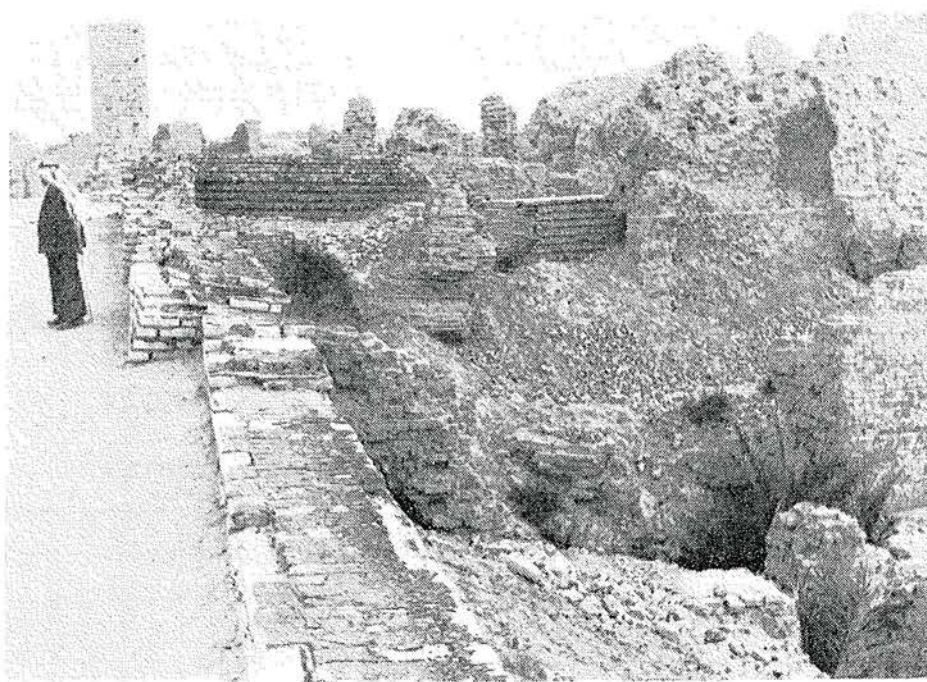


ARTÍCULOS PUBLICADOS EN LA REVISTA CARRETERAS
SOBRE TIERRAS
POR MANUEL MATEOS DE VICENTE

1. En Irak
2. La magnetohidrodinámica puede suponer un ahorro para los contratistas de carreteras y mejorar la vida de todos. Ene-Feb. 2002
3. Las mezclas drenantes al estilo gitano. Marzo/Abril 1998
4. El suelo como cimiento de la carretera. Comentarios – Sep-Octubre 1985.
5. El ácido fosfórico – Febrero 1963
6. La estabilización de suelos en el Plan General de Carreteras
7. Asfalto en espuma
8. La resina anilina-furfural

INIRAK

Por MANUEL MATEOS



RUINAS DE BABILONIA.—Las construcciones estaban hechas a base de ladrillos con asfalto como ligante.

Recientemente ha sido obtenido por un grupo de empresas españolas un contrato por un importe cercano a los 60 millones de pesetas para el proyecto de acondicionamiento del regadío de 100.000 Ha. en una zona cercana a Bagdad. Con este motivo hemos tenido que trasladarnos a Iraq un grupo de ingenieros españoles.

El país está llevando a cabo un desarrollo socio-económico amparado en la renta producida por la extracción del petróleo y que alcanza actualmente la cifra de 24 mil millones de pesetas anuales. Este desarrollo se inició durante la monarquía, datando de aquella época las tres grandes presas de embalse que posee el país. El gobierno actual sigue la misma política de desarrollo y aún la ha mejorado apoyado por el continuo aumento de la renta petrolífera. Existen grandes oportunidades para las empresas consultoras pues el gobierno da prácticamente todos los proyectos a la empresa privada. Aparte de algunas oficinas consultoras iraquíes, se encuentran empresas de Inglaterra, Francia, Alemania, Finlandia, Italia, Rusia, Checoslovaquia, América, etc. Una empresa alemana que estuvo trabajando en el proyecto de la autopista Barcelona-La Junquera, ha trasladado parte



Entrada de una de las escuelas modernas.

de su personal, que trabajó en España, a Iraq para el proyecto de la autopista Bagdad-Mosul.

Los trabajos de construcción atraen también a empresas extranjeras. Creemos que en un futuro próximo habrá un gran auge en la construcción de importantes obras públicas y que el trabajar en Iraq puede ser de gran interés para las empresas constructoras españolas. Los precios en la construcción son aproximadamente el doble que en España, con la diferencia de que el nivel de vida en Iraq es bastante más bajo, lo que hace suponer que las ganancias sean de gran importancia.

Iraq, la antigua Mesopotamia, jugó durante 5.000 años un papel decisivo en el desarrollo de nuestra civilización, habiéndose iniciado allí la escritura, matemáticas y geometría, y donde las artes alcanzaron un esplendor sin igual en el mundo antiguo. Se cree que el regadío en gran escala es originario de Mesopotamia, favorecido por lo llano del país e impulsado por la necesidad de tener que aportar agua a los cultivos para su desarrollo por ser las lluvias escasas (150 mm/año) y la

Sala de exhibición de los trabajos hechos por los alumnos de una de las modernas escuelas.



temperatura cálida (máxima de 50°C en verano). La hegemonía mundial de Mesopotamia ejercida primero a través de las ciudades-estado Sumerias y después por los Acadios, Babilonios, Asirios, Caldeos, Sasánidas y Arabes Abasidas, sufrió un duro golpe con la invasión de los mongoles dirigida por Halagu-Kan en 1258. La sequía y otras invasiones mongólicas posteriores sumieron al país en un letargo de 700 años, del que ahora quiere despertar.

Dadas las características geológicas de Mesopotamia, situada en una llanura aluvial sin afloraciones de roca, sus ciudades se construían de ladrillo y barro. Estos materiales no son muy duraderos y lo único que queda de las antiguas ciudades son montículos planos que destacan fácilmente en la llanura. Estos montículos artificiales, llamados «tello», tienen una altura media de 3 a 6 metros, llegando algunos a 30 metros. La extensión varía, cubriendo el tell de la antigua Babilonia varios kilómetros cuadrados. Las excavaciones en Iraq se han empezado hace menos de un siglo, habiéndose ya descubierto los emplazamientos de Babilonia, Nínive, Ur, Lagash y otras conocidas urbes de la antigüedad. Aunque la superficie excavada supone una mínima parte de los tells, ha permitido obtener una idea del alto grado de civilización alcanzado en la antigua Mesopotamia. Muchos aspectos adjudicados hasta hace poco a los griegos o romanos se comprueba ahora tienen su origen en Sumeria o Acadia.

El completo código de Hammurabi fue compilado dos mil años antes que el derecho romano. Senaquerib construyó una presa y un importante acueducto de 30 kilómetros de largo 800 años antes



BAGDAD.—Arco dedicado al soldado desconocido y mezquita al fondo.

Base para pavimento de una calle, hecha de ladrillos partidos.



que los romanos construyeran los suyos. La presa de Nimrod para forzar al Tigris a verter parte de sus aguas en su cauce primitivo se mantuvo durante 4.000 años hasta que con la desorganización consecuente a la invasión de los mongoles se abandonó su mantenimiento y sobrevino su destrucción.

Los cambios que está sufriendo el país, sin pérdida aún de sus tradiciones, hacen que se encuentren estampas bíblicas junto a los más modernos signos de la civilización occidental. La evolución en algunos casos es muy rápida y avanzada. La creación de modernas escuelas junto a pobres viviendas de barro o cañas y juncos es un reflejo de la evolución social actual. En el año 1920 se creó la primera escuela para niñas; hoy hay 400 mil niñas asistiendo a las escuelas. Sorprende ver a más mujeres que en España en puestos clave: ministro de Estado, directora del Laboratorio de investigación científica de suelos, directora de laboratorio de mecánica del suelo, etc.

Es de interés mencionar que como base principal para el desarrollo del país y construcción de las grandes presas se crearon muchas fábricas de cemento, de tal manera que actualmente exporta gran cantidad de dicho material, obteniendo con ello una importante fuente de divisas.

Dada la escasez de piedra recurren al empleo de ladrillos para construir bases de pavimentos para carreteras y calles.

Lo que más nos llamó la atención fue la manera eficaz que tienen de resolver el transporte público en Bagdad. Los taxis son innumerables y hay multitud de minibuses de 9 plazas, de propiedad privada, que surcan la ciudad en todas direcciones, ayudando a

mover rápidamente grandes masas de personas. Existen líneas regulares de autobuses, grandes y lentos como en todas partes, con la ventaja de que algunos taxis hacen por su cuenta las mismas líneas y utilizan las mismas paradas de los autobuses, trasladando rápidamente a los viajeros a un precio ligeramente superior al del autobús.

