicando esta regla es fácil materializar la señal si no la llevase. No obstante,



Fig.22 estacionamiento singular de la estación del teodolito



existe el visor cenital, accesorio del teodolito, que montado sobre el anteojo actúa como una plomada óptica dirigida hacia el cenit.

Sin embargo, cuando el levantamiento requiere mayor precisión, son recomendables las plomadas ópticas cenit-nadir colocadas en el mismo trípode y base nivelante que ha de sustentar el aparato o las tablillas del equipo de poligonación.

Según indicamos antes, no siempre podrán utilizarse trípodes, debido principalmente a que muchas veces impedirían el tránsito de vagonetas y maquinaria, quedando interrumpidos los trabajos de excavación o de extracción.

En estos casos están indicados los taquímetros o teodolitos suspendidos de un brazo que ha de clavarse en la pared. El equipo consta de 10 brazos normales de suspensión y de dos señales plomada que se sitúan en el brazo anterior y en el siguiente al que soporta el taquímetro, el hilo de la plomada queda situado exactamente en la posición que ocupaba o que ha de ocupar, respectivamente el eje vertical del instrumento, con lo que se anula el error de dirección del mismo modo que con el equipo de poligonación. (fig.23)



Fig.23 Brazo de soporte ploma, como referencia para el teodolito

10.1.4 Métodos topográficos:

Como en todo itinerario se reducen los métodos a la medida de los ángulos y de los ejes. Respecto a la medida de los ángulos, las lecturas acimutales conviene hacerlas con el instrumento orientado como en cualquier itinerario, con la ventaja de poder conocer el error de cierre inmediatamente en un itinerario cerrado.

Para la medida de los ejes en general se utilizan métodos directos, con cinta si los tramos son de corta longitud, o con distanciómetros de mayor o menor precisión según las necesidades. Siempre que sea posible el itinerario tiene que ir encuadrado entre dos puntos de apoyo (fig.24). En el caso de existir una sola comunicación con el exterior, el itinerario debe ser cerrado.

En estos itinerarios de ida y vuelta, será aconsejable que en el regreso se utilicen distintas estaciones que en la ida. Debido a la dificultad que esto supone, aunque nunca sea recomendable, entra en lo posible estacionar en los mismos puntos a la ida y a la vuelta: aún sería peor el efectuar simultáneamente el itinerario de ida y de regreso midiendo dos veces consecutivas los ángulos y las distancias; pero lo que nunca será admisible es dejar el itinerario colgado sin ningún cierre



Fig.24 medida de ángulos bajo un eje

10.2 ITINERARIOS SECUNDARIOS

En el caso de ramificaciones de las galerías será preciso recurrir a los itinerarios secundarios, que se apoyarán en los puntos poligonométrico de los itinerarios principales.

Para el levantamiento de estas redes podrán utilizarse los mismos aparatos que se usaron en el itinerario principal. Sin embargo, en minería, en las estrechas ramificaciones de galerías, son más usuales las brújulas ligeras suspendidas de un hilo denominadas brújulas de minero.

Para su empleo es preciso materializar el itinerario por medio de un hilo tenso que pase por el orificio de las señales clavadas en la pared, de este modo cada tramo del hilo representa un eje del itinerario.

La brújula va montada sobre un sistema Cardan que garantiza su horizontalidad. Colgándola en el centro de cada tramo obtendremos su rumbo y, corregido de la declinación nos dará el acimut. Es conveniente que la última alineación del itinerario principal sea la primera de la brújula colgada, ya que la repetición de la medida angular nos sirve para declinar la brújula.

Puesto que las brújulas suelen estar divididas en medios grados, obtendremos el cuarto de grado de apreciación si tomamos la media de las lecturas leídas con los dos extremos de la aguja imantada (Fig. 25).

La medida de los ejes se efectuará con cinta metálica, y hallaremos la distancia entre los hilos de las plomadas, utilizando el método de resaltos horizontales o banqueo: se materializarán los tramos con plomadas suspendidas de los clavos, se tenderá la cinta entre los hilos de éstas y se percibirá la horizontalidad por obtener, en esta posición, la lectura mínima.



Fig.25 brújula colgante para estaciones alternas



El itinerario así levantado equivale al que conocemos con el nombre de estaciones alternas, puesto que el rumbo de cada eje lo determinamos una sola vez, por eso es inexcusable repetir el itinerario en sentido inverso.

Una buena norma para trabajar es obtener dos veces el rumbo de cada eje, tanto en el itinerario de ida como en el de vuelta. Para ello colocaremos la brújula en los dos extremos de la cuerda, de este modo, no sólo tendremos mayor precisión hallando el promedio de los dos rumbos, sino que localizaremos cualquier perturbación magnética que pudiera existir.

1. TRABAJO REALIZADO

APLICACIÓN DEL DISTOX PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO SUBTERRÁNEO DE LABORES ANGOSTAS EN LA U.P. CARAHUACRA – VOLCAN CIA. MINERA

La topografía subterránea es necesaria para el desarrollo de la actividad minera en sus diferentes etapas como prospección, exploración, desarrollo y explotación. Los levantamientos topográficos subterráneos van enlazados a los de superficie. La topografía subterránea tiene diversos objetivos como:

- Realizar transferencia de coordenadas hacia el interior desde la superficie. Se realiza poligonales a todo sector de la mina para prevenir futuros problemas.
- Controlar y verificar las direcciones y gradientes de las labores. Control que se realiza diariamente para cumplir con los objetivos trazados y que el proyecto se efectúe sin problemas.
- Efectuar levantamiento de actualizaciones del trabajo cotidiano de la mina tanto para información geológica (fig.26), como para el departamento de ingeniería que en base a los datos se realizan los proyectos futuros, así como para las operaciones de Mina que a diario revisan los avances para tomar las decisiones del caso. En si los planos son la base fundamental de los trabajos, los de servicio (ventilación, relleno, eléctricos, mecánicos, etc.), planifican los trabajos en base a los datos otorgados por el departamento de Ingeniería.
- Realizar cubriciones y mediciones de avances de labores cada fin de periodo para poder evaluar la producción de mina.
- Llevar controles de estándares en cuanto a sostenimiento. (Informe topografía automatizada, pág. 26 – Ángeles, Rubén 2007).

