

CARACTERIZACION, SIMULACION Y PREVENCION DE ALUDES EN EL BARRANCO DE SECRAS. TUNEL DE SOMPORT (HUESCA)

LOPEZ GUARGA, Rafael. Ministerio de Fomento.

SARASA BROSED, Antonio. ESHYG S.L.

OLLER FIGUERAS, Pedro. Instituto Cartográfico de Cataluña

RESUMEN

El túnel carretero de Somport, paso fronterizo que une España y Francia, se enclava en el Pirineo Central, dentro del Valle del río Aragón. Las cumbres que enmarcan esta zona se elevan por encima de los 2.000 metros, lo que junto a una climatología de marcada influencia atlántica, con frecuentes periodos de innivación, generan un notable peligro de desencadenamiento de aludes. Los viales de acceso al túnel, al igual que la actual carretera, se localizan en las proximidades de la zona de influencia del Barranco de Secras, donde existe la posibilidad de producción de aludes.

El estudio realizado ha puesto de manifiesto la necesidad de acometer actuaciones encaminadas a la defensa contra aludes, que básicamente consistirán en la eliminación de los espesores excesivos de nieve mediante la provocación de purgas controladas por medio de GAZ.EX, la colocación de paneles viraviento para evitar la formación de cornisas, así como la instrumentación generalizada de toda la zona al objeto de obtener datos suficientes que permitan controlar la dinámica de los movimientos de la nieve.

INTRODUCCION

El Túnel de Somport (Huesca), cuyas obras de construcción comenzaron a principios de 1.994, es una de las infraestructuras de mayor envergadura dentro del eje Madrid-Zaragoza-Somport-Pau-Toulouse. La longitud de este túnel es de 8.608 m, de los que 5.759 m corresponden a España. Dentro de los criterios de su diseño se ha prestado una especial atención a todos aquellos aspectos relacionados con su seguridad, tanto en su tránsito interno como en las zonas aledañas. Uno de esos aspectos se refiere concretamente a la posibilidad de

ocurrencia de aludes en las zonas de influencia de los viales de acceso a la boca española, y específicamente al peligro de producción de aludes en el Barranco de Secras.

ANTECEDENTES

Aunque el estudio del riesgo de producción de aludes en la zonas de montaña es una disciplina relativamente reciente en nuestro país, en el Valle del Río Aragón, con dos importantes estaciones invernales en su cabecera y un notable desarrollo urbanístico y vial hasta la localidad de Jaca, si que se han llevado a cabo actuaciones para evitar el peligro de desencadenamiento de aludes. Las primeras de ellas se acometieron en 1.919 para proteger la Estación Internacional de "Los Arañones" en Canfranc. Posteriormente, en 1947 se acometió un nuevo proyecto de defensa contra aludes, que se centró fundamentalmente en el Barranco de Estiviellas, ya que los riesgos que éste ofrecía para la población de Canfranc Estación eran notables. Sucesivas actuaciones (1.954, 1.964, 1.994) se han venido realizando para minimizar los efectos de los aludes.

Los antecedentes más recientes sobre el estudio del fenómeno de los aludes en el Valle del río Aragón se deben a D. Pablo Muñoz Trigo, con su Tesis Doctoral titulada "*Prevención y defensa contra aludes. Aplicación práctica al Pirineo Aragonés*", donde además de caracterizar el fenómeno de producción de aludes, se realiza una propuesta de defensa general para los aludes que se producen en el Barranco de Estiviellas, situado inmediatamente más al Norte del Barranco de Secras. Finalmente, en 1.996 fue presentado el "*Estudio del Medio Físico y de sus riesgos naturales en un sector del Pirineo Central*", realizado por el ITGE y DGA, donde uno de los riesgos analizados es el de producción de aludes en esta zona.

OBJETIVOS

El objeto del estudio realizado es determinar, en base a los datos disponibles, el peligro de producción de aludes en el Barranco de Secras, así como el riesgo de que dichos aludes puedan alcanzar los viales de acceso al Túnel de Somport. El segundo objetivo es diseñar las soluciones constructivas que deberán ser acometidas para reducir o eliminar la peligrosidad de dichos aludes sobre las personas e infraestructuras.

Para ello se procedió a la recopilación de toda la información disponible en cuanto a fotografía aérea, topografía, geología, geomorfología, meteorología, hidrología, etc.. del Barranco de Secras y de las zonas adyacentes, así como de las medidas de corrección existentes en la zona, realizando una restitución topográfica del barranco a escala 1:2.000.

Se recopilaron y analizaron los datos meteorológicos y en especial los relativos al manto nivoso (Centro Meteorológico del Ebro, Programa EHRIN, DGA), y se realizaron las cartografías auxiliares: geológica, geomorfológica, etc... así como la cartografía del alud en base a los indicios de tipo morfológico y biológico (vegetación) que dichos aludes han dejado en el Barranco de Secras. Se realizó una encuesta a la población sobre los datos relativos a la existencia de aludes en el Barranco de Secras, Estiviellas, y en general sobre todos los barrancos de la zona, para posteriormente calcular las características físicas y dinámicas del alud: Simulación mediante el modelo dinámico de Voellmy-Salm (Suiza) de los parámetros del hipotético alud esperable para varios periodos de retorno en función de los datos iniciales.

