

EXPLANACION DE CARRETERAS EN TERRENO ROCOSO

Por OLEGARIO LLAMAZARES GOMEZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Las técnicas de excavación en roca y empleo en pedraplén de los productos procedentes del desmonte han avanzado en los últimos años como consecuencia de las grandes obras de autopistas. Con ello se ha llegado a procesos de ejecución, prescripciones facultativas y métodos de control de calidad que aseguran grandes rendimientos y garantizan la estabilidad de la infraestructura de la carretera. A este tema dedica el autor el presente artículo que puede servir de información previa para proyectistas y constructores, a quien corresponde fijar conjuntamente unas normas concretas de ejecución.

1. Introducción.

El avance de la técnica de carreteras, en el doble aspecto de proyecto y ejecución, impuesto por los grandes volúmenes de obra y la necesidad de acercarse lo más posible a la seguridad y a la economía con vistas a la rentabilidad ineludible de todo servicio público, exige profundos estudios previos y el perfeccionamiento continuo de los métodos constructivos.

En el tema a que se dedica el presente artículo como en cualquier otro de esta amplia rama de la ingeniería civil, el avance ha sido grande en los últimos años y mayor debe ser aún la preocupación por conocer y aplicar los nuevos sistemas que vayan resolviendo problemas, cada vez más graves por las exigencias que el creciente y pesado tráfico de nuestra sociedad motorizada impone a la infraestructura de la carretera.

Nos referimos en esta ocasión a los trazados que se desarrollan por terrenos de montaña donde el movimiento de tierras es muy importante, dominando los desmontes en roca y los terraplenes de elevada cota que más que terraplenes serán pedraplenes, al efecto de que puedan aprovecharse los productos procedentes de la excavación para reducir al mínimo los suelos de préstamos y el transporte a cabaleros, que precisamente en esas zonas encarecerían considerablemente el coste de la obra.

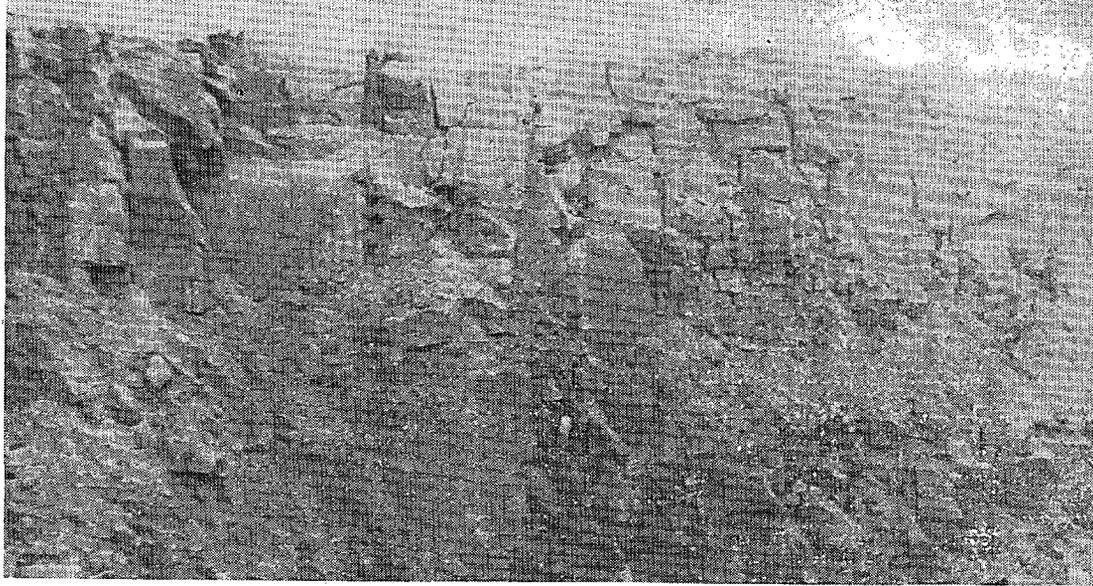
Tales circunstancias han motivado una mejora en los métodos de excavación con el em-

pleo de los modernos equipos de perforación, carga y transporte, así como un nuevo concepto para la ejecución de pedraplenes con el que se huye del vertido directo y superposición de grandes bloques, como era la técnica antigua, ya que los huecos darían lugar a grandes asientos bajo el paso repetido de los vehículos pesados y sólo podrían aceptarse, y con reservas, las rocas muy duras y no meteorizables que tendrían suficiente resistencia al esfuerzo cortante por el rozamiento interno.

En los casos de explanación de terrenos rocosos deben estudiarse de modo conjunto las operaciones de desmonte y formación de pedraplén, para conseguir con las primeras un material adecuado de tamaños escalonados que proporcione capas de elevada densidad. Así podrá mantenerse su capacidad portante durante el período de servicio de la obra, evitando una proporción de huecos excesivos que permita el movimiento de los bloques e impida también la exposición a los agentes atmosféricos que produzcan alteraciones de las rocas y den lugar a roturas y fenómenos de atricción en éstas.

