

Avalanchas:

ESTUDIO FISICO-MEDICO

(I.ª parte)

DR. A. CASTELLÓ.

¡Qué hermoso es cuando en copos
la blanca nieve silenciosa cae,
de las inquietas llamas
ver las rojizas lenguas agitarse!
Gustavo A. Becquer.

INTRODUCCION

El estudio de los aludes ha sido olvidado en España; muy pocos trabajos se han dedicado al tema ya que la problemática de la avalancha no incidía sobre la vida laboral o deportiva de los españoles. Digno de consignarse es que sea genuinamente española, dentro de las obras de defensa contra los aludes, la obra de contención conocida por «dique vacío», que surgió de las avalanchas ocurridas, entre 1910 al 1912, en el Pirineo Aragonés, mientras se construía la estación del ferrocarril de Canfranc.

Para los españoles, el peligro de los aludes no parecía existir ya que las viviendas y los pequeños núcleos urbanos estaban muy lejos de las cimas nevadas. A partir de 1968 el esquí se convierte en deporte de moda, se precisan más y más pistas que se van a buscar cada vez más cerca de las altas cimas y con ello, el esquiador, se coloca en el camino del alud. Las facilidades de aproximación, los excelentes equipos que ya pueden adquirirse en España, han permitido al montañero prodigar las ascensiones y travesías invernales por las altas rutas donde la avalancha se prodiga. Las víctimas, entre esquiadores y montañeros, ya se han producido pero las grandes catástrofes no han llegado pues aún no se han construido estaciones importantes en los altos valles de Pirineos, Pi-

cos de Europa o Sierra Nevada, pero es inminente que chalets y hoteles cubran las laderas de nuestros más altos picos y si no se han estudiado las condiciones de terreno, si no se han preparado adecuadas obras de defensa, si —tal como sucedió en Suiza, cuando el hombre estableció su morada en los valles alpinos— se talaran bosques enteros desguarneciendo a las viviendas o núcleos habitados de sus defensas naturales, asistiremos a tragedias que enlutarán el deporte.

Mi maestro el Prof. GIRONES decía: «Copiar de un libro es un plagio; de dos, es una revisión de conjunto; de tres, es un original». Dejemos a mi trabajo en una «puesta al día», en la que los médicos encontrarán, seguramente, poca medicina, aunque conocer el mecanismo de las avalanchas y medios de defensa contra ellas, podamos considerarlo como una excelente medicina preventiva. Me alegraría que los médicos que desempeñen su misión en los lugares de alta montaña y los interesados en deportes de invierno, encontraran una adecuada información en este escrito, que desearía fuese una llamada de atención para quienes deban escoger emplazamientos para estaciones invernales y para las Federaciones de esquí y de

montañismo, con el fin de que difundan entre sus afiliados las normas de prudencia, seguridad y primeros auxilios que pueden, rememoradas en el momento oportuno, evitar accidentes.

LA NIEVE Y SUS METAMORFOSIS

La primera institución para el estudio de la nieve se creó en 1939 en Suiza (fig. 1) e insta-



Fig. 1. — Instituto Federal para el estudio de la nieve y de las avalanchas. Weissflujoch - Davos. (Foto Castelló).

lada en Weissfluhjoch, (Davos), se denomina «Instituto Federal para el estudio de la Nieve y de las Avalanchas». Las publicaciones de los trabajos realizados por sus equipos técnicos deben ser consultados por todo aquel que se adentre en el estudio de los aludes.

Escribe ROCH, que para comprender el mecanismo del desencadenamiento de un alud es necesario conocer las metamorfosis de la nieve en el suelo y algunas de las propiedades mecánicas de los diferentes tipos de nieve.

La nieve nace en la atmósfera por cristalización de gotitas microscópicas de agua alrededor de un núcleo, que, generalmente, es una partícula de hielo o un minúsculo grano de polvo. Cuando el cristal es suficientemente pesado cae hacia el suelo, pudiendo crecer en el trayecto por sublimación de vapor de agua o juntándose a otras gotitas. Según la temperatura ambiente estos cristales, que constituyen la nieve, adoptan diferentes formas del sistema exagonal.

Acumulados sobre el suelo pueden formar una *capa de nieve* producida por una sola precipitación, o un *manto de nieve* que está constituido por un conjunto de capas superpuestas que cubren el suelo. A este nivel los cristales originales cambian de forma, sufren una metamorfosis. Los cristales dentríticos formados por finas ramificaciones, al encontrarse con tempera-

turas menos frías sufren rápidamente esta metamorfosis. Las finas ramificaciones de la estrella tienden a desaparecer mientras las principales engruesan y los cristales se vuelven granulosos.

En tanto los cristales originales están intactos, tenemos *nieve fresca*. Con la desaparición de las ramificaciones aparece la *nieve polvo*, que, por engrosamiento de sus ramitas, pasa a *nieve granulosa*. Esta transformación se denomina *metamorfosis destructiva*.

El manto de nieve está *estratificado*, no puede ser homogéneo por ser generalmente distintas las condiciones en que se ha formado cada capa de nieve. Un manto de nieve es tanto más aislante cuanto mayor cantidad de aire contiene. La temperatura de la nieve en contacto con el suelo es de 0° mientras que en su superficie adquiere la temperatura media del aire, correspondiente a la época del año y a la altura, admitamos unos -10° . Por consiguiente, una capa de nieve de poca altura tendrá un gran gradiente negativo de temperatura. El aire contenido en los poros de la nieve en contacto con el suelo es más caliente (fig. 2) y más ligero que

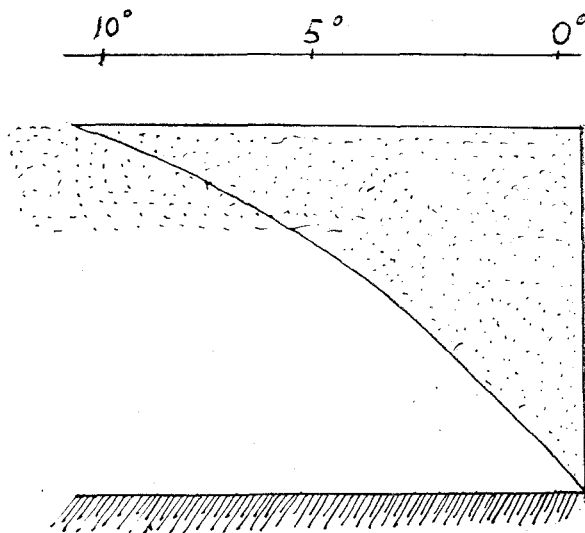


Fig. 2. — Temperatura en el manto de nieve. (Dibujo A. Roch).

el aire situado en la superficie. Este aire caliente y saturado de humedad asciende y al enfriarse, en este ascenso, se sobresatura depositándose este vapor de agua sobre los cristales que aumentan de tamaño y que por sus caras se unen a los otros formándose unos minúsculos cubiletes con la apertura dirigida contra la corriente ascendente. Es la *metamorfosis constructiva*.

