

Desde la 7 a la 16 corresponden a modelos de muros empotrados, deduciéndose las isostáticas y curvas de las tensiones principales, así como las de los componentes normales y tangenciales de las tensiones correspondientes a varias secciones principales, considerando el muro como pieza prismática empotrada. Se hicieron estudios analíticos, deduciéndose los valores de las tensiones interiores mediante las fórmulas corrientes de la Resistencia de materiales; la comparación de estos resultados con los experimentados da lugar a la consideración de tres zonas en los macizos que representan los modelos:

Zona I, donde las fórmulas corrientes de la Resistencia de materiales son aplicables, resultando divergencia entre los valores teóricos y experimentales inferiores al 3 por 100.

Zona II, de influencia directa de los esfuerzos, donde no pueden aplicarse las fórmulas de la Resistencia de materiales, y que el método experimental resuelve perfectamente.

Zona III, en la que los resultados analíticos obtenidos aplicando la teoría de Boussinesq, concuerdan perfectamente con los experimentales.

Las figuras 17 a 22 corresponden al estudio de una pieza prismática corta empotrada sometida a tracción, problema que se presenta muy a menudo en construc-

ción, y muy difícil de abordar analíticamente. En las figuras 21 y 22 se expone la comparación entre las componentes normales y tangenciales de las tensiones en varias secciones principales, obtenidas experimentalmente, y las que debían resultar aceptando las hipótesis corrientes de flexión.

El procedimiento de Favre lo ha industrializado la Casa Schiltknecht, de Zurich, que estaba fabricando, cuando nuestra visita, dos instalaciones para las Universidades de Buenos Aires y Montreal, respectivamente.

Carlos FERNANDEZ CASADO
Ingeniero de C., C. y P.

BIBLIOGRAFIA

- Favre.—*Sur une nouvelle méthode optique de détermination des tensions intérieures*. Editions de la *Revue d'Optique Théorique et Instrumentale*.
Favre.—*Sur les possibilités d'application de la Photoélasticimétrie aux problèmes d'Elasticité en trois dimensions*. *Revue d'Optique*.
Tank, Favre y Jenny Dürst.—*Aus dem Laboratorium für photoelastische Untersuchungen an der Eidgen. Tech. Hochschule, Zurich, Die Bautechnik*, 7 noviembre 1930.
Tank y Müller.—*Spannungs-optische Untersuchung eines kurzen, auf beidseitig beanspruchten Stabes*. "Memoria presentada con motivo del 50.º aniversario del Laboratorio Federal del Politécnico de Zurich". Noviembre 1930.

La pretendida influencia de los bosques en la lluvia

Cuando añejas preocupaciones han sido victoriosamente refutadas por la ciencia, no desaparecen sin dejar rastro, y con frecuencia reviven, cuando alguna circunstancia inesperada o algún fenómeno de interpretación dudosa viene aparentemente a devolverles un poco de probabilidad. Tal acontece con la opinión que atribuye a los bosques influencia considerable en la lluvia.

Es hoy perfectamente sabido que la lluvia, por lo menos las lluvias importantes, son solamente debidas a corrientes ascendentes del aire que, al dilatarse, se enfría, provocando la condensación del vapor de agua que contiene; pero estas condensaciones habrán de constituir masa suficiente para que la precipitación pueda producirse y la lluvia llegar al suelo. De lo contrario, no habrá más que nubes, que el sol disipará, o que, si tienden a descender, serán consumidas por la evaporación, en las capas más bajas de la atmósfera, que rara vez están saturadas, y que, cuando lo están, como ocurre durante las nieblas, es en períodos de calmas, poco favorables para la producción de grandes condensaciones, que ordinariamente en estos casos tienen espesor insuficiente para que su acumulación dé lugar a lluvias apreciables.

La consecuencia de ello es que la lluvia se forma a alturas sobre el suelo, y por causas generales sobre las cuales la acción del bosque es absolutamente insignificante. Por eso decía ya con razón Cézanne que *había que contar los bosques entre los infinitamente pequeños de la Meteorología*. Después de se-

senta años, estos infinitamente pequeños, en la consideración de los meteorólogos, casi podríamos decir que han pasado a ser de segundo orden.