2. Estudios previos y prospección geotécnica.

Con el aumento de los volúmenes de excavación crecen las necesidades de sondeos para conocer los macizos rocosos afectados por la cota roja de los perfiles del proyecto, que es preciso identificar con la mayor aproximación posible para reunir la necesaria información so-



Fotografía 1. — De acuerdo con la estructura de la roca se elegirá el medio más conveniente para su desmonte. A pesar del estado de fisuración aparente que muestra la fotografía, estas formaciones de arenisca se desmontaron por voladura múltiple con microrretardo.

bre la estructura y uniformidad de la roca, presencia de fisuras, cavidades, vetas de arcillas u otro material blando, filtraciones de agua, etc.

Los métodos de reconocimiento que hoy se emplean incluyen la aplicación de la fotogeología y las clasificaciones fisiográficas, técnicas cada vez más avanzadas y de mayor eficacia. Las prospecciones geoelectricas pueden alterarse en sus resultados por anomalías o condiciones peculiares de la roca, con lo que se falsean los datos de información, en vista de lo cual son poco usadas para estos trabajos previos de identificación.

El insuficiente conocimiento de las formaciones rocosas a que afecta el trazado puede dar lugar a problemas de inestabilidad de taludes y peligrosos desprendimientos, lo que motivaría adicionales sobre el presupuesto inicial de la obra y grandes gastos para conservación y protección de la vía.

Además del trabajo prospectivo del macizo rocoso deben llevarse a cabo estudios previos sobre el empleo en pedraplén, en las mejores condiciones, los productos del desmonte, basándose en la experiencia de tramos contiguos u otros construidos en zona de geología similar. Como cada vez se tenderá en la suabasta de obras de carreteras y autopistas a tramos de mayor longitud que hagan rentables las inversiones del constructor en los grandes equipos de maquinaria para movimientos de tierra

y afirmado, estará justificado para tales volúmenes, en los estudios previos a que antes nos referimos, el establecimiento de pedraplenes de ensayo que permitan definir unas condiciones óptimas de tamaños del material, espesor de capas, tipo de compactadores y número de pasadas.

La idea básica en estos pedraplenes de ensayo es reproducir lo más fielmente posible el trabajo real de la ejecución de la obra, adaptando éste a procesos constructivos de aplicación en gran escala, tanto en el desmonte como en la extensión y compactación de los productos que de él proceden. Con ello se puede llegar a prever técnicas de extracción, carga, descarga y puesta en obra, así como al conocimiento de la productividad en las distintas operaciones, siempre con la mira de llegar a pedraplenes de elevada densidad y estabilidad durable.

En definitiva, diremos que, previamente a la iniciación de los trabajos y como complemento de los sondeos, prospecciones y previsiones sobre las operaciones de trabajo y equipos de maquinaria que se hayan llevado a cabo en la fase de proyecto, deberán estudiarse con detalle los siguientes puntos:

- métodos de excavación;
- procesos de extensión y compactación;
- identificación de las propiedades de la roca extraída;



Fotografía 2.— Aspecto del material obtenido por voladura. La gradación de tamaños es buena para la formación de pedraplén.

- condiciones óptimas de ésta (dimensiones máximas, escalonamiento de tamaños, etc.) para la utilización en el pedraplén;
- posibilidad del aprovechamiento de la roca en las capas de base y pavimento y en los hormigones de las obras de fábrica.

3. Excavaciones en roca.

Existen dos alternativas posibles para las excavaciones en roca que dependen de las características geológicas de ésta, o sea, en definitiva, de su estructura. Nos referimos al *ripado* y a la voladura, si bien la primera tiene limitadas aplicaciones en las grandes explanaciones de carretera.

3.1. El ripado.

Las modernas escarificadoras pueden emplearse para el desmonte de ciertos tipos de rocas, generalmente blandas: las de origen sedimentario, como pizarras y esquistos, así como otras formaciones con fisuras y diaclasas que favorecen su rotura. De todos modos, estas rocas tienen que presentar características especiales para que las escarificadoras puedan tra-

bajar con rendimiento. Generalmente, las condiciones son duras y se rompen con frecuencia las púas y otros elementos de los equipos. Esto exige disponer de importantes parques de tractores y *rippers*, ya que debe haber un grupo de reserva para sustitución en las frecuentes averías, tanto por la dura labor del escarificado como por el paso de los tractores por la superficie irregular de la roca desmontada.

En cuanto la roca presenta alguna compacidad, el rendimiento del ripado es muy pequeño. Para mejorarlo en lo posible se juega con la penetración y separación de púas. Una dificultad que se suma en nuestro caso es la de obtener un material que cumpla ciertas condiciones de tamaño y forma, especialmente en los bloques más grandes; por la propia estructura estratigráfica de la roca dominarán los elementos lajosos que no reúnen buenas condiciones para la formación de pedraplenes y pueden ser objeto de fragmentación posterior por el paso de *bulldozers* y palas cargadoras.