Un manto de nieve de poco espesor que, durante mucho tiempo, no ha sido cubierto por nuevas capas de nieve, se transforma casi totalmente en un andamiaje frágil de cristales en cubilete. Este manto de nieve se rompe al menor choque y se le llama *nieve fluente* porque al hundirse facilita el inicio de una avalancha ya que los cristales disgregados resbalan como gotas de agua.

La superficie del manto de nieve está sujeta a grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche (fig. 3), aunque estas variaciones

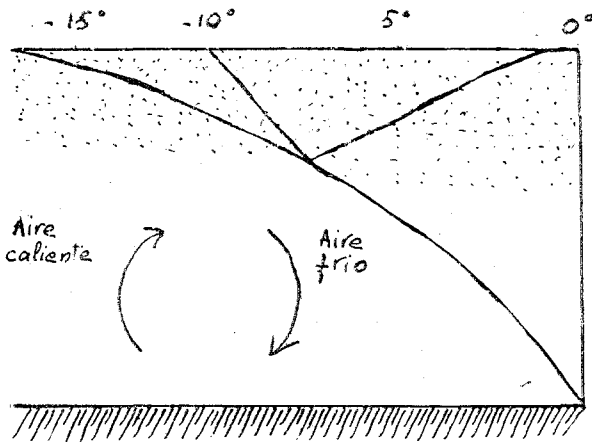


Fig. 3. — Variaciones diarias de temperatura en el manto de nieve (Dibujo A. Roch).

no penetran más de 20 a 30 cms. en el interior del manto. En las noches sin nubes la superficie del manto de nieve irradia calor y puede llegar a estar 10° más fría que la temperatura del aire. Si el cielo está cubierto la nieve de superficie tiene la misma temperatura que el aire. Una nueva caída de nieve provoca un calentamiento de las antiguas capas.

Bajo el peso de nuevas capas de nieve, los cristales, en virtud de la compresibilidad de la nieve, se aproximan unos a otros deformándose y rompiéndose, es, lo que ROCH llama *metamorfosis de compresión*.

El aumento de la temperatura del aire por encima de 0° ó la exposición a los rayos del sol producen la fusión de la nieve y este agua de fusión se infiltra en el manto y provoca la *metamorfosis de fusión*. Este agua envuelve el grano de nieve que al helarse aumenta. La fusión y el rehielo sucesivos forman poco a poco el *nevero*.

La nieve dispone de una serie de propiedades mecánicas. El peso específico es una de ellas. Entre la nieve más ligera, la que cae en día sin viento y con temperatura baja, la denominada *nieve loca* que pesa de 30 a 50 Kg./m.³,

hasta el hielo puro que pesa 917 Kg./m.³, la nieve puede pasar por todos los pesos:

Nieve loca	de	30 a 50	Kg./m. ³
Nieve fresca	de	50 a 150	»
Nieve polvo	de	150 a 250	»
Nieve granulosa	de	200 a 500	»
Nieve fluente	de	250 a 450	»
Nieve húmeda	de	150 a 700	»
Nieve de nevero	de	500 a 800	»

(A. ROCH).

Generalmente la nieve de invierno, sin fundir y sin rehielo importante, no sobrepasa los 400 Kg./m.³. En un manto de nieve el peso específico máximo se sitúa, aproximadamente, en el tercio inferior.

LA VISCOSIDAD Y COMPRESIBILIDAD DE LA NIEVE

La nieve fresca es muy deformable, muy comprensible. Con las bajas temperaturas la nieve es más resistente a la compresión.

LA RESISTENCIA A LA RUPTURA

La resistencia de la nieve a la compresión es mucho más grande que a la tracción. La resistencia de la nieve depende de su cohesión que varía según el tipo de nieve.

Los ángulos de rozamiento estático y cinético de la nieve, el estático o de salida, lo mismo que el cinético o de movimiento, cuando la nieve resbala, dependen de la forma de los cristales, del estado de cohesión de la nieve, de la temperatura, que hace al cristal más o menos duro, y de la humedad.

P. y B. CAILLAT, se preguntan cómo y por qué la nieve es capaz a la vez de sostenerse en pendientes casi verticales y luego resbalar sobre pendientes muy discretas. Para explicarlo imaginan un dispositivo basculante (fig. 4) en

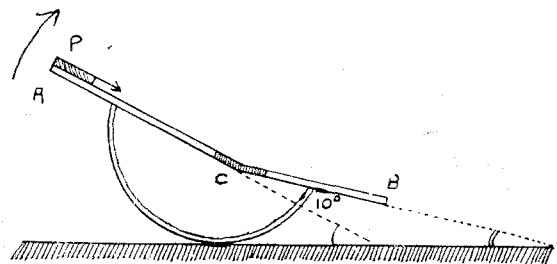


Fig. 4. — Explicación en el texto. (Dibujo de P. y B. Caillat).

el cual los planos A y B forman entre ellos un ángulo de 10° . Si colocamos en la parte más alta de A una pastilla de mantequilla P y en

tonces vamos inclinando el plano hacia delante, durante un cierto tiempo la placa de mantequilla se mantendrá pegada en el sitio, en un momento dado arrancará y resbalará hacia abajo. En este preciso instante el ángulo que hará el plano A, con el suelo (horizontal), será el *ángulo de frotamiento estático*. Una vez en marcha la mantequilla seguirá su ruta sobre B sin pararse, a pesar de ser mucho menos fuerte la pendiente, es el *ángulo de frotamiento cinético* que es muy inferior al ángulo de frotamiento estático.

Según los estados de la nieve las diferencias entre los ángulos estático y cinético es como mínimo de 10°. Para la nieve en polvo esta diferencia es de 20° y para la nieve fresca es de 70°, lo que significa que la nieve fresca puede mantenerse sobre pendientes de 85° y que una vez puesta en movimiento no se para ni en una pendiente de 15°. En estas grandes diferencias, entre el reposo y el movimiento, de la nieve fresca está su enorme peligro de avalanchas.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA RESISTENCIA DE LA NIEVE

Numerosos estudios realizados en el Instituto de Weissfluhjoch, demuestran que la nieve es más resistente a bajas temperaturas que a temperaturas elevadas.

Un recalentamiento, acercándose a los 0° aunque quede por debajo de esta temperatura, es lo que más disminuye la resistencia de la nieve.