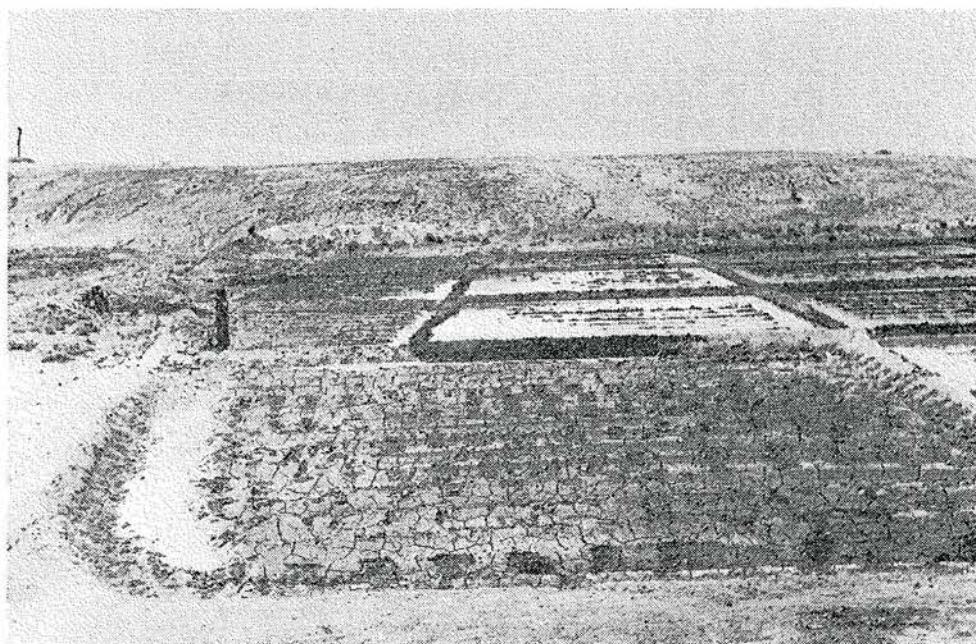
Dondequiera que hemos analizado los servicios de minibuses, bien sea en países desarrollados, medios o subdesarrollados, hemos comprobado su eficacia y superioridad sobre otros medios de transporte público de superficie.

En cuanto a los detalles del proyecto no nos extenderemos mucho por ser de una técnica de poco interés para los lectores de **CARRETERAS**. Los suelos son limosos con alta proporción de

finos y baja permeabilidad. Estas tierras han estado en regadío durante 5 ó 6 mil años, y debido a que las aguas del Tigris contienen una pequeña proporción de sales disueltas, a la poca permeabilidad de los suelos, y a la gran pérdida de agua por evaporación, traída a la superficie por capilaridad, se han acumulado sales en el suelo. La práctica milenaria de luchar contra la salinidad es de sembrar un año y después dejar la tierra en barbecho durante uno o varios años, gozando así de algún lavado ocasional cuando las aguas de lluvia caen en exceso como para percolar y dar lugar al arrastre de parte de las sales acumuladas en el suelo. En la actualidad se lucha contra la salinidad mediante la construcción de una red de drenaje inversamente gemela a la red de canales. Aparte de los proble-

mas de salinidad, de fácil solución con los conocimientos que la moderna investigación ha aportado, el grupo consultor español se deberá enfrentar con el organizacional de tener que preparar un proyecto de envergadura fuera de España y en un plazo de tan sólo dos años.

La obtención de este proyecto lanza a los ingenieros consultores al mercado internacional de la técnica, fuera de los países latinoamericanos donde ya se habían realizado proyectos, y es de esperar que de rechazo, y al comparar nuestras técnicas con las empleadas por otros ingenieros consultores, adquiramos cierto cosmopolitismo técnico útil tanto para las aplicaciones ingenieriles en España como para nuestro prestigio vis-a-vis de la técnica internacional.



Regadío actual en la zona del proyecto. En este caso se inundan las tierras durante unas horas y con una frecuencia de quince días. Al fondo hay un «tell», montículo aplanado formado por los restos de una ciudad antigua.



REFLEXIONES

LA MAGNETOHIDRODINÁMICA PUEDE SUPONER UN AHORRO PARA LOS CONTRATISTAS DE CARRETERAS Y MEJORAR LA VIDA DE TODOS

Hace ya sus 20 años, empecé a investigar el proceso de imantación de fluidos. He visitado a grandes fabricantes de imanes y analizado muchos de sus modelos; he revisado también algo de lo escrito sobre el tema y lo he empleado mucho con el fluido del agua. Un fabricante mundial de imanes, a quien visité en Worcester (Nueva York), no creía en absoluto que los imanes fueran útiles con fluidos. Tuvimos en su oficina varias conversaciones con profesores o investigadores de otros países, y yo le recomendé que lo probara, lo que hizo en una fábrica suya de Europa. Después me escribió diciendo que los resultados, dejado limpio un sistema de intercambio de calor, lo habían convencido.

En Rusia, en el ámbito de la construcción, se exigía que todas las plantas de producción de hormigón tuvieran un apartado para tratamiento magnético del agua, pues decían que con ello se aumentaba la resistencia del hormigón. Mencioné esto, hace muchos años, a un técnico del Instituto Torroja, quien estuvo muy interesado, ya que puede reducir la cantidad de cemento para una misma resistencia. Según creo, finalmente no se hizo nada. Hay un libro escrito en ruso sobre el tema. Mi opinión es que puede ser efectivo con cierto tipo de aguas, no con todas.

En mi libro "Conducciones" (Bellisco Editorial Técnica) hay un capítulo sobre este proceso aplicado a las conducciones. Estos aparatos son habitualmente utilizados para impedir que se obturen las válvulas de abastecimiento de las ciudades.

Por otro lado, se ha observado que cuando una persona se afeita con agua tratada, ésta hace espuma y

antes de tratarla no. Hay quien me ha comentado que gasta menos jabón en los lavados de la casa. Y en las cafeterías, que apenas se incrusta la cal en las cafeteras. También me han dicho que mejora el sabor del agua e impide la formación de anillos de caliza en las tuberías, impidiendo que se reduzca la sección. Donde ya existen incrustaciones las va disolviendo.

Según ensayos hechos en China en el campo de la Medicina, el proceso impide, en algunos casos, la formación de piedras en órganos del cuerpo humano. Parece que los resultados porcentuales se acercan a los obtenidos con ese aparato que lanza al cuerpo una especie de cañonazos con láser o con microondas.

Yo llevo puesto en mi coche uno de estos aparatos. Ya he mencionado que he probado muchas marcas. Hay uno muy barato que funciona bien en tuberías de muy pequeño diámetro, pero en las de dos pulgadas yo lo he intentado y no funcionaba. Hace unos años se anunciaba por radio, en el programa de la difunta Encarna Sánchez, que había una ducha imantada. La compré pero vi que no podía hacer nada al agua, pues para que surta efecto antes tiene que pasar entre los dos polos del imán, y en este caso dicho imán estaba pegado a un lado del interior de la alcahofa.

Los modelos de aquellos fabricantes que luego no funcionan pueden hacer desprestigiar a un producto maravilloso, que no consume energía y que dura varias generaciones.

Manuel Mateos
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

CARRETERAS



4ª EPOCA - NUM. 94 - MARZO-ABRIL 1998 - REVISTA TÉCNICA DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA



LA **NUEVA NORMA 3.1-IC**
"TRAZADO" DE LA
INSTRUCCIÓN DE
CARRETERAS

MEDIDA DE LAS
CARACTERÍSTICAS
REOLÓGICAS DE UN
MATERIAL POR MEDIO
DEL **ENSAYO DE**
COMPRESIÓN DIAMETRAL

CONTROL Y SEGURIDAD
VIAL DEL CIERRE NORTE
DE LA **M-40**

EFICACIA Y ACEPTACIÓN
DE LAS **PANTALLAS**
CONTRA EL RUIDO

ESTUDIO SOBRE
MAQUINARIA PARA LA
CONSERVACIÓN DE
CARRETERAS

BALANCE DEL TRAMO
DE **ENSAYO EXPERIMENTAL**
DE **MEZCLAS DRENANTES**
EN LA **AUTOPISTA**
FRANCESA A-63

RENTABILIDAD DE
TRATAMIENTOS
SUPERFICIALES EN PISTAS
RURALES DE PAÍSES EN
DESARROLLO



DESDE EL ARCEN

LAS **MEZCLAS DRENANTES** AL **ESTILO GITANO**



Manuel Mateos

Dr. Ing. de C.C. y P.; Dr. of Ph.; ITOP

Como aportación a la historia de los llamados "nuevos" pavimentos debo mencionar que en el año 1952 construí uno, como contratista, en la Carretera León-Santander, dentro de León donde era la calle Álvaro López Núñez. Los ingenieros autores del proyecto, y directores de la obra, fueron Don Francisco Rodero y Don Antonio Pariente.