Pero no faltan apasionados defensores del árbol, que ven con disgusto mermarse en lo más mínimo las excelencias que atribuyen al objeto de su entusiasmo, y que aprovechan todos los argumentos, hasta los más inverosímiles, para conservarles un prestigio que no quieren ver en peligro.

Sugiere-me estas consideraciones una nota publicada a fines del año pasado en los *Comptes rendus* de la Academia de Ciencias de París, en la que el autor, E. Mathias, pretende interpretar en sentido favorable a la supuesta influencia dos series de observaciones pluviométricas de largo período, efectuadas en el departamento francés de Puy de Dôme¹.

No había dado demasiada importancia a esa nota, que, como tantas otras, acoge la Academia en las páginas de su publicación, bajo la responsabilidad de sus propios autores, sin ampararlas con su autoridad, y al solo efecto de dejar sentados hechos u opiniones sobre los cuales podrán surgir, en su día, reclamaciones de prioridad; pero como la he visto recogida por alguna autorizada revista española, me ha parecido oportuno analizarla, y ese es el objeto del presente artículo.

Las dos series de referencia son la de Ambert y

¹ *Sur l'utilité des longues périodes d'observations de la pluie en un lieu donné*. Séance du 19 octobre 1931.

la de la cumbre del Puy de Dôme. La primera se extiende desde enero de 1872 hasta fin de julio de 1930; la segunda no empieza hasta 1.º de enero de 1877, pero continúa después, sin laguna ni interrupción, hasta el presente.

Agrupados los datos por quinquenios, para atenuar las variaciones anuales, como hace el autor de la nota, las dos series pueden resumirse en el cuadro siguiente:

Lluvias totales del quinquenio:

Lustras	En Ambert mm	En Puy de Dôme mm
1872-76	4556	»
1877-81	4006	7105,7
1882-86	4271	7720,0
1887-91	4036	8396,3
1892-96	4115	9343,9
1897-901	4256	8607,0
1902-06	4208,5	8009,1
1907-11	4424,5	9225,9
1912-16	4484,0	10053,4
1917-21	3650,9	8278,4
1922-26	3922,5	7785,3
1925-29	4024,6	»
1926-30	»	9042,5

Para que el lector pueda formar idea de la situación de ambas estaciones, se acompaña el croquis de la figura. Ambert es una pequeña población de la Auvernia, de unos 8000 habitantes, situada a orillas del Dore, afluente del Allier, subafluente del Loira.