Finalmente se analizaron las posibles estrategias de protección, evaluando las alternativas posibles y definiendo las características básicas de las instalaciones de defensa contra aludes a disponer en el Barranco de Secras.

SITUACION GEOGRAFICA

La zona objeto de estudio (Barranco de Secras) se localiza en la margen derecha del valle del río Aragón, inmediatamente al Sur de la localidad de Canfranc Estación. La cuenca del barranco tiene una extensión de unas 77 Has, alcanzando los 2.275 m de altura en su extremo NW. Su zona de desembocadura se localiza a una altitud de 1.171 m, con una pendiente media de 35°. La orientación general de la cuenca es Este y queda limitado en cabecera por la cresta existente entre los picos de Tortiellas y Peña Blanca, detrás de la cual se encuentra la zona de Lecherines. Al Norte, el límite lo constituye un collado conocido por el nombre de Paso de Los Sarrios, que lo separa del Barranco de Estiviellas (Figura 1).

ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

El **Barranco de Secras** es un compendio de morfologías estructurales, glaciares, periglaciares, fluviales, cársticas y típicas de laderas

Su relieve básico y general es de tipo estructural. Es de destacar la presencia de cuevas y crestas, lo que unido a su orientación respecto a los vientos de la zona, son el origen de la formación de importantes acumulaciones de nieve (*cornisas*), que juegan un importante papel en el desencadenamiento de los aludes de la nieve acumulada al pie de dichos escarpes (*cabeceras de avalancha*). La masa de nieve cae desde estas zonas despeñándose hasta los *corredores de aludes* que nacen a su pie.

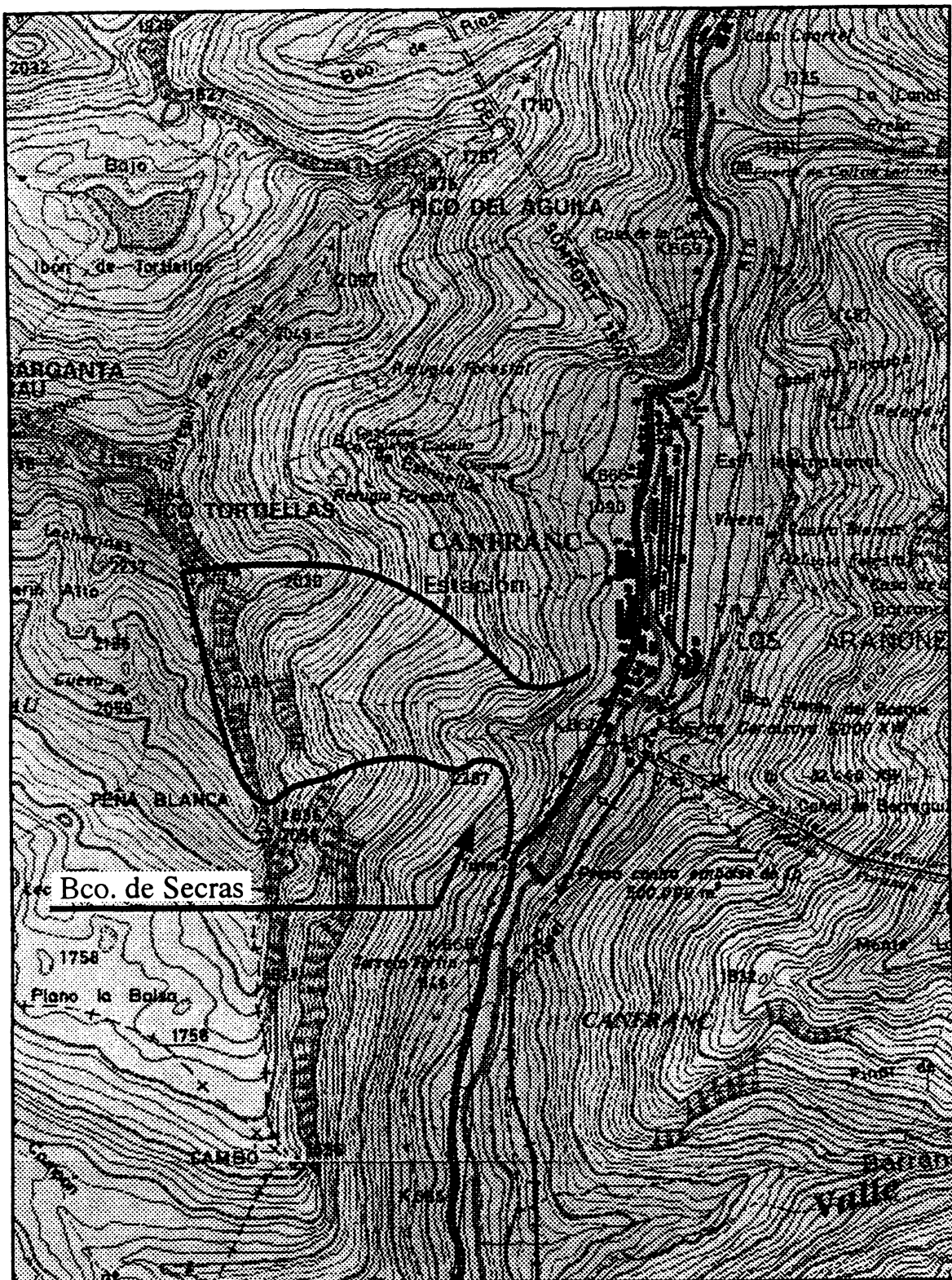


Figura 1. Situación geográfica de la zona de estudio. Escala original 1:25.000

DESCRIPCION DE LA ZONA DE ALUD

Atendiendo a la cartografía geomorfológica se distinguen las siguientes zonas de alud:

- **Zona de salida:** Corresponde a la cuenca superior del Barranco de Secras. En base a sus características geomorfológicas y su orientación se pueden diferenciar dos sectores A y B (Figura 2).