Tal aglomerado drenante se denominaba "abierto". No tenía finos. Era increíblemente delgado, de tan sólo una pulgada (2,5 cm) de espesor. Para que la gravilla quedara pegada, la mezcla de proyecto era, si mal no recuerdo, de 20 por ciento alquitrán y 80 por ciento betún asfáltico de muy baja penetración (como 40-60).

Todo se hizo a mano. Se calentaba la gravilla en unos descomunales cazos que mandé construir, de más de un metro de diámetro. Se mezclaba en una hormigonera corriente, a la que tuve que cambiar los engranajes, pues al ritmo de vueltas

de hacer hormigón de cemento del aglomerado se hacía una gran pelota.

Se extendía a mano. Era una época cuando el desempleo era del cero por ciento. Por ello tuve que buscar mano de obra, y se me ocurrió acudir a gitanos y gitanas, a los cuales enseñé la práctica de hacer aglomerado (según me han informado actualmente en León los que mejor trabajan el aglomerado son los gitanos; probablemente descendientes de aquellos a los que enseñé). Las mujeres gitanas pintaban a mano el hormigón de la base con betún, previo barrido.

He de mencionar que los gitanos trabajaron excelentemente y quedé agradecido pues me permitieron terminar la obra dentro de su plazo. He hablado actualmente con nuestro compañero Antonio Pariente y me dice que aquel pavimento "abierto", que hoy sería "drenante", duró muchos años. ■

EL SUELO COMO CIMIENTO DE LA CARRETERA

En los últimos años se ha despertado un creciente interés por las capas no tratadas dado el ahorro energético que pueden aportar. Por otra parte, el mal comportamiento de algunos firmes ha puesto de manifiesto la importancia de la explanada, incluso en el caso de firmes con gruesas capas tratadas.

La revista CARRETERAS desea contribuir a este, digamos, renacimiento, que puede contribuir al ahorro económico y energético y a lo que todavía es más importante: al buen comportamiento de los firmes, pues no hay que olvidar que lo menos económico de todo es un firme en mal estado.

De "CARRETERAS", Nº 17, Mayo-Junio 1985

COMENTARIOS aparecidos en "Cartas al Editor" del número 19, de la revista CARRETERAS, Septiembre-Octubre de 1985, páginas 39, 40 y 41.

Por Manuel Mateos de Vicente

Ph. D. (Doctor por Iowa State University)
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Ayudante de Obras Públicas
Master of Science
Professional Civil Engineer
Professional Highway Engineer

Profesor, Servicios Urbanos, Esc. Univ.
de Ing. T. de Obras Públicas, Universidad
Politécnica de Madrid.

De la Comisión D-18 de la American Society
for Testing and Materials (ASTM), para prepara-
ción de normas de ensayos de suelos y rocas.

La dinámica de la Asociación Española de la Carretera se ha visto una vez más reflejada en sus deseos de aportar algo nuevo en la ciencia de las tierras, soporte de los firmes de carreteras. Es cierto que la técnica de construcción de firmes está más centrada en aquello que se ve —el pavimento— y no se aprovecha plenamente lo oculto —el soporte, la tierra—. Para ello, en el número de junio de CARRETERAS, se ha presentado un conjunto importante de aportaciones de destacados especialistas en mecánica del suelo.

Estas comunicaciones se refieren exclusivamente a la estadística. Ya sabemos que es necesario saber algo de estadística cuando se realizan muestreos, bien sean de suelos, de agua o de cualquier otro producto ajeno a la ingeniería. La estadística aplicada a la mecánica del suelo, o geotecnia, no es nada nuevo. Baste mencionar que me exigieron tomarla entre las asignaturas necesarias para completar el grado de Master of Science en la especialidad de carreteras. Esto ocurría en 1956, es decir, hace treinta años. Además, tal requisito era normal desde hacía varios años en la Universidad «Iowa State», donde me gradué.

Mitificación de la geotecnia versus geopráctica

Veo natural la preocupación de CARRETERAS en tratar de analizar los problemas de los suelos, por haberse dejado algo de lado su utilización al dar gran énfasis a los pavimentos. Para hacer carreteras más baratas se tiene que enseñar en nuestras universidades más geopráctica, y no dar casi tan solo énfasis a la teoría. Pero esto no es un problema solamente de las escuelas de ingeniería, sino de toda la Universidad, desde Medicina hasta Agronomía, pasando por Derecho.

En nuestro caso hace falta más geopráctica y menos geotecnia. Hace falta hacer más ensayos de materiales, de tierras en la Universidad. Hace falta desmitificar la geotecnia. Pienso que las comunicaciones publicadas en CARRETERAS habrán asustado a más de un compañero, con lo cual se habrá contribuido a mitificar aún más una especialidad que, en general, se basa en conocimientos fáciles de adquirir, si son bien explicados, y en mucha práctica.

Se necesita saber algo de estadística para llevar a cabo muestreos, pero para llevar a cabo un buen programa se debe recurrir a los conocimientos de un graduado en estadística. Hay que tener en cuenta que esta especialidad se ofrece en otros países y es de tan larga duración como la de ingeniería, con estudios superiores hasta de doctorado.

Asignaturas sugeridas

Para ser un buen ingeniero de suelos, o tierras, creo que es absolutamente necesario complementar los conocimientos en mecánica del suelo con otras asignaturas o materias. Si puede servir de algo la experiencia propia, cito a continuación aquellas asignaturas complementarias que tuve que estudiar para terminar el doctorado en suelos en la mencionada Universidad. Estas asignaturas eran:

- Estabilización de suelos.
- Tres asignaturas avanzadas en estabilización de suelos.
- Física del suelo.
- Física avanzada del suelo.
- Cartografía del suelo.
- Control de la erosión.
- Identificación de arcillas por rayos X.
- Identificación de arcillas por análisis térmico diferencial.
- Identificación de arcillas con el microscopio electrónico.
- Drenaje subterráneo (bajo Special Topics).
- Identificación de tierras por fotos aéreas.
- Físico-química.
- Presas de tierra

En las tres asignaturas avanzadas de estabilización de suelos se incluía geomorfología, química del suelo, tipos de composición de arcillas, etc. Las asignaturas que tuve que estudiar en mecánica del suelo fueron varias y se basaban en los libros de Spangler, Taylor, Woollorton, etc.

Enseñanza práctica

Debo indicar que las asignaturas anteriormente mencionadas iban acompañadas de mucha práctica. Calculo que durante mis estudios para el doctorado debí realizar unos 10.000 ensayos. También hacíamos viajes de prácticas, muy diferentes de los que había realizado en España.

Como ejemplo de geopráctica, y para que podamos comparar, puedo mencionar que en la asignatura básica de suelos (Soil Engineering) nos dividieron a los alumnos en grupos de tres, y tuvimos que hacer más de veinte tipos de ensayos, desde toma de muestras en el campo hasta triaxiales, etc., y todo por nosotros, y cada uno con sus propias manos, lo que nos daba mucha experiencia.

Sencillez de la mecánica del suelo

El curso básico en mecánica del suelo, o geotecnia, mencionado en la sección anterior, nos dio conocimientos para solucionar el 99,9 por 100 de los problemas que puedan surgir en la práctica en carreteras. Las asignaturas avanzadas de mecánica del suelo que tuve que estudiar eran altamente teóricas y han sido de un valor prácticamente nulo comparándolas con las de física y química del suelo. Para dicho curso básico se siguió el libro titulado «Soil Engineering», cuyo autor, el profesor Spangler, fue quien nos impartió las clases. Este profesor era muy conocido y apreciado en geotecnia por sus variadas contribuciones; me impresionó la manera tan sencilla que tuvo de explicarnos su materia y me hizo encariñarme y familiarizarme con las tierras.

Terzaghi

Se le suele llamar el padre de la mecánica del suelo. Fue una persona que dedicó su vida a esta materia cuando no había grandes especialistas en suelos. Sin embargo, no fue el único y no debemos hacer de él un dios. Mi interés por la ciencia del suelo me llevó en dos ocasiones a Oslo, al Instituto Geotécnico de Noruega, donde se hallan depositados sus escritos. Mi estancia no fue subvencionada por ningún organismo. Fui autofinanciándome para hacer algo de investigación. Gran parte de la obra de Terzaghi se basa en teorías existentes que él aplicó a la mecánica del suelo. Fue una persona interesante que no conocí por mi edad, y me gustaría disponer de otros dos meses para acudir de nuevo a la biblioteca de Terzaghi, en Oslo, a pesar de que ahora estoy trabajando en otras especialidades.

(Ver Referencia Bibliográfica Nº 1, al final).

Aportaciones históricas

La mecánica del suelo no nació con Terzaghi, aunque algunos le llamen padre de la misma. Existen tratados de hace dos mil años (libros de Vitrubio, Columela), donde se dan soluciones a algunos problemas de suelos. Además, tanto los griegos como los romanos fueron recopiladores de teorías y prácticas existentes con anterioridad. Hemos de tener en cuenta que en Mesopotamia y muchos otros lugares, se hicieron canales y presas hace tres mil o más años, y donde los restos de aquellas construcciones son todavía obvios. En partes del Sahel hay edificios hechos de tierra, de 15 pisos de altura, verdaderos rascacielos (ref. 2 y 3). En nuestra patria tenemos ejemplos de construcciones romanas que siguen en pie debido a sus buenos cimientos.

