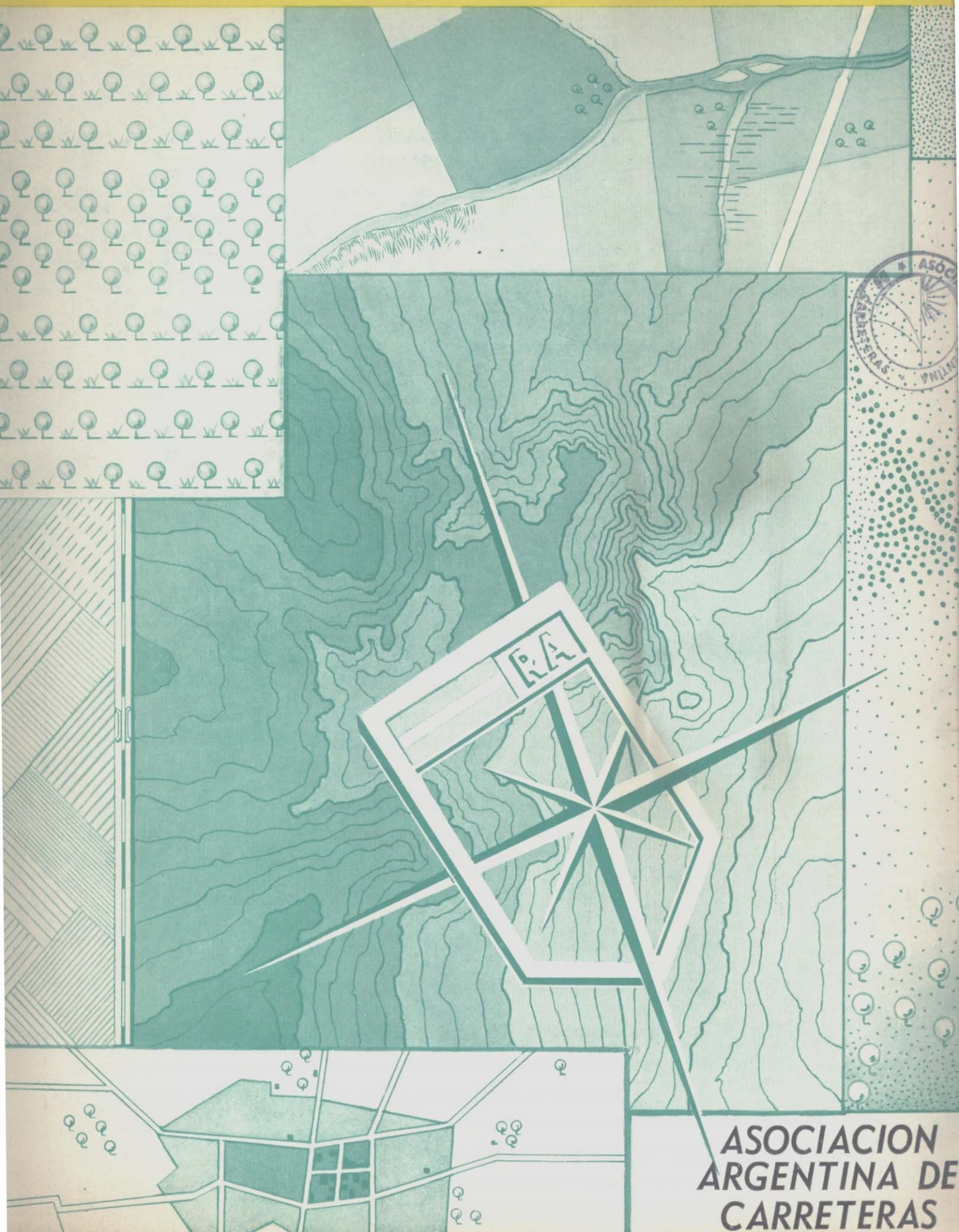


CARRETERAS

AÑO IX - Nº 34

Buenos Aires, enero - marzo de 1964



ASOCIACION
ARGENTINA DE
CARRETERAS



Asociación Argentina de Carreteras

ADHERIDA A LA INTERNATIONAL ROAD FEDERATION



CONSEJO DIRECTIVO

VICEPRESIDENTE 1º	Edgardo Rambelli	(Shell, Compañía Argentina de Petróleo S. A.)
(En ejercicio de la presidencia)		
VICEPRESIDENTE 2º	Lucas G. M. Marengo	(Marengo S. A. I. C. F.)
SECRETARIO	Ezio M. A. Strazzolini	(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
PROSECRETARIO	Adolfo Brané	(B. P. B. Ind. y Com.)
TESORERO	Walther Burgwardt	(Burgwardt y Cia. S. A. I. C. y Agroganadera)
PROTESORERO	Juan F. García Balado	(Instituto del Cemento Portland Argentino)
VOCALES	Néstor C. Alesso	(José M. Aragón S. A.)
	Eduardo Arenas	(Representante de la Categoría "B" - Entidades oficiales)
	Rafael Balcells	(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
	Jorge Baker Longan	(Firestone de la Argentina S. A. I. C.)
	Juan A. Brochiero	(Argentrac S. A.)
	Arturo C. A. Buxton	(Automóvil Club Argentino)
	Raimundo J. Galletti	(Yacimientos Petrolíferos Fiscales)
	Enrique Humet	(Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires)
	Ricardo Pereyra Moine	(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
	Marcos Sastre	(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)

Delegaciones en el Interior

CATAMARCA

(San Martín 57, Catamarca)

Presidente	Pedro R. Puerta	(Emp. Const. Ing. Pedro R. Puerta)
Vicepresidente	Mario Folquer	(Ferreyra y Folquer - Estudios y Construcciones)
Secretario	Rafael Pérez Navarro	(Representante Mercedes Benz Argentina)
Tesorero	Edmundo Gelosi	(Casa Gelli)
Vocales	Augusto Figueroa	(Cámara Argentina de la Construcción)
	Renato Morandini	(Dirección Provincial de Vialidad)
	Andrés Vázquez de Novoa	(Distrito 11 de la Dirección Nacional de Vialidad)
	Esteban Milanesi	(Milanesi Hnos. - Agentes de Ford)

(Continúa en la contratapa interior)



AÑOS: TIEMPO Y...

Para una empresa el correr de los años es tiempo y... "algo más". Ese "algo más" depende de la empresa misma, de lo que ella representa en la esfera en que actúa.

Por eso, si **Viabit S. C. A.** tuviera que ahora, después de 33 años de vida, definir su "algo más", diría que sus años son: **tiempo y progreso basado en calidad.**

Desde 1931 Viabit elabora más y mejores emulsiones asfálticas, acumulando ciencia y expe-

riencia para, al servicio de la construcción vial, servir a su progreso. Hoy, al incorporarse a la empresa los señores

ADOLFO F. VIDELA Y ADRIAN Z. VIDELA

Viabit S. C. A. se encuentra - como siempre - produciendo e investigando; dando hoy un producto superior y buscando la solución al problema de mañana; para ser - ayer, hoy, mañana - especialistas dentro de una especialidad.

EMIL TABOADA Y ASOCIADOS

VIABIT S. C. A.

Grito de Asencio 3759 - 91-1483/8361

Emulsiones asfálticas. Calidad confiable

BUCYRUS ERIE

superioridad en todos los terrenos



Distintamente equipadas y en diferentes tareas específicas, dos grúas Bucyrus Erie 22-B trabajan a las orillas de un río operando bajo difíciles condiciones, desde la costa y sobre un pontón, respectivamente.

Cualquiera sea la naturaleza del terreno en que deban operar, las exigencias de producción, de maniobras y de economía a que sean sometidas, las excavadoras Bucyrus Erie consagran su capacidad, versatilidad y agilidad, realizando los más ambiciosos y difíciles trabajos con inigualados resultados en todas partes del mundo.

FACILMENTE CONVERTIBLES

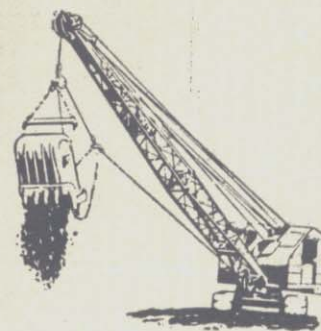
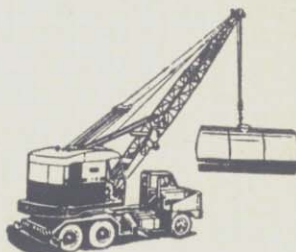
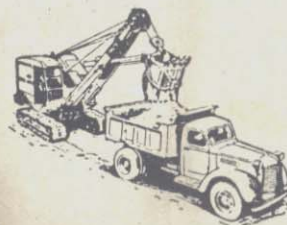
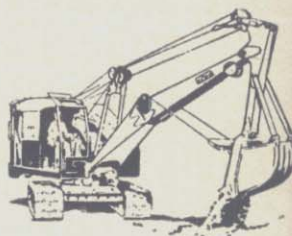
Las máquinas Bucyrus Erie se proveen con varios equipos frontales para distintas operaciones: pala mecánica, draga de arrastre, grúa, almeja, retro-excavadora, etc.

ASEGURAN MAS ELEVADO RENDIMIENTO

Por su calidad mecánica y por su diseño para múltiples tareas, brindan rendimiento continuo con los más altos beneficios.

MAXIMA EFICIENCIA DE CONTROL

La disposición, ductilidad y sencillez del control permiten al operador maniobrar obteniendo máximo aprovechamiento de la potencia y velocidad de la máquina, transmitidas directamente a los puntos de acción.