PERMEABILIDAD AL AIRE DE LA NIEVE

Es muy variable; es grande en la nieve fresca, no comprimida, así como en la nieve granulosa y fluente. Varía inversamente al peso específico.

El manto de nieve tiene una estructura estratificada en la que cada capa de nieve tiene sus propiedades bien definidas. JOSE MARIA AYERBE, en su trabajo sobre aludes, estudia el perfil estratigráfico del que obtiene las siguientes conclusiones:

1.º Cada interrupción de precipitación de nieve proporciona una variación en la plasticidad y solidez del manto de nieve.

2.º La solidez de la nieve es mayor en la parte inferior de cada capa y menor en la superior.

3.º La discontinuidad entre dos capas se presenta más acusada cuando ha tenido lugar después de precipitaciones grandes con altas temperaturas, que cuando lo ha sido después de pequeñas, con temperaturas bajas.

4.º Consecuencia de las anteriores, el punto débil de cada capa se encuentra siempre en su parte superior.

En resumen, tenemos que considerar el manto de nieve como una cubierta de varias capas de masas plásticas de viscosidad y consistencia variable, en las que sus partículas están sometidas a tensiones de tracción y tensiones de presión causantes de deformaciones en la materia plástica.

Sigo fielmente el estudio de A. ROCH, quien considera que para entender el desencadenamiento de los aludes es importante conocer cómo se forman, por una parte los *estratos compactos*, que constituyen las placas de nieve y por otra parte los *estratos de débil cohesión*, favorables para el inicio de los deslizamientos.

La nieve depositada está sometida a dos influencias principales que rigen su resistencia: su propio peso, que la comprime y tiende a aumentar su resistencia y la metamorfosis destructiva, que entorpece el rehielo de los cristales e impide que aumente la resistencia. Tras un cierto tiempo, las partículas de hielo se sellan y la resistencia aumenta. A pesar de ello la metamorfosis continúa y tiende a reducir esta resistencia.

LOS ESTRATOS COMPACTOS

Cada nevada de cierta importancia forma una capa compacta en su parte inferior y con menor resistencia en la superior. La zona inferior de una gran nevada está apisonada por el peso de la nieve situada encima. Los cristales se aproximan unos a otros, pero no se rehelarán hasta transcurrido un cierto tiempo de 1 a 3 días, ya que al principio la metamorfosis destructiva, muy activa en nieve fresca, entorpecerá el rehielo de las partículas.

Esta nueva capa apisonada, en su parte inferior es poco permeable al aire. Esto provoca un recalentamiento general en el manto de nieve, con una disminución del gradiente de temperatura que disminuye la circulación del aire y retrasa la metamorfosis constructiva en las capas antiguas.

La metamorfosis destructiva y la constructiva, poco a poco, llegan a un estado de equilibrio pero, si no hay ninguna nueva nevada, la metamorfosis destructiva provoca, en una o dos semanas, una disminución de la resistencia de todas las capas.

ROCH subraya que, las capas de nieve poco espesas de 20 a 30 cms., que quedan poco tiempo en superficie, de 3 a 5 días sin fundirse, consiguen mayor resistencia que la que adquieren las zonas inferiores de una gran nevada que las re-

cubre, debido a que, a pesar de haber sufrido una metamorfosis destructiva muy activa, no están en granos grandes y la nieve no ha perdido su comprensibilidad, por ello, aproximados los cristales por la presión se sueldan con rapidez dando una nieve muy compacta. El viento soplando sobre la superficie de la nieve la convierte en compacta ya que los cristales son arrojados unos contra otros y después de una noche se han soldado y la capa se ha vuelto dura.

Si llueve o si la temperatura es superior a 0°, la nieve de superficie se funde y al rehelerse forma una capa de hielo que impide la circulación del aire y provoca una metamorfosis constructiva muy activa. Los grandes cristales crecen mientras los pequeños desaparecen. La capa tiene mucho aire.

Recubierta por nuevas nevadas, los estratos de hielo se desintegran lentamente. Los cristales se separan y la capa de nieve pierde consistencia. Durante la primavera las fusiones diurnas y los rehuelos nocturnos forman una capa muy compacta, que puede llegar a 30 cms. de espesor, y que está asentada sobre una base húmeda y podrida, constituyendo una peligrosísima placa de nieve.

LOS ESTRATOS DE DEBIL COHESION

La nieve que permanece largo tiempo en superficie sin fundirse (1 a 2 meses) se transforma en nieve granulosa. No tiene comprensibilidad. Resiste las presiones de una nueva nevada pero forma un estrato peligroso para el inicio de una avalancha.

Al llegar la primavera, la temperatura es de 0° en todo el manto de nieve. El aumento de temperatura produce una disminución de la cohesión y la humedad tiende a fundir los contactos entre los cristales, hay una disminución general de la resistencia en todas las capas.

MOVIMIENTOS DEL MANTO DE NIEVE

Dos movimientos han sido descritos: Un movimiento de *asiento* o apisonado, en las cubiertas horizontales y otro llamado de *reptación*, que ya supone un desplazamiento, cuando el manto de nieve se encuentra sobre una superficie inclinada, siendo su velocidad mínima en la proximidad del suelo y máxima en la superficie. Este movimiento de reptación no debe confundirse con el deslizamiento producido por la infiltración en el manto nevoso del agua de

fusión que se forma al aumentar la temperatura ambiente y da lugar a una lubricación entre el suelo y el manto nevoso. En el deslizamiento, la velocidad es casi uniforme en todo el espesor del manto y algo mayor que la reptación, a la cual se suma.

DEFINICION DE ALUD

HUERTA escribe: «La definición es sencilla, sus causas son complejas». Los aludes pueden ser de nieve, hielo, rocas, barro, etc., me ceñiré al *alud de nieve* que comprende el desprendimiento y derrumbe de masas de nieve desde las alturas montañosas hacia el valle. El alud de nieve no sólo actúa por la masa de nieve y la velocidad que adquiere al rodar sino que, debido a su desplazamiento, presiona las capas de aire llamada *soplo de alud* que adquiere el poder destructor de un verdadero huracán, cuyos efectos superan al alud mismo al cual preceden (fig. 5). En la Reunión Internacional so-

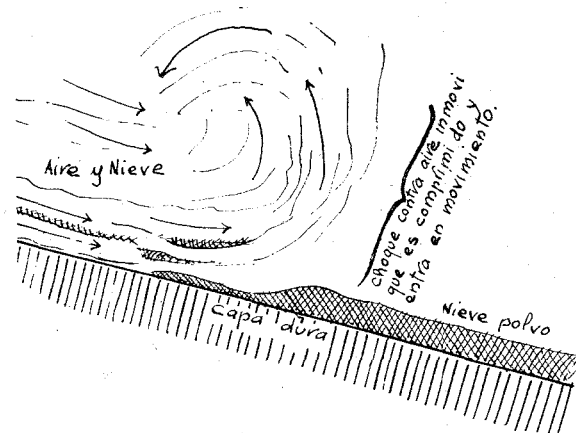


Fig. 5. — (Dibujo P. y B. Caillat).

bre Avalanchas, celebrada en Lucerna en 1969, MARKWALDER citó el caso de un alud que, pasando a unos 400 metros de un hotel, originó el derrumbamiento del mismo por el soplo del alud; la consecuencia fue 12 muertos.