También la fisuración o diaclasado origina problemas, ya que si las grietas o juntas están bastante separadas se obtienen bloques muy grandes que exigen una gran labor de taqueo con el correspondiente encarecimiento.

Con todo esto se presentan problemas de falta de uniformidad y segregación. En las mis-

mas capas se encuentran zonas con elementos grandes planos con muy poco material inferior a 10 centímetros y otras en que se acumula este material con la correspondiente variación de densidades.

En algunos casos se ha intentado complementar el efecto del ripado por una ligera voladura previa, pero para que se aprecie claramente la diferencia es preciso emplear cargas importantes de explosivos.

3.2. Excavación con explosivos.

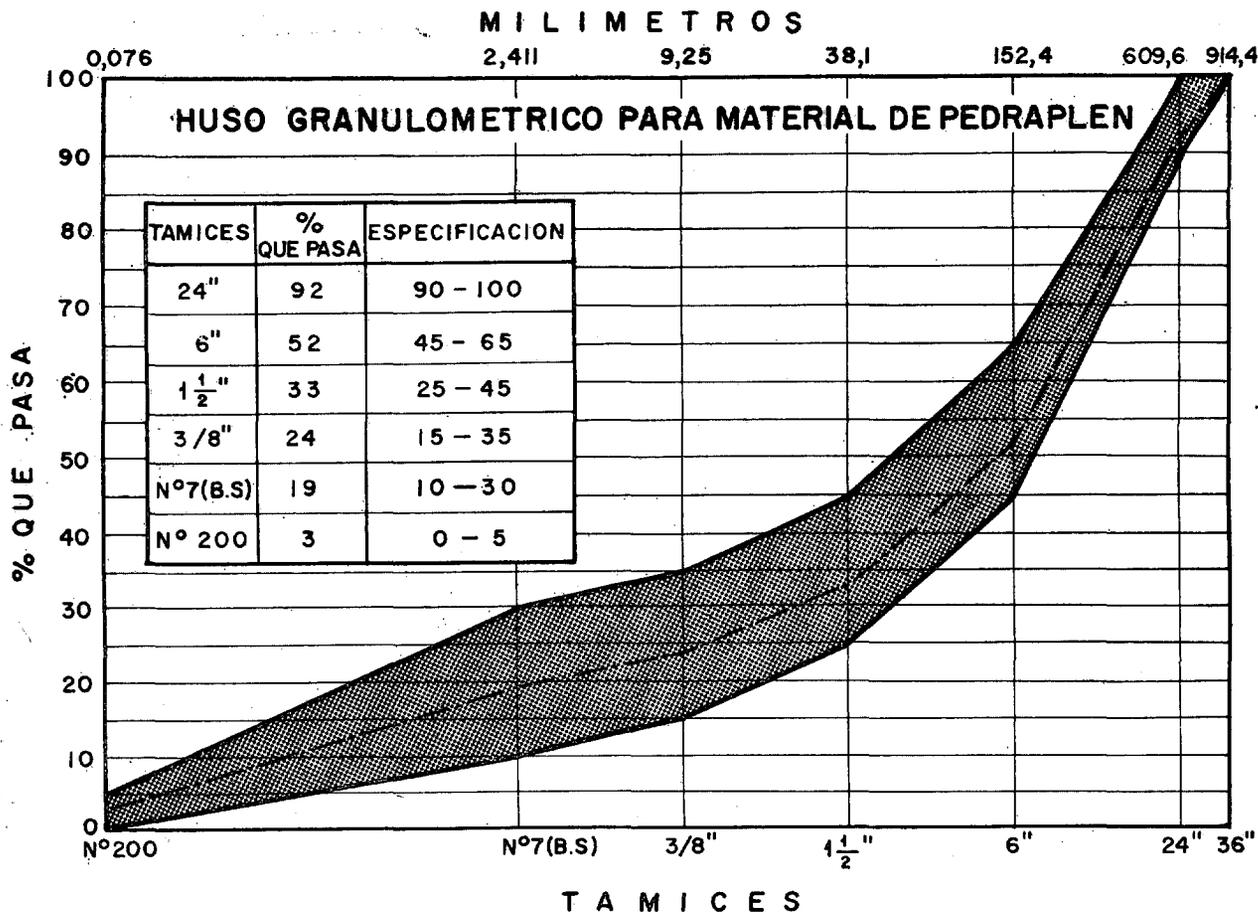
La mayor parte de las formaciones rocosas requieren la voladura para la extracción del material en condiciones que sea manejable para los equipos de carga y transporte. La separación entre barrenos y la profundidad de éstos dependen del tipo de roca, condiciones del frente de ataque, clase de explosivo y grado

de fragmentación que se desee para los productos del desmonte, lo que, en el caso que se destinen a la formación de pedraplenes, es un punto muy interesante.

