

## **TEMA 6.- ROMPIMIENTOS MINEROS.**

### **6.1.- Introducción.**

Se denomina *rompimiento minero* a la operación consistente en comunicar dos puntos determinados, pertenecientes a labores de interior ya existentes en la mina, por medio de una nueva labor. Las características del rompimiento dependerán de las posiciones relativas de los dos puntos a comunicar. Además, es frecuente que el rompimiento deba cumplir determinadas condiciones impuestas de antemano.

Dependiendo de las posiciones de los puntos, la nueva labor puede ser horizontal, vertical o inclinada:

- En el primer caso, se trata de comunicar puntos situados en el mismo plano horizontal mediante una galería.
- En el segundo, se trata de puntos situados en la misma línea vertical, que se comunicarán mediante un pozo o una chimenea.
- Cuando los puntos no están situados en el mismo plano horizontal ni en la misma línea vertical, la comunicación se hará por una rampa o una chimenea inclinada.

Por otra parte, las condiciones impuestas supondrán que el rompimiento pueda resolverse mediante una labor recta (horizontal, vertical o inclinada) o que haya que emplear curvas (circulares o de otro tipo) que pueden estar contenidas en un plano horizontal o tener una determinada inclinación.

La nueva labor puede acometerse por uno de sus extremos (ataque) o por los dos simultáneamente (ataque y contraataque). A veces se emplean también puntos de ataque intermedios.

El cálculo de un rompimiento supone determinar, en función de las coordenadas de los extremos y del tipo de trazado (recto o curvo), la longitud, la orientación, la inclinación, etc. del eje de la labor a perforar.

Los trabajos necesarios se pueden dividir en tres fases:

- Trabajos de campo.- Consisten en realizar el levantamiento topográfico (si no se hubiera hecho previamente) necesario para determinar, con la mayor precisión posible, las coordenadas de los puntos extremos y las de todos los puntos auxiliares que nos servirán para el replanteo.
- Trabajo de gabinete.- Cálculo del rompimiento: orientación, longitud, inclinación, etc. Si se trata de una labor en curva, habrá que calcular las características de ésta: radio de curvatura, tangentes, etc. Si el ataque

se va a realizar desde dos o más puntos, habrá que realizar los cálculos correspondientes a cada uno de ellos.

- Replanteo.- Consiste en realizar el marcaje y el seguimiento de la labor, a medida que ésta se excava, para guiarla adecuadamente. El replanteo se adaptará al ritmo de avance de la excavación para evitar desviaciones que, frecuentemente, son difíciles de corregir.

La primera fase, trabajo de campo, se desarrolla aplicando los métodos topográficos de interior que se han explicado en los capítulos precedentes.

## 6.2.- Rompimientos en pozos.

Es el caso de la perforación de un pozo vertical, para el acceso y/o la extracción de mineral y estéril, o de la reprofundización de un pozo, para alcanzar zonas más profundas del criadero.

La labor topográfica no se limita a proporcionar los elementos de dirección de la excavación y de seguimiento de la misma. También se ocupa de dirigir al equipo que ha de colocar las guías y raíles sobre las que se mueven las jaulas o los skips de extracción, las tuberías de agua y aire comprimido, los cables eléctricos, etc.

Además, conviene realizar un levantamiento geológico del terreno atravesado por el pozo en su avance, que será de gran interés para la planificación minera.

### 6.2.1.- Cálculo del rompimiento.

Cuando se trata de un pozo nuevo, o de la reprofundización de uno antiguo que no está en uso, el cálculo resulta muy sencillo. Las coordenadas planas (X e Y) de los extremos del pozo coinciden y la profundidad será la diferencia entre la coordenada Z del punto inicial y la del punto final del mismo.