No olvidemos a otros padres de la mecánica del suelo, pues sus aportaciones fueron de gran impacto.

Antes del siglo XIX tenemos a Vauban, Bullet y Coulomb.

Desde 1800 hasta la aparición del primer libro de Terzaghi tenemos muy valiosas aportaciones de las siguientes personas (indicando entre paréntesis el año en que fueron hechas): Darcy (1856), Jacob Feld (1928, sobre

trabajos hechos durante varios años), Sir Benjamin Baker (1881), Rankine (1856), Boussinesq (1885), Atterberg (1911), Briggs (1907), Buckingham (1907), Stokes (1856) y Strahan (1932, sobre trabajos hechos desde 1906).

Como se ve, padres hay más de uno.

Otras aportaciones pre-Terzaghi

Hubo, como se ha indicado, muchas aportaciones a la geotécnica antes del año 1925, cuando Terzaghi editó su libro. Quiero mencionar unas de ellas con las que estoy muy familiarizado: las del grupo Anston Marston - W. J. Schlick - M. G. Spangler. Ello es debido a que sus investigaciones se realizaron en la Universidad «Iowa State», donde estudié, y a que Spangler fue profesor mío en varias asignaturas de geotecnia.

A principios de siglo, año 1908, empezaron a analizar los problemas que presentaba el drenaje, necesario para tener unas buenas cosechas, de millones de hectáreas en las llanuras húmedas de Iowa, Nebraska, Illinois y otros estados. Se estudiaron los suelos, las zanjas, sus rellenos, los tubos en sus formas y materiales, así como el movimiento del agua en el subsuelo. Fueron muy numerosas las comunicaciones que vieron la luz antes de 1925, o sobre trabajos hechos antes de esa fecha.

Algunos de estos trabajos, que conservo, están reseñados en las Referencias 4 a 8.

Proctor y la geopráctica

A mi modo de ver, el que más contribuyó a la utilización masiva de las tierras como material de construcción fue Proctor, al dar a conocer a los ingenieros la relación humedad-densidad. Hay que añadir que los procedimientos Proctor se usaban también paralelamente en Australia, pero Proctor fue el primero en darlos a conocer. Sin el ensayo Proctor, el 90 por 100 de los pavimentos de nuestras carreteras estarían destrozados, a menos de haberlos hecho estilo firme romano. Para mí, el padre de la utilización de los suelos es Proctor. Ref. 9.

Labor de divulgación

He tratado de hacer comprender la importancia de las ciencias del suelo, aparte de la mecánica del suelo. Por ejemplo, en esta revista publicamos en su día varias comunicaciones, BOLETIN de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo, CIMBRA, etc. Aunque algunas de las soluciones que se ofrecieron no fueron aplicadas, los análisis realizados nos permiten conocer mejor las tierras de nuestro país. Ref. 1, 2, 10 a 17, 19.

Aplicaciones hechas en laboratorio

Como muestra mencionaré algunos casos que me presentaron y que han supuesto grandes ahorros para la Administración. Hacia 1965 fui llamado por don José Luis Escario, director del Laboratorio de Transporte, para analizar la posibilidad de estabilizar suelos con betunes, don José Luis poseía una mente amplia y no le importaba recurrir a otros expertos en un campo que él dominaba. Para el análisis me sirvió mucho mi preparación en la ciencia del suelo, así como el haber estudiado fuera de España las dos asignaturas siguientes:

MATERIALES BITUMINOSOS, teoría y ensayos.

FIRMES BITUMINOSOS, teoría y ensayos.

En mi informe hice ver la inutilidad de tratar de estabilizar suelos con betún, tanto por las dificultades de mez-

clado como por la carestía del producto. Con esta consulta don José Luis Escario no tuvo que hacer ensayos, lo que supuso el ahorro de unos millones de pesetas.

Otra colaboración digna de mencionar fue la hecha a la Diputación de Madrid, iniciada a instancia de Pedro Diges. Esta colaboración se inició en 1971, incluyendo aseoramiento y control de obra, en donde se me dejaron aplicar los conocimientos de la ciencia del suelo, materiales para firmes, nociones de estadística y experiencia sobre control de obra. El programa lo hicimos de manera que los gastos fueran mínimos; los ensayos los haríamos ingenieros, para «sentir» mejor las características de las tierras; al ir al campo comentaríamos sobre métodos constructivos. De esta manera la media de gastos fue tan sólo del orden de trescientas mil a quinientas mil pesetas al año para toda la provincia de Madrid. Nuestra colaboración fue a lo largo de diez años.

Aplicaciones hechas en el campo

Las soluciones basadas en la totalidad de las ciencias del suelo pueden hacer ahorrar muchos millones de pesetas. Mencionaremos las más importantes de aquellas en donde hemos intervenido.

La cooperación más amplia ha sido la hecha a los compañeros de caminos Emilio López Berges y Benito Díaz de la Cebosa. Fue iniciada por el compañero José Torija, ayudante de Obras Públicas y persona muy ampliamente preparada en nuestra profesión. Mi primer contacto con sus problemas de suelos tuvo lugar en las persistentes roturas de un canal que abastece agua a Madrid, debidas a los movimientos del terreno. Habían aplicado anteriormente la mecánica del suelo y, en consecuencia, construidos muros, hecho galerías para drenaje, impermeabilizado con asfalto el terreno situado por encima del canal... sin resultado. Les di una solución basada en la físico-química y quedó resuelto el problema. Después les solucioné muy variados problemas en los que intervinieron, aparte de los compañeros citados, Estanislao Chaves y Jaime Hernández Bartolomé, ambos ayudantes de Obras Públicas.

Otro problema digno de mencionar, y que solucioné a Pedro Diges, ingeniero de caminos de la Diputación de Madrid, fue parar un corrimiento de tierras que afectaba a toda una ladera de un monte que estaba continuamente deslizándose sobre una carretera. Los métodos que se enseñan en mecánica del suelo y que él aplicó habían resultado ineficaces, y un ataque a fondo basándose en la geotécnica hubiera costado algunas decenas de millones de pesetas. La solución que apliqué no conllevaba ni sondeos, ni pilotes, ni inyecciones, ni muros y costó tan sólo 125.000 pesetas; de esto hace unos quince años, y de su éxito puede testificar Pedro Diges.

Otra solución que conviene destacar es la estabilización de las arcillas de bujeo, con las que en Málaga (entre otras provincias) tienen graves problemas. Hubo un ingeniero que se interesó por los métodos físico-químicos de tratar las tierras. Este ingeniero, Carlos Monteagudo, hizo los trámites para que le tratara un par de tramos de canal muy inestables, lo que conseguí sin hacer sondeos, ni inyecciones, ni pilotes, ni muros, ni drenes internos, en un procedimiento personal y que todavía es único en el mundo. La intención de Carlos Monteagudo era aplicar estos métodos, si tenían éxito, en un problema de envergadura. Los procedimientos tuvieron éxito. El solucionar este problema les hubiera costado unos dos millones de pesetas, pero al trasladar a Carlos Monteagudo a otra sección, el nuevo ingeniero, después de consultar con su profesor de mecánica del suelo —según me dijo—, decidió hacer un túnel cuyo coste era de unos cien millones de pesetas, según me han informado.

Resumiendo

Hemos presentado un análisis rápido de algunos aspectos de la geotecnia aplicada a la construcción de carreteras. Nos hemos basado en una preparación cuyos detalles se exponen y en el hecho de que desde 1954 —cuando se inauguró el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo— he estado trabajando en laboratorios y control de obras en varios países.

En los procedimientos empleados en carreteras en España se ha dado excesivo énfasis a la mecánica del suelo, dejando de lado procedimientos que tiendan a utilizar al máximo el suelo, aplicando conocimientos de la físico-química.

La ciencia del suelo es fácil, debe ser explicada a los alumnos fácilmente, y hacerles realizar los veinte ensayos más corrientes. De lo contrario se les puede imbuir miedo a enfrentarse con los problemas de las tierras, a no apreciar, o a despreciar, la ciencia del suelo.

La estadística es necesaria, pero sólo desde un punto de vista de conocimiento elemental. Para grandes problemas de muestreo se debe acudir a un licenciado en estadística.