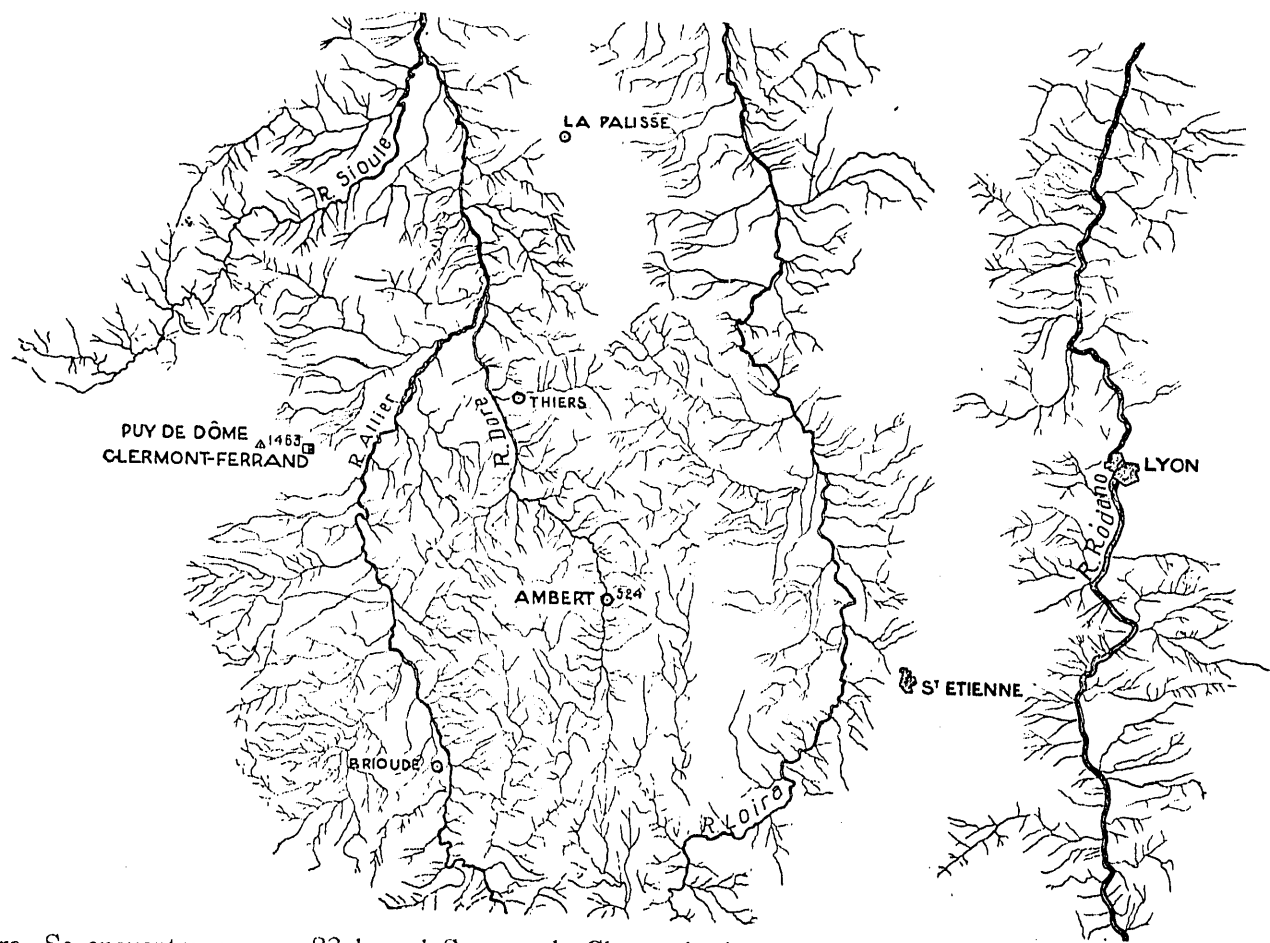
cia al Este se encuentran las montañas del Forez, que separan el valle del Dore de la cuenca del alto Loira.

El Puy de Dôme es una montaña de origen volcánico que se eleva hasta 1465 m de altitud al W de Clermont-Ferrand y a unos 12 km de esta capital. Por su pie, al W, corre el torrente Sioule, afluente también del Allier.

En los datos consignados en el cuadro anterior se observa desde luego, en los quinquenios de 1917-21 y 1922-26, un marcado descenso de la lluvia que había sido recogida en los quinquenios inmediatamente anteriores. En el quinquenio siguiente, la altura pluviométrica viene a recobrar ya valores más próximos a los observados con anterioridad.

Esta circunstancia, que no es para extrañar a nadie, porque variaciones de ese orden se encuentran siempre en todas las series meteorológicas un poco largas, es la que sirve al Sr. Mathias para fundamentar su tesis favorable a la influencia de los bosques en el aumento de la pluviosidad. “La gran guerra —dice refiriéndose a la primera de las estaciones— ha ocasionado la explotación forzada de los bosques, y la disminución de la lluvia en Ambert ha sido la consecuencia. La tala nos ha sido confirmada por el senador Dr. Chassaing, alcalde de Ambert, y por el Sr. Reynard, conservador honorario, el cual añadió que se habían plantado más árboles que los que se habían cortado, y que el déficit de lluvia desaparecería en un porvenir próximo.”

Igual es su opinión respecto al Puy de Dôme: “El



ra. Se encuentra a unos 82 km al Sureste de Clermont-Ferrand (capital del departamento), y su altura es de 524 m sobre el nivel del mar. A corta distan-

fenómeno observado aquí —dice— es idéntico al de la región de Ambert, y obedece a las mismas causas.” Más adelante hace, sin embargo, algunas reser-

vas: "Se puede notar una diferencia muy clara entre las dos series. Ambert, rodeado de bosques, en el centro de una circunscripción en la que el 20,5 por 100 de la superficie es de selva, da, de 1872 a 1917, cuarenta y cinco años de una pluviosidad casi constante; cuya media está bien delinida. Por el contrario, la cumbre del Puy de Dôme está en una posición excéntrica con relación a los macizos forestales que, con relación a él, se encuentran, sobre todo, al Sur, y la superficie de bosques no es más que de 9,35 por 100. Ahora bien, la estadística agrícola emprendida en 1930 comprueba, según documentos obtenidos por el Sr. Reynard en la Prefectura, que 6 156 hectáreas se han repoblado recientemente en el Puy de Dôme. Se explica, pues, la mejora constante de la pluviosidad indicada por la serie de la cumbre, tanto antes de 1913 como después de 1924."