**DIVISION
COMERCIAL
EQUIPOS
TECNICOS**

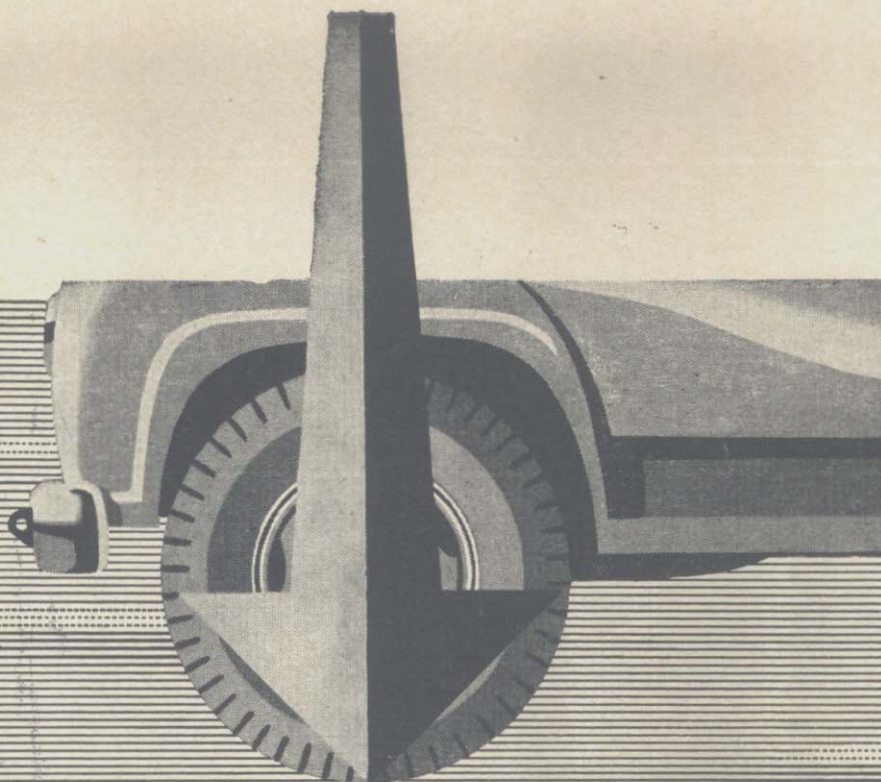
Distribuidores Exclusivos

GENERAL ELECTRIC ARGENTINA
SOCIEDAD ANONIMA

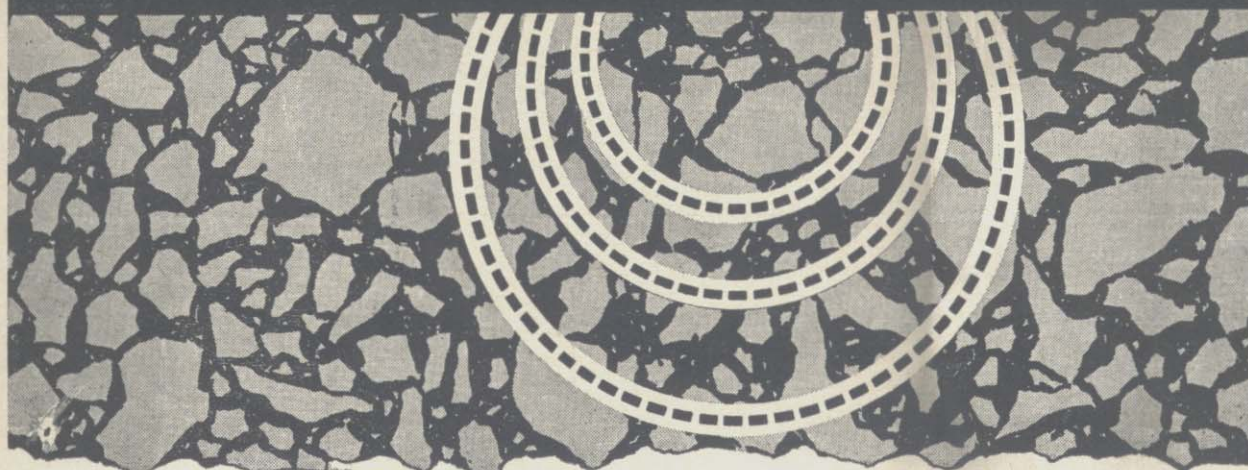
Santo Domingo 3220

Buenos Aires

BAJO
EL
SIGNO
DE



BASES ASFALTICAS = MAYOR CAPACIDAD PORTANTE



**CAMINOS
CON MAYOR
CAPACIDAD
DE CARGA**

Las bases bituminosas son superiores a las convencionales, pues brindan una mejor distribución de las tensiones producidas por las cargas. Esta cualidad permite disminuir su espesor. Además, apenas construidas, ya pueden ser utilizadas para el tránsito de vehículos y equipos. El riesgo de destrucción por heladas se reduce al mínimo. Su resistencia a las condiciones atmosféricas protege a la estructura de la humedad, todo el año. Son fáciles de reparar. La perfección del trabajo terminado brinda mejores condiciones al tránsito.

PRODUCTOS ASFALTICOS SHELL

...y siga seguro con



en su 50 aniversario en la Argentina



Cables de acero

CONDOR

para TOPADORAS, EXCAVADORAS, ZANJADORAS, etc.

Superiores por su resistencia a la tracción, al desgaste y al aplastamiento por impacto en maniobras bruscas.

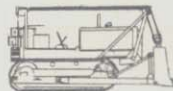
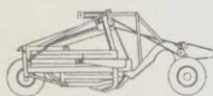
Hay un cable de acero CONDOR, adecuado a todo tipo de maquinaria. Preformados y de alta resistencia. Con alma de acero o textil y en construcciones "COMUN", "SEALE" y "FILLER".

A su requerimiento nuestro departamento técnico podrá asesorarlo.

Establecimientos Metalúrgicos
SANTA ROSA

SOCIEDAD ANONIMA

ALSINA 671 - T. E. 33-4521/29 - B5. AIRES



Buenos Aires, enero-marzo de 1964

ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

Director: Ing. Eduardo Arenas - Secr. de Redacción: Antonio P. Lomónaco - Registro de la Prop. Intelectual Nº 641.111 - Revista trimestral editada por la Asociación Argentina de Carreteras - Adherida a la Asociación de la Prensa Técnica Argentina - Direc., Redac. y Adm.: Paseo Colón 823, piso 7º, Buenos Aires, Argentina - Cables: "Carreteras" - Teléfonos: 30-0889 y conmutador 30-5536 y 34-8076 (Interno 8)



por
más
y
mejores
caminos

SUMARIO

	Pág.
LO FUNDAMENTAL SON LOS CAMINOS Y EL PROGRESO NACIONAL	
Editorial	6
DEJO LA PRESIDENCIA DE LA ASOCIACION EL Sr. LUIS DE CARLI	7
ALGUNOS ASPECTOS DE LA COMPACTACION DE SUELOS POR VIBRACION	
Por el Ingeniero Norberto A. Binda	9
CURVAS DE TRANSICION TOTAL: CALCULO Y REPLANTEO PARA ANGULOS DE 0° 20°	
Por el Ingeniero José M. V. Courreges	16
LA CALIDAD DE LAS ROCAS DE LA PROVINCIA DE Bs. As. A TRAVES DE LOS ENSAYOS FISICO-MECANICOS	
Por el Doctor Agustín Monteverde	25

AVISADORES
EN ESTE NUMERO:

Viabit Compañía de Asfalto Frio, General Electric, Productos Asfálticos Shell, Santa Rosa, AESA, Acindar, Iggam, S.A.I., Instituto del Cemento Portland Argentino, Corporación Cementera Argentina S.A., Laboratorio Disenol S.R.L. Adro-Química S.A.

Lo Fundamental son los Caminos y el Progreso Nacional

El tema de las finanzas viales parece que está destinado a figurar permanentemente en esta página. Hace ya mucho tiempo que no nos es posible referirnos a planes de obras, a aspectos constructivos o a necesidades viales específicas. Parecería que, como van las cosas, los hombres viales argentinos están teniendo que encarpetar sus conocimientos técnicos, sus preocupaciones profesionales y aún sus aspiraciones constructivas para dedicarse a compulsar leyes, tablas de descuentos y planillas de vencimientos.

En esta distorsión de tareas y en este verdadero derroche de esfuerzos, la que realmente sale malparada y perdidosa es la actividad vial cuya finalidad civilizadora y promotora de bienestar aparentemente ha caído en el olvido.

Esta sinrazón, de la que sólo cabe esperar desastradas consecuencias, nace de la sucesiva alteración que fue sufriendo el fundamento legal de las finanzas camineras. Por haberse ya hablado mucho acerca de esto no creemos necesario volver a insistir sobre ese proceso. Sobre lo que ahora habrá que hacer recaer la atención es acerca de la situación actual y de las perspectivas futuras.

Por lo pronto resulta evidente que el panorama actual se presenta neblinoso. Por un lado el Estado deriva hacia otras finalidades que los fondos originaria y lógicamente destinados a obras camineras y, por otro, la crítica situación financiera de los organismos oficiales de vialidad indica claramente la inoportunidad de esa derivación de recursos. Dicho en otras palabras el Estado utiliza parte de los ingresos viales naturales, como si hubiese sobrantes; pero ocurre que esa utilización sume a la importante actividad vial en la crisis y en la inoperancia. En términos populares, esto es desvestir a un santo para cubrir a otro, con el agravante que el santo desvestido es precisamente el que en todos los más progresistas países del mundo es el más alhajado y mejor trajeado. La turbidez de la situación se acentúa todavía más ante los reclamos, aún imperativos y enérgicos, que las provincias formulan al organismo vial nacional, para que se les entregue la participación que por ley le corresponde para sus propias obras camineras. Además es ya un hecho el que las obras en marcha, paulatinamente se van paralizando y que obras ansiosamente esperadas e incluidas en planes aprobados, son diferidas a veces sin término.

En cuanto al futuro, es prácticamente imposible preverlo a la luz de los acontecimientos presentes. En todo caso si algo se ve es oscuridad y malos tiempos para la tarea vial, si es que se continúa con el mismo régimen que en la actualidad rige el proceso financiero de las obras viales.

De allí que consideremos imperativo el establecer un sistema financiero realista y efectivo para asegurar una corriente fluida y permanente de recursos que permita proyectar obras y ejecutarlas con la economía y beneficio que espera la masa contribuyente. Es preciso terminar, de una vez por todas con ciertas discusiones, que ya están convirtiéndose en bizantinas, sobre la procedencia de algunos gravámenes o sobre la equidad de ciertas contribuciones. Lo que es preciso hacer son caminos, para que la República pueda desarrollarse. Lo demás es secundario.



Una vista parcial de los asistentes al acto. A la izquierda, el momento en el cual el Ing. Rambelli hace entrega de una medalla al Sr. De Carli.



marzo/64

Dejó la Presidencia de la Asociación el Sr. Luis De Carli

Después de doce años de labor al frente a la Asociación, a la que contribuyera a fundarla, renunció a la presidencia el Sr. Luis De Carli.

Cuando el Sr. De Carli fue llamado a ejercer el cargo de Secretario de Estado de Obras Públicas de la Nación, que asumió el 13 de diciembre de 1962, los arduos deberes que debía afrontar lo llevaron a presentar la renuncia a la presidencia de la institución. El cuerpo directivo, considerando que sus funciones ministeriales eran por fuerza transitorias, no aceptó esa dimisión y, en cambio, le concedió una licencia por el tiempo

que fuese necesario hasta que quedara liberado de esa responsabilidad gubernamental.

El 12 de octubre de 1963, al asumir el gobierno las nuevas autoridades, el Sr. De Carli pudo reintegrarse a sus actividades privadas. En esas circunstancias el Consejo Directivo lo agasajó con una comida, oportunidad en la cual el Ing. Edgardo Rambelli, que venía desempeñando la presidencia de la institución en su carácter de vicepresidente 1º, lo instó, en nombre del consejo, a reasumir la presidencia.

Poco tiempo después el Sr. De Carli

expresó que lamentablemente se encontraba en la necesidad de presentar la renuncia a la presidencia de la asociación por cuanto comprendía que ya no le sería factible dedicar, a la entidad, el esfuerzo y el tiempo que ella reclamaba.

Se sucedieron entonces activas gestiones para lograr que el presidente renunciante reconsiderara su actitud. Por último, ante su insistencia, el Consejo Directivo se vio obligado a aceptar esa dimisión. Al hacerlo y para dar expresión concreta al agradecimiento de la institución por los eminentes servicios prestados por el Sr.



El Sr. Luis De Carli hace uso de la palabra para agradecer el homenaje. De izquierda a derecha: Ing. César M. Polledo, presidente de la Cámara Argentina de la Construcción; Ing. Edgardo Rambelli, vicepresidente 1º en ejercicio de la presidencia de la Asociación; Sr. Luis De Carli; Dr. Marcos Sastre, miembro del Consejo Directivo, e Ing. Aquiles Ortale, presidente de la Delegación Provincia de Buenos Aires.

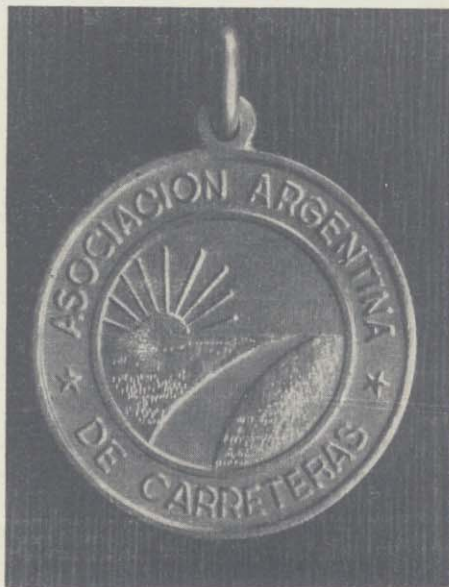
De Carli, el consejo resolvió hacer acuñar una medalla de oro que testimoniará ese cálido sentimiento y que, al entregarla a quien ocupó la primera presidencia de la entidad, representase también, por la calidad de su metal, el substancioso fruto y predicamento alcanzado por la institución durante el período en que fue regida por el Sr. De Carli.

El día 6 de abril —estando ya en prensa este número de "Carreteras"— se llevó a cabo un acto, al que asistieron los miembros del consejo y otros invitados, con el propósito de entregar al Sr. De Carli la medalla acuñada en su honor.

En nombre de la institución, hizo entrega de la medalla al Sr. De Carli, el Ing. Edgardo Rambelli, quien destacó las virtudes del homenajeado y su actividad rectora en el campo vial argentino. Expresó que a la par que esa medalla testimonia la gratitud de la Asociación, confiaba que también sirviera de recordatorio para que el Sr. De Carli continúe aportando su cooperación a la entidad.

A continuación, el Sr. Luis De Carli agradeció los conceptos del Sr. Rambelli y el obsequio que recibía, refiriéndose, más adelante, a la difícil y dura tarea que tiene por delante la Asociación Argentina de Carreteras para continuar con su obra de

promoción de los caminos argentinos, frente a las complejas condiciones en que en la actualidad se desenvuelve la actividad vial y a los problemas que aquejan a las finanzas del país. Aseguró por último que era innecesario un recordatorio para que siguiese prestando su cooperación a la asociación, por cuanto tenía el firme propósito de proseguir apo-



El Ing. Polledo habla en nombre de la Cámara Argentina de la Construcción.

de homenaje al Sr. De Carli llenaba también de satisfacción a la Cámara de la Construcción, en cuyo nombre y representación había actuado el Sr. De Carli en la Asociación Argentina de Carreteras.