La nieve caída o acumulada por el viento sobre las pendientes, «zonas de acumulación» forma grandes masas o capas; se producen grietas en esas capas «líneas de desgarramiento» o «fallas» que permiten el desprendimiento de la masa de nieve; al caer, el alud sigue un determinado camino, «cauce o curso» y al detenerse, en el fondo del valle, se forma el cono terminal del alud, «zona de concreción».

CAUSAS DE LA FORMACION DE ALUDES

Las avalanchas pueden producirse *espontá-*

neamente o a consecuencia de una *causa accidental* (paso de un esquiador, caída de una cornisa, una explosión, etc.).

El peligro de la formación de fallas o línea de desgarramiento está localizado en los pasos de una a otra capa de nieve, por consiguiente, de esta formación dependen las clases de aludes el cual podrá ser: *superficial* o de nieve floja (fig. 6) si sólo afecta a la capa superior;

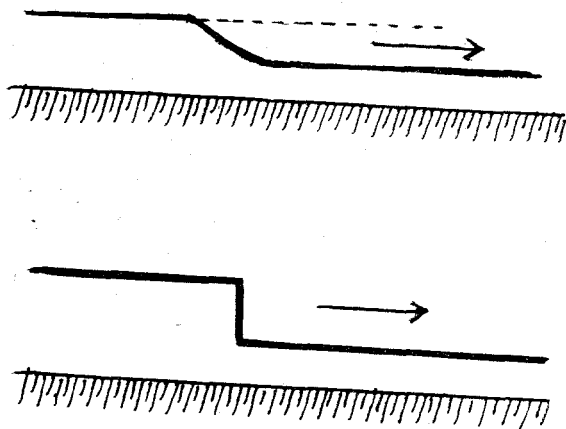


Fig. 6. — Alud de superficie (Dibujo de Ayerbe).

de placas o grandes losas, si la falla se origina por la poca consistencia de la zona media y de fondo (fig. 7) si está afecto por la más profunda (AYERBE).

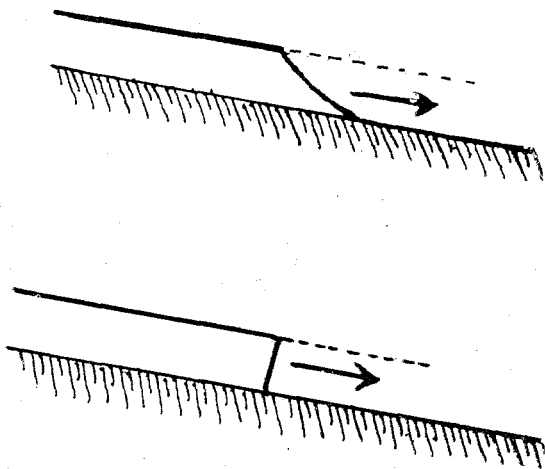


Fig. 7. — Alud de fondo (Dibujo de Ayerbe).

El alud de superficie se caracteriza por el desprendimiento de capas superficiales que reposan sobre una base de hielo o nieve más vieja, apretada y congelada. Su peligrosidad es reducida debido a la escasa magnitud de su volumen. Los aludes de fondo abarcan la totalidad

de una masa de nieve dejando al descubierto el terreno sobre el que se hallaban.

La nieve se comporta como un fluido de fuerte consistencia que forma una capa viscosa adaptada al terreno, la cual está en lento, pero constante, movimiento. Sobre las pendientes el movimiento de reptación de la nieve puede ser frenado si son rugosas o escabrosas, ofrecen obstáculos como árboles, rocas, o por el contrario puede acelerarse si las pendientes son lisas con hundimientos importantes y desguarnecida de obstáculos naturales.

De esta forma, las fuerzas de tracción y de compresión que nacen en el interior del manto rigen, en gran parte, la formación de avalanchas.

Si existe en algún lugar de la pendiente una aceleración del movimiento de reptación debido, por ejemplo, a la existencia de una zona convexa o bien un suelo muy liso, se origina un aumento de las fuerzas de tracción en el interior del manto de nieve. Si aumentan hasta tal punto que sobrepasan el límite entre la resistencia a la tracción y la cohesión, se produce una ruptura del equilibrio y se forma el alud (fig. 8).

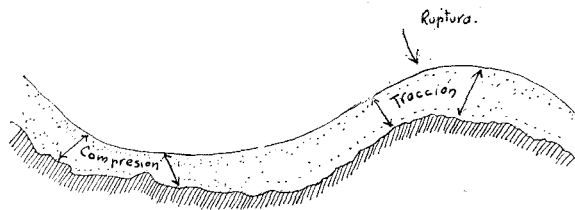


Fig. 8. — Representación esquemática (modificada) de las zonas de tracción y compresión. (Paulcke - Dumler).

Igualmente si la capa de nieve está sometida a un esfuerzo de compresión superior a su resistencia máxima, se producirá la ruptura de la capa.

Cuando se está en presencia de nieve sin cohesión, tal sucede cuando nieva a baja temperatura, esta capa de nieve no se comprime, es la nieve seca, cuyos cristales no tienen cohesión entre ellos y no se adhieren al terreno, se desprenden fácilmente, especialmente cuando el terreno es liso y helado. Al caer, estas masas, no vuelven a adherirse al terreno y su volumen y velocidad aumentan en la caída; su curso es difícil de prever y van en una nube de polvo de nieve que las oculta a la vista. El soplo de esta clase de alud es sumamente devastador. Estos aludes alcanzan en su descenso velocidades de 300 Km./h. El alud de fondo resbala con velocidades relativamente lentas, unos 100 Km./h.

En primavera, cuando el crecimiento de los granos alcanza su máximo y no están ya soldados unos a otros, el interior del manto de nieve se parece a «un joc de bitlles» que un simple esfuerzo puede derrumbar. De esta forma se produce un desequilibrio en las capas, que provoca la avalancha.

Resulta fundamental, en la producción de líneas de desgarramiento, la resistencia de la nieve a la tracción, resistencia que aumenta a medida que crece el peso específico y disminuye la temperatura. Esta resistencia a la tracción varía de 0 a 150 Kg./dm.². La elevación de temperatura debilita la fuerza de cohesión que aglutina los cristales y hace que la resistencia sea casi nula en las proximidades de 0° (AYERBE).