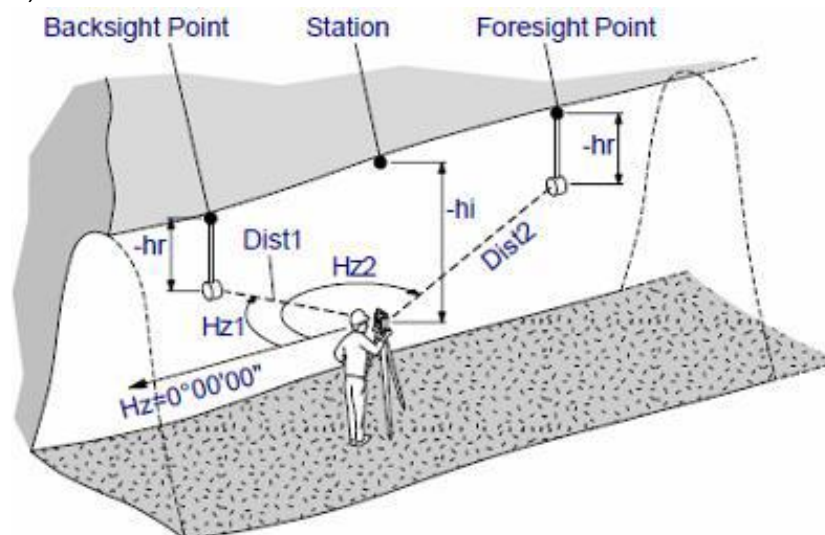


Fig.26 Personal realizando trabajos de topografía de mina subterránea. Manual de instrucción leica tps 400, pag 17 – leicageosystems



Equipos y Programas Informáticos utilizados en Levantamiento Topográfico con Aplicación del DistoX.

Hardware de Recolección de Datos Topográficos

Son equipos sofisticados que nos ayudaran para la recolección de datos como colectora de datos digital y medición de distancias

- **PDA**

Del inglés **Personal Digital Assistant** (Asistente Digital Personal), es un computador de mano originalmente diseñado como agenda electrónica (calendario, lista de contactos, bloc de notas y recordatorios) con un sistema de reconocimiento de escritura. Hoy en día (2011) estos dispositivos, pueden realizar muchas de las funciones que hace una computadora de escritorio (ver películas, crear documentos, juegos, correo electrónico, navegar por Internet, reproducir archivos de audio, etc.) pero con la ventaja de ser portátil.

- **Usos de los PDA**

Los PDA son usados para almacenar información que puede ser consultada a cualquier hora y en cualquier lugar. Por lo general, estos dispositivos son utilizados de manera doméstica, sin embargo, también se pueden encontrar en otros campos como la aplicación en automóviles para poder utilizar el GPS, en usos médicos y educativos para llevar biblioteca portátil, en ingeniería para colector de datos, visualización de hojas de cálculo, entre otros.

- **Sistemas operativos y equipos**

- Hoy en día tenemos los siguientes sistemas operativos y equipos competidores: Dispositivos con Android, Sistema operativo de Google, basado en el núcleo Linux, utilizado por HTC y actualmente Motorola entre otros.
- Dispositivos con Windows Mobile, Sistema operativo usado principalmente por los equipos HTC.
- Dispositivos con iPhone OS actualmente iOS4, son los nuevos y revolucionarios dispositivos de Apple.
- Dispositivos Palm OS, hoy en día mantenido casi en solitario por Palm.
- Dispositivos Pocket PC con HP como líder de fabricantes acompañado por otras empresas de informática como Dell o Hacer

Pocket pc





- **DistoX**

- a. Distanciómetro o cinta laser**

- Equipos para determinar la distancia con precisión sin contacto por medio de rayo láser, resultan atractivos por su fácil manejo generalmente se emplean en: sector industrial y especialmente en las actividades relacionadas con la Ingeniería. Estos aparatos son capaces de determinar la superficie, el volumen o incluso la altura de manera directa en su display.

- b. Distanciómetro Leica Disto A3**

- Es el metro láser más pequeño del mundo y resulta muy fácil de usar. El Disto A3 Leica es el instrumento ideal para profesionales de oficios de obra y muchos otros especialistas de la medición. El distanciómetro DISTO A3 mide distancias, con una sola mano, desde 0.05 m hasta 100 m. Y, a diferencia de los sistemas de medición convencionales, la lite es compacto y transportable. Para medir distancias, superficies y volúmenes cómoda y rápidamente y con una precisión de ± 3 mm, incluso en lugares inaccesibles. Medición cómoda desde cualquier borde del instrumento, con calculadora incorporada, posibilidad de montaje en trípode y con indicador de alineación para marcar puntos. (11)

- c. Placa de extensión Beat Heeb**

- Placa de extensión realizada por Beat Heeb, construido en tres ejes brújula/clinómetro digital y activado por el botón igual que el medidor de distancia, en una sola medida nos da distancia, azimut y pendiente permite la transferencia de datos Bluetooth hacia un PDA, posee la capacidad de almacenar hasta 4096 lecturas.

Características de la tarjeta de extensión

- Procesador. Microprocesador PIC16F688.
- Tarjeta de memoria 24C256II -CEEPROM de 256 kb.
- Chip de apoyo.
- Sensor de aceleración. Acelerómetro D02SCA3000 para la medida de la pendiente (aceleración en los 3 ejes).
- Sensores de campo magnético. Brújula con tres sensores inductivo magnéticos conectados al 11069, un circuito integrado.
- Sistema Bluetooth. Módulo Bluetooth LMX9838.