Según el moderno concepto de pedraplén, debe llegarse a una granulometría continua definida por unos tamaños escalonados con los que se llegue, después de la compactación, a un volumen mínimo de huecos y con ello se reduzcan todo lo posible los asientos diferenciales durante el período de servicio. En el gráfico que se acompaña figura un huso granulométrico típico de esa gradación de tamaños que debe exigirse.

El mejor sistema de conseguir en el desmonte materiales que se aproximen a este huso es el de voladura múltiple con microrretardo.

El descubrir métodos de voladura múltiple que produzcan una buena fragmentación en la



Según la técnica moderna, los pedraplenes se forman con material de tamaño escalonado, fijándose granulometrías que den la máxima densidad y aseguren con ello la estabilidad de la capa.

roca a desmontar es un punto básico de los estudios y tanteos previos a la iniciación de los trabajos. Además de la separación y diámetro de los barrenos y de los tipos y carga de explosivos, se pueden variar los intervalos de retardo para llegar al mejor aprovechamiento de los productos de la excavación. Pueden emplearse también las voladuras de prefisuración, pero respecto a esto hay que admitir que no es fácil llegar a un punto crítico que garantice su eficacia e interés económico.

En la técnica del microrretardo las cargas se explotan de acuerdo con un orden racionalmente prefijado en el que los intervalos de retraso son del orden de milésimas de segundo. Los períodos óptimos dependen de la separación entre barrenos y del tipo de roca; hay reglas empíricas que establecen la relación entre intervalos y separaciones (*) y métodos basados en el empleo de detonadores eléctricos y disposición de microrretardos con los que se llegue a la fragmentación más conveniente.

En algunos tipos de roca el microrretardo puede producir un exceso de fragmentación con respecto al escalonamiento que requiere la formación de pedraplenes. Es importante en este aspecto la distribución de filas de barrenos. La experiencia aconseja no pasar de tres, ya que si se pasa de este número es cuando tiene lugar la hiperfragmentación a parte de que, al aumentar el intervalo de explosión entre los primeros y los últimos barrenos, puede romperse el cordón de éstos antes de que hayan explotado y fallar, por tanto, algunos tiros.

El explosivo que según la experiencia inglesa da mejores resultados para la fragmentación requerida está constituido por la siguiente mezcla:

Nitrato amónico	95 %
Fuel-oil	5 %

Este explosivo se prepara en obra, recomendándose cuidar la estricta dosificación y su uniformidad, así como preservarlo de la humedad. La cantidad de explosivo que debe emplearse depende de la dureza de la roca y de la fisuración natural o provocada. Como límites generales pueden darse las cifras de 0,6 a 1,2

(*) Sobre el tema general de este tipo de excavaciones puede verse la conferencia de nuestro compañero E. Díaz Río: *Excavaciones en roca*, Curso General de Carreteras, Madrid, 1968.

kilogramos/m.³. La información que proporcione el estudio previo y después la experiencia de obra permitirán un ajuste de dotaciones.

Existen, generalmente, circunstancias que dan lugar a reducciones del rendimiento previsto en el plan de obra: las fisuraciones ya apuntadas, las filtraciones de agua, la falta de homogeneidad de la roca con intervalo de vetas blandas, etc. En la actualidad se tiende a aumentar el diámetro de los barrenos, que antes eran normalmente del orden de 8 mm., aumentando también su separación y las cargas de explosivo. Con ello se mantienen mejor los rendimientos previstos para las voladuras, al mismo tiempo que se reduce la longitud de barreno por metro cúbico que es un *ratio* económico de la excavación. Las perforadoras pesadas del tipo *wagon drill* son muy eficaces para el barrenado con mayores diámetros de perforación.

En zonas especiales, como las partes contiguas a lo que van a ser taludes del desmonte o en frentes de roca muy compacta, se reducirá el diámetro de perforación, así como las separaciones entre barrenos y cargas.

La excavación en roca no puede adaptarse a los perfiles transversales de los planos — líneas de explanada y taludes —, produciéndose creces de importancia que es preciso rellenar con arreglo a condiciones; pero, en todo caso, el ingeniero de construcción deberá fijar unos límites razonables máximos a efectos de abono para evitar excesos en el desmonte, lo que es preciso tanto por consideraciones económicas como por el peligro que puede suponer que se afecte un volumen exagerado del macizo rocoso en torno a la explanación de la carretera, lo que puede traer consigo la rotura del equilibrio de éste con los subsiguientes corrimientos y corte de la vía.