Si se trata de reprofundizar un pozo en el que no se puede interrumpir la marcha normal, habrá que proyectar y excavar labores auxiliares. En el ejemplo de la figura 6.1, se excava una pequeña galería horizontal (travesía) y, en su extremo, un pocillo auxiliar. Desde el fondo de éste, se excava una nueva travesía que nos lleva debajo del fondo del pozo

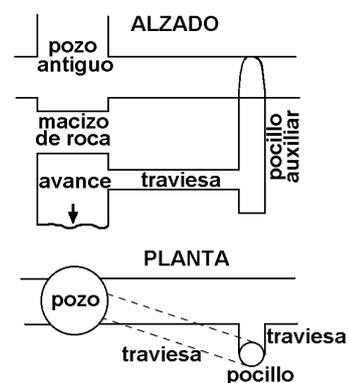


Fig. 6.1. Reprofundización de pozos

éste, se excava una nueva travesía que nos lleva debajo del fondo del pozo

antiguo, dejando un macizo de protección. A partir de aquí se inicia el avance, eliminando el macizo de roca cuando sea preciso.

Los cálculos a realizar, en este caso, corresponden al rompimiento en línea recta y se verán en los apartados siguientes.

### 6.2.2.- Replanteo de pozos.

La entibación definitiva del pozo se va realizando a medida que este avanza. Por tanto, no será fácil corregir la dirección si ésta no ha sido bien guiada. Esto nos obliga a replantear la dirección del pozo de manera muy precisa desde el primer momento.

Métodos mecánicos.- El replanteo se realiza mediante plomadas similares a las empleadas para transmitir la orientación a lo largo del pozo. Como sabemos, los lastres se pueden sumergir en agua o aceite para amortiguar rápidamente las oscilaciones de las plomadas.

a) Pozos estrechos.- Para pozos cuya mayor dimensión es inferior a 3 metros se cuelgan dos plomadas  $H$  y  $H'$  cuyos hilos se sitúan, aproximadamente, a 30 cm de la pared del pozo (figura 6.2).

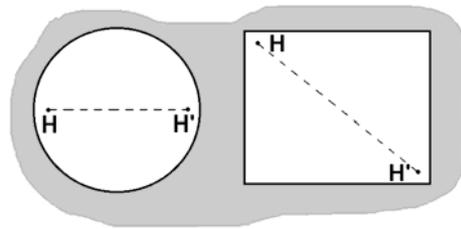


Fig. 6.2. Replanteo de pozos (1)

La orientación del plano de las plomadas se determina en el exterior, en caso necesario, para transmitir la orientación. En pozos circulares, las plomadas se sitúan según un diámetro. En pozos cuadrados o rectangulares, se sitúan según una de las diagonales. A partir de ellas, los operarios fijan la distancia a las paredes del pozo mediante calibres.

b) Pozos anchos.- Para pozos de mayor sección se cuelgan cuatro plomadas  $H$ ,  $H'$ ,  $I$  e  $I'$ . En pozos circulares se sitúan según dos diámetros perpendiculares entre sí y en pozos cuadrados o rectangulares se sitúan según las dos diagonales (figura 6.3). Los planos de las plomadas se orientan desde el exterior, si es necesario.

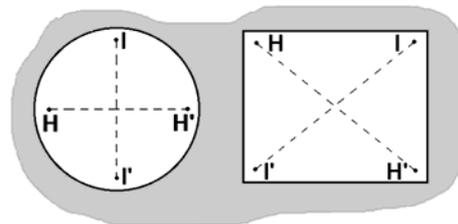


Fig. 6.3. Replanteo de pozos (2)

En todos los casos conviene levantar un corte geológico, representando los terrenos atravesados por el pozo y marcando todos los detalles relevantes. Se trata del plano vertical obtenido al desarrollar el cilindro constituido por las

paredes del pozo y orientado gracias a la situación de las plomadas, que también se representan en él.

Métodos ópticos.- También es posible emplear para el replanteo equipos capaces de señalar una dirección vertical, como los anteojos cenit-nadir o los equipos láser.

Se sitúan centrados en el borde del pozo, sobre una estructura estable, y tienen la ventaja de que no interrumpen los trabajos de perforación y de entibado. Como sabemos, su precisión depende de la puesta en estación y su alcance es limitado, por lo que sólo pueden emplearse en pozos de poca profundidad.

### 6.3.- Rompimientos en línea recta.

Se trata de comunicar dos puntos, cuyas coordenadas se conocen de antemano, por una labor cuyo eje es una línea recta y que puede ser horizontal, si los dos puntos tienen la misma altitud, o inclinada.