Alimentación tomada de la fuente principal del Disto de 3,6 v y estabilizada a 3,3 v por un LP3985 regulador de voltaje.

d. DistoX

Es un dispositivo electrónico diseñado para Topógrafos de cavidades. Consiste en un medidor de distancia Leica Disto A3 con una placa de expansión incorporada. La placa amplía la funcionalidad del Disto dotándolo de un compás/clinómetro electrónico de 3-ejes y una conexión de Bluetooth para permitir la lectura sin cables de los resultados. El compás de 3-ejes permite medidas en cualquier dirección y con una orientación cualquiera del dispositivo sin pérdida de precisión. Las características



técnicas que posee este equipo son: Precisión lineal de ± 1.5 mm, precisión angular de $\pm 0.5^\circ$. (14)

➤ **Funcionalidad**

Además de las capacidades del Disto, el dispositivo proporciona las características siguientes:

- Si está encendido, la combinación compás/clinómetro mide el rumbo y la inclinación al mismo tiempo junto con la medida de distancia y muestra el resultado en el display.
- El dispositivo almacena las últimas 4000 medidas (distancia, rumbo e inclinación). Pueden ser leídos en cualquier momento con la conexión de Bluetooth. Además, los últimos 19 resultados se pueden recuperar en el dispositivo usando la tecla de memoria.
- El compás y la conexión de Bluetooth se pueden conectar y desconectar.

➤ **Funcionamiento**

En principio, el funcionamiento es igual que la de un Disto inalterado. El láser se enciende con la tecla DIST y una segunda presión de la misma tecla acciona una medición completa. CLEAR se puede utilizar para cancelar una medición pendiente. Para obtener una medición precisa, el dispositivo se debe mantener inmóvil durante 2 segundos antes de una segunda pulsación de la tecla de DIST. La tecla UNIT se utiliza para cambiar (distancia y ángulo) las unidades. Las teclas del almacenaje y de la referencia guardan su significado original. Las funciones siguientes del Disto no se deben usar cuando el compás está activo:

- La adición y la substracción de distancias.
- Los cálculos del área y del volumen.
- Mediciones de mínimo / máximo. Si alguna de estas funciones se activa accidentalmente, utilizar la tecla CLEAR para cancelarla y reiniciar la medición.

➤ **Selección de la unidad y modo de funcionamiento**

El dispositivo puede operar en uno de los siguientes modos de funcionamiento:

- Compás OFF. El dispositivo se comporta como un Disto sin modificar.
- Compás ON Bluetooth OFF. Los resultados de las distancias y ángulos se registran, pero no pueden ser transferidos.
- El compás y Bluetooth ON.

Los resultados se pueden comunicar a un dispositivo conectado. Las unidades y modos operativos se seleccionan con la tecla UNITS. La tecla se debe presionar durante 2 segundos para accionar un cambio, de otra manera sólo conmuta la iluminación de la pantalla. Cada pulsación de la tecla UNITS cambia la unidad de la distancia. Éste es el comportamiento normal del DISTO. Si se presiona la tecla UNITS cuando el punto de referencia del dispositivo se establece en la parte frontal, la unidad de medida y los ángulos cambiarán también. El sistema pasa sucesivamente por las 5 configuraciones siguientes:

- Compás OFF (ningún ángulo y ningún símbolo de Bluetooth visibles).
- Compás ON, Bluetooth OFF, ángulos en grados (ningún símbolo de Bluetooth, ángulos $^\circ$).
- Compás ON, Bluetooth OFF, ángulos en el grad (ningún símbolo de Bluetooth, ángulos con g).



- Compás ON, Bluetooth ON, ángulos en grados (símbolo de Bluetooth, ángulos en °).
- Compás ON, Bluetooth ON, ángulos en el grad (símbolo de Bluetooth, ángulos en g).

Para fijar el modo y las unidades, utilice los pasos siguientes:

- Presione la tecla “referencia de medida” y seleccionar “referencia anterior”.
- Presione (y sostenga) la tecla UNITS en varias ocasiones hasta el modo deseado de funcionamiento y unidad de ángulos deseados se seleccione. No haga caso de los cambios de la unidad de la distancia en ese momento.
- Presione la tecla de Referencia otra vez para volver al modo último.
- Continúe presionando la tecla UNITS para restaurar o para seleccionar la unidad de distancia.

Los ajustes de la unidad se hacen utilizando solamente los números en el display, no tienen ninguna influencia en los valores transmitidos.



Pantalla Distox

Ventajas del Disto X

- La rapidez de trabajo del DistoX, al obtener la medida de longitud, rumbo y pendiente con un solo clic.
- La conexión Bluetooth con los dispositivos de toma de datos (PDA con Pocket Topo), eliminándose el error accidental de posibles equivocaciones al introducir los datos manualmente.
- La reducción de instrumental en la bolsa de topo, con un solo dispositivo obtenemos todas nuestras medidas.

Inconvenientes del DistoX

- Como todo aparato electrónico de precisión es frágil y puede estropearse sin previo aviso. Evitar los golpes, aplastamientos, caídas y sobre todo al agua.
- La necesidad de calibrar cada vez que se repongan las pilas. Sin embargo, unas buenas pilas dan para trabajar muchas jornadas bajo tierra.
- Es fundamental que todos aquellos objetos que puedan interferir en las mediciones se encuentren alejados, al menos 0.5 metros, del DistoX en el momento de tomar la lectura.



SOFTWARE Y/O PROGRAMAS INFORMÁTICOS PARA PROCESAMIENTO DE DATOS TOPOGRAFICOS

Son programas especializados para topografía subterránea que trabajan bajo el sistema operativo Windows Mobile y Windows xp a mas versiones, que nos sirven de apoyo para la recolección y procesamiento de datos topográficos.

POCKET TOPO.

a. Introducción

Pocket Topo es una aplicación para procesar y almacenar los datos de topografía subterránea. Ha sido diseñada para funcionar en una PDA que utilice Windows Mobile, o en cualquier dispositivo que soporte el entorno **.Net** compacto. Por otro lado, está preparada para recibir directamente las mediciones topográficas desde un dispositivo electrónico de medida, a través de una conexión Bluetooth. Los datos pueden ser, además, introducidos manualmente, aunque la solución ideal es un dispositivo electrónico conectado.