La conclusión general a que llega es la siguiente: "La identidad de las conclusiones deducidas de las series de Ambert y del vértice del Puy de Dôme demuestra que, en un gran departamento, dos largas series de observaciones de la lluvia son ampliamente suficientes para seguir el paralelismo de la repoblación y de las talas, respectivamente, con el aumento y la disminución de la pluviosidad en la región, porque el sincronismo de las largas series es perfecto, aun cuando provienen, como es aquí el caso, de dos estaciones distantes 100 km, y cuyas altitudes difieren cerca de 900 metros."

Para el Sr. Mathias todo esto es evidente; por otra parte, y según él, "la regularización de las precipitaciones pluviales por los grandes macizos arbolados es una ley que no es ya discutida hoy *seriamente*". Lo han demostrado ampliamente las observaciones de la Escuela forestal de Nancy, iniciadas en 1860 por Mathieu y continuadas después por Henry, entre otros.

He reproducido todo lo sustancial de la nota, repitiendo en algunos casos sus mismas palabras. Procedamos al comentario.

Nada habrá que decir respecto al hecho: ahí están los números, y no es necesario entrar a discutir el valor efectivo de las observaciones. Podemos admitirlas como excelentes; pero ¿es que de ellas se deduce lo que se pretende demostrar? El razonamiento, si no es más que eso, se reduce, en definitiva, a una sencilla aplicación del tan conocido como desprestigiado principio del *post hoc ergo propter hoc*. Es evidente que el efecto sigue a la causa, pero no puede bastar este simple orden de sucesión para que a la una se la declare causa y al otro se le declare efecto.

Y menos que nunca, cuando se trata de fenómenos tan variables como el de la lluvia, y todavía menos, cuando la relación que se pretende establecer es muy poco probable *a priori*. Bertrand llamaba la atención sobre este último punto, al tratar de la probabilidad de las causas. Con gracejo y buen sentido lo ponía de relieve por medio de un ejemplo:

"Los habitantes de Saint-Malo estaban persuadidos hace un siglo de que, en su pueblo, el número de defunciones a la hora de la marea alta era mayor que en marea baja.

Admitamos el hecho.

Supongamos que sobre las costas de la Mancha se haya notado una mayor proporción de naufragios con el viento Noroeste que con ningún otro.

Aunque las cifras recogidas en apoyo de ambas

afirmaciones fueran las mismas en número e inspirasen igual confianza, las consecuencias que de ellas se dedujeran estarían muy lejos de ser idénticas.

Cuando se haya llegado a aceptar como una certeza la influencia del viento NW sobre los naufragios, las gentes prudentes exigirán todavía nuevas pruebas para reconocer, nada más que como verosímil, la influencia de la marea sobre la última hora de los naufragios.

Los problemas son idénticos; la imposibilidad de aceptar una misma respuesta demuestra la necesidad de hacer intervenir la probabilidad *a priori* de la causa que se quiere apreciar."

Más tarde hemos de volver sobre el valor teórico de los argumentos que se aducen a favor de la lluvia forestal. Veamos ahora cuál sería el alcance probatorio de las observaciones alegadas, en el supuesto de que la discusión teórica quedara indecisa y hubiera que resolver la cuestión sólo a fuerza de datos experimentales.

¿Qué es lo que ha ocurrido en la estación de Ambert? Que durante nueve lustros la lluvia mínima ha sido de 4 006 milímetros, y que al décimo ha bajado a 3 651, es decir, 355 mm menos. Durante esos mismos nueve lustros, si había habido aquel mínimo, también se había presentado un máximo de 4 556 mm; la diferencia entre esos dos valores es de 550 mm, algo más de vez y media el valor de aquella otra diferencia, de la que tanto partido se quiere sacar. El simple azar produce con frecuencia irregularidades de este orden.

