

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactores...... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
D. Toribio Cáceres, Profesor de la Escuela de Caminos.
D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
D. Manuel Maluquer, Ingeniero de Caminos del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores...... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

REVISTA EXTRANJERA

El microscopio polarizante.

Con el título de *Petrografía práctica*, ha publicado el doctor R. Krantz, de Bonn (Alemania), un folleto que no es otra cosa que la descripción macro y microscópica de una colección de 336 rocas que, acompañadas de sus correspondientes preparaciones en placas delgadas, vende la Oficina Mineralógica Renana. Como introducción presenta la descripción y manejo del microscopio polarizante, que es lo que traducimos á continuación, porque, considerándolo como *Cartilla operatoria*, nada hemos encontrado tan completo, tan claro y tan sencillo. Naturalmente, no es suficiente para quien quiera dedicarse de lleno á la petrografía, pero es de valor práctico para los principiantes.

El microscopio que se emplea para las investigaciones petrográficas difiere, según varios aspectos, de los instrumentos análogos que se emplean en otras ramas de las ciencias naturales, pues requiere para el estudio de las propiedades ópticas de los minerales un cierto número de piezas adicionales, innecesarias en los microscopios que se emplean para investigaciones zoológicas, botánicas, etc.

Se presenta á continuación la descripción de este aparato, tomando como tipo uno construido por la casa W. y H. Leibert de Wetzlar, Alemania, acompañada de un dibujo que lo representa.

Partes del microscopio.—Las esenciales son, naturalmente, las mismas que integran otro microscopio cualquiera del tipo grande. Fija sobre una pesada base la columna metálica *s*, sostiene por medio del pescante *V* el tubo *T*, que puede elevarse y bajarse fácilmente accionando el engranaje de cremallera *K*. La parte alta de la columna está articulada en *B* sobre la parte baja, lo que permite fijar el microscopio con cualquiera inclinación apretando la articulación con la palanca *H*. El movimiento lento para enfocar se obtiene con el tornillo micrométrico, cuya

cabeza está en *m*. En ella hay marcada una escalera circular, cuya lectura se determina con el índice *n*. Una división de esta escala representa una variación en la altura del objetivo sobre la platina de 0,01 milímetros.

Bajo el tubo está la platina, en el centro de la cual existe un orificio redondo y debajo de ella está un espejo *L*, una de cuyas caras es plana y cóncava la otra, y que sirve para reflejar la luz haciéndola entrar en el tubo *T* á través del orificio de la platina. En la parte inferior está el objetivo sostenido por un resorte *Z*, colocado en un revólver que permite el cambio rápido de objetivos. En la parte superior del tubo se introducen los oculares, y se evita su giro haciendo entrar en una escotadura la cabeza de un tornillo sujeto á ellos.

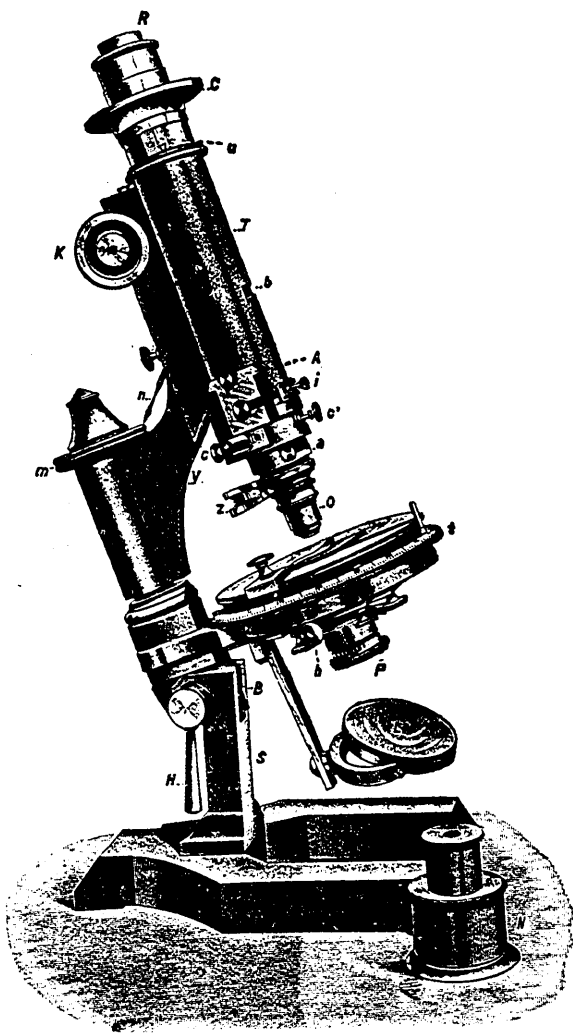
El microscopio polarizante difiere del corriente en ciertas disposiciones que le son peculiares y en varios aparatos adicionales.