- * Sector orientado al este o sector meridional (A): Se trata de una vertiente situada en la base de una cresta, y presenta su mayor extensión en el sector situado más al Sur. La cota superior se sitúa entre los 2.270 y 1.870 m, y la inferior alrededor de los 1.650 m. La vertiente presenta una fuerte inclinación, de unos 42° de pendiente media, y está atravesada longitudinalmente por diferentes incisiones o canales, estando las más marcadas en el sector meridional. Presenta una baja rugosidad.

- * Sector orientado al Sur o sector septentrional (B): Zona con pendientes menos inclinadas (29° de media), con poca vegetación arbórea. Las coníferas existentes de pequeñas dimensiones, están muy dañadas por el efecto de los aludes y se restringe su presencia a pequeñas islas. La cota superior se encuentra alrededor de los 2.080 m, mientras que la inferior se encuentra a la misma cota que el sector orientado al Este (1.650 m). El relieve es muy regular, y en las zonas donde aflora el substrato rocoso, éste es muy poco rugoso. Su extensión y suave pendiente permite la acumulación de importantes espesores de nieve.

- **Zona de trayecto:** El inicio de esta zona se sitúa donde acaba la anterior (1.650 m) y su cota inferior en el inicio del cono de deyección, a 1.250 m. En esta zona se pueden diferenciar dos partes (Figura 2):

- * Parte superior (C): Situada entre los 1.650 y 1.390 m. Se trata de una canal poco incidida, con talweg en U abierto. En la parte central aflora la roca, pulida, y en los laterales la vegetación arbórea, caducifolios principalmente y algunas coníferas de tamaño pequeño-medio. Esta se encuentra muy dañada por el efecto de los aludes. La anchura, en este sector, alcanza los 175 m, siendo la pendiente media de 29°.

- * Parte inferior (D): Situada entre la cota 1.390 y 1.250 m. En este sector el barranco se encaja de forma importante en el substrato, formando un pequeño cañón de morfología escalonada. La vegetación, inexistente en el fondo del mismo, es de caducifolios en las empinadas laderas laterales. Por los efectos en la vegetación se deduce un estrechamiento en la zona de trayecto del alud, que se encauza en el barranco, donde llega a tener una anchura de 50 m.

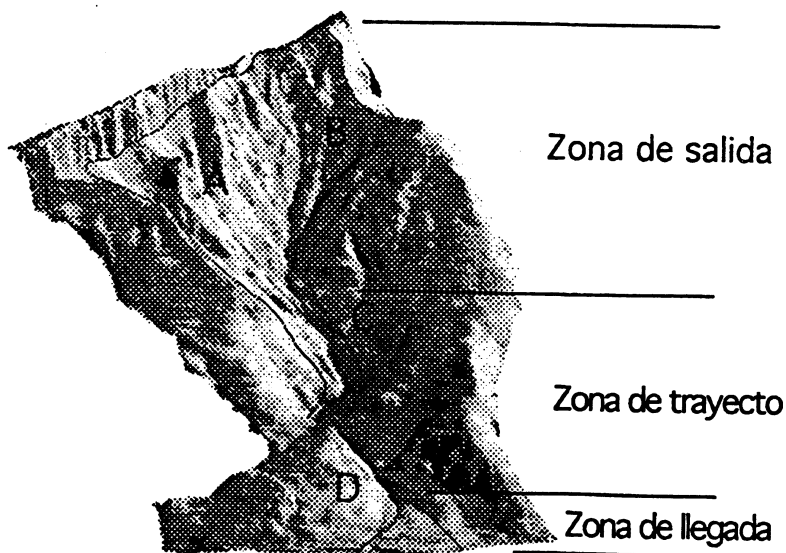


Figura 2. Delimitación de las zonas de alud: A y B zona de salida; C y D zona de trayecto.