Pero si estudiamos con más atención la serie de referencia, observamos que el primer mínimo se produce en el lustro de 1877-81, inmediatamente siguiente al lustro del máximo, y que, en los cinco lustros que siguen, la lluvia va aumentando, aunque irregularmente. Vienen después dos lustros seguidos en los que la lluvia alcanza valores ya muy próximos a los del quinquenio máximo, y es inmediatamente después cuando se produce el segundo mínimo, que tiende, igualmente, a borrarse por el restablecimiento de valores normales.

Si algún partidario del ciclo de treinta y cinco años, defendido por Brückner, examina esa serie, encontraría en ella una confirmación de su tesis. Los siete primeros lustros constituirían un ciclo completo, que empezaba a repetirse, con más o menos regularidad, en los quinquenios siguientes. También él anunciaría un aumento de pluviosidad, y no sería preciso que el aumento fuera muy grande para que la media de 4 101 mm del período en curso alcanzara los 4 207 a que llega en el período completo.

No he de entrar aquí a discutir la realidad de esta hipótesis; sólo quiero hacer notar que los hechos observados admiten más de una interpretación, y que, por consiguiente, nada podría deducirse de ellos, si razones de otro orden no fueran invocadas, y, entre estas razones, sin aceptar, ni mucho menos, las que se alegan a favor del ciclo de Brückner, siempre me parecerían más probables que las aducidas a favor de la lluvia forestal.

Si de las observaciones de Ambert pasamos a las del Puy de Dôme, todavía encontraremos las cifras mucho menos probatorias; el quinquenio de 1917-21 era el mínimo para Ambert; en Puy de Dôme, durante ese quinquenio, llueve más que en 1877-81, que en 1882-86 y que en 1902-06, cuando la explo-

tación exagerada de los bosques durante la guerra no se había producido todavía. Aun es más: si se prescinde del quinquenio de 1912-16, excepcionalmente lluvioso, la media de los siete quinquenios anteriores no llega a más que a 8 344 mm; la precipitación en 1917-21 fué de 8 278,4 mm; la diferencia no alcanza al 1 por 100. Si la comparación se detuviera, para los primeros quinquenios, en el año 1906, la diferencia sería ya de sentido contrario.

En el quinquenio de 1922-26, la lluvia sigue disminuyendo en Puy de Dôme, cuando ya ha mejorado en Ambert; pero, a pesar de aquella disminución, todavía se encuentran, en los dos quinquenios de 1877-86, cifras menores que la observada. Por último, en el quinquenio de 1926-30, la precipitación recogida no sólo excede a la media general de los quinquenios anteriores, sino también de la que resultaría de prescindir de los dos lustros en los que se quiere localizar el desfavorable efecto de las talas. ¿Cómo deducir consecuencia lógica alguna de tales variaciones, que se presentan con todos los caracteres del azar?

Decía más atrás que variaciones de esa entidad se presentaban con frecuencia en casi todas las series meteorológicas un poco largas. Con un grado escaso de diferencia en la latitud, se tiene la serie de Ginebra, iniciada por Plantamour en el primer cuarto del siglo pasado. He aquí sus cifras, agrupadas también por quinquenios, para que se pueda hacer la comparación con las cifras de Ambert:

Periodos	Milímetros	Periodos	Milímetros
1826-30	4083,8	1876-80	4649,3
1831-35	3554,4	1881-85	4169,9
1836-40	3968,1	1886-90	4707,0
1841-45	4814,2	1891-95	4211,4
1846-50	4154,7	1896-900	4302,3
1851-55	4252,9	1901-05	4403,5
1856-60	4029,5	1906-10	4298,1
1961-65	3734,6	1911-15	4631,6
1866-70	3995,5	1916-20	5052,4
1871-75	4032,4	Media..	4265,1

Por rara casualidad, la media es casi idéntica a la de Ambert durante los quinquenios que precedieron a la guerra. La oscilación es mayor entre el mínimo de 3 554,4 y el máximo de 5 052,4, que ha sido en Ambert solamente de 3 650,9 a 4 556 mm en todo el período. Por dos veces se presenta en Ginebra una depresión en un todo análoga a la de Ambert: en el decenio de 1831-40 y en el de 1861-70. Nadie, que yo sepa, lo ha atribuido a causas forestales, ni, mucho menos, ha probado la verdad de tal atribución.