Como todas las investigaciones micro-petrográficas se llevan á cabo con luz polarizada, se inserta un polarizador *P* entre el espejo y la platina. Consiste en un prisma de Nicol sostenido dentro de un tubo metálico; debajo del prisma hay una lente débil, que sirve para aumentar la cantidad de luz que entra en el prisma, y encima otra que hace salir los rayos paralelos que están entonces polarizados; es decir, que todas las vibraciones tienen lugar, según una orientación única. La posición del plano axial orientado paralelamente á ella queda señalada al exterior por la cabeza de un tornillo que entra en una muesca.

Con la pieza *h* se eleva ó se baja el polarizador, pudiéndose con gran facilidad quitarlo cuando está bajo.

La platina circular puede girar, determinándose las orientaciones por medio de una escala circular y un nomo fijo que aprecia $\frac{1}{10}$ de grado. Dos escalas lineales y perpendiculares entre sí permiten determinar la posición del porta-objeto en la platina, y volverlo á ella cuantas veces se quiera; para esto basta anotar las divisiones de las escalas marcadas por dos de sus bordes. (El porta-objeto se coloca siempre paralelamente á las escalas.)

Es muy frecuente que la platina lleve, montada en una deslizadera, una fuerte lente condensadora, que se introduce deba-



jo de la preparación, en el centro de la platina, cuando se quiere emplear la luz convergente (véase más adelante).

Encima del porta-objetivo hay una ranura *a*, donde puede meterse una cuña de cuarzo, una placa de mica, etc., provista de un cierre, para que no entre la luz directa. Encima hay otro nicol, llamado *analizador* A, que puede introducirse en el tubo, y en esta posición es susceptible de girar 90° , leyéndose los ángulos en una escala grabada en el tubo. En posición normal, su sección principal está á ángulo recto con la del polarizador, pero se ve que pueden ponerse los nicoles paralelos.

Cuando están paralelos, la luz polarizada pasa sin alteración por el analizador y el campo del microscopio se presenta iluminado. Cuando están cruzados, el analizador absorbe la luz polarizada y el campo aparece oscuro. Girando uno de ellos, se pasa gradualmente desde la oscuridad al máximo de luz.

Una ventanilla *b*, colocada hacia la mitad del tubo, sirve para introducir la lente de Bertrand (1) (véase luego). Los modelos grandes tienen en la parte baja del tubo dos tornillos *c* y *c'* á ángulo recto para centrar el objetivo. En los otros suele ser la plataforma la que se centra.

En la parte alta del tubo entra á resbalamiento otro de menor diámetro, provisto de una escala lineal. En este tubo se introducen los oculares, y tiene por objeto variar la distancia entre el ocular y el objetivo.

En el foco interior del ocular se pone frecuentemente un retículo que tiene sus hilos paralelos á las direcciones principales de los dos nicoles, suponiéndoles cruzados.

En vez del analizador A, citado antes, se puede usar el nicol N como analizador, dispuesto de modo que se le puede colocar encima del ocular, y el tubo lleva entonces un limbo graduado C, en el cual se puede leer el ángulo por medio de un nonio fijo al analizador.

Con las combinaciones de objetivos y oculares que se emplean con estos microscopios, pueden obtenerse todos los aumentos usuales, pero para el equipo de nuestro microscopio bastan los objetivos Oa, I, II, IV y V y los oculares 0, 1, 2 y 3 que dan aumentos variables entre 18 y 860 diámetros, necesitándose en muy pocos casos aumentos mayores y el empleo de objetivos de inmersión.