La representación de los datos ha sido optimizada para un dispositivo electrónico con brújula triaxial y clinómetro, como el DistoX. Admite un número ilimitado de mediciones auxiliares de contorno, tomadas en direcciones arbitrarias en cada estación topográfica. Una de sus principales ventajas consiste en que permite trazar directamente en la pantalla de la PDA, sobre la marcha, el dibujo de la cavidad, pudiendo apoyarse en multitud de mediciones auxiliares para una mayor precisión.

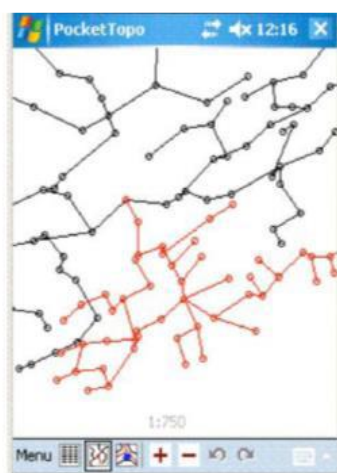
b. La interfaz de usuario

Consiste, básicamente, en una barra de herramientas que contiene el menú principal y varios botones, además de un espacio principal en el centro de la pantalla, que ofrece tres posibles vistas:

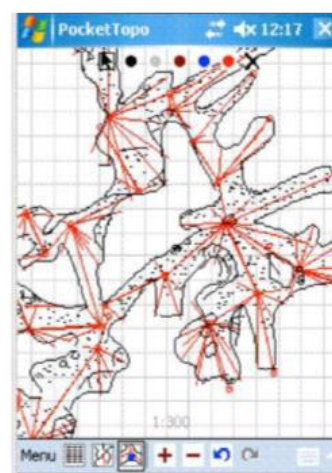
- i. **Datos:** (Data View) - Se trata de una tabla numérica con las mediciones topográficas.
- ii. **Poligonal:** (Map View) - Permite visualizar esquemáticamente la poligonal de la cavidad en conjunto.
- iii. **Dibujo:** (Sketch View) - Muestra el pasaje que se está haciendo el levantamiento topográfico en un momento dado y permite dibujar dos vistas: Planta (**Outline**) y alzado (**Side View**).

From	To	Dist	Decl	Incl
1830.2		0.14	68.4	87.3
1830.2		0.59	248.4	-87.3
1503.50	1831.0	0	0	0
1831.0		1	158.4	0
1831.0		0.8	338.4	0
1831.0		0.29	68.4	81
1831.0		0.4	248.4	-81
1831.0	1831.1	2.91	248.1	8.9
1831.1		1	132.7	0
1831.1		0.8	312.7	0
1831.1		0.8	42.7	-83.2
1831.1	1831.2	1.39	197.2	-22.3
1831.2		0.65	77.8	0
1831.2		0.2	167.8	80.1

Datos



Poligonal



Dibujo



10.3 LEVANTAMIENTO DE LOS DETALLES

El fin de todos los trabajos topográficos que llevamos descritos, no es otro que el de servir de apoyo al levantamiento de los detalles que constituyen el verdadero plano. Se distinguirán las necesidades en el levantamiento de los detalles en dos campos, a los que nos estamos refiriendo a lo largo de este capítulo: la obra civil y la minería.

En obra civil:

Las necesidades dependerán del tipo de obra o de control a realizar. Si lo que se pretende es encajar una vía o el paquete de firme de una carretera en un túnel ya construido, los detalles que interesarán serán los que aseguren el gálibo suficiente para los vehículos que han de circular.

Para ello se tomarán las partes más críticas de la sección, y que normalmente para el encaje en planta será la zona de los riñones y del pie de los hastiales, así como la contra bóveda para adaptar la rasante (Fig. 27). También se tomarán los puntos de inflexión de las paredes.

La toma de estos puntos generalmente se realizará con teodolito más distanciómetro (o estaciones totales), y en ocasiones teodolito más cinta.

En el primer caso se deberá tener en cuenta el espesor de la carcasa del prisma, así como la situación del eje de la señal de puntería, variable según su posición con respecto al eje del aparato. Es adecuado tomar primeramente los datos angulares, visando a una señal apropiada situada en la pared del túnel, para posteriormente medir la distancia al prisma, e incrementar en su caso la magnitud del espesor de la carcasa.

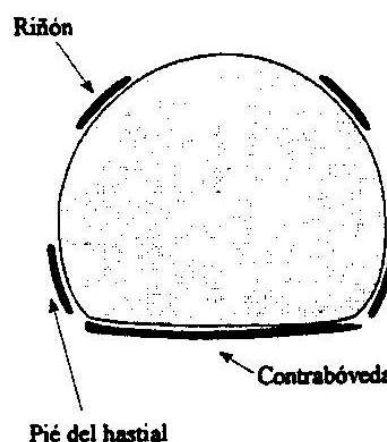


fig.27 levantamiento de galerías

En minería:

Los detalles más importantes son las galerías, cuyo ancho deberá quedar reflejado, para lo que será preciso tomar todos los puntos de inflexión de sus paredes, así como todos los puntos que convenga que aparezcan en el plano tales como hitos, instalaciones, carriles, etc.

Dada la escasa distancia de todos estos puntos a los vértices, o a los ejes de los itinerarios, se utilizan para su levantamiento métodos de agrimensura, principalmente el de mediciones y el de abscisas y ordenadas, empleando la cinta metálica.

Por el método de mediciones bastará obtener la distancia del punto que queremos levantar a dos vértices del itinerario, aunque siempre convendrá tomar datos supletorios de comprobación, tales como medir una tercera distancia a otro vértice o a otro punto de detalle.

Con el método de abscisas y ordenadas tomaremos como eje de abscisas el eje del itinerario.



Esta parte del trabajo convendrá hacerla simultáneamente con los itinerarios para utilizar las alineaciones que se vayan haciendo de los ejes con hilos, u otros medios, conforme hemos indicado.