Más al Norte de Ambert se encuentra París. Se hacen allí observaciones desde fines del siglo XVII, pero la serie no es completamente homogénea. En ella se encuentran ejemplos para todos los gustos; pero, si nos limitamos a las observaciones sistemáticas recientes, podemos fijar nuestra atención en los nueve quinquenios comprendidos entre 1876 y 1920. He aquí los resultados de la observación:

1876-80.....	3105,7
1881-85.....	2825,5
1886-90.....	2762,4
1891-95.....	2700,8
1896-900.....	2686,8
1901-05.....	2696,8
1906-10.....	3122,1
1911-15.....	3013,0
1916-20.....	3157,5

Durante los cinco primeros quinquenios la lluvia aparece en constante disminución: en el de 1901-05 el descenso se contiene, y un alza se inicia en el de 1906-10, que se mantiene con alguna ligera oscilación en los dos quinquenios últimos; el último, sobre todo, marca la cifra mayor de todo el período. ¿Sería esto debido a cambios forestales? Precisamente en 1910 tuvieron lugar las inundaciones del Sena, que se repitieron en 1911; entonces se dijo, por los propagandistas a ultranza del bosque, que los desastres eran debidos a falta de bosques y que había que prevenirlos con la repoblación. No importaba entonces la influencia en la lluvia: se proclamaba, ante todo, su papel como regularizador del desagüe del agua llovida. ¿Sería, acaso, que esa falta de bosque había sido la causa del progresivo descenso de las precipitaciones en la primera mitad del período? Pues cuando se trataba de repoblar contra las inundaciones se hacía observar por Daubrée, director entonces de Aguas y Bosques, que apenas si había ya algo que repoblar en la región parisienne.

Y todavía puede hacerse otra observación, aún más interesante para nuestro objeto. Es el último quinquenio el más lluvioso, y es precisamente el que comprende los dos últimos años de la guerra, cuando las devastaciones forestales y no forestales habían llegado al máximo. Y París se encontraba mucho más cerca de los frentes que Ambert y que el Puy de Dôme. ¿No debían haber llegado a él con más intensidad los efectos?

Otro ejemplo, al Sur de Ambert, nos lo suministra Madrid. No podemos tampoco señalar aquí cambios forestales de importancia. He aquí, sin embargo, cómo ha variado la lluvia en los quinquenios sucesivos, desde 1860 hasta 1924:

Quinquenios	Lluvias	Medias
1860-64	1 895,6	1 878,6
1865-69	1 973,3	
1870-74	1 804,5	
1875-79	1 831,2	
1880-84	2 215,7	
1885-89	2 752,0	2 336,9
1890-94	2 216,8	
1895-99	2 163,3	
1900-04	2 085,6	
1905-09	2 070,2	
1910-14	2 033,9	2 036,9
1915-19	1 958,3	
1920-24	2 034,7	

No ya entre los quinquenios aislados, sino entre las medias de veinte o veinticinco años se observan diferencias tan considerables, que podría estarse tentado a atribuir las a estaciones distintas. La serie es, sin embargo, completamente homogénea, y corresponde, con la sola excepción del último quinquenio, al Observatorio Astronómico; el último quinquenio

responde a datos del Observatorio Meteorológico del Retiro; pero, en los años de observación comunes, las diferencias de los resultados obtenidos en los dos Observatorios han sido insignificantes.

En vista de todos estos datos tan variables, ¿pue-

de concluirse nada, en buena lógica, de las cifras aportadas por el Sr. Mathias? Desde luego no son concluyentes, y menos para demostrar una conclusión inverosímil. Pero de esto ya nos ocuparemos en otro artículo.

Pedro M. GONZALEZ QUIJANO

El asfalto natural de Boeton ¹

Entre los materiales empleados en la pavimentación de calles y carreteras está atrayendo la atención de técnicos y constructores un producto que se ha empezado a aplicar hace pocos años: el asfalto natural de Boeton, procedente de la isla de este nombre.

La isla de Boeton forma parte de las Indias Orientales holandesas, estando situada al Sureste de las Célebes, y se halla compuesta, en su mayor parte, por un macizo de caliza y margas. Esta formación calcárea procede de la sedimentación de restos de globigerinas, depositadas en su época a grandes profundidades bajo el nivel del mar, y a través de las cuales irrumpió la masa de betún, dando lugar a la actual caliza asfáltica.