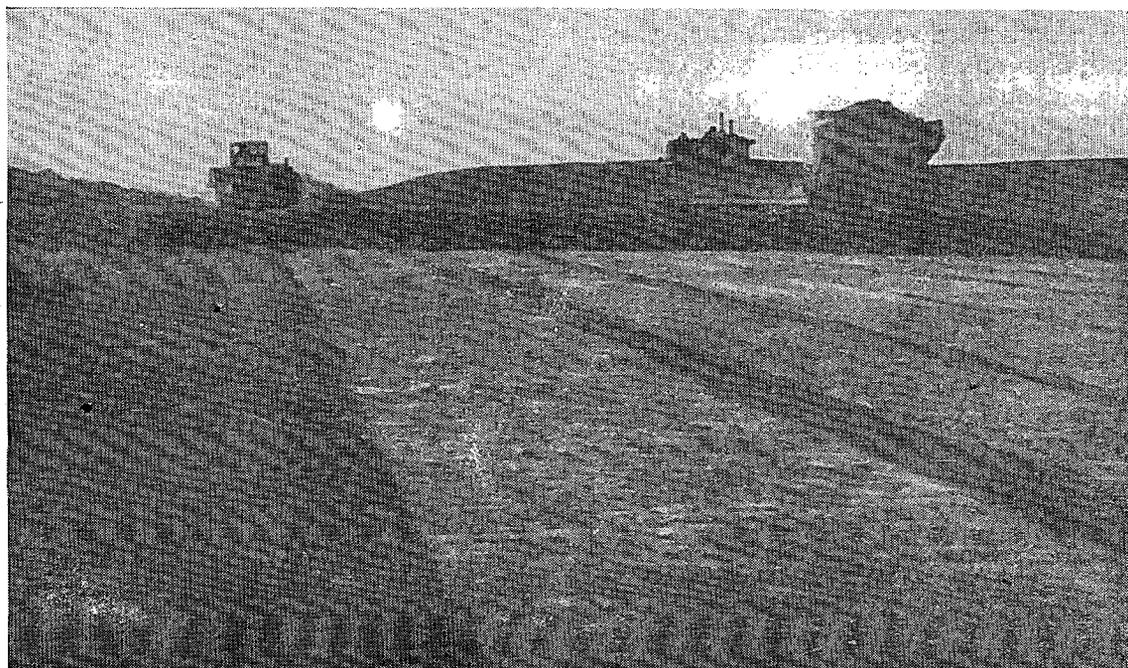
Las normas suelen recomendar un relleno mínimo de 15 cm. de material fino sobre la superficie irregular del fondo del desmonte, constituyendo con este material la explanada sobre la que se apoyará el firme. El empleo de material de subbase para este relleno será, en general, muy caro y basta el "suelo tolerado" que definen las prescripciones españolas. En el caso de que la roca sea pizarra, esquistos o de naturaleza mateORIZABLE, el espesor mínimo antes citado debe ser de 50 cm. o incluso de un metro si se tratara de autopistas o carreteras de tráfico muy pesado.

3.3. Precauciones en las voladuras.

En las zonas contiguas a puentes y estructuras o cualquier tipo de instalaciones, lo que es cada vez más frecuente con la construcción de autopistas urbanas y suburbanas, es preciso tomar precauciones para evitar los desperfectos que en las obras del entorno de los barrenos puede causar la conmoción producida por la explosión. Se caracteriza ésta por un

el método de Crandell, basado en largas series de datos experimentales de explotación de canteras y excavaciones de cimentación de grandes presas americanas. La exposición de este método figura en una comunicación reciente, cuya referencia consignamos para los lectores interesados (*).

Respecto a la protección de estructuras, o sea, a las precauciones a tomar en las voladuras próximas a su emplazamiento para la



Fotografía 3.-- El material procedente del desmonte se transporta en grandes *dumpers*. Se descarga a 3 metros del punto de empleo y se empuja hasta éste con *bulldozers* para favorecer la envuelta de los bloques por el material fino.

nivel de aceleración y una frecuencia de vibración a través de la masa rocosa causante de microfisuras o agrietado e incluso la ruina de las estructuras afectadas.

El tema es importante y, principalmente en los Estados Unidos y en el Japón, se han desarrollado en los últimos años métodos dinámicos de investigación que permiten conocer las leyes de propagación de las vibraciones y sus amplitudes y frecuencias en el entorno afectado, estableciendo los llamados *criterios de peligro* que se definen en ábacos de doble entrada a partir de la carga de explosivo y la distancia al barreno. Asimismo, se ha establecido el criterio de *energía relativa* definida por

construcción de las autopistas inglesas, se han establecido recientemente las siguientes limitaciones:

- fijar una distancia mínima de 30 metros hasta las estructuras para el empleo de explosivos;
- adoptar para cada caso una distancia mínima a partir de la cual el *coeficiente de energía (energy ratio)* es inferior a 1.