- **Zona de llegada:** Corresponde al cono de deyección del barranco. La cota superior se encuentra a 1.250 m y la inferior a 1.166 m, a nivel de la lámina de agua del contraembalse de Ip. La zona se encuentra muy vegetada, con coníferas de gran tamaño mayoritariamente y caducifolios en la parte central derecha, siguiendo el curso actual del barranco con una dirección WNW-ESE. En la observación de detalle de la vegetación se observan varios indicios del impacto de los aludes. La pendiente media de la zona es de 15°. (Figura 2)

ENCUESTA A LA POBLACION

De las encuestas realizadas a las personas que por su actividad profesional o por su permanencia en la zona tienen conocimiento sobre ella, puede concluirse que, en el Barranco de Secras, al igual que en el resto de los barrancos pirenaicos se producen habitualmente aludes. Sin embargo, sólo existen referencias de dos aludes que alcanzaron el tramo donde está prevista la construcción de los viales de acceso al túnel: sobre el año 1.944 ó 45, llegando hasta el río que discurría por el borde distal del cono de deyección; y sobre los años 70, que llegó hasta el cortafuegos coincidente con la cabecera del talud excavado para las instalaciones actuales. Además, se han observado aludes menores que quedan detenidos en la parte superior-media del cono. El efecto de las cornisas es muy importante en el desencadenamiento de aludes, y el mayor volumen de nieve se almacena en el sector B, al Sur del Paso de los Sarrios, debido a la sobreacumulación que supone el efecto del viento N desde el circo del Bco. de Estiviellas.

INDICIOS SOBRE LA VEGETACION

El cono de deyección ubicado a la salida del Barranco de Secras ha sido alcanzado durante este siglo por aludes al menos en dos ocasiones registradas en la vegetación, aunque es sabido mediante encuestas e indicios indirectos que también se produjeron aludes en tres ocasiones anteriores, por lo tanto la frecuencia estimada para aludes que puede calificarse como de dimensiones considerables y que pueden afectar a las zonas bajas del cono es variable entre 12 y 22 años. Esta frecuencia puede verse reducida para aludes de menores dimensiones que alcancen la parte apical del cono y que no alcanzan las zonas bajas. Los aludes discurren preferentemente siguiendo el cauce de los barrancos o canales que han existido en el cono a lo largo de su historia, siguiendo las líneas de máxima pendiente, sin que pueda descartarse su circulación por otras zonas del cono.

ANALISIS DE LOS DATOS NIVOMETEOROLOGICOS EXISTENTES

Se han tomado los datos de la estación de Canfranc-Los Arañones para el estudio estadístico de las precipitaciones. Los datos de viento no han sido tenidos en cuenta por el efecto local que representa el hecho de estar la estación meteorológica en el fondo del valle. Tampoco se han tenido en cuenta las temperaturas pues la diferencia de cota entre la zona de salida del alud y la estación meteorológica es demasiado grande para realizar la extrapolación, siendo difícil asumir un tipo de comportamiento de la nieve en base a ella.

En general, los aludes catastróficos o excepcionales se producen durante o poco después de las intensas nevadas (entre dos y cuatro días), siendo la capa de nieve reciente la que se desprende y se pone en movimiento. Por lo tanto se han separado los periodos de precipitación de los meses de Enero a Mayo de hasta un máximo de tres días y se ha sumado la precipitación acumulada (se han desestimado los días de precipitación con cantidades inferiores a 10 mm al haber datos confusos). Con ello se ha encontrado la distribución de las precipitaciones en función del número de casos (Figura 3).

Es importante destacar que las precipitaciones máximas alcanzan los 280 mm acumulados en tres días, del 11 al 13 de Diciembre de 1.981. Un 32% de los periodos de precipitación son superiores a los 60 mm. Si consideramos la densidad de la nieve reciente depositada en el suelo, de 150 kg/m³, estos 60 mm de agua se convierten en 40 cm de nieve. Con este espesor el peligro de desencadenamiento de aludes empieza a ser notable. La probabilidad de que se produzcan precipitaciones superiores a 85 mm (57 cm de nieve aproximadamente), en que el peligro empieza a ser generalizado disminuye a un 13%.

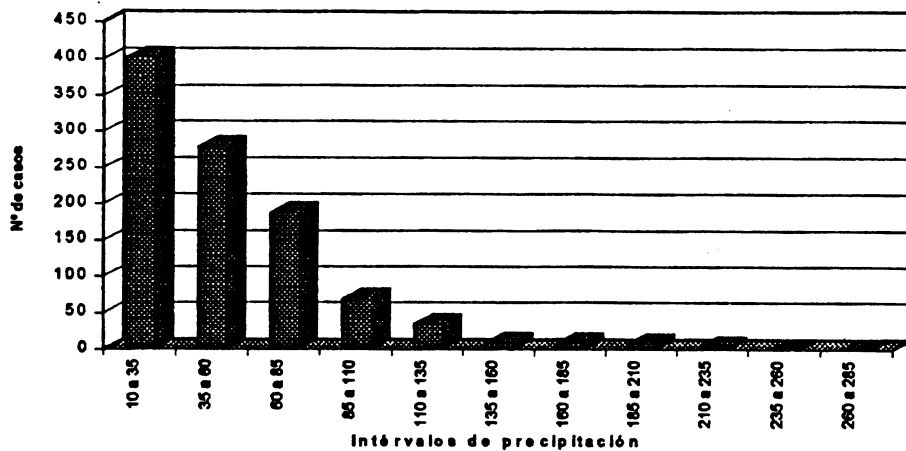


Fig. 3. Distribución de las precipitaciones (en mm) en la estación de Canfranc-Los Arañones (1160 m) de Noviembre a Mayo. Periodo 1961-96 (36 inviernos)

A su vez, con las precipitaciones máximas acumuladas en 72 horas mensuales del mismo número de inviernos (36) se ha encontrado una recta de regresión, la cual relaciona las precipitaciones con su periodo de retorno aplicando la distribución de *Gumbel* (figura 4).