ZDARSKY empieza su estudio sobre avalanchas con esta frase: «El viento es el artesano de la mayor parte de las avalanchas». Los fuertes vientos obran intensamente en dos aspectos: en primer lugar, transportan y acumulan la nieve recién caída (en especial cuando esta última es pulverolenta) formando en ciertos lugares formidables capas nevosas, cornisas, etcétera (fig. 9), en segundo lugar la tempera-

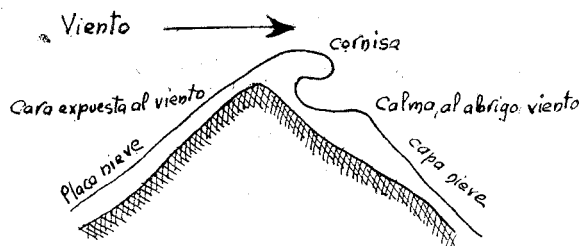


Fig. 9. — Formación cornisas (Dibujo de Gut).

tura del mismo, pues cuando es cálido apresura el derretimiento de las masas de nieve. (Viento del Sur, en España; Zonda, en Argentina; Foehn, en Austria).

Los cambios bruscos de temperatura es otro de los factores favorables a la formación de aludes. La hora del día, íntimamente relacionada con la temperatura ambiente, tiene también marcada influencia pues, en las horas de la mañana, las capas de nieve tienen más cohesión que en horas del mediodía.

El peligro de los aludes varía también de acuerdo con la estación, a finales del invierno y comienzo de la primavera el peligro es mayor que en cualquier otra época. Sin embargo no hay que rechazar la posibilidad de que se produzcan en otoño o verano, pues las tempestades son también fuertes en estas épocas (HUERTA).

Un factor muy importante, en el nacimiento de una avalancha, es la pendiente del terreno. Se ha aceptado que en una ladera de 25° de inclinación es necesario transitar con precauciones. A una mayor inclinación lógicamente aumentará la posibilidad de la formación del alud. En pendientes de menos de 25° de inclinación no hay que rechazar la posibilidad de formación de una avalancha cuando más arriba de ellas existen precipicios o pendientes muy pronunciadas. Según AYERBE, en España, el peligro comienza en pendientes comprendidas entre el 50 y 60 %.

Junto con estas condiciones que he reseñado, hay otras situaciones que llevan en sí peligro de alud: composición desfavorable de la cubierta de nieve vieja, debida a las condiciones meteorológicas de todo el período invernal precedente. Consecuencias: Peligro latente de aludes provocados accidentalmente e inminente si ocurre una fuerte acumulación de nieve fresca en poco tiempo. Los técnicos suizos consideran:

Crecimiento de la capa de nieve:

De 20 a 30 cms.: Peligro moderado de aludes en las pistas de esquí.

De 30 a 50 cms.: Peligro general en los lugares de tránsito, pueden descender hasta el valle aludes aislados con daños para carretera y ferrocarril.

De 50 a 100 cms.: Peligro general para las vías de comunicación y poblados.

Más de 100 cms.: Grave peligro de aludes extraordinarios.

PROVOCACION DE AVALANCHAS POR ACCIDENTE

El desencadenamiento por accidente se caracteriza por un brusco aumento de la compresión sobre un estrato frágil lo que provoca su ruptura. En este momento la resistencia al cisallamiento se quiebra y no subsiste en este estrato más que la resistencia de rozamiento al movimiento. Si la ruptura ha sido lo suficiente profunda para liberar una gran masa cuyo movimiento se propaga ya tenemos el alud.

Estos accidentes pueden provocarse por acumulos de nieve que caigan de árboles o rocas que dominan una pendiente, por la caída de una cornisa, por el paso de un esquiador, de un animal, por petardos, explosiones, etc.

ROCH llama a esto *accidentes extrínsecos*, para considerar *accidentes intrínsecos* las rupturas de tracción provocadas en el sector convexo de la pendiente.

El peligro de que un esquiador desencadene un alud aumenta en el caso de marchar trans-

versalmente a la línea de máxima pendiente, pues su paso forma una especie de zanja que puede cortar una o varias capas de nieve que, faltas de su sostén, pueden resbalar encima de las capas inferiores originando el alud.

Es más fácil desencadenar una avalancha si se provoca la ruptura de tracción en la parte convexa de las pendientes que pasando por la mitad de la misma. Se pelagra pues menos en originar una avalancha cruzando por media ladera que por lo alto, pero debe tenerse en cuenta que un esquiador, cazado a este nivel por una avalancha, tiene muchas menos posibilidades de escapar que si es sorprendido en lo alto.

Debe tenerse en cuenta que el paso de un esquiador puede no ser causa de alud, pero al ser seguido por otro u otros se ahonda la traza y nace el alud. En su momento insistiré sobre las precauciones que deben adoptar los grupos que marchan por zonas peligrosas.

INDICIOS QUE PERMITEN RECONOCER LA PROXIMIDAD DEL ALUD

La detección de las avalanchas, desde hace unos años, ha dejado el empirismo para entrar en el campo científico que permite, con métodos técnicos, preveer con suficiente antelación en qué momento puede desencadenarse una avalancha.

El montañero o el esquiador, en alta ruta, sin contacto con los Centros de Defensa contra Avalanchas, dispone de indicios que permiten saber si está por originarse un alud de nieve, entre ellos, HUERTA, menciona: al quebrarse o desgarrarse una capa de nieve antes de producirse el desprendimiento se oyen detonaciones muy semejantes a las producidas por armas de fuego; a continuación se ven las grietas de las capas que, a regular distancia, es posible observar como líneas oscuras; al producirse el desprendimiento las capas que están por bajo de la línea de ruptura se ondulan y se quiebran acompañadas de pequeños estallidos; a cierta distancia, cuando no se han podido notar los indicios mencionados es posible reconocer el alud que se precipita por el ruido en las partes superiores de la montaña, como el correr de un arroyo o de piedras que caen.

DEFENSA CONTRA LAS AVALANCHAS

Actualmente se dispone de dos medios de defensa:

- 1.º Provocación artificial de la avalancha.
- 2.º Obras de protección.

1.º Provocación artificial de la avalancha.

El desencadenamiento del alud es una operación que consiste en provocar, con la ayuda de medios especiales (granadas, cañón anti-avalanchas), la avalancha, antes de que ésta se produzca en el momento más inesperado.

Debe tenerse en cuenta, en relación con el desencadenamiento artificial de las avalanchas, que un alud no se inicia «a la voz de mando», es decir, cuando se le manda salir desde el sitio donde se quiere y en las condiciones que se desean.