Se define este coeficiente que es un índice

(*) E. Morenon y G. Fournier: *Influencia de las voladuras en un macizo rocoso. Aplicación a la excavación de cimientos de una presa*. Simposio Internacional de Mecánica de Rocas. Madrid, octubre 1968.

de los efectos destructivos de la vibración por la fórmula:

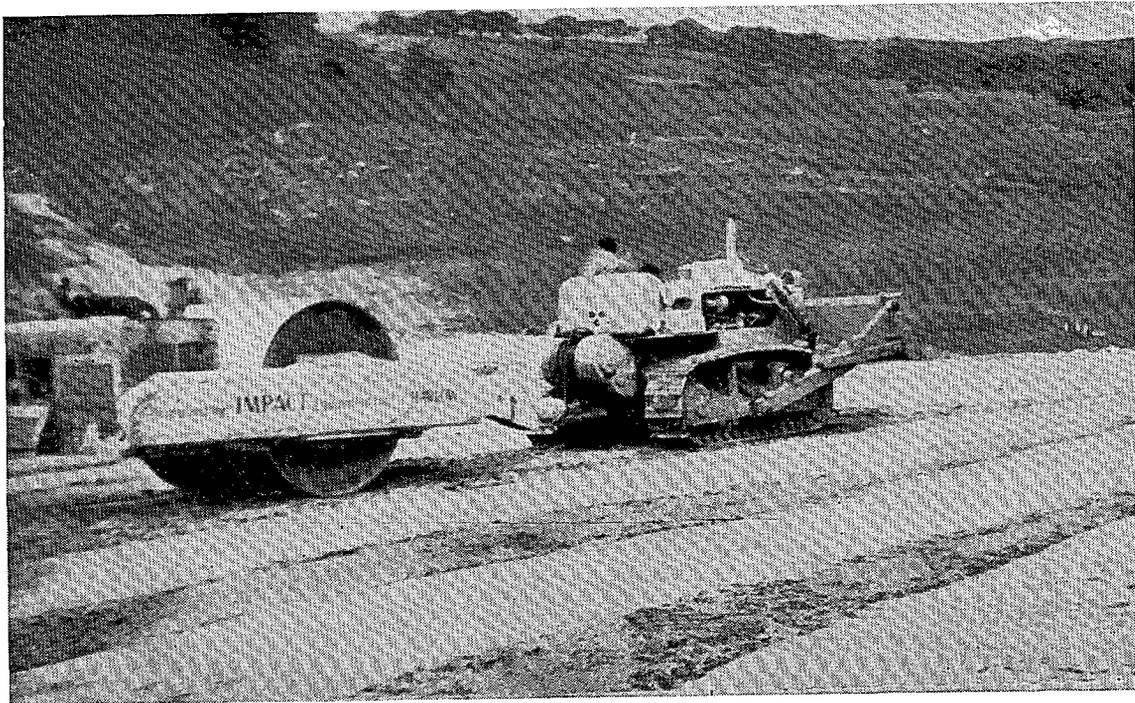
$$C_e = \frac{1}{9} \pi^4 a^2 f^2$$

en la que a es la amplitud expresada en pulgadas y f la frecuencia en hercios que corresponden a la vibración que se produce con la voladura en la masa rocosa. Estas magnitudes se determinan con la ayuda de vibrográfos.

a cubrir los imponderables que no pueden evitarse en las características físicas y mecánicas de una formación rocosa.

4. Pedraplenes.

El transporte y extensión del material grueso plantea problemas de rutina que es preciso resolver, en todo caso, basándose en la experiencia de obras similares y procurando adap-



Fotografía 4.— El pedraplén en capas del orden de 0,90 metros de espesor se compacta con rodillos vibratorios pesados.

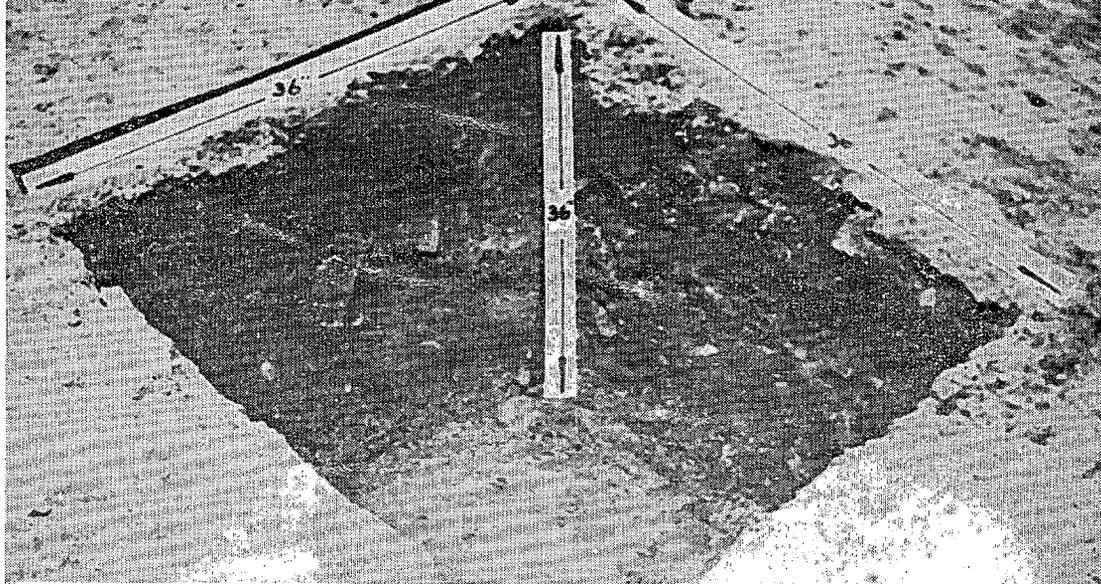
Los últimos estudios del fenómeno vibratorio en los macizos de roca han mostrado que en las zonas en que el *coeficiente de energía* es superior a 6 se pueden causar grandes desperfectos en las estructuras de hormigón armado o pretensado. Con valores entre 3 y 6 sólo peligran las obras de construcción deficiente con hormigones pobres o fábricas en mal estado. Por debajo de 3 normalmente no se producirán efectos apreciables.