#### 6.3.1.- Cálculo del rompimiento.

Para poder guiar la excavación de la nueva labor, necesitamos calcular su orientación, la longitud a perforar y la pendiente.

Supongamos dos puntos  $A$  y  $B$  que serán los extremos de una galería recta que pretendemos excavar (figura 6.4). Conocemos las coordenadas  $(X_A, Y_A, Z_A)$   $(X_B, Y_B, Z_B)$  de ambos puntos. Si el ataque se va a realizar desde  $A$ , necesitamos conocer la orientación de la alineación  $A-B$  para poder guiar la perforación. En el caso de la figura:

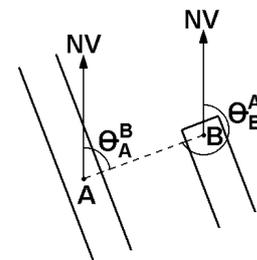


Fig. 6.4. Galería recta (1)

$$\theta_A^B = \text{arc tg} \frac{|X_B - X_A|}{|Y_B - Y_A|}$$

Si el ataque se realiza desde  $B$ :

$$\theta_B^A = 200^g + \text{arc tg} \frac{|X_B - X_A|}{|Y_B - Y_A|} = \theta_A^B \pm 200^g$$

La longitud de la nueva labor, en distancia natural, será:

$$D_N = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2}$$

Normalmente necesitaremos conocer la correspondiente distancia reducida:

$$D_R = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

El desnivel entre los puntos  $A$  y  $B$  viene dado por la diferencia de sus coordenadas  $Z$ . Hay que tener en cuenta que si los dos puntos tienen distinta altitud, la labor tendrá una cierta inclinación, ascendente o descendente, cuyo signo hay que indicar claramente para evitar errores. Si el ataque se realiza desde  $A$ , la pendiente de la labor vendrá dada por:

$$p = \frac{Z_B - Z_A}{D_R}$$

que tendrá signo positivo si la labor es ascendente y negativo en caso contrario.

En ocasiones se precisa enlazar dos galerías, continuando la excavación desde  $B$  y de manera que la longitud excavada desde  $A$  sea la menor posible. Esto supone que la labor  $A-C$  ha de ser perpendicular a la  $B-C$ . En el caso de la figura 6.5, será:

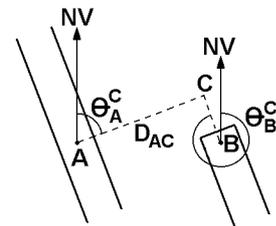


Fig. 6.5. Galería recta (2)

$$\theta_A^C = \theta_C^A \pm 200^g$$

$$\theta_C^A = \theta_C^B + 100^g$$

ya que las dos labores a excavar han de ser perpendiculares. Como el acimut de la galería  $B-C$  es conocido, calculamos la orientación de la labor  $A-C$ .

Para calcular las longitudes a perforar haremos:

$$X_C = X_A + D_{AC} \operatorname{sen} \theta_A^C = X_B + D_{BC} \operatorname{sen} \theta_B^C \quad (1)$$

$$Y_C = Y_A + D_{AC} \operatorname{cos} \theta_A^C = Y_B + D_{BC} \operatorname{cos} \theta_B^C \quad (2)$$

De la igualdad (1):

$$D_{AC} = \frac{X_B - X_A + D_{BC} \operatorname{sen} \theta_B^C}{\operatorname{sen} \theta_A^C}$$

Sustituyendo  $D_{AC}$  en (2) tenemos:

$$Y_A - Y_B + (X_B - X_A + D_{BC} \operatorname{sen} \theta_B^C) \frac{\operatorname{cos} \theta_A^C}{\operatorname{sen} \theta_A^C} = D_{BC} \operatorname{cos} \theta_B^C$$

$$Y_A - Y_B + (X_B - X_A) \operatorname{cot} g \theta_A^C = D_{BC} (\operatorname{cos} \theta_B^C - \operatorname{cot} g \theta_A^C \operatorname{sen} \theta_B^C)$$

y finalmente:

$$D_{BC} = \frac{Y_A - Y_B + (X_B - X_A) \operatorname{cot} g \theta_A^C}{\operatorname{cos} \theta_B^C - \operatorname{cot} g \theta_A^C \operatorname{sen} \theta_B^C}$$

que nos permite calcular  $D_{BC}$  y las coordenadas de  $C$ . A partir de éstas y de las de  $A$  se puede calcular la distancia  $D_{AC}$ . Las distancias que aparecen en las expresiones anteriores son distancias reducidas.