Aconsejamos que se comiencen todas las investigaciones con pequeños aumentos. Lo primero que hay que hacer es centrar bien el instrumento; es decir, hacer coincidir el eje óptico del tubo con el de giro de la plataforma, lo que se comprueba colocando un objeto sobre ella y haciéndola girar mientras se observa. Si está bien centrada, el eje de rotación debe coincidir con el punto de cruce de los hilos del retículo; de no suceder esto, se corrige sin dificultad con los tornillos *c* y *c'*, pues el centro del campo es muy fácil de reconocer.

Investigaciones en luz polarizada paralela.—Los rayos de luz reflejados en el espejo y polarizados en el nicol inferior, atraviesan paralelos el objeto y van al ojo del observador al través del objetivo.

A continuación se describen los fenómenos que presentan los minerales observados en luz polarizada paralela, pero no otras peculiaridades tales como formas, cruceros, inclusiones, etc.

Estos fenómenos ópticos son diferentes según que los minerales sean isótropos ó birefringentes.

Minerales isótropos.—La diferencia entre éstos y los birefringentes se observa fácilmente con nicoles cruzados. Como al atravesar los isótropos no experimenta la luz polarizada alteración ninguna, es absorbida en el analizador y el campo sigue oscuro, en todas las posiciones de la plataforma giratoria. Esta oscuridad con nicoles cruzados, inalterable por la rotación de la preparación, es característica de los cuerpos isótropos.

Son isótropos los minerales amorfos y los que cristalizan en el sistema isométrico.

Minerales birrefringentes.—Si, por el contrario, un rayo pola-

rizado atraviesa un cuerpo birrefringente, se separa en dos rayos polarizados con vibraciones situadas en dos planos perpendiculares; al atravesar el analizador, interfieren, alterando la oscuridad del campo, salvo en el caso en que la sección óptica principal del mineral coincide con la sección principal de uno de los nicoles cruzados; si sucede esto, el campo sigue oscuro, pero se restablece gradualmente la luz haciendo girar la plataforma, observándose un máximo de luz cuando se han girado 45° y una nueva extinción al llegar á los 90° . Los cuerpos birrefringentes presentan cuatro extinciones en una rotación de 360° .

Colores de interferencia.—Relacionado con el restablecimiento de la luz está el fenómeno de los colores de interferencia; consiste en que, cuando se emplea luz solar blanca, los cuerpos que restablecen la luz presentan colores peculiares que dependen de la intensidad de la birefringencia y del grueso de la placa. También se presentan colores de interferencia entre nicoles paralelos, que son complementarios de los que se observan entre nicoles cruzados. Estos colores se estudian casi siempre con nicoles cruzados.

Los cuerpos birefringentes pueden ser uniáxicos ó biáxicos.

Minerales uniáxicos.—Estos no presentan birefringencia en la dirección del eje óptico, y en esta dirección obran como los isótropos. Una lámina tallada normal al eje, y, por tanto, atravesada por la luz paralelamente á él, se presenta entre los nicoles cruzados con los mismos caracteres, exactamente que si se tratara de un cuerpo isótropo, y por este procedimiento no es posible distinguirla de él.

Por tanto, cuando entre nicoles cruzados un cuerpo parece isótropo, ó lo es realmente, ó es uniáxico y tallado normal al eje. Después veremos cómo pueden distinguirse.

Todos los minerales cuyos cristales poseen un eje principal, es decir los de los sistemas tetragonal y exagonal, son ópticamente uniáxicos. Si sus direcciones principales son paralelas á las secciones principales de los nicoles, no habrá ningún restablecimiento de luz, mientras en cualquiera otra posición la habría. Esto recibe el nombre de «extinción paralela».

Minerales biáxicos.—Los minerales de los sistemas rómbico monoclinico y triclínico son ópticamente biáxicos. De las direcciones principales de elasticidad óptica, dos están situadas en el plano axial (las correspondientes á las elasticidades máxima y mínima), bisecando los ángulos de los ejes ópticos (primera y segunda bisectriz) y el tercero (elasticidad media) es perpendicular á dicho plano. La extinción es paralela á estas tres direcciones.