Posteriormente fue servida una copa de champagne a los asistentes, desarrollándose luego una cordial tertulia.



Anverso y reverso de la medalla que la Asociación Argentina de Carreteras mandó acuñar en honor de su primer presidente.

FE DE ERRATAS

Correspondiente a la publicación del trabajo **"Algunos aspectos de la compactación de suelos por vibración"**, aparecido en la revista "Carreteras" N° 34 (Págs. 9 a 13).

Al procederse a la impresión de este trabajo se han deslizado los siguientes errores:

- Título: donde dice "suelos de vibración", debe decir: **"suelos por vibración"**.
- En el cuadro del pie de la tercera columna de la página 10, donde dice: **"Tamaño de las partículas diámetro en mm"**, debe decir: **"E oo"** y vice-versa.
- El texto completo del primer párrafo de la página 12, 6º renglón debe decir: **"al tiempo que manteniendo constante la amplitud el índice crece al disminuir la frecuencia. Las curvas muestran también que a un mismo valor del índice de vacíos corresponden"**... etc., etc.

Algunos Aspectos de la Compactación de Suelos de Vibración

Por el Ing. NORBERTO A. BINDA

"La vida es corta y el conocimiento sin límites. Nadie tiene tiempo para saberlo todo, y en la práctica nos vemos obligados a escoger entre una exposición demasiado corta o renunciar a ese saber. El resumen es un mal necesario, y el que lo afronta debe hacer lo mejor posible una labor que aunque intrínsecamente mala, vale más que renunciar a ella. Es preciso que sepa simplificar sin llegar a deformar. Es necesario que aprenda a dirigir su atención hacia los elementos esenciales de una situación pero sin abandonar demasiado los flancos que matizan la realidad. De este modo llegará quizá a conservar, no toda la verdad (porque esto es incompatible con la brevedad en casi todas las cuestiones importantes), pero considerablemente más que las peligrosas aproximaciones, que han sido siempre moneda corriente en el pensamiento".

Aldous Huxley (citado por Rafael Gamba en su *Historia de la Filosofía*).



Compactadora vibratoria manual, trabajando en una variante de camino, en Alemania Occidental. Este tipo de compactadora, permitiría abreviar las tareas de reparación de zanjos para conducciones, que tanto afectan las aceras y calles de nuestras ciudades. (Foto del autor).

1 — Hacia una tecnología en la compactación de suelos por vibración

En época reciente se incorpora a los métodos clásicos de compactación de suelos, una nueva técnica, consistente en esencia, en la aplicación a tipos diversos de rodillos y aplanadoras estáticas convencionales, de un mecanismo capaz de engendrar oscilaciones forzadas que se manifiestan como vibraciones en su plano vertical.

La aparición de estas máquinas en nuestras obras viales planteó diversos interrogantes que pusieron de manifiesto la falta de antecedentes y experiencia, propios de una tecnología en desarrollo. Así la relación de causa y efecto entre las variables de operación de los equipos, no siempre todas bien conocidas, y las características físicas del suelo, las propiedades del sistema suelo-vibrador incluyendo sus fenómenos de propagación y resonancia; los efectos dinámicos, evaluados inicialmente por una equivalencia estática, vinculados a la amplitud, frecuencia, etc., de la vibración, no eran más que divisiones del problema en sus aspectos determinantes, para los cuales resultaba difícil tentar una interpretación. El tiempo de acción y la reiteración del efecto vibrante, determinados por la velocidad de avance del equipo y por el número de pasadas, para diversos valores dinámicos, fueron motivo de los primeros ensayos que realizáramos en la Ruta Nacional N° 5, con las primeras compactadoras vibrantes llegadas a nuestro país, a los que nos referiremos más adelante. Los resultados obtenidos, si bien carentes de suficiente rigorismo científico, permitieron formular las primeras tentativas de una posible metodología de trabajo, basada, repetimos, en deducciones puramente empíricas.

Ahora bien, la aplicación de este tipo de compactadoras empleadas por los ejér-

citos de la OTAN en construcciones del norte de Europa, es en cierto modo consecuencia de haber extendido, al campo de la compactación superficial de suelos, el empleo que, de las oscilaciones, venía efectuándose en las tareas de fundación y pilotaje. Siguiendo las investigaciones y experiencias acumuladas en ese campo anterior de aplicación, puede hacerse luz sobre algunos de los aspectos mencionados, deslindando e interpretando los factores en juego, despejando el camino hacia una tecnología menos empírica que la que por el momento pareciera reglar su uso, por lo menos en nuestro medio.

2 — Algunos antecedentes

Ya en la década del 30, se empleaban en Alemania y Rusia, máquinas vibradoras para fundaciones, técnica que fuera descrita por BARKAN hace más de 25 años¹.

Procesos similares aplicados a las operaciones de pilotaje fueron intensamente experimentados por ingenieros rusos, paralelamente al desarrollo de las grandes construcciones hidroeléctricas. Vibradores de este origen fueron diseñados para solucionar los problemas de fundación del puente sobre el río YANGTZE en Hankow, China, en 1955. Detalles de estos procesos pueden encontrarse en trabajos del citado investigador² y otras publicaciones técnicas^{3, 4}. De ellas surge que la incorporación de vibraciones aumentó la eficacia en las tareas de pilotaje y perforación en forma notable. Al mismo tiempo, el Profesor BARKAN había señalado las posibilidades de orden práctico que podrían surgir de la aplicación del método vibratorio a otras operaciones de construcción, especialmente en la excavación de suelos. Las investigaciones de KONDRER⁵ y SHKURENKO⁶ demostraron la posibilidad de disminuir con-

siderablemente la resistencia al corte de los suelos, hasta en un 50 %, aplicando vibraciones en las herramientas, abriendo la posibilidad de aplicación a elementos tales como cuchillas de palas de arrastre, excavadoras, etc., moviéndose a través del suelo.

Los estudios realizados por KONDNER y AYRE⁷ y de aquel científico con EDWARDS⁸, de la Universidad de Johns Hopkins, sobre corte y penetración de suelos bajo cargas vibrantes, demuestran la variación del área de corte resultante de considerar la superficie limitada por la curva de penetración en los primeros 10 segundos (curva de penetración-tiempo, ver fig. 1) en función de la frecuencia y para punzones de distintos tipos de puntas equipar-

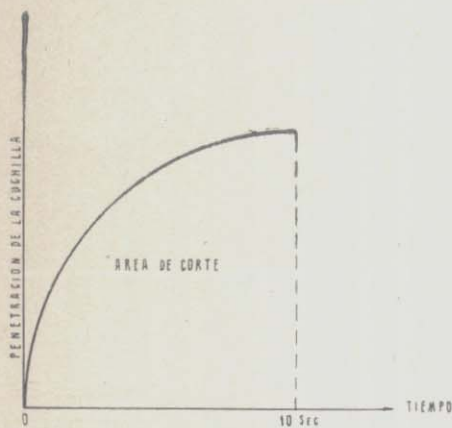


Fig. 1: Curva típica tiempo-penetración.

bles a pilotes (ver fig. 2) y cuchillas planas y circulares. La familia de curvas resultantes (ver fig. 3) del ensayo efectuado en un suelo artificial (Plasticene) compuesto de partículas finas de arcilla mineral y aceite, acusan la presencia de una aparente condición de resonancia, que aparece a la frecuencia de 1.500 ciclos por minuto, cuyo origen aún continúa investigándose y que hace pasar a segundo plano otros detalles tales como la sección de punta de los punzones y cuchillas. El ensayo similar, empleando una cuchilla plana, efectuado con un suelo de tipo arcilloso, mostró similitud con los realizados con Plasticene (ver figura 4). En el informe de Kondner y Edwards, publicación ya citada, se menciona que en adición a los propósitos básicos que guían la investigación (relacionar las variables físicas que influyen los procesos de penetración y corte de suelos bajo la acción combinada de cargas estáticas y vibrantes) los resultados pueden tener importancia práctica, entre otros: "para la compactación dinámica de ambos tipos de suelos, cohesivos y no cohesivos".

Acorde con ello, creemos de interés mencionar algunas de las conclusiones aportadas por estas experiencias.

En el corte y penetración de suelos el uso de cargas vibratorias conjuntamente con cargas estáticas es definitivamente más ventajoso que el empleo de cargas estáticas solamente.

El corte y la penetración se incrementan rápidamente con la amplitud y la relación entre la fuerza dinámica y la fuerza estática de la oscilación. Aunque la frecuencia natural del sistema penetrador-suelo es importante, pueden obtenerse valores

considerables de corte y penetración a frecuencias distintas de la resonancia mecánica.

En su mayor parte, estas conclusiones corresponden a suelos cohesivos. Sobre comportamiento de suelos granulares, arenas de diversas graduaciones, resultan ilustrativas las investigaciones de Linger, presentadas a la 42ª Reunión anual del Highway Research Board, en Washington en enero de 1963⁹.

Linger estudia el comportamiento de varias arenas sujetas a vibraciones, bajo la presunción de que ciertos asentamientos de subrasantes pudieran ser atribuidos a fenómenos de vibración generados por el tránsito.

A tal efecto se modificaron los equipos de ensayo directo de corte y triaxial para adaptarlos a las condiciones de presión dinámica, equiparables a las provenientes del tránsito de vehículos. La carga vibratoria, en el ensayo directo de corte se tradujo en una disminución del ángulo de fricción interna y un incremento de la cohesión, mientras que a la presión vibratoria aplicada al volumen de suelo del ensayo triaxial correspondió un incremento del ángulo de fricción interna y una disminución de la cohesión. El efecto de la vibración en el asentamiento y densidad fue determinado para diversas frecuencias, amplitudes, contenidos de humedad y graduaciones de suelo. Los resultados indican que un movimiento vibratorio, relativamente de poca significación, puede causar un gran cambio de volumen en suelos granulares. Se investigó asimismo la vibración del suelo con respecto a la presión vibratoria transmitida, encontrándose que la variación de la magnitud de la presión vibratoria del suelo indicaba una frecuencia crítica, o resonancia, de las partículas del suelo.

3—Los estudios de Barkan

Siguiendo a BARKAN¹⁰ puede interpretarse el comportamiento de estos suelos granulares sometidos a compactación por vibración.

Este científico considera que la porosidad y el tenor o contenido de agua son las características físicas fundamentales de los suelos arenosos. Su resistencia a las sobrecargas, estabilidad, fricción, cohesión y demás propiedades mecánicas dependen en su mayor grado de su porosidad y contenido de humedad.

La porosidad se define como el volumen de espacios vacíos por unidad de volumen del suelo mientras que la relación de los espacios vacíos al volumen sólido constituye el índice de vacíos, "E" = V_v/V_s .

El valor del índice de espacios vacíos es una resultante de la disposición de las partículas y sólo puede variarse dentro de dos valores, máximo y mínimo, que corresponden respectivamente a estados de mínima y máxima compactación del suelo, valores que son propios de éste y que no dependen del contenido de agua ni de los agentes exteriores.

Si se asimilan las partículas de suelo a un sistema ideal de esferas de igual diámetro, pueden calcularse los valores máximo y mínimo de "E" que BARKAN establece en 0,91 y 0,35 respectivamente. Pero como ni aún en las arenas más homogéneas se da un sistema ideal idéntico como el supuesto, sino que son en realidad

mezclas que contienen diferentes formas y tamaños de granos, el autor supone que los valores reales de E máximo, para éstas, deberá ser distinto de 0,91 y para verificar esta hipótesis procede a determinar su valor numérico para arenas de diversas granulometrías. Los resultados permiten deducir que cuando las partículas de arena son de diámetro superior a 0,35 mm el valor de E máximo (*) se aproxima al valor teórico de 0,91 (valor medio 0,86) y depende poco de la dimensión de las partículas, pareciendo indicar cierta esfericidad en esos granos de arena. Para las arenas finas (granos de diámetros inferiores a 0,35 mm) el valor de E máximo es función inversa del tamaño de las partículas.