### 6.3.2.-Replanteo de labores en línea recta.

Una vez completados los cálculos del rompimiento se realiza el replanteo de la labor desde el punto o puntos de ataque. El replanteo consiste en marcar sobre el terreno los elementos necesarios para iniciar la excavación y para realizar el seguimiento de la misma. El espacio disponible al iniciar la labor suele ser reducido, por lo que a veces es recomendable hacer un replanteo provisional que luego se va afinando, a medida que avanza la labor.

Estacionamos en el punto conocido  $A$  y, con apoyo de un punto auxiliar  $P$  también conocido, orientamos el instrumento topográfico y visamos en la dirección de la futura labor  $A-B$ , cuyo acimut hemos calculado. Actuando únicamente sobre el movimiento de cabeceo del anteojo, señalamos los puntos  $A'$  y  $A''$ , que forman parte de la alineación, en los hastiales o en el techo (figura 6.6). La excavación deberá seguir la dirección señalada.

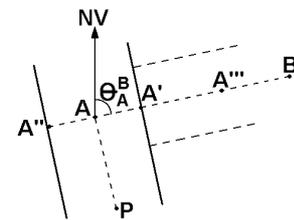


Fig. 6.6. Replanteo de galería recta

Para reducir errores conviene lanzar dos visuales a cada punto, una con el anteojo en posición normal y otra con el anteojo en posición invertida (tras aplicar la regla de Bessel). Si existe una pequeña descorrección en el instrumento obtendremos dos lecturas ligeramente distintas, de las que tomaremos el valor intermedio.

Cuando la labor ha avanzado algunos metros se repite la operación, señalando nuevos puntos como el  $A'''$ . La operación se simplifica considerablemente utilizando oculares láser.

Para replantear la inclinación se marcan puntos en el techo o en los hastiales de la labor. Una forma de hacerlo es marcar cuatro puntos en los hastiales, situados 1 metro por encima de la posición teórica del piso. Uniéndolos con cuerdas se puede materializar un plano (rasante sobreelevada, figura 6.7) con la inclinación prevista para el piso de la labor y situado 1 metro por encima de éste.

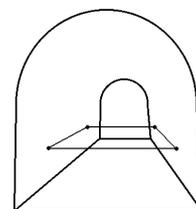


Fig. 6.7. Rasante sobreelevada

La dirección y la inclinación de la labor deben verificarse cada cierta distancia, para corregir posibles desviaciones. Si la precisión en altimetría ha de ser grande, conviene hacerlo utilizando un nivel.

#### 6.4.- Rompimientos en curva.

En ocasiones los rompimientos se resuelven mediante líneas curvas, que deben cumplir determinadas condiciones. Estas condiciones dependerán de las posiciones de los puntos a comunicar, pero también del uso que se vaya a dar a la nueva labor. Los radios de curvatura, por ejemplo, vendrán determinados por las características de la maquinaria que vaya a circular por ella. La curva puede estar contenida en un plano horizontal o tener también un desarrollo vertical y, en este caso, la pendiente máxima estará condicionada por las limitaciones impuestas por el transporte.

##### 6.4.1.- Curvas circulares.

Supongamos que queremos comunicar dos galerías  $a-a'$  y  $b-b'$  con una curva circular de radio  $R$ , impuesto por el proyecto, y tangente a ambas (figura 6.8). Vamos a suponer, además, que las galerías se sitúan en el mismo plano horizontal.