Siendo de forma esférica las minúsculas conchas de las globigerinas que dieron origen a la formación sedimentaria, ésta resultó sumamente porosa, por lo cual absorbió gran cantidad de betún. A ello se debe que la caliza asfáltica de Boeton sea extraordinariamente rica en este elemento, y que mientras yacimientos análogos, como los de Suiza, tienen de 8 a 10 por 100 de betún, en el de la isla de Boeton la proporción de éste es, como mínimo, de 30 por 100, y llega en muchos casos al 45 por 100. El Gobierno de las Indias holandesas ha otorgado a una Compañía de Amsterdam la concesión para explotar dichos yacimientos, y hoy puede encontrarse en el mercado la roca asfáltica o asfalto natural de Boeton, de composición bastante homogénea, y con un 40 por 100, como término medio, de betún, para toda clase de obras de pavimentación.

A causa de la elevada proporción de betún que contiene este producto natural no puede ser clasificado como las otras rocas asfálticas conocidas hasta la fecha ni empleado del mismo modo que ellas. Estas últimas tienen un tanto por ciento pequeño de betún y se usan casi únicamente en obras de asfalto comprimido, o como "filler" para el mastic asfáltico; y el asfalto natural de Boeton, además de estas aplicaciones, se presta perfectamente a la ejecución de pavimentos de asfalto apisonado, riegos en caliente y en frío, etc.

El ensayo practicado en el Laboratorio Central de la Escuela de Caminos sobre una muestra de este asfalto dió el resultado siguiente:

Proporción de betún... 41,95 %

Composición de la roca, después de separar el betún con sulfuro de carbono, disolviendo el residuo en ácido clorhídrico:

Materia insoluble (arcilla y arena)...	5,58 %
Sílice (Si O ₂)...	0,35 ..
Alúmina (Al ₂ O ₃)...	0,40 ..
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)...	0,51 ..
Cal (Ca O)...	50,32 ..
Magnesia (Mg O)...	0,55 ..
Anhidrido sulfúrico (S O ₃)...	1,00 ..
Pérdida al fuego (CO ₂ y H ₂ O)...	40,32 ..
Materias no dosificadas...	0,91 ..
	<u>100,00 %</u>

El betún puro tiene las características y su análisis arroja los valores medios que se indican a continuación:

Peso específico...	1,1
Punto de reblandecimiento...	60°
Penetración a 25"...	18
Petrolenes...	2 %
Maltenes...	71 ..
Asfaltenes...	27 ..
Carbenes...	0 ..

La caliza de globigerinas, que, como queda dicho, constituye la ganga de este asfalto, tiene un grado de finura, expresado por esta composición granulométrica:

(*Tamices americanos Newark*)

Pasa por el n.º	10 y es retenido por el n.º	40.....	7 %
"	40	80.....	28 "
"	80	200.....	20 "
"	200		45 "
			<u>100 "</u>

que pone bien de manifiesto la extraordinaria finura de la roca, por lo que resulta ésta un "filler" de gran valor activo.

En las microfotografías de dicha caliza y del cemento que ilustran estos renglones puede apreciarse que la ventaja está, con mucho, de parte de aquélla.

La fuerte acción estabilizadora del "filler", combinada con la alta viscosidad del betún que contiene el asfalto natural de Boeton, por la presencia en él de gran número de ultramicrones, hace que no sea conveniente usar con este asfalto la misma composición de arena que con el de Trinidad o los betunes de destilación, pues sucede que el apisonado del firme no queda perfecto, y, a pesar de la baja proporción de huecos en el árido, el pavimento resulta poroso. Ello es debido a la notable resistencia que el asfalto de Boeton ofrece a la deformación, acentuada por la gran superficie total que los granos de arena fina presentan.

Dicho efecto se evita usando una arena más gruesa y de tal composición que el volumen total de huecos sea el mismo. La superficie total de los granos

¹ La mayor parte de los datos aquí expuestos están tomados de un artículo publicado en *Asphalt und Teer*, por el profesor Dr. Chr. K. Visser, de la Alta Escuela Técnica (Universidad) de Delft (Holanda).