Para suelos de granulometrías finas, el valor absoluto del índice (Eo) resulta mucho mayor que 0,91. BARKAN obtiene 1,44 a 1,58 para loes y loes limoso, 2,07 para cemento, y 3,56 para la arcilla. Explica este hecho como consecuencia de la acción de las fuerzas moleculares superficiales (películas delgadas, líquidas o gaseosas) que se ejercerían en los puntos de contacto de las partículas dificultando su libre disposición.

Siendo la intensidad de estas fuerzas, función proporcional de sus dimensiones lineales, aumentando según el cuadrado de éstas, mientras que el peso de las partículas es proporcional al cubo de las mismas, el valor relativo de esas fuerzas aumenta cuando disminuye el tamaño de las partículas. La curva de Fig. 5, que representa la relación entre el valor máximo del índice de vacíos y la dimensión de las partículas, da una idea de la incidencia de las fuerzas superficiales en función del tamaño de aquellas.

Si bien estos ensayos responden a partículas de tamaños homogéneos, la presencia de finos en las mezclas granulares producen siempre un aumento del valor de Eo.

Continuando con sus investigaciones BARKAN encontró mucho más difícil la determinación experimental del valor E mínimo (Eoo), de las arenas, por la dificultad característica que ofrecen éstas a los sistemas de compactación estáticos convencionales. Por ello optó por la aplicación de vibraciones encontrando que, para que resultara efectiva, traduciéndose en una disminución de la porosidad, era necesario: 1) que la arena estuviera sometida a una sobre carga y 2) que la aceleración de las oscilaciones fuera superior a 5 veces el valor de la gravedad "g". En estas condiciones el valor de E se estabiliza y puede considerarse como límite mínimo Eoo. El cuadro siguiente contiene algunos de los valores de Eoo obtenidos por ese procedimiento:

MATERIAL	TAMANO PARTICULAS DIAMETRO EN mm.	E oo
Arena	0,52	1,5 a 2
"	0,49	1 " 1,25
"	0,55	0,5 " 0,75
"	0,54	0,05 " 0,5
Cemento ...	1,22	0,01 " 0,02

(*) BARKAN llama a E máximo = Eo y E mínimo = Eoo.

Si se recuerda que el valor de E mínimo, calculado para la disposición más compacta del sistema teórico de esferas uniformes, era de 0,35, puede deducirse que los valores hallados son siempre superiores a éste y que el valor del índice será superior en suelos finos, tales como las arcillas, al correspondiente a las arenas.

Pero por sí solo, el índice de vacíos no es suficiente para definir el grado de compactación de un suelo. Un mismo valor del índice, coincidente para dos suelos distintos, puede corresponder a la disposición más compactada de uno y menos compactada respectivamente del otro. La variación, de la porosidad, es lo que indica la compactación de un suelo y su valor máximo estaría expresado por:

$d_{\max.} = E_o - E_{oo}$ es decir que si un suelo en estado de esponjamiento máximo, modifica por acción exterior su porosidad, correspondiéndole un índice E , la compactación ocurrida será:

$d = E_o - E$ pero como el índice E tomado aisladamente no permite conocer si el suelo se encuentra en estado suelto o compactado, debe vincularse al valor máximo $d_{\max.}$, obteniéndose entonces el valor D , que BARKAN llama grado de compactación y expresa mediante la fórmula:

$$D = \frac{d}{d_{\max.}} = \frac{E_o - E}{E_o - E_{oo}}$$

valor comprendido entre 0 y 1 y que permite efectuar las siguientes deducciones: para el estado de máximo esponjamiento del suelo, $E = E_o$ y $D = 0$. Para un estado de máxima compactación $D = 1$ y por tanto $E = E_{oo}$. Los valores intermedios de D darían idea de la compactación del suelo, para cuya estimación propone clasificarlos en tres categorías:

suelos compactados: $2/3 < D < 1$

suelos medianamente compactados:

$$1/3 < D < 2/3$$

suelos sueltos: $0 < D < 1/3$

Propone asimismo reemplazar el "grado de compactación", D , por el "índice de esponjamiento" K , dado por:

$$K = \frac{E - E_{oo}}{E_o - E_{oo}} \text{ dimensión que expresa la relación de compactación necesaria para llevar a un suelo a su máxima compactación y que se vincula a "D" por la expresión:}$$

$K = 1 - D$

Un poco extensa puede haber parecido al lector la exposición de estos conceptos —pero son factor fundamental para interpretar las curvas de vibrocompresión, en que BARKAN traduce los ensayos efectuados vinculando las diversas variables de las oscilaciones y sus efectos sobre el suelo de ensayo.

4—Influencia de la amplitud, frecuencia y aceleración de las oscilaciones; contenido de humedad del suelo y tiempo de compactación

BARKAN estudió mediante ensayos de laboratorio, la variación de la porosidad de un suelo arenoso, determinando la relación entre el índice E de vacíos y la amplitud de las oscilaciones para diversas frecuencias.

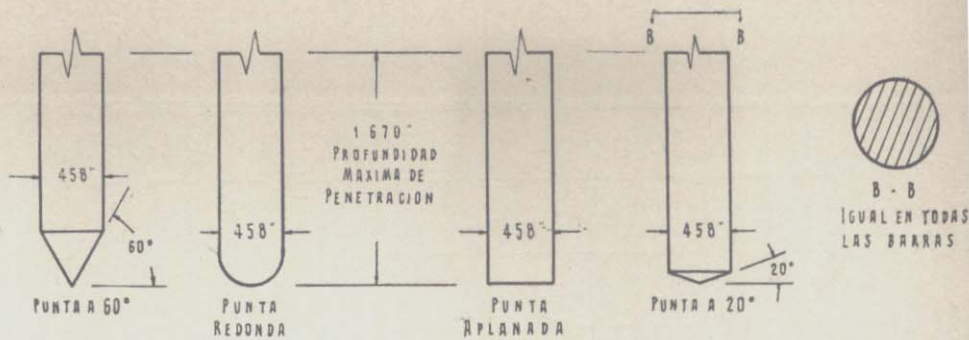


Fig. 2: Detalle de los punzones.

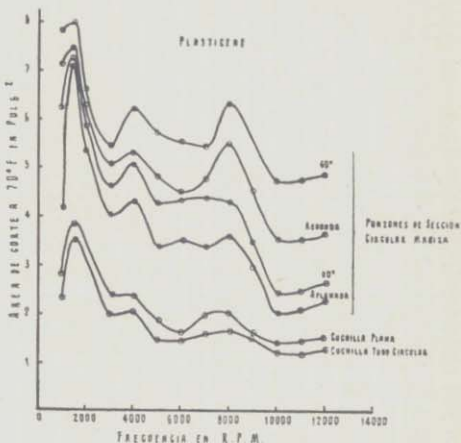


Fig. 3: Resultados de los ensayos de penetración en plasticene.

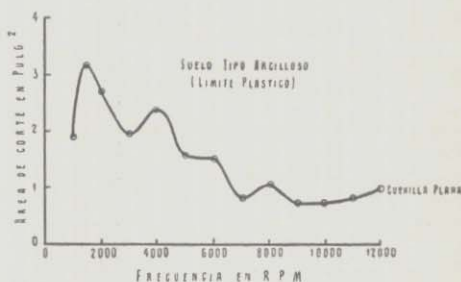


Fig. 4: Resultados del ensayo de penetración en suelo arcilloso.

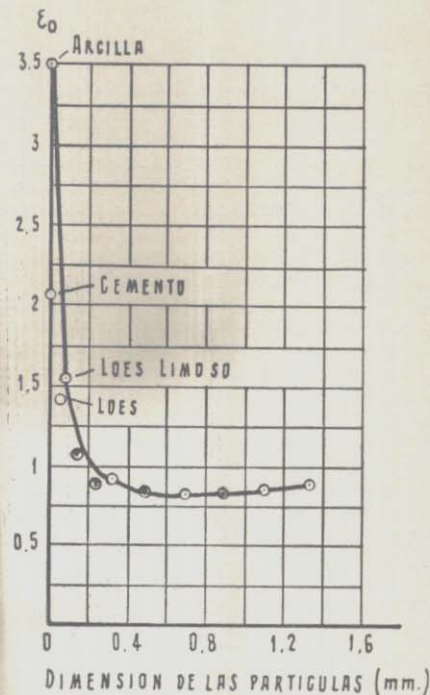


Fig. 5.

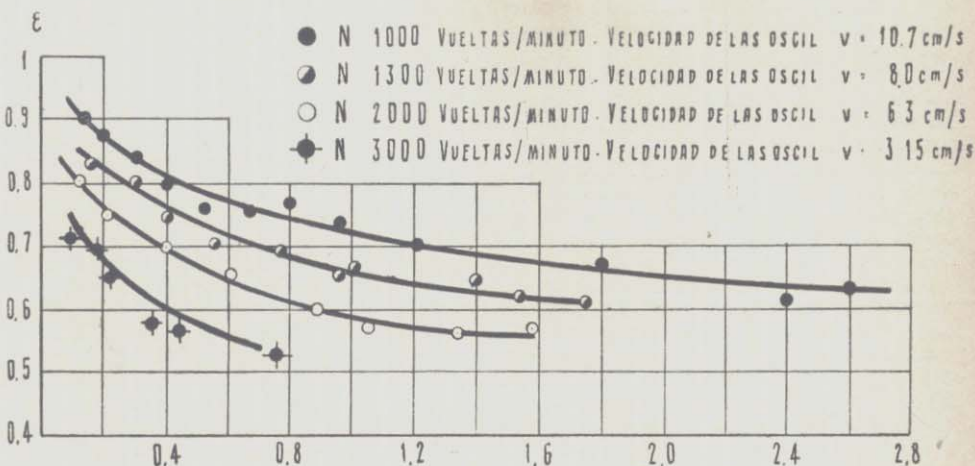


Fig. 6: Relación entre el índice de vacíos de una arena y la amplitud de las oscilaciones para diversas frecuencias según los estudios de Barkan.

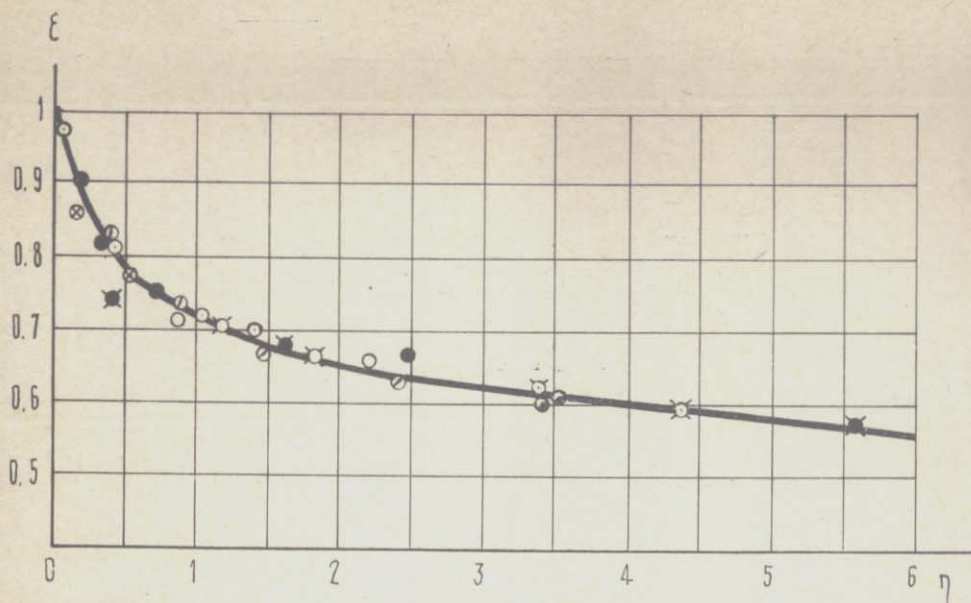


Fig. 7: Relación entre el índice de vacíos de una arena y la relación de la aceleración de las oscilaciones con la gravedad. Características de la arena: tamaño partículas = 0.05 a 0.5 E₀₀ = 0.54 — E₀ = 1.