El desencadenamiento de avalanchas se practicó por primera vez en 1932-1934 en Bernina por medio de lanzaminas. Es uno de los medios más eficaces (fig. 10).



Fig. 10. — Modelo de lanzaminas. (Foto Castelló).

Es necesario tener en cuenta: 1.º La absoluta seguridad del equipo. 2.º Conocer perfectamente la categoría del explosivo. 3.º Precisar el sitio crítico donde la tensión de la nieve es mayor. La explosión unos metros más allá puede fallar.

Los lanzaminas llegan a 3 kilómetros de la horizontal y a 5 kilómetros de la vertical. El equipo de servicio siempre queda protegido de las avalanchas. El procedimiento puede usarse incluso con mala o sin visibilidad. En estos casos tiene el inconveniente de no verse si se ha provocado o no la avalancha. Es un sistema caro (fig. 11).



Fig. 11. — Lanzamiento con su carga.
(Foto Castelló).

Otro sistema más económico es con un fusil especial, de la firma «Hamberger», que llega a 1.500 metros. El equipo queda bien protegido, pero la puntería puede ser algo deficiente ya que el proyectil se influye por el viento.

También se ha utilizado el helicóptero, lanzando desde él las cargas explosivas. En Verbier, en 1969, se gastaron más de 1.200 kilos de explosivos.

El efecto del explosivo es máximo si actúa en superficie, por ello hace falta que la carga explosiva utilizada en el proyectil explote gracias a una espoleta muy sensible.

En la actualidad se estudia la instalación de campos de minas en los puntos peligrosos. La colocación de los explosivos se hace en otoño. En el momento oportuno y desde un mínimo de 500 metros, se puede hacer explotar la mina deseada mediante un sistema eléctrico. El sistema es absolutamente eficaz, pero el precio es prohibitivo.

2.º Obras de protección contra las avalanchas.

Pueden dividirse en dos grupos:

a) Las obras destinadas a retener la nieve donde ha caído e impedir la formación de la avalancha, lo que SALES llama «Defensa activa» y AYERBE «Obras de retención».

b) Las obras destinadas a actuar en el trayecto de la avalancha, cuando está en marcha, conteniéndola, desviándola, fragmentándola, o frenándola, «Defensa pasiva» u «Obras de contención».

Las primeras actúan contra las causas de la avalancha, las segundas evitando sus efectos.

La repoblación forestal resulta eficaz y económica. El arbolado significa una serie ininterrumpida de obstáculos por lo que, en las zo-

nas de bosque, no se producen aludes. Ahora bien, tiene grandes limitaciones ya que las zonas de desprendimiento, en general, están situadas por encima del límite de la vegetación arbórea.

Defensa activa. — El ingeniero francés GARAVEL indica que: «El problema consiste en estabilizar la nieve en las pendientes por medio de obras destinadas principalmente a aumentar la resistencia a la tracción y a aumentar la cohesión».

Hay que dividir estas obras en dos clases: 1.º Aquellas en las que el manto de nieve se apoya sólo parcialmente. 2.º Las que los apoyan totalmente.

Obras de apoyo parcial. — OVAZ y FAUKHAUSER, considerando el manto de nieve como una masa homogénea, realizaron unas obras que al aumentar el rozamiento entre el manto y el suelo hacían imposible el nacimiento de aludes de fondo, pero tuvieron que rectificar sus ideas al comprobar que se desencadenaban aludes de superficie, por lo que aconsejaron elevar la altura de estas obras hasta sobresalir de la cubierta de nieve (fig. 12).

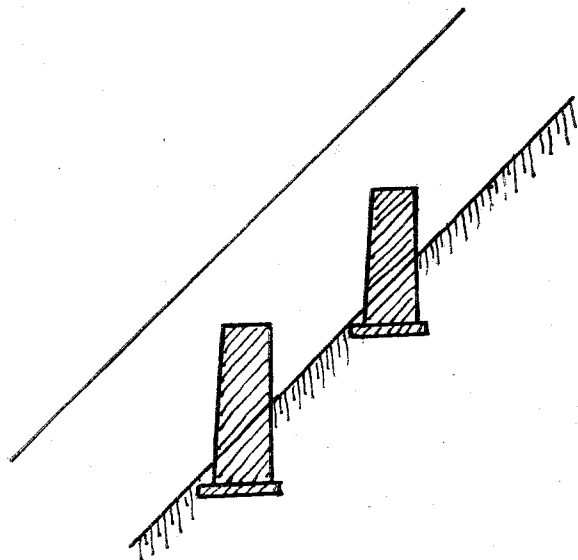
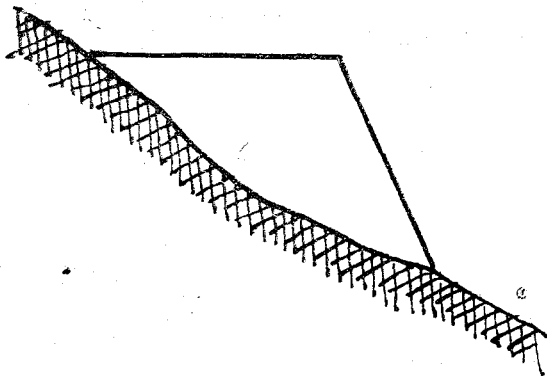
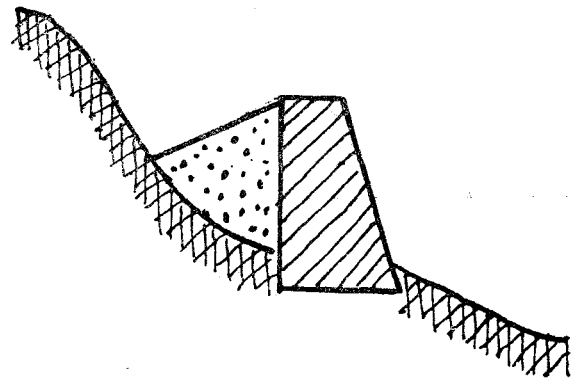


Fig. 12. — (Dibujo de Ayerbe).