No obstante, si en las prescripciones contractuales inglesas se fija como máximo un coeficiente de 1 es con criterio muy conservador, buscando un margen de seguridad destinado

tar los métodos de trabajo más adecuados y un equipo de maquinaria de suficiente capacidad y, sobre todo, que se adapte a las condiciones de la obra.

Hay que pensar en las características del material que es preciso extender y compactar, sobre todo en los grandes bloques — hasta un 10 por 100 puede ser superior a 60 cm. — y su transporte al lugar de empleo.

La extracción del material procedente del desmonte suele hacerse en las grandes obras con palas excavadoras de 2 a 4 m.³ de capacidad y el transporte se realiza en *dumpers* de 25 a 40 Tn. El taqueo de grandes bloques



Fotografía 5.— Uno de los métodos de control de pedraplenes es la determinación de la densidad *in situ*, que exige una excavación de $3/4$ de m.³, dado el tamaño de los bloques.

que superen el tamaño de las prescripciones debe reducirse al mínimo, ya que es antieconómico y para evitar los perjuicios que este tratamiento secundario por voladura pueda causar en maquinaria e instalaciones próximas o la retirada de éstas de los lugares donde se realice el taqueo. Por ello se utiliza hoy para esta fragmentación complementaria el procedimiento de impacto con bolas metálicas de 3 a 5 toneladas de peso suspendidas de grúas.

4.1. *Extendido del material.*

Los productos del desmonte, que según se ha dicho deberán adaptarse a una gradación de tamaños impuesta, se extenderán por capas de 0,90 m. o, excepcionalmente, de 1 m. La fotografía 3 muestra la fase del extendido con *dumper* y *bulldozer*. Se recomienda descargar el material a una distancia del orden de 3 m. del punto de empleo y empujarlo hasta éste con el *bulldozer*.

Si el material se descargara directamente, se produce un efecto de puente entre los bloques grandes que se apoyan unos sobre otros, y en el proceso vibratorio de la compactación se consigue sólo un relleno parcial de los grandes huecos por la fracción fina. Por el contrario, con el arrastre recomendado y la caída de los bloques desde la arista de la capa en construcción, se produce una envuelta de éstos por la

fracción fina mejorando mucho el relleno y, por tanto, la densidad (*).

No conviene se acumulen grandes volúmenes de acopios antes de realizar el arrastre, pues con ello se podría aumentar la segregación, lo que daría lugar a una densidad poco uniforme en las capas compactadas.

4.2. *Compactación.*

Si desde un principio los rodillos vibratorios se mostraron más eficaces que cualquier otro tipo de compactador para la consolidación de pedraplenes, la tendencia ha sido, además, emplear cada vez rodillos más pesados. Por ejemplo, en la autopista inglesa M. 62, que es donde hasta ahora se han llevado los estudios previos y el control de obra más completos que conocemos, las prescripciones contractuales para capas de 90 cm. preveían:

- 12 pasadas de compactador vibratorio de 5 toneladas, u
- 8 pasadas de compactador vibratorio de 8,5 toneladas.

Al comenzar las obras se comprobó que era más eficaz y económico el empleo de rodillos

(*) Se consigue con esto, además, capas de superficie mucho más regular y mullidas, lo que es muy ventajoso para la compactación al mismo tiempo que hace que sufran menos los rodillos.



Fotografía 6. — La excavación practicada para la determinación de la densidad se rellena con árido normalizado húmedo.

de 11 Tn., que con seis pasadas conseguían densidades mayores (*).

Existen compactadores vibratorios de 13,5 toneladas — máximo peso de los disponibles en el mercado — con los que quizá pueda reducirse el número de pasadas.

Los pliegos de condiciones francesas — nos referimos concretamente al tramo de Roquebrune a Menton y frontera italiana, obra con pedraplenes de gran cota donde también se ha estudiado el tema a fondo — prescriben un determinado tipo de compactador y un cierto número de pasadas, que en el tramo de ensayo previo se fijaron en cuatro para rodillos de 10,5 Tn. Si el contratista cumple en su trabajo estas prescripciones y no se consigue el grado de compactación especificado, el resto de las pasadas hasta conseguirle serán de cuenta de la Administración, que las abonará al precio que, previendo esta contingencia, se incluye en el cuadro.