Los resultados, esquematizados en las curvas de la fig. 6 permiten apreciar que a frecuencia N constante, el índice de vacíos decrece con la amplitud A en mm, de la vibración, al tiempo que manteniendo constante la amplitud del índice de vacíos corresponden valores distintos de la velocidad de las oscilaciones. Si se determina ésta para diversos valores de amplitud y frecuencia, correspondientes a un mismo valor del índice de vacíos, surge que para un mismo valor de éste corresponden diversas velocidades. De esto cabe deducir que, tomados separadamente, ni la amplitud, frecuencia o velocidad de las oscilaciones definen la variación del índice de vacíos. En cambio los ensayos mostraron que si se variaba la amplitud o frecuencia de tal forma que la aceleración permaneciera constante, se obtenía un valor constante del índice, lo que permitió deducir que el parámetro que definía el índice de vacíos era la aceleración de las oscilaciones, o mejor aún, que las fuerzas de inercia que se ejercen sobre las partículas sólidas, caracterizarán los efectos de la vibración del suelo.

Siendo estas fuerzas de inercia proporcionales a la densidad de las partículas, se explicaría que resulte más practicable compactar los suelos de partículas de peso específico elevado que aquellos pulverulentos, de partículas menos densas.

En el gráfico de la figura 7, se ha representado la relación entre el índice de vacíos de una arena y la aceleración de las oscilaciones, mejor dicho, de la relación de ésta a la fuerza de gravedad. Puede observarse que en su estado natural las arenas presentan un índice de vacíos próximo al valor máximo igual a 1.

Al ser sometidas a oscilaciones aún de pequeña aceleración (menores de una vez la gravedad) se logran compactaciones importantes. Luego, iguales disminuciones del índice exigen incrementos cada vez mayores de la aceleración (hasta 6 veces la gravedad) tendiendo a estabilizarse en un valor vecino al índice E mínimo.

A estas curvas, que representan la ley de variación del índice de vacíos en fun-

ción de la aceleración de las vibraciones, BARKAN las denomina por analogía con las similares de compresión estática, curvas de "compresión por choque".

Volviendo el gráfico de la fig. 7, cabe destacar que la curva trazada, que acompaña los resultados de los ensayos (que se han representado por pequeños círculos) fue calculada mediante la ecuación:

$$E = E_{00} + (E_0 - E_{00}) e^{-B(n+no)} \quad (1)$$

deducida por BARKAN, donde B es un coeficiente denominado de "vibrocompactación"; n representa la relación de la aceleración con la fuerza de gravedad.

De los tres parámetros de esta ecuación, E₀, E₀₀ y B, se ha visto que los dos primeros son función del tamaño y granulometría de las partículas pero no dependen del contenido de humedad del suelo.

Por ello las investigaciones continuaron para determinar la variación del coeficiente B con el contenido de agua del suelo.

Los resultados obtenidos están esquematizados en la fig. 8.

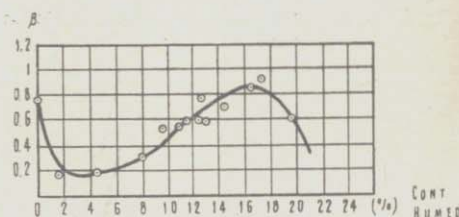


Fig. 8: Relación entre el coeficiente de vibrocompactación de una arena y su contenido de humedad.

La curva así obtenida muestra la influencia considerable que tiene el contenido de humedad sobre el coeficiente de vibrocompactación y por consiguiente sobre la posibilidad de compactar el suelo mediante vibración. El valor máximo de B corresponde en la arena ensayada, a un tenor de agua de 16-17 %, equivalente a un grado de saturación de 80 %, pasado el cual, los incrementos de humedad se traducen en disminuciones del valor de B, características que recuerdan las curvas típicas

Proctor. La existencia de este contenido óptimo de humedad, verificado no sólo para las arenas, sino también para suelos limosos y arcillo-arenosos, corresponde al grado máximo de vibro compactación obtenible y muestra la conveniencia de graduar adecuadamente la humedad del suelo procesado.

Ensayos efectuados sobre la misma arena, para establecer la influencia del tiempo de acción de la vibración, mantenida su aceleración constante, permitieron establecer que después de los primeros treinta segundos, el índice de vacíos se estabilizaba. Para cemento, de granulometría comprendida entre 0.01 y 0.02 mm. y un valor de E₀₀ = 1.22, el tiempo correspondiente hallado fue de 2 minutos.

Estos resultados permitieron deducir que después de haber sido sometidos estos materiales a vibración durante 3 minutos podría asegurarse que no ocurrirían cambios de sus índices de vacíos, por lo cual se fijó en dicho tiempo la duración sistemática de los ensayos de vibrocompresión.

La relación entre el índice de espacios vacíos y la duración de la vibración fue expresada por la fórmula:

$$E = E_n + (E_0 - E_n) e^{-Bt} \quad (2)$$

donde E_n = índice de vacíos correspondiente al valor n de la aceleración, que puede calcularse por la fórmula ¹

Bt = coeficiente que depende de las propiedades físicas del suelo y cuyo valor es:
0.048 Hz para el cemento
0.15 Hz para la arena mencionada.

Los valores de este coeficiente muestran que para un dado valor de aceleración, el tiempo de vibración necesario debe aumentarse cuando el tamaño de las partículas disminuye.

Finalizaremos esta síntesis parcial de los estudios de BARKAN, sin extendernos a los problemas de propagación, zona de influencia etc., de las oscilaciones, complicados por la presencia de una fase líquida en los suelos, y que consideramos escapa a la finalidad de esta exposición y pueden ser estudiados en la publicación ya citada ¹⁰.

Nos referimos solamente a la existencia del llamado por BARKAN "umbral de vibrocompactación". Este investigador pudo confirmar experimentalmente la existencia de un "umbral" que es necesario sobrepasar con la aceleración de las vibraciones si se desea lograr la compactación del suelo. Este umbral estaría definido por el valor de la aceleración correspondiente al coeficiente de vacíos que presenta el suelo por estado natural, compactación estática o vibrocompresión.

5 — Los ensayos de Hannover

En Alemania Occidental tuvimos oportunidad de conocer detalles de las tareas de investigación que, sobre efectos de compactación, empleando aplanadoras vibrantes, se realizaron con intervención del "Institut für Baumaschinen und Baubetrieb", de la Rheinisch-Westfälischen Tech. Hochschule, y el "Franzius Institut", de la Tech. Hochschule Hannover, en colaboración con la fábrica Allgemeine Baumaschinen Gesellschaft, de Hameln, cuyos resultados fueron publicados por los citados centros científicos ¹¹ y ¹².

Estos ensayos se iniciaron con la aparición de los primeros prototipos y evidenciaron en seguida la complejidad del problema en estudio, debido al gran número de variables que pueden tener influencia en los efectos de compactación, tales como el peso de la aplanadora, frecuencia de vibración, velocidad de desplazamiento, espesor de la capa de suelo, número de pasadas, naturaleza y contenido de humedad del material, etc. Por eso limitó el ensayo a verificar los efectos compactantes del equipo ensayado para un suelo determinado, sin pretender deducir relaciones entre las restantes variables.

Los primeros ensayos realizados sobre suelos de muy relativa cohesión, (gravas arenosas con alto contenido de limo) permitió verificar que la vibrocompactación alcanzaba profundidades de hasta 1,50 m.

Suelos de mayor plasticidad fueron ensayados en una autopista próxima a Hildesheim. Respondían a las siguientes características:

Granulometría:

20	a 2 mm	8 %
2	a 0,05	22 %
0,05	a 0,005	60 %
menor de 0,005		10 %

Proctor standard: 1,85 t/m³, seco — Humedad ópt. 13,9 %.

Proctor modificado (pisón de 4,54 Kg., 5 capas, altura de caída 45,7 cm., 25 golpes) = 2,01 t/m³ con 10,3 % de humedad.

El rodillo vibrante era del tipo remolque; peso aprox. 8.000 Kg.; diámetro 1,60 m.; ancho 2 m., motor diesel de 66 BHP, frecuencia vibratoria: 1.500 a 1.800 vueltas por minuto.

El suelo en ensayo fue depositado en espesores variables entre 0,70 y 2,00 m. y un contenido natural de humedad que variaba entre 14 y 19 %, superior por lo tanto a los óptimos mencionados. A medida que se completaba el relleno, se nivelaba la superficie con una topadora, se sacaban muestras sin compactar y se iniciaba la vibrocompactación, a velocidad de desplazamiento constante e igual a 1,5 Km/h., determinándose densidades a distintas profundidades y para diversos números de pasadas.

Los resultados figuran en el gráfico N° 9. Puede observarse la influencia de la humedad sobre las densidades obtenidas. El informe del Franzius Institute se limita a señalar que los ensayos probaron que es posible obtener una buena compactación de estos materiales cohesivos, bajo condiciones favorables de humedad (menos del 15 %) sin permitir por lo limitado de los mismos, establecer en qué forma afectan la compactación los otros factores intervinientes.

Las tareas de investigación y ensayo continuaban, especialmente sobre suelos plásticos.

Conclusiones

Los ensayos que efectuáramos, con las dos primeras aplanadoras vibrantes llegadas a nuestro país, en la Ruta Nacional N° 5 (Pehuajó y T. Lauquen) en 1957, aunque destinados a verificar los efectos de compactación mediante las variables disponibles (velocidad de avance de la máquina

y repetición de pasadas, equivalentes a tiempo de acción de la vibración y variación del efecto dinámico, dado por los fabricantes por su equivalente en peso estático) evidenciaron, sin embargo, de inmediato, la influencia que tenía en el proceso el contenido de humedad, permitiéndonos deducir como primer regla de aplicación la conveniencia de mantener ésta en un cierto porcentaje inferior al correspondiente a la óptima del Proctor Standard. La serie de valores ilustrativos que transcribimos a continuación, fundamentó aquella, entonces

Pasada en baja velocidad y máximo efecto	% de humedad	% densidad Proctor	Ubicación del espécimen
1ª pasada	16,3	93	izquierda
2ª pasada	16,7	86	derecha
3ª pasada	12,4	100,5	centro
4ª pasada	13,2	104	centro

aparentemente prematura deducción, hoy confirmada por lo expuesto.

Suelo seleccionado de 3er. horizonte. — Proctor Standard 1.625; humedad óptima 16 %.

Desde entonces, se han ido incorporando a nuestras obras, vibrocompactadoras de distintos diseños y características, extendiéndose su empleo a la compactación de bases y pavimentos bituminosos, creando un vasto campo de aplicación que justifica, a nuestro entender, la investigación

tendiente a posibilitar su mejor uso de acuerdo con una definida tecnología racional de aplicación, a lo cual este trabajo pretende servir.

Buenos Aires, julio de 1963.

BIBLIOGRAFIA

1. BARKAN, D. D.: Field investigations of the theory of vibrations of massive foundation under machines. Cambridge, Mass., 1936.
2. BARKAN, D. D.: Foundation Engineering and Drilling by the vibration Method, Proc. 4th. Int. Conf. on soil Mech. and Found. Eng., London, 1957.
3. TSCHEBOTARIOFF, G. P.: How Russians Drive Piles by vibrations. Eng. News Rec., July, 1959.
4. YI, S. and MAO, T. E.: The Yangtze River Bridge.
5. KONDNER, R. L.: The vibratory cutting, compaction and penetration of soils. Johns Hopkins Univ., July, 1959.
6. SHKURENKO, N.: On the influence of vibration on shearing resistance of soil. Proc. Sci. Res. Foundations, N° 28, 1956.
7. AYRE, R. S. and KONDER, R. L.: Cutting and Penetration of soils under vibratory loading. Proc. H. R. B., 1958.
8. KONDNER, R. L. and EDWARDS, R. J.: Civ. Eng. Dep. Teh Johns Hopkins University, Baltimore, U.S.A. Proceed. H. R. B., 1960.
9. DON A. LINGER: Effect of vibration on soil properties. University of Arizona.
10. BARKAN, D. D.: Methodes de vibrations dans la construction. Paris, 1963.
11. HANNOVERSCHE Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau FRANZIS INSTITUT der Tech. Hochschule. Compaction test with the vibrating roller Saw, Hannover, 1958.
12. INSTITUT für Baumaschinen und Baubetrieb, RHEINISCH-WESTFÄLISCHEN TECH Hochschule, Prof. Dr. G. GARBOTZ, Untersuchungen mit einer ABG. Vibrationswalze und einer freilieg. stampfplatte. Aachen, 1957.
- D. Ing. H. STEFFEN: Die vibrationsverdichtung bituminöser Beläge. Aachen, 1959.