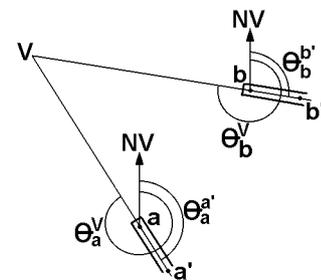


Fig. 6.8. Curva circular (1)

En primer lugar calculamos las coordenadas planas del punto  $V$ , intersección de las prolongaciones de las dos galerías. Para ello:

$$\theta_a^V = \theta_a^{a'} \pm 200^g$$

$$\theta_b^V = \theta_b^{b'} \pm 200^g$$

Las coordenadas de  $a$  y  $b$  son conocidas. Procediendo como en 6.3.1.:

$$X_V = X_a + D_{aV} \operatorname{sen} \theta_a^V = X_b + D_{bV} \operatorname{sen} \theta_b^V$$

$$Y_V = Y_a + D_{aV} \operatorname{cos} \theta_a^V = Y_b + D_{bV} \operatorname{cos} \theta_b^V$$

...

$$D_{bV} = \frac{Y_a - Y_b + (X_b - X_a) \cot g \theta_a^V}{\operatorname{cos} \theta_b^V - \cot g \theta_a^V \operatorname{sen} \theta_b^V}$$

Con la distancia  $D_{bV}$  y el acimut  $\theta_b^V$  calculamos las coordenadas del punto  $V$ .

Para calcular las coordenadas de  $A$  y  $B$ , puntos de entrada y salida de la curva circular, calculamos primero la tangente  $T$ . En el caso de la figura:

$$\beta = \theta_V^a - \theta_V^b$$

$$T = D_{VA} = D_{VB} = R \cot g \frac{\beta}{2}$$

$$\theta_V^A = \theta_V^a \quad \theta_V^B = \theta_V^b$$

Con las distancias y los acimutes se calculan las coordenadas de A y B a partir de las de V (figura 6.9).

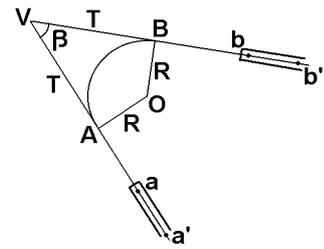


Fig. 6.9. Curva circular (2)

Como los radios son perpendiculares a las tangentes, tendremos:

$$\theta_B^O = \theta_B^b \pm 100^g$$

siendo O el centro de curvatura. La distancia entre O y B es el radio R. Por tanto:

$$X_O = X_B + R \operatorname{sen} \theta_B^O$$

$$Y_O = Y_B + R \operatorname{cos} \theta_B^O$$

Con estas coordenadas y las de A calculamos el  $\theta_A^O$  y la distancia reducida, comprobando que coincide con el radio R.

Dando valores al ángulo  $\gamma$  de la figura calculamos las coordenadas de puntos P que pertenecen a la alineación curva (figura 6.10):

$$\theta_O^P = \theta_O^A \pm \gamma$$

$$X_P = X_O + R \operatorname{sen} \theta_O^P$$

$$Y_P = Y_O + R \operatorname{cos} \theta_O^P$$

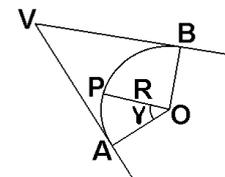


Fig. 6.10. Replanteo de curvas

Estas coordenadas se pueden emplear para replantear puntos de la curva desde los puntos de entrada A y salida B o desde cualquier otro punto conocido.

También podemos emplear los siguientes métodos:

Polígonos circunscritos.- Estacionamos un instrumento topográfico en el punto de entrada de la curva y prolongamos la tangente de entrada hasta un punto E, próximo al hastial pero que permita estacionar de nuevo el instrumento. Calculamos la distancia reducida  $D_{AE}$  y determinamos el valor del ángulo  $\gamma$  (figura 6.11):

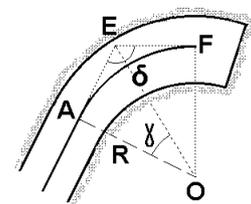


Fig. 6.11. Polígonos circunscritos

$$\gamma = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{D_{AE}}{R}$$

A continuación estacionamos en  $E$  y calculamos el ángulo  $\delta$ , que viene dado por:

$$\delta = 200^g - 2\gamma$$

y, visando en esa dirección, llevamos la distancia  $D_{AE} = D_{EF}$  y obtenemos el punto  $F$ , que forma parte de la curva. Para el siguiente punto, estacionamos en  $F$ , prolongamos la alineación  $E-F$  y repetimos la operación anterior.