Minerales rómbicos.—En ellos, las tres direcciones coinciden con los ejes cristalográficos. Si las secciones de un cristal rómbico son perpendiculares á uno de los ejes ópticos, no aparecen como isótropos entre nicoles cruzados, permaneciendo invariables durante la revolución completo en su plano, como con los cristales uniáxicos. Pasa lo mismo con los minerales monoclinicos y triclínicos.

Minerales monoclinicos.—En los cristales monoclinicos el plano de los ejes ópticos, ó coincide con el plano de simetría ó le es perpendicular. En el primer caso el eje de simetría es paralelo á la dirección de la elasticidad media; en el segundo, ó es la dirección de máxima ó la de mínima elasticidad.

De las tres direcciones principales de elasticidad óptica, la una tiene que ser paralela al eje de simetría y la extinción es paralela y perpendicular á ella. Por tanto, en las secciones talladas perpendicularmente al plano de simetría, se presenta la extinción paralela, y en las secciones paralelas á dicho plano la extinción es paralela á las direcciones principales de elasticidad óptica, que en este caso no coinciden con los ejes cristalográficos, sino que se desvían de ellos un cierto ángulo llamado *ángulo de extinción*.

Este ángulo se suele determinar midiendo el que forman la dirección de extinción y el eje cristalográfico vertical, cuya dirección se conoce fácilmente en muchos minerales (feldespato amfibol y piroxeno, por ejemplo), por ser paralelo á las trazas de

(1) Llamada también lente de Amici. (N. del T.)

alguno de los planos de crucero. Como consecuencia de la dispersión de las bisectrices, el ángulo de extinción es diferente para cada coloración de la luz. Las medidas exactas se practican empleando luz monocromática.

Estauscopio.—No es fácil en muchos casos medir el ángulo de extinción (que es una de las características principales de un mineral), porque á menudo es difícil conocer con exactitud cuál es la posición de oscuridad máxima.

Para la determinación exacta de las direcciones principales de elasticidad óptica en una sección de un mineral y para la del ángulo de extinción, hay que usar aparatos adicionales llamados *estauscopios*. El más sencillo consiste en una placa de espato calizo cortada normalmente al eje principal, que se coloca entre el ocular y el analizador (en este caso no se puede emplear el nicol inserto en el tubo). Se ven entonces los anillos coloreados con la figura correspondiente á los cristales uniáxicos. Si se interpone un mineral birrefringente se deformará la figura de interferencia, cuya regularidad reaparecerá solamente cuando las direcciones principales de elasticidad óptica coincidan con las secciones principales de los nicoles. Las placas dobles de espato, de Calderón y de Brezina, son instrumentos semejantes al descrito.

La placa de Bertrand es una placa compuesta de dos pares de cuarzos dextrogiros y levogiros, tallados perpendicularmente al eje y dispuestos de modo que cada par ocupe los cuadrantes opuestos. Se la monta en un ocular especial. Con nicoles cruzados aparecen los cuadrantes del mismo color; pero si se coloca en la platina una placa de un mineral birrefringente, sólo conservarán los cuadrantes la igualdad de coloración cuando las direcciones principales de elasticidad del mineral coincidan con las secciones principales de los nicoles, y en otra posición cualquiera, dos cuadrantes opuestos se diferenciarán por su color de los otros dos. Girando la plataforma, es fácil igualar las coloraciones.

También es fácil de emplear la placa delgada de mica que produce el color violeta de primer orden, llamado tinta sensible. Se la monta entre dos placas de vidrio en una resbaladera que se introduce en la ventanilla existente encima del objetivo, y de tal modo que sus direcciones ópticas principales formen ángulos de 45° con las secciones principales de los nicoles. Entre nicoles cruzados da la tinta violeta I; pero un mineral birrefringente altera este color siempre que sus direcciones principales no coinciden con las secciones principales de los nicoles.

Por tanto, con estos aparatos se puede determinar con precisión las dos direcciones principales de elasticidad en el plano de simetría. Como las secciones talladas en un plano perpendicular á él presentan extinción paralela, el ángulo de extinción será variable cuando las secciones no sean paralelas ni perpendiculares al de simetría, entre O y el ángulo determinado para el plano perpendicular al de simetría, que es el máximo.