ENSAYOS DE HANNOVER

COMPARACION DE VALORES PROCTOR Y DENSIDADES OBTENIDAS

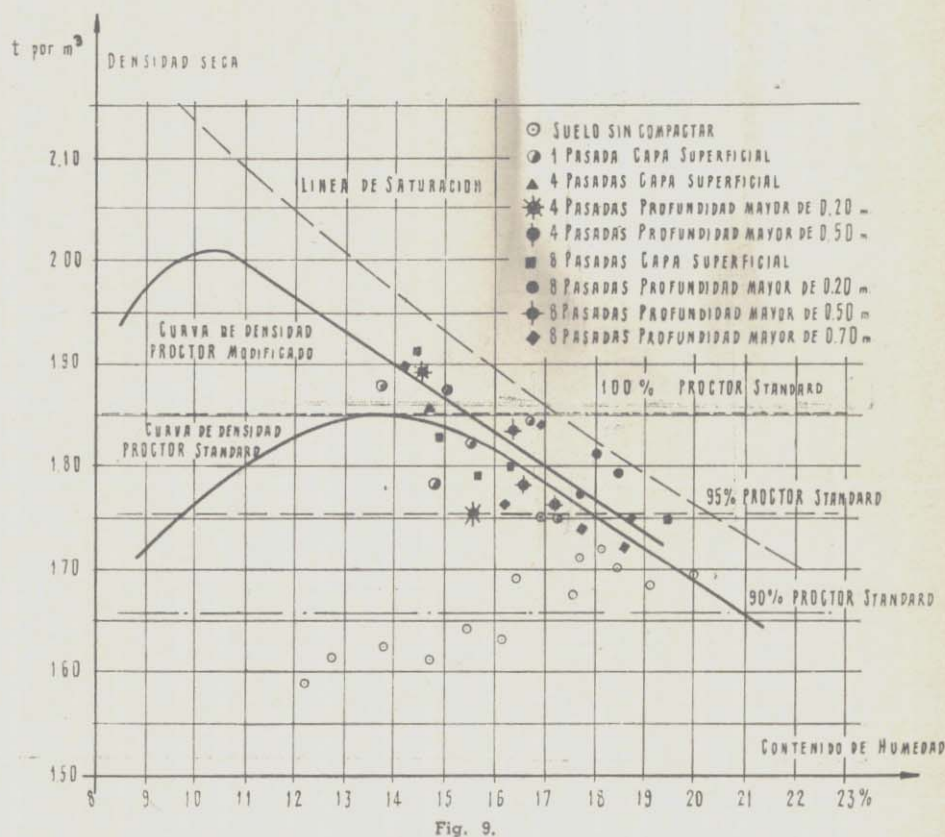


Fig. 9.

CIENTOS DE CLIENTES CERTIFICAN

LA CONVENIENCIA DE ADOPTAR

NUESTRAS

CUCHILLAS

COMPANIA DE CERRAJES PUBLICOS Y CIVILES
"C. O. P. V. C." S.R.L.
CAPITAL \$ 10.000.000.-
V. DE JULIO 28 - 24, P. 24 - E. 14
T. 24298
0140084
EN SANTA FE, TUCUMAN 2448

Córdoba, Julio 6 de 1963

Señores
A.E.S.A.
JESUS MARIA
Fofa. de Córdoba

De nuestra mayor consideración:

Ref. Compra Cuchillas

Tenemos el agrado de dirigimos a Vds. a fin de comunicarles que las cuchillas provenientes de vuestra fabricación y utilizadas en nuestras motoniveladoras nos han dado un resultado ampliamente satisfactorio, por encima de aquellas adquiridas a las firmas de vuestra competencia. De tal manera que nos vamos precisados a felicitar a vuestra organización por tal motivo, rogando a Vds. nos envíen a vuestro representante para formalizarles un importante pedido de las mismas. Sin otro particular, nos complacemos en saludarles muy atte.-
am/AB



Ministerio de Hacienda, Economía y Obras Públicas
Dirección Provincial de Vialidad

25 OCT 1963

Señor
Gerente General de
A.E.S.A.
Jesus Maria
Córdoba.-

De mi mayor consideración:

Continuando con mi anterior del 11/IX/63, me es particularmente grato informarle sobre el excelente comportamiento de las cuchillas y punteras para los Equipos Cat. D 7 y / 12 E que Uds. gentilmente nos enviaron.

Han sido probadas a través de 200 horas en terrenos sumamente desfavorables, la Topadora en el litoral de un río de montaña, moviendo material pétreo de hasta un metro de diámetro, y la Motoniveladora en zonas de suelo abrasivo, como lo es en general el de esta Provincia.

El desgaste producido es relativamente poco, teniendo en cuenta las condiciones de trabajo, y podemos decir que es un cincuenta por ciento menor que el experimentado con las cuchillas y punteras originales de fábrica, por lo cual les hago llegar mi sincera felicitación.

Por separado, la Sección Talleres de esta Repartición, está preparando un pedido de cotización de precios de las citadas partes.

Saludo a Ud. muy atentamente.

“CERAMICA
“LOS CHAÑARES”

FANTINI Hnos. S. R. L.
CAPITAL \$ 20.000.000.-
CHOLONIA CAROYA (Cba.)

COLONIA CAROYA Octubre 8 de 1963

Eres:
ACEROS ESPECIALES S.A.C.I.
JESUS MARIA
CORDOBA

Muy señores nuestros:

Nos permitimos muy complacidos dirigirnos a Uds con el objeto de poner en v. conocimiento que las cuchillas adquiridas oportunamente a v. fábrica fueron utilizadas en un arado fleco para desmonte, dando un resultado excelente, comparadas con otras adquiridas a otras firmas.-

Por lo expuesto anteriormente solicitamos se sirvan pasar por v. escritorio a fin de efectuar un pedido siempre en el mismo tipo de acero.-

muy atte.-

Sin otro particular, saludamos a Uds.

FABRICADOS
POR

AESA

ACEROS ESPECIALES S.A.

SU PROBLEMA DE CUCHILLAS RESUELTO POR



Cuchillas para:

**MOTONIVELADORAS
MOTOPALAS
TOPADORAS**

Garantizadas
contra roturas.

Dureza promedio:
500 Brinell



CALIDAD Y PRECIO ¡¡PRUEBE... COMPARE Y SE DECIDIRA...!!

ADEMAS SE FABRICAN:

CUCHILLAS para destroncadoras **BRAZOS Y UÑAS** Escarificadores y Desgarradores **PLACAS** de revestimiento para Molienda
MANDIBULAS para trituración **DISCOS** para rastras Rome **PUNTAS** para Excavadoras y Cargadores

Fabricadas en acero **AESA** 12 M, con triple tratamiento térmico bajo contrato de asistencia técnica de



ESCO CORPORATION, PORTLAND, OREGON, U.S.A.

Fabricadas por **AESA** Aceros Especiales S.A.

Casilla de Correo 19 - T.E. 115 Jesús María - F.C.G.B. Provincia de Córdoba

Oficina en Buenos Aires: Lavalle 1171 - entepiso T.E. 35-8177

Distribuidores: IFAN RENIERI S. A. Ale. Brown 780 - Bs. Aires - AGRO VIAL MINERA S. R. L. Av. Gral. Paz 526 - Córdoba

Curvas de Transición Total

Cálculo y Replanteo

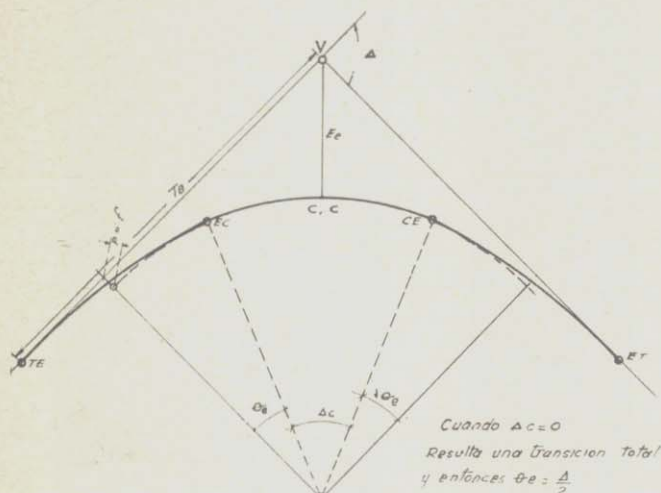
para Angulos de 0° a 20°

Por el Ing. JOSE M. V. COURREGES

Curvas de transición total

Se ha dado en llamarse curvas de transición total, o doble transición, o doble espiral (aun cuando no se trate de una espiral), al caso límite de las curvas circulares con transiciones cuando éstas llegan a ocupar todo el desarrollo de la curva desapareciendo la parte de arco circular.

En tales casos resulta $L_e = 0$, $\theta_e = \frac{\Delta}{2}$ y $\Delta_c = 0$ la longitud de la transición doble resulta entonces $L_e = 0,0174533 R_c \Delta$, como se observa siempre es necesario darse un radio de la curva circular, el que será compatible con la transición que se busca. (Ver. fig. 1).



Entre las varias formas de cálculo de estas curvas indicaremos las siguientes:

1) Por la fórmula recién expuesta, por ejemplo para un radio, $R = 1.000$ m dado un $\Delta = 30^\circ$ de la traza, también conocido, se halla $L_e = 523,60$ m. Los demás elementos de la curva se calculan de manera análoga que para el caso general $L_e = 0,0174533 R_c \Delta = 523,60$ m.

2) Si se quiere por ciertas ventajas tener un L_e entero, digamos $L_e = 500$ m. como Δ es el mismo $\Delta = 30^\circ$, sólo cambiará el radio R_c , el que ya no será $R_c = 1.000$ m sino:

$$R_c = \frac{0,0174533 \times 500}{30} = 954,93 \text{ m que a los fines de la práctica vial, se trata de una curva de las mismas características que la anterior del apartado 1.}$$

3) El método indicado en "Curvas con Transiciones para Caminos", de la Dirección Nacional de Vialidad, que consiste en la utilización de los valores tabulados en la misma y se indica usar aquellos valores de T_e y E_e situados a la cabeza de cada columna de la tabla IV. A ellos corresponden guarismos de R_c y L_e que se acercan a los correspondientes a una curva de transición total.

En este caso no se trata ya de una curva de transición total, sino que la porción circular queda reducida a un pequeño arco.

En la página 28 del libro citado, refiriéndose a este hecho expresa que "La inclusión de este pequeño segmento de curva circular, lejos de ser un inconveniente, resulta una ventaja para el caso de emplearse peraltes elevados".

Dónde se deben utilizar curvas de transición total

Analizando las características de las curvas de doble transición, llegamos a aconsejarlas sólo para muy pocos y determinados casos.

Estas curvas originan tangentes más largas que las curvas circulares y en consecuencia brindan una zona AB (cuadro 1 croquis anexo), más amplia y en consecuencia permiten acomodar mejor el peralte, pero es de hacer notar que difícilmente, aun con los peraltes más elevados, sea necesaria una longitud mayor de 150 ó 200 metros para una perfecta transición del peralte.

Cuando la transición total es mayor de 200 m (200 m a cada lado, 400 m en total), ya no es necesario ni conveniente llevar el peralte creciendo o disminuyendo a lo largo de toda la transición, llegándose a lo indicado debajo del cuadro 1, por la línea de peralte ADB'EC. Ello nos indicaría la conveniencia de usar curva circular con transiciones ya que en ella se tiene una zona de peralte constante.

En el caso de peraltes elevados y variables el paso de AB a BC en el punto B puede ser demasiado brusco.

En una transición total para el ejemplo del cuadro 1, $R_c = 1.500$ m $V = 120$ km/h, la fuerza centrífuga crece hasta 7,55 % P, punto B, para de golpe empezar a decrecer a partir del mismo punto B.

También en las intersecciones se puede proyectar dobles espirales que respondan a los giros de los vehículos de proyecto C-43, C-50 o de los que da nuestro código de Tránsito, pero su cálculo y replanteo suele ser más dificultoso que el de otras curvas más simples.

Lo hasta aquí expresado indicaría la utilización de las curvas de transición total sólo para ángulos Δ , pequeños, digamos menores de 20° y con R_c amplios los que demandan pequeños peraltes.

También debe procederse así cuando la topografía del terreno u obstáculos cercanos a la curva indiquen que este tipo de curva se adapta mejor que otras.

Al abordar otras consideraciones iremos indicando la utilización en cada caso de la curva óptima o que mejor cumple con los dictados de la técnica vial.