Con ello obtenemos que la precipitación correspondiente a 300 años (se considera el periodo de retorno máximo asumible en un alud de 300 años), correspondería a 320 mm, mientras que la correspondiente a 30 años sería la de 240 mm.

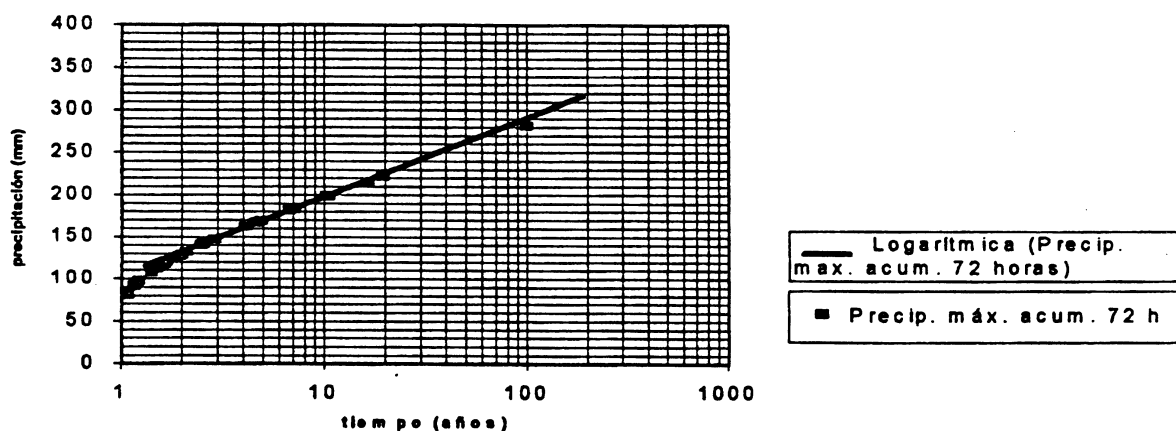


Figura 4. Periodo de retorno de la precipitación invernal máxima acumulada en 72 horas para la estación de Canfranc-Los Arañones (36 inviernos).

Para los primeros 60 años se comprueba que una precipitación de 200 mm en 72 horas se puede producir con una periodicidad de tan sólo 10 años.

De los datos expuestos puede observarse una elevada recurrencia de periodos de precipitaciones acumuladas importantes (200 mm cada 10 años, por ej.). Este hecho demuestra una fuerte nivosisidad en la zona. Posteriormente tendremos que transformar los milímetros de agua en centímetros de nieve para extrapolar dichas precipitaciones con un gradiente en cabecera en las zonas de acumulación. Estos datos se utilizarán para modelizar el alud en el Barranco de Secras. Para tal efecto habrá que tener en cuenta la densidad de la nieve en la transformación, el efecto viento en la acumulación de la precipitación, y el efecto del incremento de la altitud. Como se puede suponer se trata de una aproximación, pero en la actualidad y en el Pirineo, es la única forma de establecer las condiciones de espesor de nieve en una zona determinada.

MODELIZACION DEL ALUD DE SECRAS

Teniendo en cuenta los anteriores datos, el alud de referencia reúne las siguientes características:

⇒ Comportamiento en aerosol con una trayectoria rectilínea en la parte superior, más encajada en la zona de llegada.

⇒ Llega al fondo del valle y el espesor máximo conocido en la zona de llegada es de 6 a 7 m, con una anchura de 150 m (Enero de 1.944-45).

Para definir el alud mayor se han determinado los parámetros nivometeorológicos y morfológicos que corresponderían a una situación excepcional. Estos parámetros, que serán los que se utilizarán en la aplicación del modelo son los siguientes:

- Se han considerado como zonas potenciales de acumulación de nieve en la zona de salida todas las que tienen una pendiente comprendida entre los 25 y 45°, y que presentan baja rugosidad, así como ausencia de vegetación. En total 12 Has. La pendiente media del sector orientado al este (Sector A) es de 37° y la del sector orientado al sur (Sector B) es de 29°.

- Se considera, desde el lado de la seguridad, que ya sea por la propagación de la cicatriz de rotura del manto nivoso, ya sea por el efecto de descalzamiento de la base, ya sea por la vibración, en el alud mayor se producirá el desencadenamiento de toda el área potencial de la zona de salida.
- Para la estimación del espesor de nieve se ha tomado el espesor máximo acumulado en 72 horas para un periodo de retorno de 300, 30 y 10 años (320, 240 y 200 mm respectivamente). El comportamiento de la nieve se ha considerado como el de una nieve seca y ligera en la zona de salida, mientras que en las zonas de trayecto y de llegada, debido a la baja cota, se ha considerado que su comportamiento sería el de una nieve más pesada.

Para calcular las dimensiones del alud, se ha aplicado el modelo dinámico de *Voellmy-Salm* (Suiza), que es el más utilizado en las regiones alpinas. Actualmente, en Suiza, se utiliza como modelo oficial para el cálculo de los parámetros dinámicos de aludes. La premisa fundamental de partida es que la avalancha tiene un comportamiento de tipo fluido y concierne a las siguiente hipótesis:

- Las características del flujo a lo largo de la zona de trayecto son constantes (estado estable del flujo) y la nieve se considera incompresible.
- La masa de flujo se considera constante (no hay ni incorporación ni pérdida de nieve en la zona de trayecto).