Polígonos inscritos.- Con este método todos los puntos de estación son puntos de la curva a replantear. Para aplicarlo, adoptamos una longitud de cuerda apropiada  $l$ , que podamos medir fácilmente y calculamos el ángulo  $\gamma$  correspondiente mediante (figura 6.12):

$$\text{sen} \frac{\gamma}{2} = \frac{l}{2R}$$

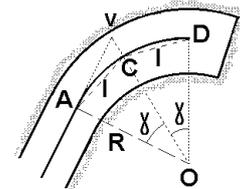


Fig. 6.12. Polígonos inscritos

Estacionamos en el punto de entrada  $A$  y determinamos la dirección de la visual al punto  $C$ , de manera que sea:

$$\hat{v}AC = \frac{\gamma}{2}$$

En esta dirección llevamos la longitud  $l$  y obtenemos el punto  $C$ . A continuación se estaciona en  $C$  y, para determinar la dirección del siguiente punto de la curva,  $D$ , materializamos el ángulo:

$$\hat{A}CD = 200^g - \gamma$$

Sobre esta dirección llevamos la longitud  $l$  y obtenemos el punto  $D$ . Repetimos el procedimiento para obtener más puntos de la curva.

#### 6.4.2.- Curvas circulares compuestas.

Si las condiciones del rompimiento imponen los dos puntos de tangencia  $A$  y  $B$  y estos no equidistan de  $V$ , el enlace no puede resolverse mediante una curva circular pero sí mediante dos o más curvas de radios distintos.

Supongamos dos galerías  $A-a$  y  $B-b$  contenidas en el mismo plano horizontal y donde conocemos las coordenadas de los puntos  $A$  y  $B$ , impuestas por el proyecto (figura 6.13). El enlace con dos curvas circulares tiene infinitas soluciones y, para elegir una de ellas, fijaremos un valor arbitrario para el radio  $R_2$ , adaptado a las limitaciones del trazado.

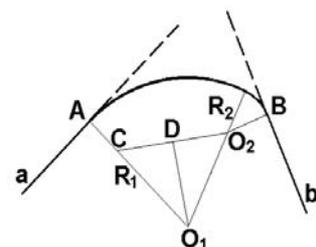


Fig. 6.13. Curvas circulares compuestas

Calculamos las coordenadas planas del centro de curvatura  $O_2$  a partir de las de  $B$ , teniendo en cuenta que:

$$\theta_B^{O_2} = \theta_B^b \pm 100^g$$

ya que el radio y la tangente son perpendiculares, y que la distancia  $D_{BO_2}$  es igual al radio  $R_2$  elegido.

Calculamos las coordenadas del punto  $C$  de la figura, de forma que la distancia  $D_{AC}$  coincida con el radio  $R_2$ . El acimut será:

$$\theta_A^C = \theta_A^a \pm 100^g$$

Calculamos las coordenadas del punto  $D$ , promediando las de  $C$  y  $O_2$ . Resolvemos el triángulo  $CDO_1$ , calculando la distancia  $D_{CD}$  a partir de las coordenadas de  $C$  y  $D$ . El ángulo en  $C$  se calcula:

$$D\hat{C}O_1 = \theta_A^C - \theta_C^D$$

Calculamos el radio  $R_1$ :

$$R_1 = R_2 + D_{CO_1}$$

A partir de aquí resulta sencillo calcular las coordenadas del segundo centro de curvatura  $O_1$  y todos los datos necesarios para calcular el rompimiento y realizar su replanteo.

### 6.4.3.- Curvas parabólicas.

Esta curva permite enlazar dos puntos  $A$  y  $B$  en el caso de que las tangentes sean distintas. Para replantear puntos del eje por coordenadas, vamos a aplicar las propiedades geométricas de la parábola (figura 6.14).