También convendrá ir tomando simultáneamente, con metros de mano, la altura de las galerías en los diferentes puntos.

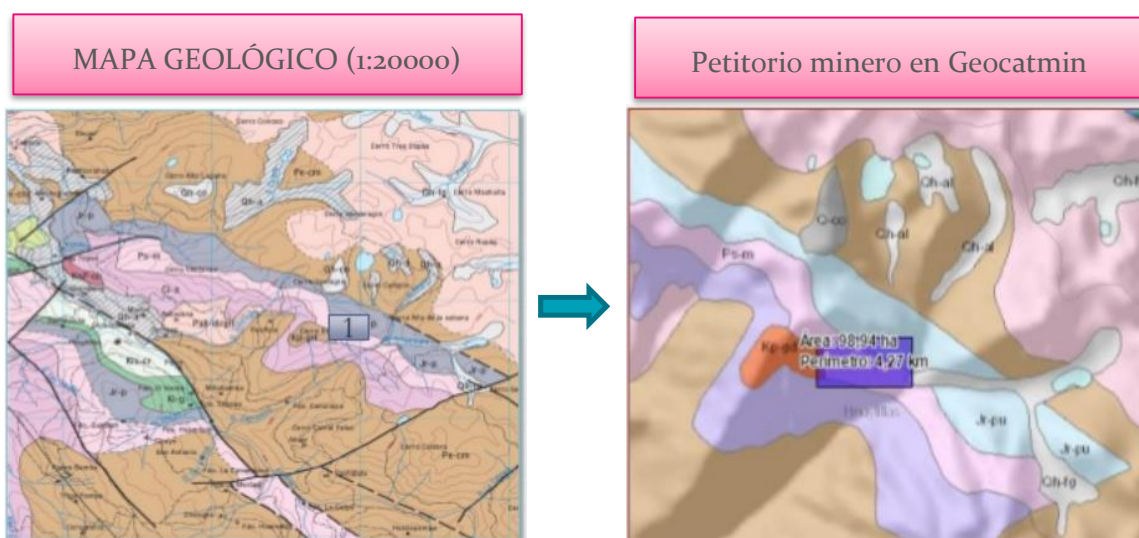
11. TOPOGRAFIA EN EL EXTERIOR o CIELO ABIERTO:

En la primera instancia se considera la cartografía, Los planos y mapas cartograficos son dibujos que muestran las principales características físicas del terreno, tales como edificios, cercas, caminos, rios, lagos y bosques, así como las diferencias de alturas que existen entre los accidentes de la tierra tales como valles y colinas (llamadas también relieves verticales) los planos y mapas topograficos se basan en los datos que se recogen durante los levantamientos topograficos.

Las escalas utilizadas en este tipo de trabajos son grandes, 1:1.000 o 1:500, e incluso en zonas concretas se utiliza la escala 1:200. Por ejemplo, para el levantamiento topográfico de la zona de las boquillas de un túnel, o en levantamientos de precisión como son los de túneles ya construidos en los que se pretende proyectar el encaje de una vía férrea.

1. TRABAJO REALIZADO

localización: este demuncio se encuentra ubicado en la zona 18 (cuadrángulo de tayabamba-17i), específicamente en los alrededores del distrito de Huaylillas, Provincia de Pataz, departamento de La Libertad.



Si consideramos que en todo levantamiento se debe conseguir que cualquier punto representado tenga una precisión no inferior al error gráfico, la quinta parte del milímetro a la escala en la que estemos trabajando, nos daremos cuenta que una triangulación o bien un itinerario de precisión es imprescindible. Por ejemplo, en trabajos a escala 1:200 en cualquier punto radiado se debe asegurar una precisión de 20/5 cm., es decir de 4 cm.



11.1 LEVANTAMIENTO DE SUPERFICIE PREVIO, MEDIANTE EL SISTEMA POSICIONAL GLOBAL (GPS)

En toda exploración subterránea o a cielo abierto se debe disponer de un plano de superficie con todo detalle, por lo tanto, toda la superficie de concesiones de explotación debe ser objeto de un levantamiento topográfico siguiendo los métodos clásicos o por fotogrametría aérea. Para las concesiones cuya superficie alcance o supera las 300 hectáreas es inexcusable disponer de una red de apoyo principal levantada mediante triangulación o por el sistema posicional global (GPS), empleando el método de precisión DGPS (GPS diferencial). Permite alcanzar una precisión de hasta tres metros, posteriormente, los investigadores usaron portadores para calcular las posiciones con un error de un centímetro.

En la actualidad los aparatos disponen de una alta tecnología, 12 canales, dos frecuencias, permiten trabajar en tiempo real y, utilizando el método diferencial estático, proporcionan una precisión de 3 mm+ 1 ppm.

Luego, para el levantamiento de los vértices de la red de apoyo principal, situaremos la estación de referencia en un vértice de la red geodésica nacional y, desplazándonos con los receptores móviles a cada uno de los de los vértices de la red a levantar, obtendremos su posición (X e Y), así como su altitud (fig.28).

Como esta red servirá de apoyo para el posterior levantamiento de la poligonal y de los detalles, deberemos tener la precaución de situar cada vértice en una posición des de la cual se dividen uno o más vértice de la red al objeto de que, al estacionar en cada uno de ellos, se pueda orientar el aparato.



Fig. 28 GPS Estación de referencia y estación receptora

En el levantamiento de esta red por triangulación vemos que la única diferencia con los métodos tradicional es que, en general, los lados son cortos, del orden de los 500 a los 1000 metros, con las mismas características en cuanto a la forma de los triángulos, cuyos ángulos no deberían bajar de 25^g



Según los medios de los que se disponga se decidirá el método topográfico a seguir en la observación de la red exterior. Si sólo disponemos de taquímetro lo más adecuado será la realización de una triangulación con el fin de asegurar la precisión requerida; si disponemos de una estación total de precisión adecuada, el método aconsejable podrá ser el itinerario.