Longitud conveniente de las curvas

Las curvas en un camino además de empalmar a dos alineamientos rectos, deben formar una unidad armónica, deben ser cómodas, insensibles para el usuario, deben brindar o procurar belleza al camino, pero no deben llegar a ser tediosas para el conductor y jamás llegar a atentar contra la seguridad del usuario. Curvas muy cortas o largas en demasía pueden crear estos inconvenientes.

Para conseguir todas las virtudes o sólo la corrección en las curvas, son necesarios muchos recaudos en el proyecto de las mismas, y uno de ellos es la correcta longitud.

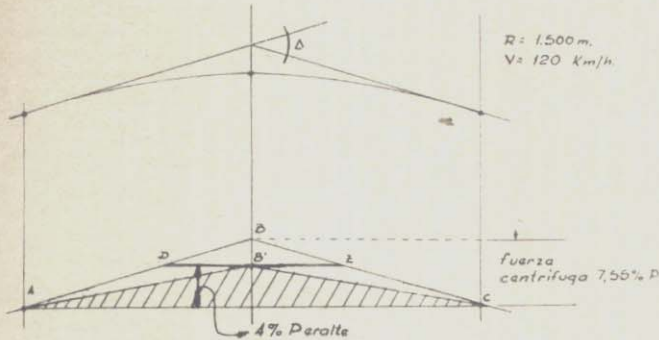
En el cuadro N° 1, se dan las tangentes y longitudes para distintos ángulos Δ y radio de 1.500 metros, para curvas circulares simples, transiciones totales y para curvas circulares de $R_c = 1.500$ m con transiciones de $L_e = 100$ m.

Siempre que sea posible las curvas no deben sobrepasar los 1.000 metros y nunca exceder bajo ningún concepto longitudes de 1.200 ó 1.500 metros.

Lo mismo ocurre cuando un alineamiento recto, tiene 5 Km o más que llega a ser tedioso y si tiene más de 15 ó 20 Km ese tedio puede convertirla en una recta peligrosa.

CUADRO N° 1

Angulo	Curvas circulares R = 1.500 m		Curvas de transición total Rc = 1.500 m			Curvas circulares con transición p = 0,278 m L = 100 Rc = 1.500 m	
	Tg.	L	P = f	Tg.	L	Tg.	L
2°	26,19	32,37 ⁽¹⁾	0,08	52,37	104,71	76,11	152,36
4°	52,38	104,72	0,30	104,75	209,42	102,39	204,72
10°	131,24	261,83	1,90	262,29	523,56	181,26	361,80
20°	264,50	523,60	7,61	527,62	1.047,12	413,54	623,60
30°	401,92	785,40	17,13	799,18	1.570,68 ⁽²⁾	452,00	885,40
40°	545,96	1.047,20	—	—	—	596,06	1.147,20
50°	699,46	1.309,— ⁽²⁾	—	—	—	749,50	1.409,00 ⁽²⁾



- (1) Curva demasiado corta.
(2) Curva demasiado larga.

En las curvas pasa algo parecido, pero al revés el conductor debe extremar su atención durante su recorrido y puede llegar a ser cansador principalmente para los camiones con acoplados.

Tampoco deben proyectarse curvas muy cortas: el conductor las tiene que ver. No debe perder la correcta ubicación de su vehículo en su trocha al pasar la curva, este defecto lo producen las curvas demasiado cortas aun las de pequeñísimos ángulos de deflexión, y pueden resultar peligrosísimas.

No pueden existir curvas menores de 100 m de desarrollo, ni aun en los puntos de giro, es decir siempre se deben procurar tangentes mayores de 50 metros de longitud, se entiende en Rutas; en zonas urbanas pueden ser menores.

En el cuadro N° 1, se indicó con un (1) las curvas consideradas demasiado cortas y con un (2) las muy largas.

La señalada como muy corta en el cuadro se la reemplaza por cualquiera de las dos restantes: la doble transición, o la circular con transiciones, que cumplen con el requisito de tener más de 100 m de desarrollo.

En el caso de demasiado largas, se debe reducir el radio siempre que ello sea compatible con la velocidad directriz y el peralte máximo dados. De no poderse, se estudiaría la posibilidad de modificar el trazado.

De lo expuesto se infiere que no existen marcadas ventajas en el uso de las curvas de transición total y observando el cuadro N° 1 indicaría su utilización sólo cuando resulten más adaptables a la traza ya sea por alargar las tangentes o la externa para cumplir con condiciones rígidas o impuestas del trazado.

Cálculo y replanteo de curvas de transición total

CALCULO: Sea el caso de una intersección de $\Delta = 90^\circ$ con un $R = 11$ m. Luego convertiremos este giro de 90° en uno de 180° , es decir en un retorno. Estos dos giros cumplen con el paso de un C-50 (C-50 es un semirremolque usado como vehículo de proyecto en EE. UU. de Norteamérica).

$$\text{Se tendrá } \theta_e = \frac{\Delta}{2} = 45^\circ = 28,65 \frac{\text{Le}}{\text{Rc}}$$

$$\text{Le} = \frac{90 \times 11}{57,30} = 17,28 \text{ m}$$

$$p = \frac{L^2}{24 R} = 1,11 \text{ m}$$

$$X_e = 16,24 \text{ m}$$

$$Y_e = 4,33 \text{ m}$$

Estos valores X_e y Y_e se hallan en las tablas II de Vialidad Nacional.

$$T_e = 12,11 \times 1 + 8,64 = 20,75 \text{ m}$$

$$E_e = 12,11 \times 0,41421 + 1,11 = 6,13 \text{ m}$$

$$\text{Desarrollo } L = 34,56 \text{ m para el giro a } 90^\circ$$

Para conseguir el giro a 180° se toma $\text{Le} = 17,28$ a ambos lados de una curva circular de $R = 11$ m en 90° de desarrollo.

$$L \text{ (curva circular)} = 11 \times 1,5708 = 17,28 \text{ m}$$

Desarrollo total del retorno: $17,28 + 2 \times 17,28 = 51,84 \text{ m}$ (Ver fig. 2).

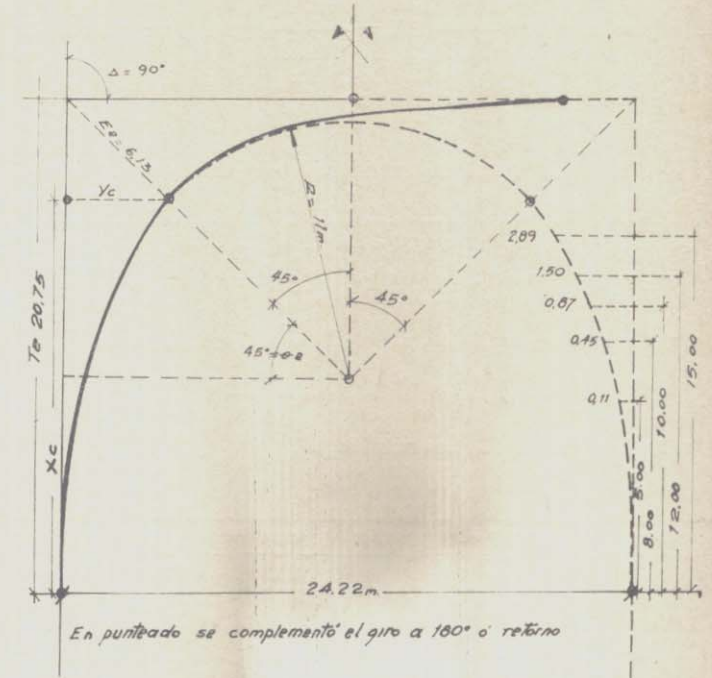


Figura 2.

CUADRO N° 2

$$\theta_e = 45^\circ, \frac{\theta_e}{\text{Le}^2} = \frac{45}{298,60} = 0,1507$$

$$\text{Le} = 17,28 \text{ m} \quad \theta = \frac{L^2}{\text{Le}^2} \quad \theta_e = \frac{X^2}{\text{Le}^2} \quad \theta_e = 0,1507 X^2$$

Las X con longitudes de L. Se calculan las coordenadas para $X = 5, 8, 10, 12$ y 15 .

X	$\theta = 0,1507 X^2$	Coeficientes		Coordenadas	
		X	Y	X	Y
5	3,77	0,99957	0,02194	5,—	0,11
8	9,64	0,99717	0,05593	7,98	0,45
10	15,07	0,99310	0,08724	9,93	0,87
12	21,70	0,98575	0,12496	11,83	1,50
15	33,91	0,96534	0,19239	14,48	2,89

Replanteo

a) Por ángulos de deflexión, según se indica con varios ejemplos de las tablas de Vialidad Nacional ya citada, por lo cual omitimos su cálculo.

b) Por abscisas y ordenadas.

Cuando $\frac{\text{Le}}{\text{Rc}} > \frac{1}{3}$ no se deben calcular las coordenadas por la fórmula Y = $\frac{X^3}{6RL}$, por ello en las tablas III de Sarrazin - Ober-

buch-Hofer se dan sólo aquellas combinaciones que cumplen con esta condición y sus valores sólo difieren con los dados en las tablas de Vialidad Nacional en menos de 1 centímetro.

En nuestro caso de $3L < R_c$ se utiliza el método expuesto en la página 45 de las tablas de Vialidad Nacional (ver cuadro N° 2).

Caso general de curvas de transición total para ángulos pequeños

Si se da para toda una ruta un radio mínimo de $R_c = 1.000$ m. Tendremos la consiguiente $Le = 0,0174533 R_c \Delta$, longitud de la transición total.

$$Le = 17,4533 \Delta^\circ$$

Tomemos un $\Delta^\circ = 20^\circ$, en este caso límite podemos utilizar

$$\text{las expresiones } p = \frac{X^3}{24 R}, \text{ ó } Y = \frac{X^3}{6 R_c Le}, \text{ para } \Delta \text{ mayores de } 20^\circ$$

ya resultaría manifiestamente $3Le > R_c$.

$$Le = 17,4533 \times 20 = 349,06 \text{ m}$$

Si se quisiese utilizar una $Le = 300$ m resultaría un radio $R_c = 859,50$ m, y si se obtare por una $Le = 350$ m resulta un $R_c = 1.002,75$ m pues por comodidad se puede preferir una Le entera.

Los cálculos se prosiguen en el cuadro N° 3 con $R_c = 1.000$ m, $\Delta = 20^\circ$ y $Le = 0,01745333 \times 1.000 \times 20 = 349,06$ m

CUADRO N° 3

$R_c = 1.000$ m. $\Delta = 20^\circ$ $Le = 0,0174533 \times R_c \times \Delta = 349,06$ m.

$$\text{De } Y = \frac{X^3}{6 R_c Le} \text{ obtenemos } Y \text{ Le} = \frac{X^3}{6 R_c}$$

Con los valores $Y L$, tenemos luego Y con estos valores se forma el cuadro 3 que sirve para el replanteo completo de la curva.

X	Y Le	Y	X	Y Le	Y
10	0,167	0	120	288	0,825
20	1,333	0,004	150	562,5	1,612
30	4,5	0,013	170	818,833	2,346
40	10,667	0,031	200	1.333,333	3,820
50	20,833	0,060	230	2.027,833	5,810
70	57,167	0,164	260	2.929,167	8,392
90	121,5	0,348	300	4.500	12,893
100	166,667	0,478	330	5.989,5	17,160

$X_c = 348,00$
 $Y_c = 20,26$
 $T_e = 351,57$
 $E_e = 20,58$
 $p = 5,07$

CUADRO N° 4

X	Y	Y' = 3,125Y	X	Y	Y' = 3,125Y
10	0	0	70	0,164	0,512
20	0,004	0,020	90	0,348	1,088
30	0,013	0,040	100	0,478	1,492
40	0,031	0,095	120	0,825	2,578
50	0,060	0,187	—	—	—

Supongamos ahora que en otro ángulo de la traza proyectamos una curva de transición total de $R_c = 800$ m y sea $\Delta = 10^\circ$, luego $\theta_e = 5^\circ$.

Las ordenadas de la nueva curva para su replanteo, se calculan sirviéndonos de los cálculos del cuadro N° 3, las que resultan directamente de multiplicar los valores de las columnas Y Le por la relación:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1.000}{800}$$

$$= 1,25, \text{ y luego dividiendo por la nueva}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{800}{1.000}$$

$$Le = 0,0174533 \times 800 \times 10 = 139,63 \text{ m o más fácil aún mul-}$$

$$\text{tiplicar las } Y \text{ por la relación } Y' = \frac{R_1 Le}{R_2 L'e} = Y \frac{1.000 \times 349,06}{800 \times 139,63} =$$

$$= 3,125 Y.$$

Obteniéndose así el cuadro N° 4 que da las ordenadas de la nueva curva.