Se pueden ahorrar muchísimos millones de pesetas al año aplicando holísticamente los conocimientos de la ciencia del suelo.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA DEL AUTOR

- 1.- MATEOS, M.: "Efectos de la difusión de sales potásicas en la resistencia de una arcilla marina". Revista de Obras Públicas, septiembre 1982. Pág. 607-610.
- 2.- MATEOS, M.: "Características mineralógicas de suelos de Mesopotamia". Revista de Obras Públicas febrero 1973. Pág. 121-123.
- 3.- ABERCROMBIE, T.J.: "Arabia's frankincense trail". National Geographic, octubre 1985. Pág. 474-513.
- 4.- MARSTON, A. y ANDERSON, O.A.: "The theory of loads on pipes in ditches and tests of cement and clay drain tile and sewer pipe". Bulletin 31, Iowa Engineering Expe. Sta., Iowa State University Ames, Iowa 1913.
- 5.- SCHLICK, W.J.: "The theory of underdrainage". Bulletin 50, Iowa Eng. Experiment Sta. Iowa State University, Ames, Iowa, 1918.
- 6.- SCHLICK, W.J.: "Recommendations for farm drainage". Bulletin 51, Iowa Eng. Experiment Sta. Iowa State University, Ames, Iowa, 1918.
- 7.- SPANGLER, M.G.: "A preliminary experiment on the supporting strength of culvert pipes in an actual embankment" Bulletin 76, Iowa Eng. Experiment Sta. Iowa State University, Ames, Iowa, 1926.
- 8.- SCHLICK, W.J.: "Loads on pipe in wide ditches". Bulletin 108, Iowa Eng. Experiment Sta. Iowa State University, Ames, Iowa, 1932.
- 9.- PROCTOR, R.R.: "Fundamental principles of soil compaction" Engineering News-Record, Ag. 31, sept 7, 21 y 28 de 1933.
- 10.- MATEOS, M.: "El ácido fosfórico como aditivo en las tierras". Carreteras, nº 74, febrero 1963.
- 11.- MATEOS, M.: "La estabilización de suelos en el Plan General de Carreteras". Carreteras, nº 75, marzo 1963.
- 12.- MATEOS, M.: "La resina anilina-furfural para mejorar los suelos" Carreteras, nº 79, julio 1963.
- 13.- MATEOS, M.: "Asfalto en espuma". Carreteras, nº 82, octubre 1963.
- 14.- MATEOS, M.: "Resistencias de mezclas de puzolana natural, cal y arena" Revista de Obras Públicas, enero 1977. Pág. 37-42.
- 15.- MATEOS, M.: "Estudios sobre suelo-cal". Revista de Obras Públicas, enero 1966. Pág. 43-46.
- 16.- MATEOS, M.: "Estabilización de suelos de Alaska con aditivos inorgánicos". Revista de Obras Públicas, agosto 1963. Pág. 511-519.
- 17.- MATEOS, M.: "Valoración de la adición de cal en mezclas de suelo-asfalto". Revista de Obras Públicas, mayo 1962. Pág. 321-323.
- 18.- MATEOS, M.: "Estabilización de suelos con cloruro cálcico". Revista de Obras Públicas, marzo 1961. Pág. 155-158.
- 19.- MATEOS, M.: Comentarios al artículo "Las presas como complemento de las centrales térmicas". Revista de Obras Públicas, Ca. septiembre 1985.
- 20.- MATEOS, M.: "Composiciones arcillosas de corrimientos de tierras en Guadalajara y Santander". Boletín del Mopu, nº 132, diciembre 1968.
- 21.- LOPEZ DE BERGES, E.: "Las grandes conducciones del Canal de Isabel II, su conservación y explotación". Revista de Obras Públicas, abril 1975.
- 22.- MATEOS, M.: "Las soluciones pequeñas pueden ser grandes soluciones - Alternativas para una época en crisis". Cimbra, nº 223, junio 1985.

NOTA: Lo escrito con este tipo de letra no fué incluido en el original.

EL ACIDO FOSFORICO

Un producto antiguo como nuevo material de construcción de carreteras

Por MANUEL MATEOS VICENTE

Doctor Ingeniero

Iowa State University

Aunque parezca difícil de creer, el ácido fosfórico se está empleando actualmente en la construcción de carreteras para mejorar los suelos existentes, convirtiéndolos en bases o subbases del pavimento. Estos trabajos de campo se están llevando a cabo para complementar ensayos de laboratorio, que demostraron que la adición de pequeñas cantidades de ácido fosfórico mejoraban las resistencias de algunos tipos de suelos arcillosos.

Se ha observado, por medio de la difracción de rayos X, que las mezclas de arcilla y ácido fosfórico reaccionan para formar nuevos productos. Estos productos parecen ser fosfatos de aluminio complejos, que forman una matriz aglutinante que une las partículas del suelo.

El empleo del ácido fosfórico en los suelos es un tópico abierto a la investigación, pues son todavía muchas las incógnitas a resolver antes de poder ser empleado en los suelos con un mínimo de ensayos de laboratorio. Sin embargo, se conoce ya a grandes rasgos su conducta como agente estabilizador de suelos. Se sabe que reacciona únicamente con la fracción arcillosa de los suelos; que las arcillas cloritas responden mejor al tratamiento que las arcillas montmorillonitas, illitas, caolinitas o vermiculitas; y que los suelos deben ser ácidos o contener un mínimo de carbonatos.

Una ventaja en el uso del ácido fosfórico es que se requieren pocas cantidades de este producto. Parece ser que la mayoría de los suelos que por su carácter justifiquen el tratamiento con el ácido, no requieren más que del 1 al 2 por 100 de ácido fosfórico, basado en el peso seco del suelo, para que el suelo adquiriera la resistencia adecuada para ser utilizado como base o subbase.

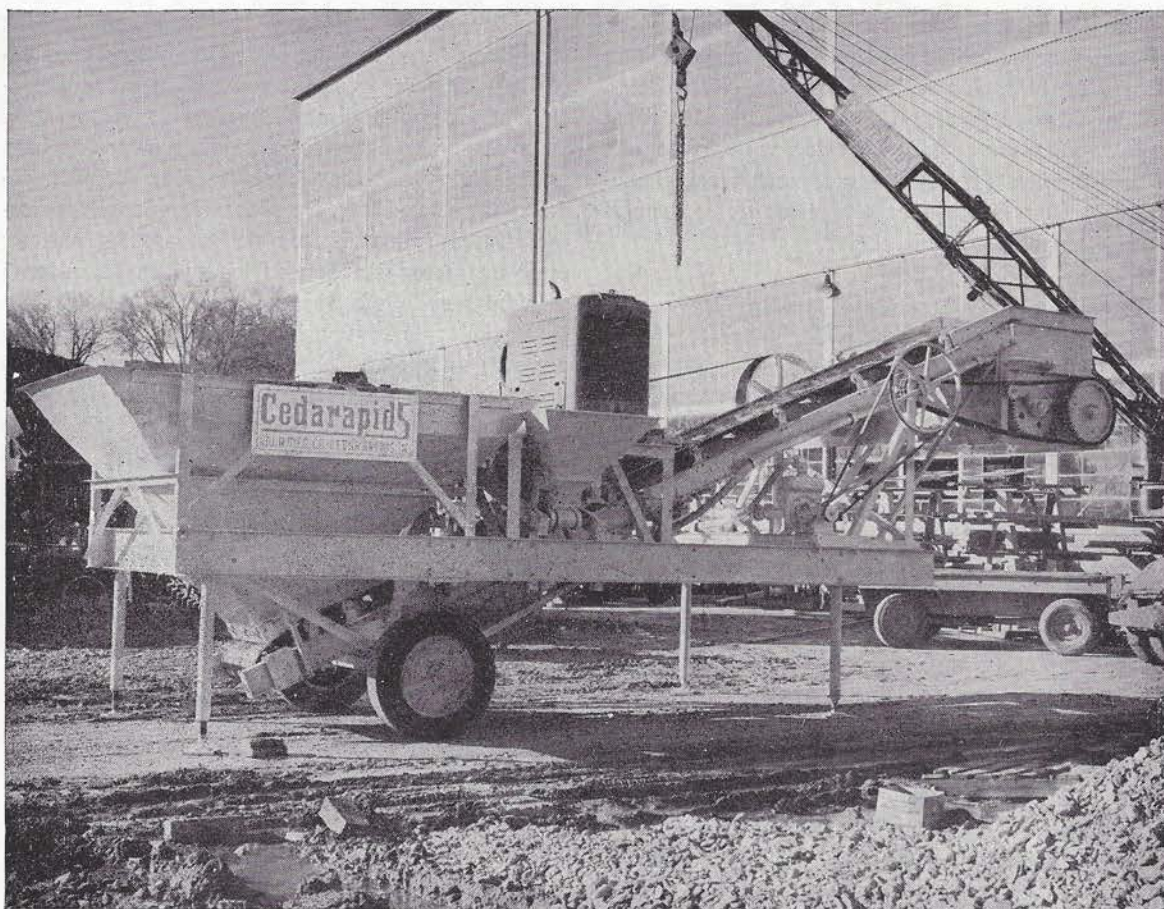
Se han observado resistencias a la comprensión de 4 a 24 Kg/cm² después de siete días de curado más un día de inmersión en agua. La plasticidad de algunos suelos se mejora también mediante la adición de ácido; el índice de plasticidad se ha llegado a reducir a la mitad con un tratamiento de 2 por 100 de ácido.