11.2 TRIANGULACIÓN:

Se intentará que los vértices de la triangulación estén en las proximidades de los puntos de comunicación con el interior, o mejor aún, que coincidan con dichos puntos. Seguirá las mismas pautas aplicadas a cualquier triangulación, es decir, que los triángulos sean lo más próximo a equiláteros, y en ningún caso existan ángulos inferiores a 25 g o superiores a 175 g. Los lados de los triángulos en general suelen ser cortos, varios centenares de metros. La medición de la base, con cinta metálica o con estadía horizontal si no disponemos de distanciómetro, y su posible ampliación no ofrecerá ninguna dificultad; deberá ocupar un lugar centrado dentro de la triangulación y realizarse con la mayor precisión ya que no olvidemos que será el dato de partida para el cálculo de la triangulación, no midiéndose después más que ángulos (Fig.29).

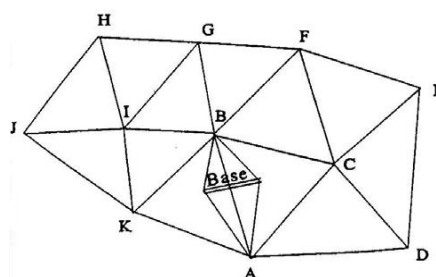


Fig.29 red del método de triangulación

La medición de la base, con cinta metálica o con estadía horizontal si no disponemos de distanciómetro, y su posible ampliación no ofrecerá ninguna dificultad; deberá ocupar un lugar centrado dentro de la triangulación y realizarse con la mayor precisión ya que no olvidemos que será el dato de partida para el cálculo de la triangulación, no midiéndose después más que ángulos (Fig.29).

La orientación de la base convendrá que sea astronómica, ya que nos servirá para comprobar la declinación de las brújulas y declinatorias que se puedan usar en el interior.

Si en la zona de trabajo o en sus proximidades existen dos vértices geodésicos los enlazaremos con la triangulación, con lo cual el acimut será conocido y, además trabajaremos en un sistema de proyección (UTM) que permitirá enlazar nuestro levantamiento con otros colindantes o con futuros proyectos.

11.3 ITINERARIO:

Las estaciones totales y los distanciómetros que existen actualmente en el mercado consiguen precisiones milimétricas en la medida de distancias, por lo que se suele sustituir la triangulación por un itinerario de precisión.

Este itinerario debe ser siempre encuadrado, es decir, que parta y que llegue a puntos de coordenadas conocidas, y en ningún caso se debe dejar colgado, volveríamos al punto de partida realizando entonces el llamado itinerario cerrado. Al igual que en el caso de la triangulación, lo enlazaremos con vértices geodésicos próximos a la zona. El itinerario también será complemento de la triangulación cuando no se haya podido situar algún vértice de ésta en el punto de comunicación con el interior o no se hayan podido tomar detalles exteriores necesarios por falta de visibilidad. En estos casos el itinerario será de vértice a vértice de la triangulación.



11.4 ALTIMETRÍA:

Las cotas trigonométricas que se han obtenido con el cálculo de la triangulación o del itinerario tienen precisión suficiente para dar cota a los puntos radiados en el levantamiento de los detalles exteriores.

Sin embargo, será necesaria una nivelación por alturas que dé cota a los puntos de comunicación con el interior y a otros puntos, de los que se partirá cuando haya que realizar trabajos exteriores como el replanteo de rasantes de caminos o de rasantes de carriles, o para dejar cota de precisión en edificaciones o terrenos que se tema que puedan ser afectados por los hundimientos mineros en el caso de explotaciones mineras. Siempre que sea posible se partirá, en la realización del itinerario altimétrico, de puntos de Nivelación de Alta Precisión (NAP) y por supuesto la nivelación será cerrada entre dos puntos, o de ida y vuelta si sólo disponemos de uno conocido.

12. TRABAJOS DE ENLACE CON EL INTERIOR:

Cuando la comunicación con el interior sea por las bocas (extremos) de un túnel o bien por rampas en una explotación minera, la transmisión de los datos del exterior al interior será directa, como simple prolongación de los itinerarios exteriores, tanto planimétricos como altimétricos, al interior (fig.30).

Pero cuando la comunicación sea a través de pozos, las dificultades serán mayores, debido a la escasa longitud de los tramos a transmitir, obligada por el diámetro de los pozos, y a la gran profundidad de éstos sobre todo en minería (varios centenares de metros). A continuación, se describirán, para una mayor claridad, los distintos procedimientos o métodos utilizados para la transmisión de la planimetría a través de un pozo, y posteriormente los utilizados para la transmisión de la altimetría, aunque se intuirá que en algún caso podría realizarse al unísono.



Fig30. Traslado del punto ya referenciado



2. TRABAJO REALIZADO

FASE DE EJECUCIÓN DE UN TÚNEL SUBTERRÁNEO

Una vez diseñado el trazado de la obra subterránea, el primero paso será realizar el estudio geotécnico, para esto se realiza la “Poligonal del eje del túnel”, o lo que es lo mismo al replanteo del eje en la planta del túnel por el exterior. En la fase de construcción del proyecto se materializa la decisión geométrica de la obra subterránea mediante distintos métodos de replanteo.

PROCEDIMIENTO

- Los trabajos topográficos en una obra subterránea se llevan a cabo a lo largo de toda la sección excavado (fig.31), por lo que es necesario el establecimiento continuo de bases topográficas de replanteo para llevar los datos de guiado al frente de excavación, y su constante renovación, debido a los deterioros, barridos por explosión, tráfico de maquinaria, etc., contingencias que obligan a realizar replanteos y comprobaciones constantes por seguridad de cálculo, que van incrementando su longitud a medida que se perfora el túnel recurriendo constantemente a las triangulaciones exteriores de la sección del túnel.
- El estacionamiento de la instrumentación topográfica y las referencias se realiza en sistemas de centrado forzado próximo a los hastiales y en lugares protegidos, dada la alta exigencia que requieren los replanteos, así como el posicionamiento con gran precisión, tanto interior como exteriores, para que las informaciones de medición obtenidas sean correctas y fiables, todo esto condicionan los procedimientos topográficos si bien el cálculo y método son similares, operativamente se pueden dar situaciones específicas.