Otro "input" importante para la aplicación del modelo son los datos topográficos de la zona y el espesor medio de fractura en la zona de salida. La aplicación práctica del modelo requiere la definición de las tres subzonas del alud (salida, trayecto y llegada) en las cuales se desarrollan los cálculos. El modelo calcula velocidades, altura de flujo y zonas de llegada y ofrece estimaciones sobre presiones dinámicas de los mismos. Sin embargo hay que tener en cuenta que **se trata de una estimación aproximada**, y el modelo está calibrado para eventos excepcionales. Lo más fundamental es que el modelo exige una apreciación cuidadosa de las condiciones de desencadenamiento del alud (altura de la fractura, área, tipo de nieve, etc...)

Con los datos anteriores, el modelo calcula los principales parámetros dinámicos del alud. El resultado para el alud extremo ($T=300$ años) es el siguiente: el alud empieza a detenerse a partir del punto P1 (Figura 8), punto al que llega con una velocidad de 29.4 m/s. El espesor máximo del depósito es de 8.5 m y suponiendo la superficie del contraembalse de Ip helada, el alud lo atravesaría remontando hasta 20 m la ladera opuesta. El punto P (P1) es el punto a partir del cual se considera que un alud empieza a detenerse, siendo variable en función del coeficiente de fricción interna de la nieve y de la pendiente.

En el modelo utilizado no se prevé el posible aerosol, por lo que la zona de llegada calculada sólo representa el límite del flujo denso del alud. Además, se han calculado los aludes

máximos para una periodicidad de 30, 10 y 1 años (éste último para 70 y 50 cm de nieve). En la figura 8 pueden verse sus límites de la zona de llegada.

Periodo de retorno (años)	Precipitación líquida (mm)	Equivalente en nieve (cm)	Distancia sobre la horizontal desde P (m)	Altura máxima del depósito (m)
300	320	213	192	8.5
30	240	160	148	6
10	200	133	99	3.7
1		70	25	3.5
1		50	10	3.3

Figura 7. Parámetros principales de los aludes en la zona de llegada para distintos periodos de retorno

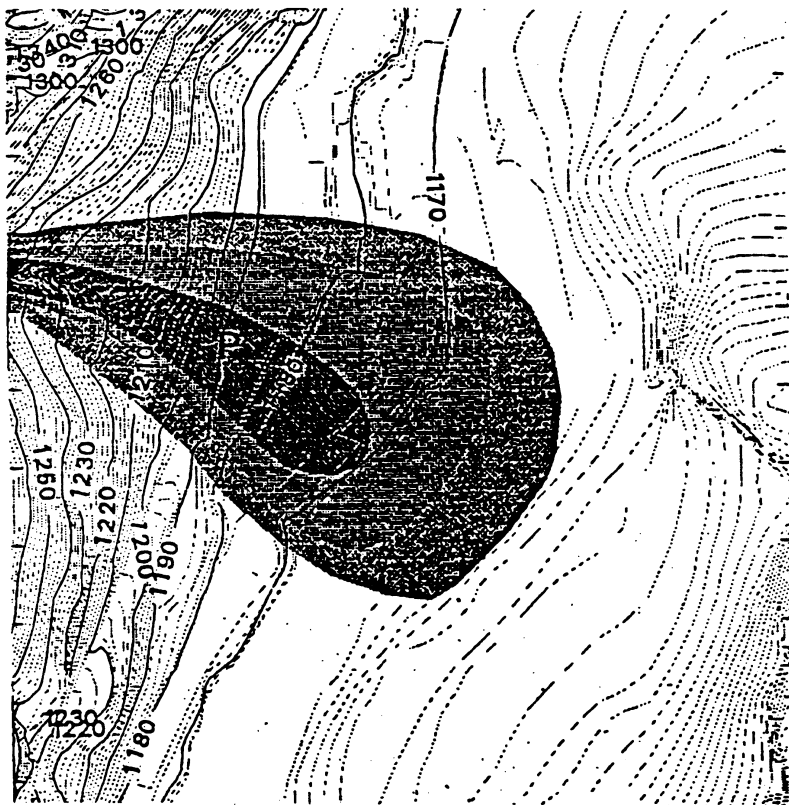


Figura 8. Límites de la zona de llegada de los aludes con periodo de retorno de 300 (gris claro), 30 y 10 años (gris oscuro). Escala 1:5.000

Como conclusión de este apartado puede decirse que el alud modelizado para periodos de retorno de 10, 30 y 300 años, alcanza la zona de los viales de acceso al túnel del Somport según las condiciones de partida referidas anteriormente, de lo cual se colige que es necesario el establecimiento de defensas que garanticen la seguridad del nudo de comunicaciones para acceso al túnel frente a un evento de este tipo.