El ácido fosfórico es, pues, un producto que se puede emplear para estabilizar ciertos tipos de suelos que, debido a sus características, son difíciles de estabilizar con otros agentes.

PUBLICIDAD EN ESTA REVISTA



Avenida de las Islas Filipinas, 26
M A D R I D - 3
Teléfono 234 96 31



Planta estacionaria para preparar suelo estabilizado; con dos tolvas, una para suelo y otra para aditivo, y mezcladora al final de la cinta.

La estabilización de suelos en el Plan General de Carreteras

Por **MANUEL MATEOS**

*Doctor en Ingeniería Civil - Ingeniero Civil Profesional
Consultor en Estabilización de Suelos*

INTRODUCCION

Con la iniciación en España del vasto programa de adaptación del sistema de carreteras a las necesidades presentes y futuras, será necesario introducir nuevas técnicas y procesos que puedan significar una economía con respecto a los usados tradi-

cionalmente. Algunas de las técnicas que se están introduciendo o se introducirán son: inventario del volumen de tráfico y sus variaciones geográficas, horarias, diarias y de temporada; uso de la aerofotogrametría y aerofoto-interpretación; computación electrónica de problemas estructurales, de tráfico, etcétera; control de la calidad del hormigón por

TECNICA GENERAL

toma de muestras para conocer su resistencia y, en general, reorganización del sistema de inspección de obras; estabilización de suelos para la construcción de cimientos en pavimentos de alta calidad o como capa de rodadura en carreteras de poco tránsito, etc.

Se presentan a continuación algunas consideraciones sobre una de las nuevas técnicas arriba expuestas: la estabilización de suelos.

DEFINICION

La estabilización de suelos consiste en mejorar las características de un suelo como material de construcción mediante tratamientos físicos o químicos. En un sentido extenso incluye la compactación, consolidación, adiciones de grava, arena y/o arcilla, adición de productos químicos, tratamientos eléctricos y térmicos, drenaje, conservación del suelo y control de la erosión, etc. En un sentido más res-

tringido incluye solamente el tratamiento de los suelos con aditivos orgánicos o inorgánicos, considerándose la compactación, consolidación, conservación, etc., como técnicas diferentes.

La ciencia de la estabilización de suelos se basa en principios de otras ciencias: física, química, pedología, geología, etc. Es necesario conocer las características mineralógicas de las arcillas por ser éstas un material activo en los suelos. La química coloidal nos da a conocer parte de la actividad de las arcillas y de la materia orgánica presente en gran parte de los suelos. Debido a la naturaleza cristalina de parte de los componentes de suelo y a que en varios de los procesos de estabilización de suelos se forman cristales o microcristales, es necesario conocer la cristalografía. Un conocimiento de los suelos desde el punto de vista agronómico, su génesis, morfología y clasificación, puede establecer las limitaciones de su estabilización o ayudar a seleccionar el agente estabilizador apropiado. La física o físico-



Vista de una mezcladora de tránsito tipo "pulvinizer".

TECNICA GENERAL

química nos dan a conocer las leyes que gobiernan la formación de lentejones de hielo, difusión de la humedad y temperatura, tensión superficial de los componentes del suelo y, en general, nos presentan el suelo como un sistema activo de compuestos sólidos, líquidos y gaseosos. La química, orgánica e inorgánica, nos indica las posibles reacciones de los agentes estabilizadores activos. Varios de los métodos usados en la estabilización son comunes con la técnica cerámica. El conocimiento de los procesos de desintegración de las rocas o de su formación puede ayudar a mejorar la técnica de la estabilización de suelos. Por último, los ensayos, construcción y evaluación del suelo estabilizado como un material de construcción, necesita los conocimientos y experiencias del ingeniero civil.

ANTECEDENTES

Existen muchos antecedentes históricos de prácticas en la construcción de carreteras que se pueden considerar como ejemplos de estabilización de suelos. Los mayas incorporaron piedras al suelo existente para obtener una capa estable (1)*. Los romanos emplearon cal en los cimientos de sus carreteras y usaron la compactación (2). El uso de la cal en los suelos data, en China, de hace más de cinco mil años (3). Es fácil ahora imaginar al hombre prehistórico esparcir arena o colocar unas piedras sobre un terreno convertido en barro después de una lluvia. En definitiva, podemos considerar que la práctica de la estabilización de suelos es casi tan vieja como la Humanidad.

En España tenemos ejemplos curiosos de la estabilización de suelos, como es el mezclar paja trillada con la tierra de adobes, práctica realizada en Castilla al menos. La paja, que aumenta considerablemente la resistencia de los adobes a los agentes destructivos, se puede considerar como un tratamiento estabilizador del suelo.

La moderna ciencia de la estabilización de suelos nació a principios de este siglo, pero no ha sido sino a partir del año 1935, aproximadamente, cuando ha recibido ímpetu. Hoy se conocen los fundamentos y existen varios agentes estabilizadores cuyo com-

portamiento en el campo ha sido valorado; existiendo miles de kilómetros de carreteras en las cuales parte del pavimento está construido con suelo estabilizado.

Durante la última guerra se llevaron a cabo investigaciones en distintos laboratorios privados, militares y educacionales en busca del producto mágico que pudiera estabilizar pronta y adecuadamente cualquier clase de suelo para cumplir con requisitos militares. Se hallaron algunos productos que responden adecuadamente con ciertos tipos de suelos y la investigación continúa aún. Ahora se están buscando y valorando productos baratos principalmente, en esta lucha, característica de nuestros tiempos, por producir mejor y/o más económicamente. Varios países están llevando a cabo investigaciones sobre estabilización de suelos, siendo Estados Unidos el que está a la cabeza, realizando más de un 90 por 100 de la investigación actual.

En España, de acuerdo con la literatura publicada que ha llegado a manos del autor, no se ha realizado más que un trabajo en estabilización de suelos para pavimentos (4).

LA ESTABILIZACION DE SUELOS EN EL NUEVO PROGRAMA DE CARRETERAS

Como se ha indicado más arriba, la técnica de la estabilización de suelos ha de ser desarrollada en España. Como toda técnica nueva, encontrará quizá una posible frialdad por parte del personal técnico, cuya formación profesional no incluyó la gran variedad de ciencias que forman la base de esta nueva técnica. Es muy importante que el personal técnico que proyecte los primeros pavimentos de tierra estabilizada esté ampliamente versado en los principios de la ciencia del suelo y que se consideren debidamente las cargas a que el pavimento ha de estar sometido, así como las condiciones ecológicas y climáticas a que ha de estar expuesto. De otra manera, se puede llegar a sufrir un fracaso inicial, lo que retrasaría la introducción de estas técnicas, con la consiguiente pérdida económica para la nación.

El diseño de pavimentos de suelo estabilizado se hace sobre bases competitivas económicamente, y la decisión de seleccionar un pavimento estabilizado se basa en la obtención de la misma calidad a un

(*) Los números entre paréntesis se refieren a la lista de referencias dada al final de este artículo.

precio más reducido que otra clase de pavimento construido usando las técnicas tradicionales.