Minerales triclinicos.—En ellos las tres direcciones principales de elasticidad óptica, son perfectamente independientes de los ejes cristalográficos. El ángulo de extinción en ciertas caras, medido con relación á las aristas, proporciona una característica importante para la identificación de ciertos minerales (por ejemplo, las plagioclasas).

Pleocroismo.—Lo dicho hasta aquí se refiere, lo mismo á los minerales coloreados que á los incoloros, pero algunos de los primeros presentan además en luz polarizada la propiedad conocida con el nombre de pleocroismo.

Los del sistema regular, como no son birrefringentes, no pueden, naturalmente, ofrecer este fenómeno, pues siendo la elasticidad óptica, y por tanto, la absorción de la luz la misma en todas direcciones, el mineral aparecerá con la misma coloración, sea cual fuere la dirección en que es atravesado por la luz.

No pasa lo mismo con los minerales birrefringentes, cuya coloración debe variar con la dirección. Las diferencias son á veces muy pequeñas, pero son apreciables con el microscopio polarizante y muy características de ciertos minerales.

Distinguiremos los minerales uniáxicos y los biáxicos.

a) *Minerales uniáxicos*, que no presentan fenómenos de doble refracción paralelamente al eje principal.

En esta dirección es evidente que no puede haber pleocroismo, y una sección tallada perpendicularmente á ella, examinada en todas las orientaciones con luz polarizada, ha de aparecer constantemente del mismo color.

En una sección paralela al eje principal, los rayos de luz se dividen en dos, polarizados en direcciones perpendiculares entre sí, y cada uno de ellos tiene un color distinto; si, por consiguiente, la luz que ha de atravesar la placa está polarizada, y suponiendo colocado el eje principal orientado paralelamente á la sección principal del nicol polarizador, sólo pasarán rayos vibrando paralelamente al eje, y el color que se verá será el correspondiente al rayo ordinario.

Haciendo dar un curso de revolución á la plataforma, sólo quedarán en disposición de pasar los rayos cuyas vibraciones son perpendiculares á la dirección del eje, y el color de la preparación será el del rayo extraordinario. De un color al otro se pasa por un cambio gradual.

b) En cristales biáxicos, habiendo tres direcciones principales de elasticidad óptica, se pueden distinguir tres colores axiales.

Si una sección es paralela á dos direcciones de éstas, se verán en ella dos colores axiales, colocando una de las direcciones paralelamente á la sección principal del polarizador, y haciendo girar la platina 90°. En secciones que no cumplan con la condición expresada, se observará también el pleocroismo, pero los colores no serán los axiales puros, sino mezclas de los mismos.

En bastantes minerales es tan característico el pleocroismo, que basta su observación para identificarlos; tal sucede, por ejemplo, con la hornblenda, mica, hiperstena, andalucita, turmalina, etc.

Carácter óptico.—La determinación de cuál de las direcciones de extinción corresponde al eje de máxima y cuál al de mínima elasticidad, puede hacerse con nicoles cruzados y empleando compensadores. Los más empleados son la placa de mica $\frac{1}{4}\lambda$, la placa de yeso que da el color violeta I y la cuña de cuarzo.

Se basa su aplicación en la observación siguiente: los colores de interferencia en láminas delgadas dependen de la intensidad de su birefringencia y del grueso de la lámina, pues son más altos cuanto más gruesa es. Si encima de una placa de un mineral se coloca paralelamente otra del mismo, orientada del mismo modo, el color subirá. Si ahora, en vez de superponer una placa del mismo mineral, lo que se superpone es una placa de yeso ó mica, cuyos ejes de máxima y de mínima elasticidad son conocidos (se la coloca paralelamente), pasará una de dos cosas: ó suben los colores de interferencia y entonces lo que coinciden en las dos placas, direcciones equivalentes (es decir, que coinciden los dos ejes de máxima ó los dos de mínima), ó los colores bajan y entonces coincide un eje de máxima con uno de mínima. Como los de la placa de yeso ó mica son conocidos, los de la placa del otro mineral se deducen.