Fig31 ingreso a labor, boca mina



INSTRUMENTOS:

- Los trabajos de observación y replanteo se realizan con modernas estaciones totales, estas estaciones pueden ser estaciones totales normales o estaciones totales de alta precisión, además de niveles de ingeniero de precisión.



Estación total leica ts 06 plus con 2+-mm

- Nivel de Precisión de Ingeniero. También llamo nivel óptico o equialtímetro es un instrumento que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos que se hablan a distintas alturas o el traslado de cotas de un punto conocido a otro desconocido.

- Nivel Digital. Es un instrumento que se incorpora componentes electrónicos que permite realizar lecturas sobre miras con código de barras para la medición de desniveles, con precisión en la desviación típica de 0.3 mm en 1 km), este nivel digital está dotado de programas de medición y de memoria interna para la grabación y registro automático de datos que mejora el rendimiento en la toma de datos.



Nivel dijital

- Plomada Óptica. También llamada Tribach, esta permite obtener visuales o líneas de referencias verticales, su funcionamiento consiste en un anteojo de que proporciona una visual (cenital o nadiral) que coincide con el eje principal del instrumento, y que será perfectamente vertical cuando este esté nivelado.



Plomada óptica o tribrach

CONTROL DE PERFORACIONES

- un aspecto muy importante a tener en cuenta en obras subterráneas o túneles, es la perturbación que sufre el terreno, ya que su estado de equilibrio se ve perturbado por la generación de movimientos con motivo del avance de la excavación del túnel debido al efecto de descompresión interna
- Lo más común es llevar a cabo un control de dichas deformaciones en tiempo real, que toman datos de forma sistemática contrastando continuamente los movimientos que se puedan estar produciendo, de esta forma se tiene en cuenta estas mediciones de acuerdo con el diseño del sostenimiento inicial y modificarlo si es preciso.
- La instrumentación utilizada por el técnico topógrafo para llevar acabo el control de deformaciones producidas por a la excavación del túnel, para el control de movimientos en la superficie se utilizarán fundamentalmente equipos y métodos topográficos, estaciones totales y niveles.



- La nivelación se lleva a cabo sobre los hitos de control firmemente implantados en el terreno, salvando pavimentos y capas cementadas artificiales, repartidas por las zonas de influencia y dentro del área de la superficie, la determinación de la cota referida en la cabeza de estos hitos se realiza a partir de bases fijas e independientes de los movimientos de las capas superiores.

3. TRABAJO REALIZADO

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA EL INVENTARIO DE RUMAS EN LA PLANTA ANDAYCHAGUA MINA - VOLCÁN

Unos de los trabajos topográficos ejecutados en mina es el inventario y calidad de los minerales (rumas) por muestreo, para el cual se realiza el levantamiento topográfico para determinar el volumen.

PROCEDIMIENTO:

- Hacer la charla de inducción, y la reglamentación de seguridad, verificando la documentación previa para cada trabajador y el equipo (certificado de calibración)
- En lo siguiente se hace un recorrido en la planta, en verificación de las rumas a levantar y la accesibilidad a ellas de acuerdo al tipo de terreno que se observe.
- Solicitar los puntos fijos de control topográfico a los topógrafos de la minera volcán, para cada uno de las rumas a inventariar. O planos que nos puedan ayudar en la ubicación de estos puntos de control.
- Una vez reconocido los puntos en campo se procede con el levantamiento topográfico. se trabajo con el método topográfico inverso (fig.31)



Fig31. Tomando los puntos base para inicio de trabajo



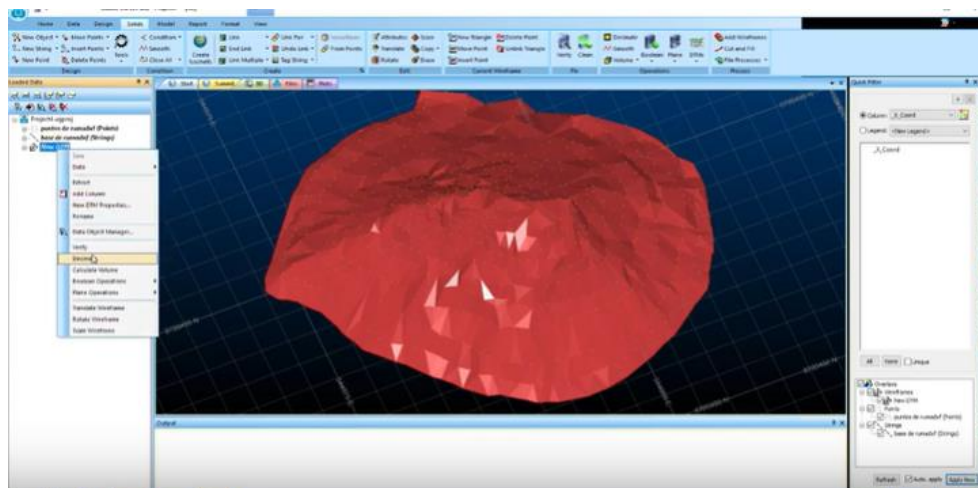
EQUIPOS:

- Estación total leica t 06 plus
- Jalón
- Prima
- Huincha



RESULTADOS:

Los resultados se procesaron en el software datamin studio ug, subiendo la nube de puntos se determina el cálculo de volumen adquirido, ya con ello se hace las comparaciones pertinentes con la base de datos de los topógrafos de la mina volcán, lo pertinente es que los cálculos de volumen de ambas bases de dato sean similares.



Planta andaychagua, mina volcán, yauli



4. TRABAJO REALIZADO

APERTURA DE TROCHA CARROZABLE EN EL CENTRO POBLADO DE MACCHUPICHO EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, SAN MARTIN.

se apertura de trocha carrozable para el traslado de minerales y los productos de los agricultores. Y en el caso de minas se parturta para el traslado de los minerales y el traslado de peronal en el trabajo.