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

A partir de los datos obtenidos por el modelo, se plantearon las posibles medidas de defensa a establecer (temporal y/o permanente, activa y/o pasiva) teniendo en cuenta su viabilidad técnica y económica. De las posibles soluciones, se seleccionó la siguiente ya que era la que se adaptaba de una forma más adecuada a los condicionantes técnicos (existencia de una infraestructura previa) y económicos existentes.

⇒ **Medidas de defensa en zonas de arranque:** Las actuaciones a realizar serían:

- **Cornisas:** Las medidas a aplicar pretenden modificar las condiciones del viento en una zona muy puntual por lo que se trata de medidas deflectoras. Su eficacia depende de una información bastante profunda sobre las direcciones de viento, por lo que esta medida, debe partir de unos **conocimientos de partida de al menos una temporada invernal**. Dadas las condiciones de las crestas que coronan el Valle de Secras, las medidas a implantar son **paneles viraviento**, cuyo objetivo es crear un torbellino que erosiona la superficie de la nieve modificando localmente la calidad y espesor del manto. Se aplican en zonas donde son esperables alturas de nieve considerables como es el caso que nos ocupa (3-4 m) creando un efecto de "corte" en la cornisa, ya que la influencia de cada panel alcanza unos pocos metros cuadrados (la separación entre ellos es del orden de 6 a 8 m). De esta manera se evita un desprendimiento generalizado de la cornisa que implica una gran masa de nieve, origen habitualmente del desencadenamiento de aludes. (Figura 9)

- **Zonas de acumulación.** La instalación consiste en la colocación de 6 explosores de diferente capacidad, se prevé inicialmente la existencia de un refugio para cada explosor donde se localiza el mecanismo de disparo y los depósitos de propano y oxígeno. Los GAZ.EX se accionarán mediante control remoto vía radio. (Figura 9)

⇒ **Medidas de control complementarias** (Figura 9)

Además de las medidas de defensa propiamente dichas, existen una serie de medidas adicionales que forman parte de la instrumentación para el control de los aludes:

- **Estación meteorológicas completa y parciales** con sensores de espesor y temperatura de la nieve, temperatura del aire, velocidad y dirección de viento, humedad relativa, balance de radiación y pluviómetro. Su alimentación debe realizarse a partir de paneles solares y la transmisión de datos vía radio.

- **Cámaras de televisión y perchas pivotantes:** Se colocarán dos cámaras de televisión: una en la zona meridional del barranco orientada hacia las perchas pivotantes situadas en la zona B de acumulación y una segunda en las proximidades del Paso de Los Sarrios, en la vertiente opuesta. El objetivo es determinar visualmente los espesores del manto en la zona de salida del alud y realizar la cartografía del alud respectivamente. La alimentación se producirá mediante paneles solares y electricidad, y la transmisión de datos se realizará vía radio o teléfono.

- **Programas para la predicción local y la gestión de los datos.** Todas las señales de la instrumentación serán recibidas en un ordenador central desde donde podrá controlarse manual y automáticamente los dispositivos instalados.

- **Semáforo y barrera.** De forma que la circulación será interrumpida en el momento de accionamiento de los GAZ.EX o en caso de que el resto de los sensores detecten movimiento de la nieve.

- **Sistema de detección remota.** El objetivo es conocer el resultado del desencadenamiento artificial cada vez que se utilicen los dispositivos previstos (GAZ.EX). Debido a la complejidad de la zona de alud en el Barranco de Secras, es imprescindible la detección de su caída para el control del desencadenamiento artificial: qué zona ha sido desencadenada, hasta donde ha llegado, puede afectar el alud caído a la trayectoria de posteriores desencadenamientos, etc..., y también para la detección de eventos naturales. Además de las cámaras, se ha propuesto la instalación de detectores sísmicos fuera y dentro del recorrido del alud para detectar si el alud se ha producido y hasta donde ha llegado.

Hay que tener en cuenta que actualmente hay diversos tipos de detección remota de aludes (mecánicos, radar, acústicos y sísmicos), todos ellos en proceso de investigación y desarrollo. Por su estado de desarrollo y la experiencia acumulada durante varios años de investigación en el Servicio Geológico de Cataluña y la Universidad de Barcelona, creemos que el sísmico puede ser un buen sistema, teniendo presente que se encuentra en periodo avanzado de investigación.

El sistema se basa en la detección de la propagación de las ondas sísmicas a través del terreno generadas por cada evento avalanchoso. Actualmente se reconoce en la señal generada por el alud, la definición dentro del registro sísmico del momento de ruptura y de detención del mismo.

Toda esta instrumentación estará controlada por técnicos en la materia que formarán parte del personal permanente para el control, seguridad y mantenimiento del túnel.