Para conseguir una buena compactación no puede olvidarse la humedad, ésta influye decisivamente sobre todo en la fracción fina — la inferior a 4 mm. — en la que se produce un efecto de apelsonamiento cuando la humedad excede del 10 por 100. Esto impide una buena distribución para el relleno de huecos y se llega

a densidades menores con el consiguiente peligro de asentamientos diferenciales.

Otra indicación interesante es la reducción que produce la helada en el efecto compactador de los rodillos, por lo que se suspenderán los trabajos en épocas de bajas temperaturas.

5. Control de obra.

Para el control de calidad de las capas de pedraplén, o sea, de su grado de compactación, los franceses miden los asentamientos que se producen durante ésta considerando que el volumen de huecos será mínimo cuando los asentamientos sean máximos. Para la medida de los asentamientos disponen de un aparato que llaman *electrotassometre* (*).

En las obras de la autopista inglesa antes citada se ha empleado un procedimiento de densidad *in situ* que es simplemente un cambio de escala del clásico método de la arena. En este caso, el volumen que se excava en la capa compactada es del orden de una yarda cúbica (una yarda = 0,90 m.), cuidando de que se alteren lo menos posible los bordes y extrayendo del fondo todo el material suelto. Se pesa el ma-

(*) Lancashire-Yorkshire Motorway 62. Pennine Contract. *An interim report on the construction of rockfill embankments*, por S. M. Lowell. Wakefield, diciembre 1968.

(*) Una somera descripción de este aparato puede verse en nuestro trabajo: "Pedraplenes de carretera", publicado en el *Boletín de Información del Ministerio de Obras Públicas*, núm. 133. Enero 1969.

terial extraído y se rellena la excavación con árido de 10 mm. húmedo hasta la saturación. El relleno se hace siguiendo condiciones normalizadas y nivelando cuidadosamente la superficie. Del material extraído se determina la humedad de la fracción inferior a 3,75 mm.

En las fotografías 5 y 6 se ve la excavación y relleno para una determinación de densidad.

Las densidades suelen oscilar entre 2,00 y 2,25 Tn./m.³. La inspección ocular de los lados de la excavación practicada permite formar juicio sobre la estructura del pedraplén: proporción de huecos, relleno y envoltura de los bloques por la fracción fina, gradación granulométrica, etc.

6. Consideración final.

Las grandes excavaciones que exigen los amplios trazados y tendidos taludes de las carreteras de hoy originan ingentes trabajos — especialmente en los terrenos rocosos a que nos referimos —, que sólo son posibles por el empleo de equipos pesados de perforación, carga y transporte de que hoy se dispone.

Estos equipos y los nuevos métodos constructivos permiten obtener buenos ritmos de ejecución, si bien a costa de grandes inversiones en parques de maquinaria que deben utilizarse al máximo, sin interrupciones que supongan cargas insostenibles de amortización. Es fundamental para el aprovechamiento de los equipos prever y respetar un buen plan coordinado de las fases de obra, para lo que colaborarán con sus respectivas obligaciones la Administración y la Contrata.

La tendencia a subastar tramos cada vez de mayor longitud y la continuidad que promete nuestra ambiciosa política de carreteras, favorecerán la amplia disponibilidad de modernos

equipos pesados en beneficio de la calidad y ritmo de las obras.

Otro factor decisivo es la evolución de la técnica. Del mismo modo que se resolvieron los problemas de los terraplenes al definir criterios de clasificación de suelos, densidades máximas y métodos de control que garanticen la correcta ejecución y con ello la estabilidad y duración de la infraestructura de la carretera, se empieza a dominar la técnica de los pedraplenes basada en el escalonamiento de tamaños del material, espesores de las capas, procesos de compactación y métodos de control. Este escalonamiento o gradación continua es muy importante para conseguir elevadas densidades que garanticen la resistencia a las cargas que transmite el afirmado.

Los pedraplenes o tramos de ensayo a escala natural, con las características representativas de la obra, son muy útiles para fijar o modificar las prescripciones contractuales y los mayores volúmenes de contratación a que antes nos referíamos son, indudablemente, una ventaja para su establecimiento. En todo caso, lo que se invierta en estos pedraplenes experimentales no será dinero perdido, ya que suministran una información previa que redundará en la calidad y economía de la obra.

Lo importante es una preocupación por la mejora de métodos, aprovechando la experiencia de otros países, pero adaptando las normas generales a cada obra en particular, dependiendo de las condiciones de la roca a demontar, de los equipos que es preciso adquirir y de la inspección y control de obra. Juntamente con la inquietud por la evolución debe imponerse al ingeniero español la tarea de informar pronto de su experiencia, para que entre todos podamos llegar a unas normas de ejecución que permitan obtener obras bien ejecutadas, dentro de la economía que debe presidir toda realización técnica.