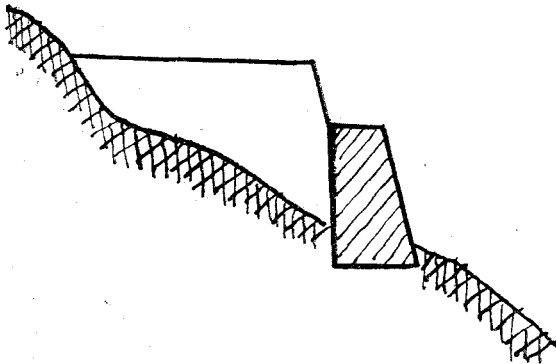
Obras de apoyo total. — AYERBE las clasifica en: Terrazas de tierra; terrazas con muro de sostenimiento; muros aterrados; muros terraplenados; muros con paramento posterior, a los cuales es recomendable proveerlos de grandes mecinales que permitan la fácil salida a los arrastres para siempre conservar la misma



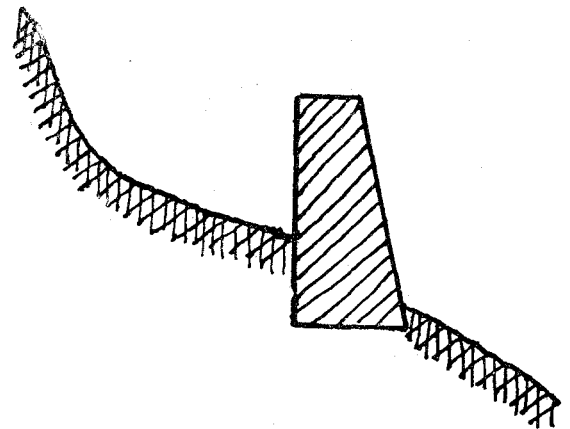
Terraza.



Muro terraplenado.

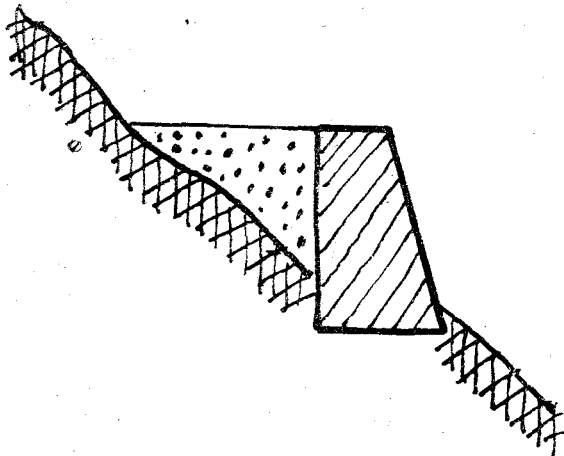


Terraza con muro de pie.



Muro de dos paramentos.

Fig. 13. — (Dibujos de Ayerbe).



Muro aterrado.

capacidad de retención (fig. 13). Estas obras no son muy eficaces debido a la dificultad de darles suficiente altura para que apoyen todo el manto de nieve. En cuanto pasan la corona-

ción existe el peligro de formación de cornisas y por otra parte la formación de grietas de reptación, al pie de la obra, puede facilitar la formación del alud (fig. 14).

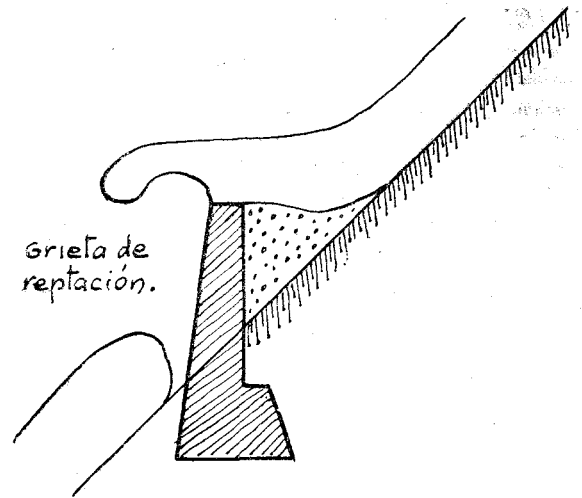


Fig. 14. — (Dibujo de Ayerbe).

Modernamente, según la inclinación del apoyo se construyen tres clases de obras: horizontales (puente de nieve); verticales (vallas); perpendiculares al terreno (rastrillos).

En el puente de nieve la aireación por debajo de la obra produce un aumento extraordinario del grado de viscosidad de la nieve impidiéndose la formación de cornisas al mismo tiempo que produce un apoyo de la nieve situada aguas arriba (fig. 15).

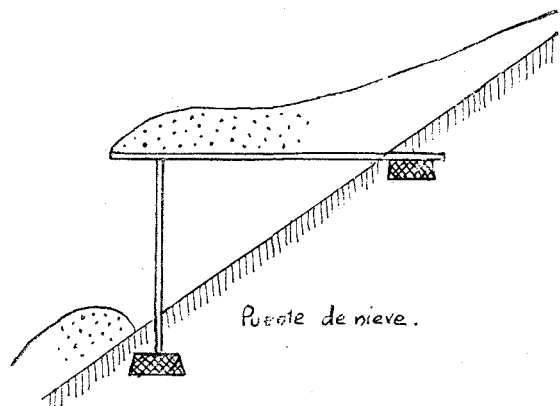


Fig. 15. — (Dibujo de Ayerbe).

Las vallas evitan cornisas y tienen aireación, pero su anclaje, aguas arriba de la obra, ofrece grandes dificultades prácticas.

Los rastrillos reúnen las ventajas, superándolas, de las construcciones anteriores y son de fácil ejecución y económicas (AYERBE, fig. 16).

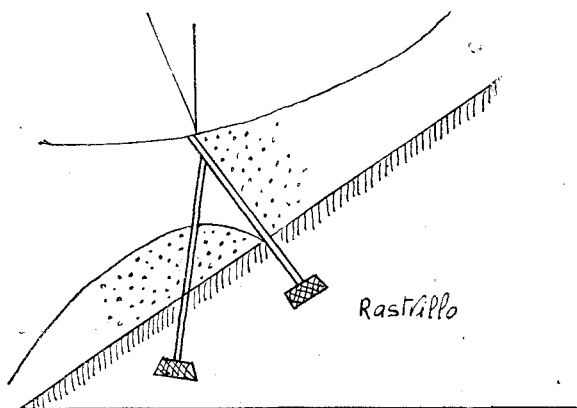


Fig. 16. — (Dibujo de Ayerbe).

Las redes de retención, de nylon, además de su poco peso, de su elasticidad y de su facilidad de emplazamiento, ofrecen una resistencia

considerable a las fuerzas internas desplegadas por la nieve en su movimiento de reptación (SALES).

Obras de contención. — El *dique vacío*, genuinamente español, está constituido por un muro transversal provisto de una gran alcantarilla de 4 metros de anchura, por 6 metros de altura. El empleo tiene sus limitaciones pues solamente podrá ser utilizado en aquellos casos en que el alud se deslice por una vaguada suficientemente profunda y en la que su suelo permita una segura y perfecta cimentación (fig. 17).