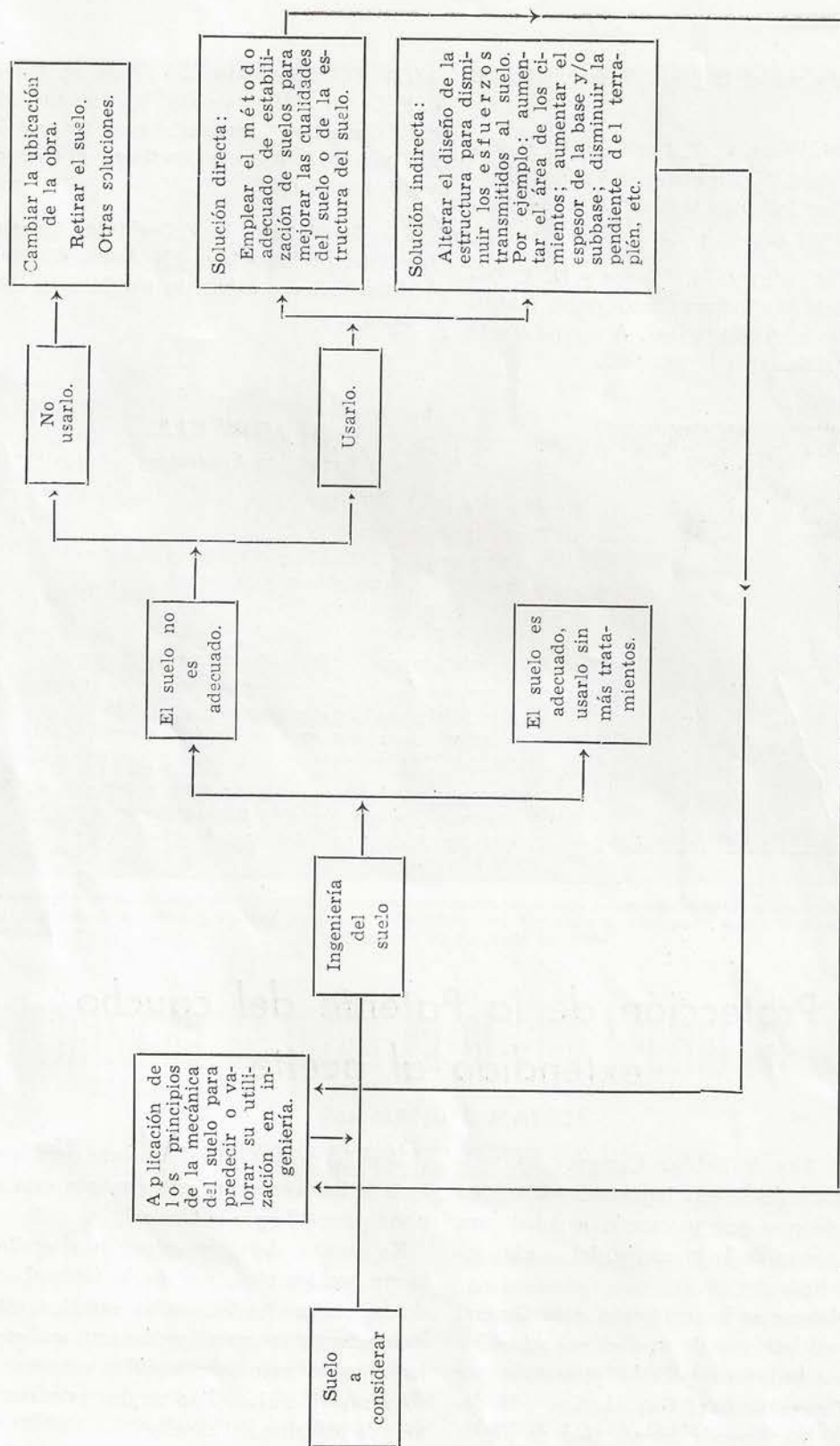
Hay un gran número de publicaciones sobre esta materia. Limitándonos al trabajo del autor, parte de él ha sido publicado en las referencias (5 a 23) de la bibliografía adjunta. El autor cooperaría de buen grado en la introducción de estas técnicas en España.

REFERENCIAS

- (1) V. W. Von Hagen. "World of the Maya". The New American Library, New York. 1960.
- (2) American Association of State Highway Officials. "Public Roads of the Past". Wáshington 4, D. C. 1952.
- (3) C. McDowell. "Stabilization of Soils with Lime, Lime-Flyash, and Other Lime Reactive Materials". Highway Research Board Bulletin 231:60-66. 1959.
- (4) C. Carril Carvajal. "La pavimentación con tierra-cemento de los accesos al nuevo campo del Club de Fútbol Barcelona". Revista de Obras Públicas. Junio, 1958.
- (5) M. Mateos. "Estabilización de suelos con cloruro cálcico". Revista de Obras Públicas. Marzo, 1961.
- (6) M. Mateos y D. T. Davidson: "Estabilización de suelos de Alaska con aditivos inorgánicos". Sometido a la Revista de Obras Públicas.
- (7) M. Mateos y C. de Sousa. "Valoración de la Adición de Cal en Mezclas de Suelo-Asfalto". Sometido a la Revista de Obras Públicas.
- (8) M. Mateos. "Efectos del Acido Fosfórico en la Estabilidad de los Suelos Arcillosos". Caminos y Construcción Pesada. Febrero 1962.
- (9) M. Mateos. "Effect of Trace Chemicals on Strength of Ottawa Sand-Lime-Fly Ash Mixtures". Tesis para el "Master of Science". Biblioteca, Iowa State University, Ames, Iowa. 1958.
- (10) M. Mateos. "Physical and Mineralogical Factors in Stabilization of Iowa Soils with Lime and Fly Ash". Tesis doctoral. Biblioteca, Iowa State University, Ames, Iowa. 1961.
- (11) D. T. Davidson, M. Mateos y R. K. Katti. "Activation of the Lime-Fly Ash Reaction by Trace Chemicals". Highway Research Board Bulletin No. 231; publicación No. 693 de la National Academy of Sciences-National Research Council. 1959.
- (12) D. T. Davidson, M. Mateos y H. F. Barnes. "Improvement of Lime Stabilization of Montmorillonitic Clay Soils with Chemical Additives". Highway Research Board Bulletin No. 262 publicación No. 771 de la National Academy of Sciences-National Research Council. 1960.
- (13) D. T. Davidson y M. Mateos. "Evaluation of Gypsum as a Soil Stabilizing Agent". Iowa Engineering Experiment Station Bulletin No. 193. 1961.
- (14) M. Mateos y D. T. Davidson. "Further Evaluation of Promising Chemical Additives for Accelerating the Hardening of Soil-Lime-Fly Ash Mixtures". Highway Research Board Bulletin 304; publicación No. 932 de la National Academy of Sciences-National Research Council.
- (15) M. Mateos y D. T. Davidson. "Steam Hardening of Lime, Lime-Fly Ash and Cement Treated Soils". A ser publicado por la Iowa Academy of Science.
- (16) R. D. Vincent, M. Mateos y D. T. Davidson. "Variation in Pozzolanic Behavior of Fly Ashes". Proceeding, American Society for Testing and Materials, Vol. 61:1094-1118. 1961.
- (17) M. Mateos y D. T. Davidson. "Effect of Addition of Montmorillonite and Kaolinite Clay to Ottawa Sand-Lime-Fly Ash Mixtures". Informe, Engineering Experiment Station, Iowa State University, Ames, Iowa. Agosto 1961.
- (18) M. Mateos y D. T. Davidson. "Effect of Chemical Additives on Strength of Sand-Lime-Fly Ash Mixtures Cured at Low Temperatures". Informe, Engineering Experiment Station, Iowa State University, Ames, Iowa. Agosto 1961.
- (19) M. Mateos y D. T. Davidson. "Lime and Fly Ash Proportions in Soil, Lime and Fly Ash Mixtures and Some Aspects of Soil Lime Stabilization".

BREVE EXPOSICION DE ALGUNOS AGENTES ESTABILIZADORES

Clasificación	Agente	Efectos en los suelos
Inorgánicos ...	Inertes Grava y arena. Arcilla.	{ Aumentan la fricción. Aumenta la cohesión.
	Activos Cemento. Cal. Cal-cenizas volantes. Cloruro cálcico. Cloruro sódico.	{ Aumenta la resistencia; disminuye la plasticidad, etc. Aumenta la resistencia; disminuye la plasticidad, etc. Aumentan la resistencia; disminuyen la plasticidad; etc. Mantiene la humedad; aumenta la densidad. Mantiene la humedad; aumenta la densidad.
Orgánicos	Betunes. Lejías negras. Resinas. Comp. amónicos cuatern.	{ Aumentan la resistencia; impermeabilizantes, etc. Mantienen la humedad; aumentan la densidad al compactar, etc. Impermeabilizantes, etc. Impermeabilizantes, etc.
Especiales	{ Aplicaciones eléctricas. Aplicaciones térmicas. Membranas.	{ Drenajes; endurecimiento por cementación. Endurecimiento por helada; endurecimiento por "cocción". Mantienen la humedad estable.



RELACION ENTRE LA MECANICA DEL SUELO, INGENIERIA DEL SUELO Y ESTABILIZACION DE SUELOS

TECNICA GENERAL

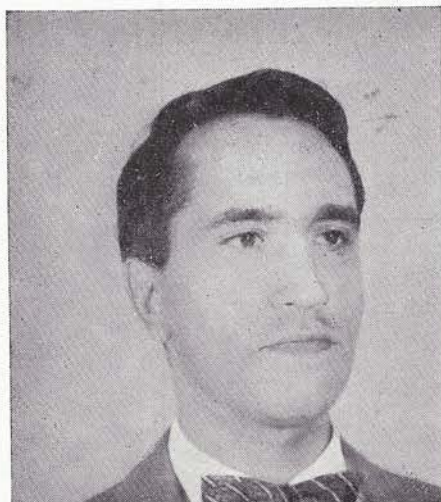
A ser publicado por el Highway Research Board. 1962.

(20) J. H.-W. Wang, D. T. Davidson, E. A. Rosauer y M. Mateos. "Comparison of Various Commercial Limes for Soil Stabilization". A ser publicado por el Highway Research Board. 1962.

(21) C. A. O'Flaherty, M. Mateos y D. T. Davidson. "Fly Ash and Sodium Carbonate as Additives to Soil-Cement Stabilization". A ser publicado por el Highway Research Board. 1962.

(22) D. T. Davidson, G. L. Pitre, M. Mateos and K. P. George. "Moisture-Density, Moisture-Strength and Compaction Characteristics of Cement-Treated Soil Mixtures". A ser publicado por el Highway Research Board. 1962.