Para hacer las observaciones, se colocan las dos placas con sus direcciones principales, según las bisectrices del ángulo recto de las secciones principales de los nicoles, para obtener así la iluminación máxima.

Investigaciones con luz polarizada convergente.—Se emplean para los fines siguientes:

- 1.º Distinguir los cristales uniáxicos tallados perpendicularmente al eje óptico de los minerales isotrópos.
- 2.º Reconocer los minerales biáxicos.
- 3.º Medir aproximadamente el ángulo de los ejes ópticos.
- 4.º Distinguir distintas clases de dispersión.
- Y 5.º Determinar el carácter óptico.

El paso de luz paralela á luz convergente, se hace en el microscopio del siguiente modo: sobre la lente condensadora débil que hay encima del polarizador, se introduce una lente fuerte que llevan los microscopios petrográficos, dispuesta de tal modo,

que se puede poner y quitar con facilidad; el haz divergente de rayos obtenido así, después de atravesar la placa, es recogido por un objetivo fuerte y pasa al ojo del observador (sin emplear ocular ninguno).

Se pueden observar de este modo las figuras de interferencia muy claras y definidas, pero pequeñas. Para ampliarlas se introduce la lente de Bertrand en la ventanilla *b* del tubo, y combinándola con un ocular se obtiene un microscopio para observar las imágenes citadas. Este se enfoca subiendo ó bajando la parte superior del tubo.

1) *Minerales isotropos y minerales uniáxicos*.—Una placa de un cristal uniáxico tallada perpendicularmente al eje, introducida entre nicoles cruzados, produce una figura de interferencia compuesta de una cruz oscura y una serie de anillos coloreados que no varía al girar la plataforma; las sustancias isotrópicas no dan figura de interferencia, y con ellas el campo permanece oscuro.

Si la placa hubiese estado tallada oblicuamente al eje, sólo se verían parte de los anillos coloreados y un brazo de la cruz que, al girar la plataforma, iría pasando por el campo, hasta ser sustituido por otro de los brazos perpendicular al primero. No mencionamos la polarización circular porque no es apreciable en placas delgadas.

2) *Minerales biaxiales*.—Las placas de estos minerales talladas perpendicularmente á la primera bisectriz, muestran los dos puntos axiales rodeados por curvas coloreadas que acaban por cruzarse en el centro formando lemniscatas. Si el plano de los ejes ópticos es paralelo á una de las secciones principales de los nicoles, se observará una cruz negra, una de cuyas ramas, que une los puntos axiales, es pequeña y viva ensanchándose en los extremos; la otra, perpendicular á la primera, es más ancha. Girando la platina, la cruz se parte en dos hipérbolas equiláteras que tienen por focos los puntos axiales.

Si la placa ha sido sacada perpendicular á uno de los ejes ópticos, se verá un punto axial rodeado de curvas concéntricas atravesadas por una barra negra que se ensancha por sus extremos. Las secciones oblicuas darán, por regla general, una rama de hipérbola que irá atravesando el campo al dar una rotación á la platina.

3) *Determinación del ángulo de los ejes*.—Cuanto mayor sea el ángulo de los ejes mayor será la distancia entre los puntos axiales; midiéndola con un micrómetro, y comparándola con lo de minerales de ángulo axial conocido, puede determinarse aproximadamente el ángulo axial que se busca. Se verá á cuantos grados corresponde una división del micrómetro, y se admitirá la proporcionalidad para calcular el ángulo buscado.

4) *Dispersión*.—Sirven las figuras de interferencia también para demostrar las diferentes clases de dispersión. Se determinará en los cristales rómbicos si el ángulo axial es mayor con luz roja que con luz azul, ó viceversa, circunstancias que se expresan por $\rho > \nu$ ó por $\nu > \rho$, respectivamente. A veces la dispersión es tan pequeña, que su determinación es muy difícil. La bisectriz aguda es siempre paralela á uno de los ejes cristalográficos, y si una placa tallada perpendicularmente á ella se observa en una posición tal que su plano axial sea paralelo á la sección principal de uno de los nicoles, la imagen ha de aparecer dividida simétricamente por los hilos del retículo, de tal modo, que la mitad derecha sea igual á la izquierda y la mitad superior á la inferior.