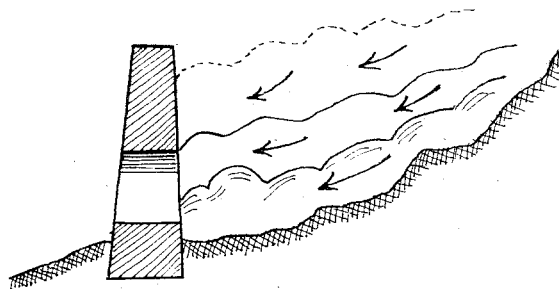


Fig. 17. — Dique vacío (Dibujo de Ayerbe).

El dique rastrillo, que consiste en una serie de contrafuertes con paramento anterior en talud y posterior escalonado.

Caballetes de fragmentación están formados en sus líneas esenciales por un trípode más o menos reforzado; su misión es fragmentar el alud; por consiguiente esto se obtendrá con la asociación de un determinado número de estos elementos dispuestos según distintas líneas de nivel, de modo que con cada una quede cubierto el vacío de la inmediata superior.

Estas obras se construyen al final del trayecto recorrido por el alud, cuando la pendiente se ha suavizado (AYERBE).

Banquetas tronco-cónicas. — Tienen por objeto la contención y fragmentación del alud en la última parte de su recorrido. Las bases de estos troncos de cono de unos 10 metros de diámetro requieren, para la eficacia de la obra, una superficie de poca pendiente y suficientemente extensa para que se puedan construir dos filas.

Espolón. — Puede utilizarse para fragmentación de aludes, pero su principal misión es la protección de los postes de conducción de energía eléctrica.

Plataformas y techos. — Se construyen para evitar la formación de cornisas.

Tejado trampolín. — Es usado desde antiguo por los campesinos de los Alpes para la protección de casas aisladas, establos, etc. Consiste en un muro inmediato aguas arriba del edificio, el cual se rellena de tierras y piedra, dándole la forma de tejado y que corrientemente se prolonga con muros laterales; según WAYNER (citado por AYERBE) ejerce una acción de defensa de tres clases:

1.º Disminuye la velocidad y masa de la cabeza del alud que desciende por la máxima pendiente, en el supuesto de que el alud choque con el obstáculo simétricamente.

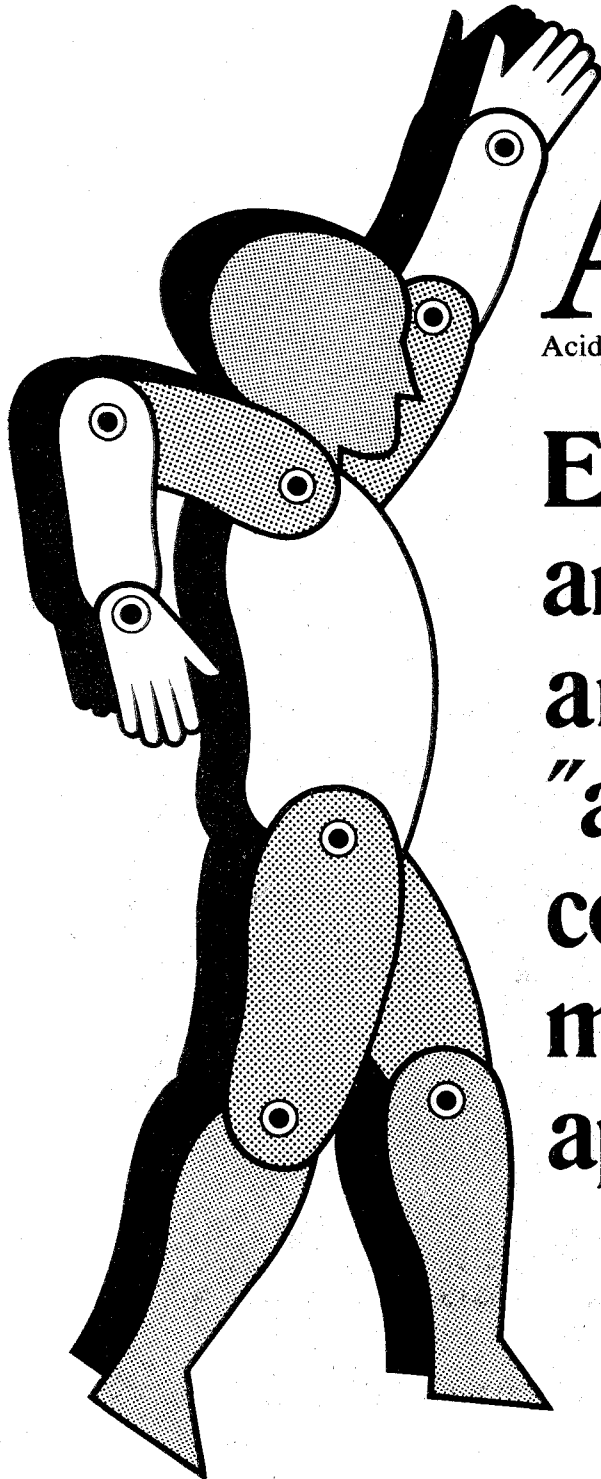
2.º Favorece la extensión lateral del alud.

3.º Imprime un impulso a la cabeza del alud haciéndolo saltar por encima del tejado del edificio para reunirse aguas abajo de la casa con las dos ramas en que ha quedado dividido el alud.

Las cuñas se utilizan con el mismo objeto de la obra anterior.

Las redes de pilotes se utilizan para impedir el movimiento de reptación. Consisten simplemente en una serie de pilotes clavados en tierra que sobresalen de 20 a 30 cms.

Todos los datos de las obras de defensa están transcritos del trabajo de AYERBE.



ACTOL®

Acido niflúmico

**El nuevo agente
antiinflamatorio-
analgésico
"antirreumático"
con el campo
más amplio de
aplicación clínica.**

DOSIFICACION Y ADMINISTRACION

1 cápsula tres veces por día, junto o inmediatamente después de las comidas.

Presentación

Frascos con 30 cápsulas, cada una de las cuales contiene 250 mg. (P.V.P. 323,70 ptas.)



CHEMISCHE FABRIK VON HEYDEN MUNCHEN (ALEMANIA)

En España: Carlos E. A. Muller, S. A. (C.E.A.M.S.A.) - Apartado, 488 - Barcelona

**un preparado
en línea con
los años**

70



PERLEPSONA

en ampolletas de plástico

terapéutica analgésica
antiinflamatoria local
acción directa e inmediata

Laboratorio
P.E.V.Y.A.

DEPARTAMENTO DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA:
S. Ramón y Cajal, 6 - ☎ 231 73 70 - MOLINS DE REY
DELEGACIÓN CENTRO:
Corazón de María, 23 - ☎ 416 57 38 - MADRID (2)