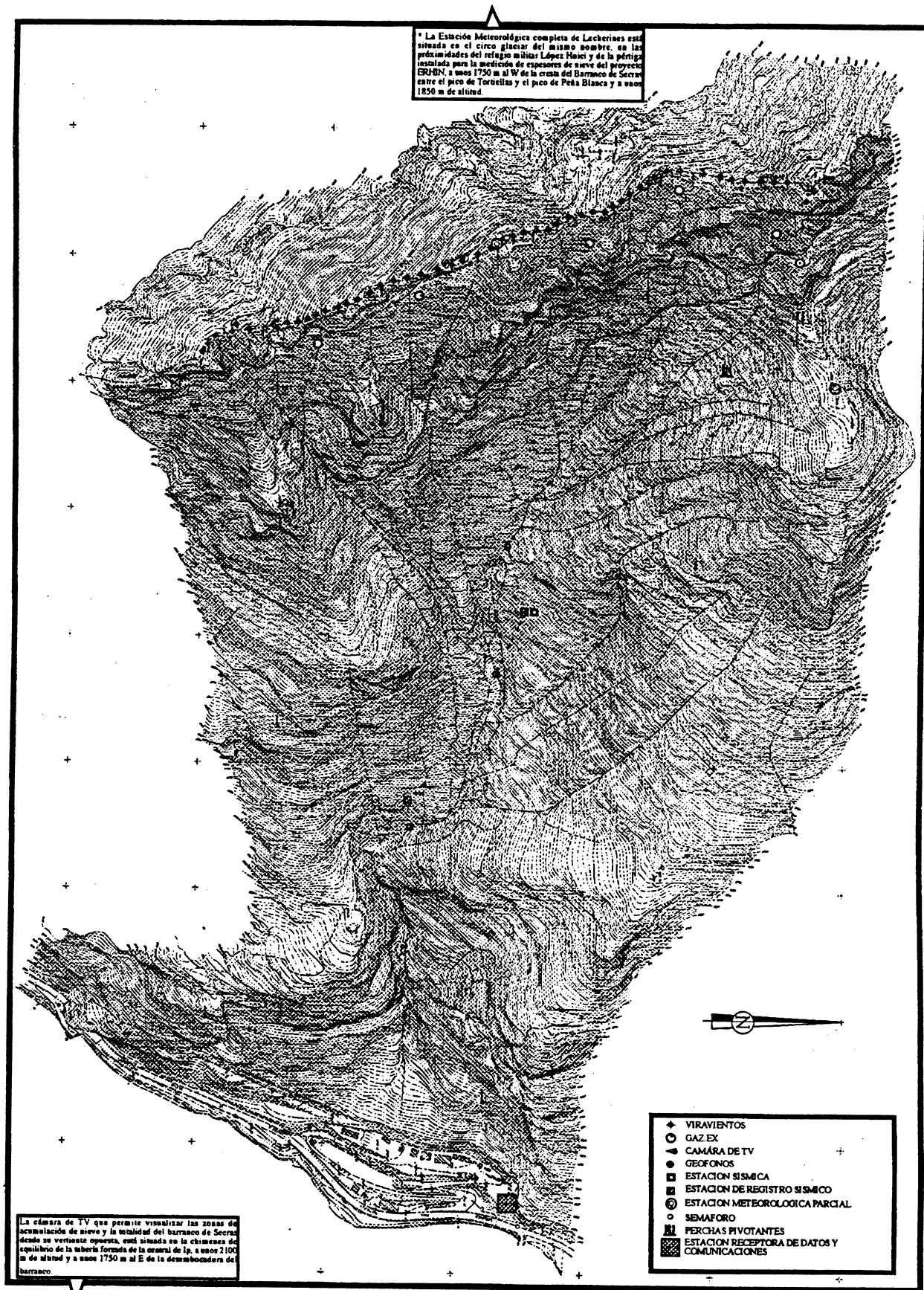


Figura 9. Ubicación de las medidas de defensa. Escala original 1:5.000.

Todas estas medidas permitirán ejercer un control efectivo para evitar el desencadenamiento de posibles aludes en el Barranco de Secras, basado en la instrumentación y en su control mediante personal técnico especializado. No se ha considerado oportuno el establecimiento de otras medidas complementarias de defensa, como la construcción de un dique y cubeta en la zona de llegada cuyos parámetros básicos han sido estudiados, ya que la disponibilidad de la instrumentación y del personal técnico está garantizado.

Por otra parte la complejidad técnica de la construcción de un dique de una altura importante en la cabecera de un talud excavado para la construcción de los viales de acceso; la afección medioambiental que ello supondría (deforestación de una buena parte del cono de deyección), así como un coste suplementario muy elevado respecto al resto de las medidas previstas, hacen que ésta sea inicialmente desestimada al disponer de la instrumentación y personal técnico adecuado.

REFERENCIAS

ITGE-DGA (1.996): "Peligrosidad de aludes". Estudio del medio físico y de sus riesgos naturales en un sector del Pirineo Central. Tomo 7. 93 pp.

MUÑOZ TRIGO, P (1.988): "Prevención y Defensa contra Aludes. Aplicación práctica al Pirineo Aragonés". Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 497 pp.

SALM, B; BURKARD, A et GUBLER, H.U. (1.990): "Calcul des avalanches; un méthode pour le praticien avec des exemples": Communication de l'Institut Fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches. n° 47.

SEXTA DIVISION HIDROLOGICA-FORESTAL. ZARAGOZA (1.921): "Parte de la Memoria del Proyecto de Defensa contra los aludes, las avenidas torrenciales y los desprendimientos de piedras sueltas de la Estación Internacional de Los Arañones" 77 pp. Madrid.

SEXTA DIVISION HIROLOGICA-FORESTAL. ZARAGOZA (1.947): "Proyecto de defensa contra aludes de la Estación Internacional de los Arañones (Canfranc)". Zaragoza.