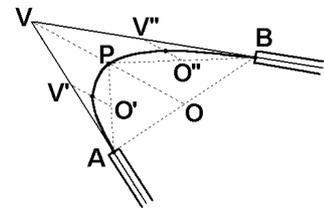


Fig. 6.14. Curvas parabólicas (1)

En primer lugar calculamos las coordenadas de  $V$  como en los casos anteriores. Promediando las coordenadas planas de  $A$  y  $B$  obtenemos las del centro  $O$ .

$$X_O = \frac{X_A + X_B}{2} \quad Y_O = \frac{Y_A + Y_B}{2}$$

Obtendremos las coordenadas de un punto  $P$  de la parábola promediando estas coordenadas con las de  $V$ :

$$X_P = \frac{X_O + X_V}{2} \quad Y_P = \frac{Y_O + Y_V}{2}$$

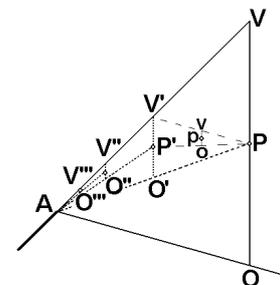


Fig. 6.15. Curvas parabólicas (2)

Para calcular otro punto  $P'$ , intermedio entre  $A$  y  $P$ , actuamos como si estos fuesen los dos puntos extremos de la curva (figura 6.15). Calculamos el nuevo vértice  $V'$  promediando las coordenadas de  $A$  y  $V$  y el nuevo centro  $O'$  promediando las de  $A$  y  $P$ : El punto  $P'$  se calcula:

$$X_{P'} = \frac{X_{O'} + X_{V'}}{2} \quad Y_{P'} = \frac{Y_{O'} + Y_{V'}}{2}$$

El punto  $p$  intermedio entre  $P$  y  $P'$  se puede calcular promediando las coordenadas de  $P$  y  $V'$ , para obtener el nuevo vértice  $v$ , y promediando las de  $P$  y  $P'$  para obtener las del nuevo centro  $o$ .

Por este método podemos calcular las coordenadas de tantos puntos como sea necesario, a ambos del punto central  $P$ . Conocidas las coordenadas de los puntos, el replanteo puede realizarse como en los casos anteriores.

#### 6.4.4.- Curvas helicoidales cilíndricas.

Se trata de enlaces por curvas cuya proyección horizontal es un arco de circunferencia y que comunican dos puntos  $A$  y  $B$  situados a distinta altitud. Es un caso frecuente en explotaciones con acceso al subsuelo por una rampa, por la que deben circular vehículos automotores. En ocasiones la labor puede suponer uno o varios giros completos.

El cálculo y el replanteo, en planimetría, se desarrolla como en las curvas circulares horizontales. Se entiende que los parámetros de la curva circular que hemos calculado corresponden a la proyección horizontal de la curva helicoidal que, como hemos dicho, será un arco de circunferencia (figura 6.16).

Pero como los puntos extremos del rompimiento,  $A$  y  $B$ , no están a la misma cota, la nueva labor no será horizontal sino inclinada. Llamando  $\alpha$  al ángulo en  $O$  formado por las proyecciones horizontales de los radios de  $A$  y de  $B$ , la longitud reducida del tramo curvo será:

$$L = \frac{2\pi R \alpha}{400^g}$$

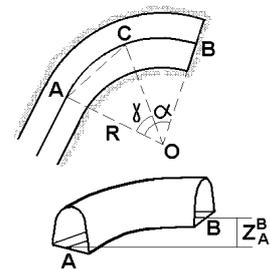


Fig. 6.16. Curvas helicoidales

Si la pendiente de la curva es constante, podemos calcularla mediante:

$$p = \frac{Z_B - Z_A}{L}$$

pero no es  $p$  la pendiente que vamos a emplear para el replanteo, ya que éste se realiza siguiendo tramos rectos. En el caso de la figura, la longitud del arco de circunferencia entre A y el punto C, será:

$$L_{AC} = \frac{2\pi R\gamma}{400^g}$$

y, por tanto, la altitud de C se calcula:

$$Z_C = Z_A + p L_{AC} = Z_A + p \frac{2\pi R\gamma}{400^g}$$

y si  $l$  es la longitud reducida del tramo recto A-C, éste tendrá una pendiente:

$$p' = \frac{Z_C - Z_A}{l}$$

distinta de la pendiente  $p$  correspondiente a la curva. Esta pendiente  $p'$  es la que vamos a emplear para replantear la inclinación del rompimiento.