(23) M. Mateos y D. T. Davidson. "Cementitious Properties of Some Iowa Fly Ashes Without Lime Additive". A ser publicado por la Iowa Academy of Science.



BIOGRAFIA

Hizo estudios en la Escuela de Ayudantes de Obras Públicas.
Ganó una beca ofrecida por este país y después otras becas aquí.
Tiene los títulos de:

Ingeniero Civil (Caminos, Canales y Puertos).
Ingeniero especialista en carreteras.
Master en Ingeniería Civil.
Doctor en Ingeniería Civil.

Ha presentado ponencias en diversas organizaciones:

American Society for Testing and Materials, Highway Research Board (el pasado enero presentó ante el Board cuatro ponencias; sólo hubo dos con más de tres ponencias entre un total de unas 300 ponencias).

Pertenece a la American Society of Civil Engineers, American Concrete Institute, Sociedad Honoraria Sigma Xi, American Society for Testing and Materials, etc.

Protección de la Patente del caucho extendido al aceite

La General Tire & Rubber Company ha recibido una notificación de otra importante victoria en su campaña de conseguir protección mundial para sus patentes acerca de la invención del caucho extendido al aceite.

Desde Inglaterra se ha notificado a la General que el Tribunal británico de Apelaciones sobre Patentes ha desechado una petición presentada por la Polymer Corporation del Canadá. Con esta decisión se confirma, después de seis años de pleito,

el derecho de la General a cobrar derechos de patente a fabricantes quienes emplean esta clase de goma patentada por la General.

En esencia, el caucho extendido al aceite, descubierto por los científicos de la General, comprende la utilización de caucho sintético extremadamente fuerte en combinación con aceites especiales, creando un caucho sintético enteramente nuevo y superior, el cual se emplea extensamente por toda la industria del caucho.

ASFALTO EN ESPUMA

Por MANUEL MATEOS VICENTE

Doctor Ingeniero
Iowa State University

Las propiedades aglutinantes del asfalto se utilizan extensamente en la construcción de caminos. Es conocido que para obtener una mezcla asfáltica estable y duradera es necesario cuidar muchos detalles y factores. En lo que se refiere al proceso de mezclado, el asfalto debe calentarse a una temperatura determinada, así como los agregados; los agregados deben presentar una granulometría dentro de ciertos límites y estar desprovistos de humedad; y más aún, solamente ciertos tipos de piedra proporcionan buenos agregados.

Para obtener una buena mezcla cuando alguna de las condiciones requeridas no se cumplían o no se podían cumplir, se introdujeron hace años los asfaltos diluidos («cutbacks» y «road oils») y las emulsiones. Aunque los asfaltos diluidos y las emulsiones facilitan el mezclado, estos materiales introducen otro problema en el curado. Los solventes de los asfaltos diluidos y el agua de las emulsiones no tienen propiedades aglutinantes y hay que tratar de eliminarlos del pavimento para cuando éste es puesto en servicio si se quiere obtener una mezcla asfáltica estable. Los solventes de los asfaltos diluidos y el agua de las emulsiones son, pues, materiales inertes e indeseables en un pavimento; sin embargo, los solventes, generalmente gasolina y keroseno, son productos caros. Los asfaltos diluidos y las emulsiones son a veces transportados largas distancias, lo que encarece también el precio de las mezclas asfálticas, pues se paga el transporte de solventes o agua de emulsión.

Un método de mezclado desarrollado recientemente en la «Iowa State University» por Csany, elimina la necesidad de usar asfaltos diluidos y emul-

siones para obtener una buena mezcla entre el asfalto y los agregados. El método de Csany, expuesto en las referencias dadas al final, usa asfalto en espuma. El asfalto se convierte en espuma mediante la inyección de vapor de agua a alta presión en el chorro de asfalto. El asfalto así tratado aumenta de volumen, reduciéndose su viscosidad y produciendo un asfalto mucho más blando que normalmente a temperaturas más bajas que las usuales para el empleo del asfalto. La tensión superficial del asfalto en espuma se modifica haciéndole mucho más pegajoso. Las modificaciones indicadas permiten la mezcla del asfalto con agregados fríos y aun húmedos, pudiéndose también usar con mayor cantidad de finos que normalmente y aun con suelos de poca plasticidad para construir bases para pavimentos.

Referencias:

- (1) L. G. Csany: «Foamed Asphalt in Bituminous Paving Mixtures» (Asfalto en Espuma para Pavimentos Bituminosos); *Boletín* 160, «Highway Research Board, National Research Council»; Washington, D. C.; 1957.
- (2) R. M. Nady y L. H. Csany: «Use of Foamed Asphalt in Soil Stabilization» (El Uso del Asfalto en Espuma en la Estabilización de Suelos); *Proceedings* Vol. 37, páginas 452-457, «Highway Research Board, National Research Council»; Washington, D. C.; 1958.
- (3) L. H. Csany: «Bituminous Mixes Prepared with Foamed Asphalt» (Mezclas Bituminosas Preparadas con Asfalto en Espuma); *Boletín* 189, «Iowa Engineering Experiment Station, Iowa State University»; Ames, Iowa; 1960.
- (4) L. H. Csany: «Foamed Asphalt for Economical Road Construction» (Asfalto en Espuma para la Construcción Económica de Caminos); *Civil Engineering*, Vol. 32, núm. 6, página 66-68; junio 1962.

LEGISLACION ANTIGUA

Real Orden de 6 de agosto de 1861

Las carreteras de primer orden han de tener la latitud de ocho metros; las de segundo, siete, y las de tercero, seis metros.

Real Decreto de 6 de septiembre de 1864

Se aprueba el plan general de carreteras del Estado.

Real Orden de 19 de enero de 1867

Se aprueba el reglamento para la organización y servicios de los peones camineros.

Real Orden de 28 de agosto de 1868

En los expedientes de conservación de carreteras, los remates se aprueban por los gobernadores, siendo reclamables ante la Dirección.

LA RESINA ANILINA-FURFURAL

en la estabilización de suelos

Por MANUEL MATEOS VICENTE
Doctor Ingeniero
Iowa State University

Las resinas poseen cualidades que pueden mejorar algunas de las características de los suelos y hacerlos más aptos para su uso en la construcción de pavimentos para caminos. Una de las primeras resinas que se investigaron en la estabilización de suelos fue la formada cuando se mezclan anilina y furfural. La anilina es un producto no resinoso de fórmula $C_6H_5NH_2$ y el furfural es también otro producto no resinoso de fórmula C_4H_3OCHO . Cuando se mezclan estos dos productos polimerizan para formar una resina dura y estable. Esta resina es la que se usa para mejorar los suelos.

En la Universidad de Iowa y en otras instituciones se han realizado estudios para evaluar el uso de anilina-furfural en los suelos, incluyendo en estos estudios una variedad de suelos, diferentes cantidades y proporciones de anilina y furfural, distintos métodos de curado de las probetas de ensayo, etc.

Estos estudios indicaron que la proporción óptima es aproximadamente de dos partes de anilina por cada parte de furfural. La cantidad de anilina más furfural a usar depende de cada suelo y de las resistencias que se deseen obtener. La polimerización se realiza con más rapidez en un ambiente seco que en un ambiente húmedo, teniendo también lugar bajo inmersión.

La resina anilina-furfural se puede usar con suelos arcillosos, limosos y arenosos. En suelos limo-arcillosos se obtienen mayores resistencias cuando el suelo contiene aproximadamente un 22 por 100 de arcilla. Se recomienda añadir al suelo primero el agua necesaria para la compactación, después furfural y por último anilina. Esta secuencia produce mayores resistencias que otras. Las resistencias obtenidas con una arcilla limosa están dadas en la tabla adjunta. Para

este suelo, y para otros también ensayados, se observó que la expansión por absorción de agua es mínima para una cantidad de anilina-furfural entre 2 y 3 por 100.

Las posibilidades de usar esta resina dependen de su precio y de su manejo. Anilina es un producto muy tóxico, no recomendándose su ingestión ni respirar sus vapores. Furfural es también tóxico, pero en un grado mucho menor que anilina. Una vez que anilina y furfural han polimerizado desaparece la toxicidad. La producción actual de anilina y furfural no alcanza cifras que pudieran hacer que estos productos se consiguieran a bajo precio. Con los precios actuales, y a pesar de la poca cantidad requerida en la estabilización de suelos, la resina anilina-furfural no puede competir por ahora con otros métodos más económicos.

Resultados obtenidos tratando un suelo limo-arcilloso con distintas cantidades de anilina-furfural en la proporción 2 : 1. Las probetas se moldearon a la humedad óptima, manteniéndose diez días secándose al aire y después se sumergieron en agua por veinticuatro horas (según Ogilvie: Tesis para el Master, Iowa State University, 1956).

Anilina-furfural %	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Expansión durante la inmersión %
0	0	Falló
1	12	1.2
2	17	0.9
3	19	0.7
5	20	1.0
7	23	1.6
11	34	1.6