PROCEDIMIENTO:

- En primera instancia se recorrió el terreno desde inicio y llegada recorriendo ida 1:20min y regreso 40min indicando con ello que el terreno cuenta con varidas pendientes.
- Se agrupo a los pobladores del lugar, para el talado y la formación de la progresivas.



- se inició el levantamiento topográfico tomando el primer punto de estación y se consideró la toma medida con el GPS diferencial anotando en la libreta de campo, también se pavimento con el fierro de 20 cm
- los pobladores del lugar se agruparon de forma que podían despejar la zona cortando las hiervas y dejando el lugar o el tramo despejado
- se consideró el punto cambio de la estación de forma que se accesible al punto de estación de inicio y siguiente o también en la forma del terreno con no cuente con mucha pendiente o pendiente similar.



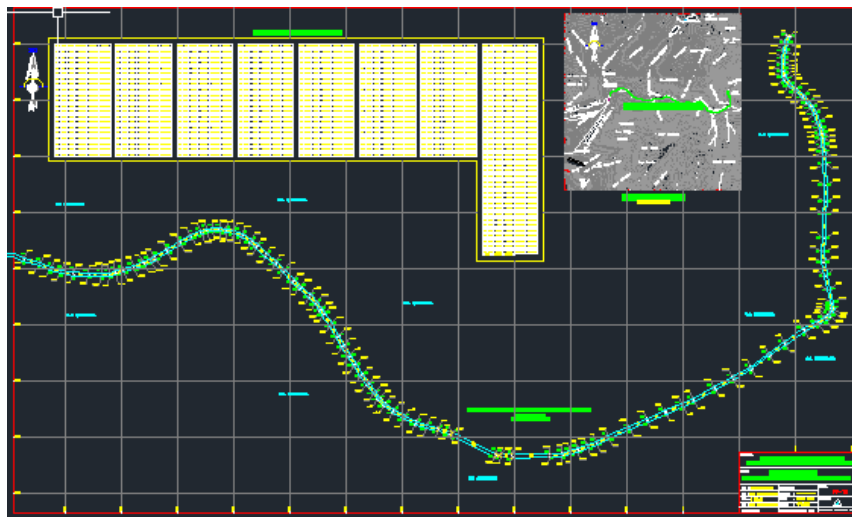
EQUIPOS:

- 01 estación total topocom 105
- 02 jalon
- 02 prismas
- 01 huincha de 50 metros
- GPS diferencial
- 100 estacas de 80cm para las progresivas
- 70 estacas de fierro de 20cm para los puntos de estación



RESULTADOS:

se ejecuto en el software de civil, la presentacion de una memoria descriptiva de la carretera de 3500 metros





Apertura de trocha, pueblo de machupichu, provincia el dorado, San Martin



CONCLUSIONES

1. Al realizar los levantamientos topográficos tanto en superficie como subterráneo para ubicar geográficamente la mina y labores mineras por medio del traslado de coordenadas del nivel patio mina.
2. En el levantamiento topográfico subterráneo, se presenta dificultades tales como: la sección de la labor, el paso de personal, el paso de las vagonetas, ductos de ventilación, entre otros. Que incluye en los puntos de estación y en la medición de puntos de distancia
3. Con la aplicación del DistoX, es posible la obtención de resultados topográficos en un 95% en levantamiento subterráneo de labores angostas en la U.P. Carahuacra – Volcán Cía. Minera S.A.A. Junín.
4. Esta información nos es de gran utilidad, pues nos introduce a las futuras materiales en donde desarrollamos la topografía subterránea, de tal manera que no estaremos de cierta forma tan desorientada en este nuevo tema para nosotros.



BIBLIOGRAFÍA

01. HEBB, B. Paperless Caving - An Electronic Cave Surveying System. La topo sans papier - UNsystèmeélectronique de topographie. 4th European Speleological Congress Vercors 2008.
02. HEBB, B. Paperless Caving Surveying. Disponible en <http://paperless.bheeb.ch/>. Fecha de consulta 12/08/2010.
03. HOUDEAU, B. y col. Test del Disto X. Blogs de SpéléoTritons. Disponible en <http://clan.des.tritons.free.fr/blog/?p=397>. Fecha de consulta 12/07/2010.
04. Leica Geosystems AG. Disponible en http://www.leicageosystems.com/en/Laser-Distancemeter-Leica-DISTOA3_67942.htm. Fecha de consulta 20/07/2010.
05. Topografía subterránea, Adrián Gustavo Sosa, Andrés Darío Ibazeta Alessi, unidad 8
06. AMPLIACIÓN DE TOPOGRAFÍA MINERA, IT Minas – Curso 3º Especialidad *Explotación de Minas*, Antonio García Martín
07. Planos cartográficos, <https://www.slideshare.net/jheferHilario/fases-deunaprospeccionminera-jheferon-hilario-unt>

Acta de Aprobación Modalidad Teórico- Practico

Estando reunidos en la sede del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción SENCICO sitio en la Calle La Poesía N° 351 del distrito de San Borja, provincia de Lima, región de Lima, los abajo firmantes, miembros integrantes del Jurado de Evaluación de la EST SENCICO proceden a la evaluación del egresado:

ALVARADO CALDERON ROSARIO DOLORES

Egresado de la Carrera de:

TOPOGRAFÍA

Indicar la Sede o filial, semestre, año académico:

SAN BORJA, 2020

Para la obtención del Título de:

TECNICO EN TOPOGRAFIA

Quienes, habiendo presenciado los actos propios del proceso de Titulación del Egresado.

En vista a lo expuesto el Comité de Evaluación de la EST SENCICO se pronuncia como:

APROBADO POR MAYORIA

Lugar y fecha:

LIMA 20-12-2020

Jefe de Coordinación Académica

Director



Firmado digitalmente por:
HUAMANÍ LÓPEZ Maribel FAU
20131377810 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 10/12/2021 10:11:42-0500



Firmado digitalmente por:
SOTIL CHAVEZ Andres FAU
20131377810 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 10/12/2021 10:39:57-0500