No pasa lo mismo con los minerales monoclinicos. El plano axial ó es paralelo al plano de simetría ó le es perpendicular, y por tanto, en el primer caso las direcciones de máxima y mínima elasticidad están en el plano de simetría y en el segundo, ó la una ó la otra le es perpendicular.

(En las explicaciones que siguen se supone siempre una posición tal de la figura de interferencia, que el plano axial sea paralelo á la sección principal de uno de los nicoles.)

Dispersión inclinada. a) Si la primera y la segunda bisectrices están en el plano de simetría, su dirección variará al variar

el color de la luz. Lo mismo pasa con los ejes ópticos. Una placa tallada perpendicularmente á la bisectriz aguda (lo que sólo sucederá para cierto color de la luz estando algo oblicua para todos los demás colores) presentará una figura de interferencia que sólo será simétrica respecto á la dirección que atraviesa los dos puntos axiales. Esto es lo que se llama dispersión inclinada.

b) Si el plano axial es perpendicular al de simetría, la bisectriz aguda, ó está en el plano de simetría, ó le es perpendicular.

a) *Dispersión horizontal*.—En el primer caso la figura de interferencia queda dividida simétricamente por el plano de simetría, pero los puntos axiales quedan á derecha é izquierda de él. Como la dirección de la bisectriz aguda cambia con el color de la luz, lo mismo pasa con el plano axial. Los dos puntos axiales se presentan iguales á la derecha y á la izquierda del plano de simetría, pero un plano perpendicular á él divide las figuras que rodean á los puntos axiales en dos partes que no son iguales, constituyendo lo que se llama dispersión horizontal.

6) *Dispersión cruzada*.—Cuando la bisectriz aguda es perpendicular al plano de simetría, no puede sufrir dispersión y se conserva igual para todos los colores; pero con diferentes colores, el plano de los ejes varía de posición mediante una especie de rotación sobre la bisectriz aguda. Por tanto, la figura de interferencia no puede ser simétrica por mitades. De las figuras que rodean los puntos axiales serán iguales la de arriba de la derecha con la de abajo de la izquierda y la de arriba de la izquierda con la de abajo de la derecha, de donde viene el nombre de dispersión cruzada.

En los minerales triclinicos las figuras son completamente disimétricas, pues ninguna relación existe entre la forma cristalina y las direcciones principales de la elasticidad óptica.

5). *Carácter óptico*.—Se determina fácilmente por medio de las figuras de interferencia. Lo más sensible es el empleo de la placa de mica $\frac{1}{4}$, y que se introduce en la ranura que hay encima del objetivo con su plano axial á 45° con las secciones principales de los nicoles. Las figuras de interferencia presentan entonces deformaciones características que clasifican claramente al mineral como positivo ó negativo. Una descripción detallada de estos fenómenos y de otros, y de varias propiedades de los minerales que aquí no se mencionan, se encontrarán en libros de consulta, tales como

Zirkel, *Elemente der Petrographie*.

Rosenbusch, *Mikroskopische Physiographie*.

Teall, *British Petrography*.

Dana, *Manual of Mineralogy and Petrography*.

Williams, *Manual of Lithology*, etc.

CAMINOS VECINALES

No constituye el objeto de estas líneas, ni sería ya oportuno, terciar en la polémica entablada con motivo de las disposiciones ministeriales dictadas en Septiembre último, en materia de caminos vecinales.

La reciente presentación á las Cortes de un nuevo proyecto de ley, semejante al que, sin resultado práctico, fué sometido á su deliberación el año 1901, es lo que me induce á emitir algunas consideraciones, valga por lo que valieren, acerca de un asunto al que no puede negarse ni oportunidad ni trascendencia.

La vigente ley de carreteras, en sus secciones relativas á caminos provinciales y vecinales, parte del supuesto de que las Diputaciones y los Ayuntamientos poseían, en general, ó podrían fácilmente poseer, suficiente competencia administrativa y técnica para proyectar, construir, y conservar dichos caminos y holgados medios materiales para costear su ejecución, y estas