Para facilitar la labor de las comisiones de estudio, para el proyecto de la Ruta N° 41 de la provincia de Buenos Aires se confeccionaron cuadros que se acompañan en este artículo como un apéndice donde se tienen todas las curvas de Transición Total, con sus elementos principales desde 0° a 20° .

Curvas circulares con transiciones

Sobre este tipo de curvas no nos detendremos, pues son suficientes explícitas las tablas de Vialidad Nacional, donde además de indicar su cálculo, explican su uso con muchos ejemplos.

También las tablas III de Sarrazin dan curvas circulares con transición, dando las abscisas y ordenadas de combinaciones de valores R y L que abarcan la totalidad de los casos que generalmente se presentan en el campo vial.

Existe una diferencia entre ambas tablas y es que éstas están calculadas en base a las expresiones $Y = \frac{X^3}{6RL}$ y $p = \frac{L^3}{24R}$, es

decir para ángulos θ_e pequeños, donde es $3Le$ menor que R_c .

Las ordenadas corresponden a abscisas enteras sobre la tangente, haciendo más fácil el replanteo. Además las mismas tablas continúan dando valores de ordenadas sobre la misma tangente, para la curva circular contigua, lo que también facilita las tareas en el terreno.

El método de las tablas de Vialidad Nacional, al utilizar los ángulos θ y los coeficientes para X e Y , divide la longitud de la transición en varias partes iguales o no, y para estas partes halla su proyección sobre la tangente y para esta abscisa proyección da la correspondiente ordenada. Figura N° 3.

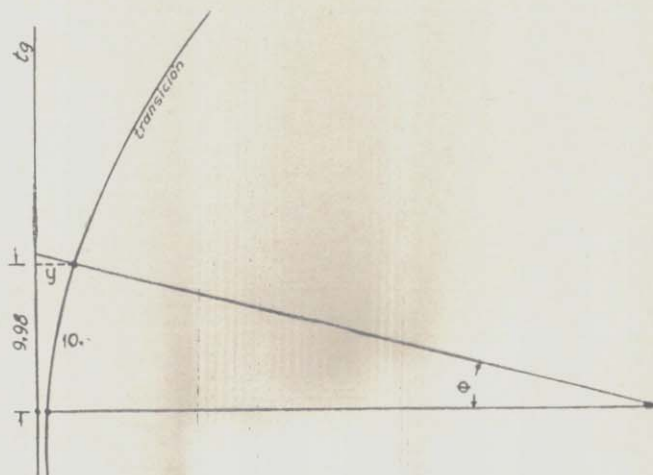


Figura 3.

Observando las tablas III de Sarrazin se descubre que se pueden obtener valores correspondientes a combinaciones que no figuran en dichas tablas, en base a los suministrados por las mismas para otras combinaciones.

Así se ve que las ordenadas para $L = 120$, $R = 1.200$ son la mitad de las correspondientes a las del par $L = 120$, $R = 600$.

Y el par $L = 60$, $R = 1.200$ tiene las mismas que la combinación $L = 120$, $R = 600$, para abscisas de hasta 60 m.

Ello nos puede facilitar hallar por ejemplo el par $L = 40$, $R = 1.000$ m, que no existe en la tabla en base a los valores de $L = 80$, $R = 500$, o las de $L = 40$, $R = 500$ y así análogamente.

Cuándo se deben usar las curvas circulares con transiciones

Son las curvas más apropiadas para usos viales, y sólo no serán necesarias cuando el desplazamiento o paso de la transición es menor de 20 ó 25 cm pues en esos casos ya lo hemos escrito, el conductor describe instintivamente una transición con su vehículo que no sale de su trocha, para calzadas de más de 6,70 metros de ancho.

En estos casos cuando no es menester proyectar transiciones, sino simples curvas circulares se cumple

$$Le = 2,50 \sqrt{R} \quad \text{o} \quad Le = \frac{170}{\theta_e}$$

ambas expresiones son para un paso de 25 cm. si se deseara la transición con $p = 0,20$ m resultan $Le = 2,2 \sqrt{R}$, o $Le = \frac{140}{\theta_e}$

Es decir las expresiones halladas indican que Le debe ser mayor de $2,2 \sqrt{R}$, o mayor de $2,5 \sqrt{R}$, para tener pasos $p = 1$ mayores de 0,20 ó 0,25 cm, respectivamente.

Curvas "C"-espiral, lemniscata y parábolas

Se justifica su empleo sólo en casos particulares, pues su uso sistemático implica más complicaciones que ventajas prácticas, ya que no existen libros ni tablas que las estudien detalladamente, y las anteriormente tratadas presentan ventajas sobre éstas, o son más sencillas.

Punto de giro

Se ha dado en denominarse puntos de giro donde existe un ángulo de deflexión pequeño, comprendido entre 0° y hasta 2° ó 3° donde **no se proyecta curva**, pero que **en el terreno luego hay que trazarla**.

Deben considerarse puntos de giro sólo de 0° hasta 30 minutos y como máximo hasta 1° (un grado) en caminos de tierra.

Cuando en los puntos de giro no se proyecta curva; en el campo resulta construida por el maquinista, el capataz o el operador de la obra, resultando la pequeña inflexión corrida y deformada en la mayoría de los casos.

Resumiendo en base a los artículos publicados, de las consideraciones de éste y de la experiencia adquirida en el proyecto de la Ruta N° 41 de la D.V.B.A. estableceremos las siguientes consideraciones y sólo no nos pronunciaremos sobre el radio mínimo y el peralte máximo, objeto de un trabajo especial, aunque en todo lo escrito no se usan radios menores de 1.000 metros, e implícitamente tampoco peraltes mayores del 6%.

En lo demás todo ello tiene la aspiración de brindar ideas, para especificaciones más racionales en las reparticiones viales y promover un mayor conocimiento en el personal técnico de las empresas viales.

Tipo de curva a adoptar según el ángulo de deflexión

Con los valores calculados y teniendo en cuenta los conceptos ya vertidos sobre mínima y máxima longitud de curvas se confeccionó el cuadro N° 5.

No proyectando curvas de longitud menores de 100 metros, salvo en los puntos de giros de 0° a 30 minutos, ni mayores de 1.200 metros llegamos a las conclusiones transcritas en el cuadro citado.

CUADRO N° 5

Ángulos	Curvas		
	Puntos de giro — ninguna curva		
$0^\circ - 30'$	circular	transición total	circular con transiciones
$30' - 1^\circ$	$R \geq 10.000 \text{ m.} +$	$R_c \geq 2.800 \alpha$ $R_c \geq 5.900 \text{ m.}$	$Le \geq 40$, $R_c \geq 3.000$ y otras combinac. (*)
$1^\circ - 2^\circ$	$R \geq 5.000 \text{ m.} +$	$R_c \geq 2.800 \text{ m.}$	$Le \geq 40$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (*)
$2^\circ - 4^\circ$	$R \geq 3.000 \text{ m.} +$	$R_c \geq 1.500 \text{ m.}$	$Le \geq 40$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (*)
$4^\circ - 6^\circ$	$R \geq 1.500 \text{ m.} +$	$R_c \geq 1.000 \text{ m.}$	$Le \geq 70$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (+)
$6^\circ - 34^\circ$	no usarlas (**) $R_c \geq 1.000 \text{ m.}$		$Le \geq 80$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (+)
$34^\circ - 64^\circ$	no usarlas (**) $R_c \geq 1.000 \text{ m.}$		$Le \geq 80$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (+)
$> 64^\circ$	Tratar que la traza (el eje) no presente ángulos mayores de 64° .		

Las llamadas o asteriscos del cuadro indican las siguientes aclaraciones.

El signo más (+) indica la curva más conveniente para esos ángulos, se observará no se indica la transición total.

Un asterisco (*), aclara que $Le \geq 40$ metros es la mínima aconsejada, cuando con $L = 40$ el paso es menor de 0,20 m. Si se quisiera tener un $p > 0,20 \text{ m}$, sería necesario sólo aumentar el largo de la Le elegida.

Dos asteriscos (**), indican no usar las curvas circulares simples pues el cambio de la fuerza centrífuga, es demasiado brusco, y si se aumenta el radio para reducir ese salto de la fuerza centrífuga, resultan curvas demasiado largas.

Tres asteriscos (***), aconseja no proyectar transiciones dobles para ángulos mayores de 34° , pues resultan curvas demasiado largas y además siempre es posible hallar una circular con transiciones más suave y corta que la primera.

En el mismo cuadro se indica que se procurará no tener en la traza quiebre o ángulos mayores de 64° , este guarismo también podría ser 65° ó 70° , esto es siempre posible cuando se dictan normas precisas a los técnicos jefes de las Comisiones de estudio del trazado. Además esta condición impuesta con tiempo no origina un trazado más caro, ni más largo.

El párrafo anterior vale para rutas abiertas; en zonas urbanas y suburbanas, edificios y otras circunstancias, como así el valor de las expropiaciones, el poder utilizar arterias existentes, sus empalmes, etc., pueden obligar a aceptarse ángulos mayores.

Si bien se dijo anteriormente que estos trabajos pretenden contribuir para mejores especificaciones o normas en organismos oficiales y empresas, principalmente van dirigidos a los ingenieros y técnicos dedicados a la disciplina vial, donde encontrarán los fundamentos para proyectar la mejor curva a cada caso concreto.

Además si bien se tienen dos excelentes libros en las Tablas de Vialidad Nacional y la de Sarrazin, con estos comentarios se aprenderá a utilizarlos más eficientemente obteniéndose soluciones que si bien no las brindan directamente, se deducen de los valores expuestos o explicados en las mismas.

En la figura 4, se graficaron cómo varía la fuerza centrífuga en los tres tipos de curvas y se destaca la suavidad de las curvas circulares con transiciones.

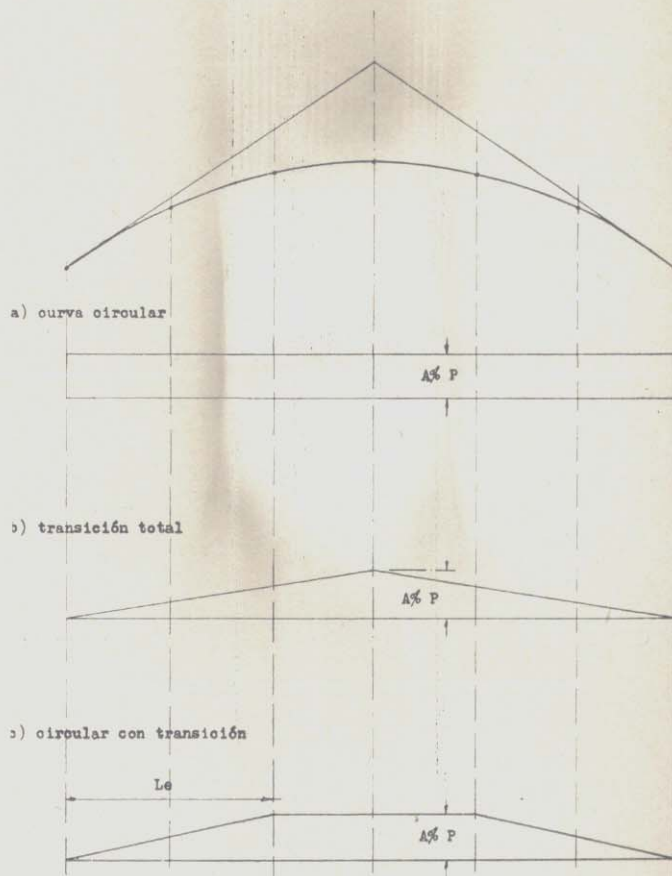


Figura 4. - Gráfico fuerza centrífuga. (Suponiendo igual longitud de curvas y mismo R ó Rc y velocidad).

Curvas "C"-espiral, lemniscata y parábolas

Se justifica su empleo sólo en casos particulares, pues su uso sistemático implica más complicaciones que ventajas prácticas, ya que no existen libros ni tablas que las estudien detalladamente, y las anteriormente tratadas presentan ventajas sobre éstas, o son más sencillas.

Punto de giro

Se ha dado en denominarse puntos de giro donde existe un ángulo de deflexión pequeño, comprendido entre 0° y hasta 2 ó 3° donde **no se proyecta curva**, pero que **en el terreno luego hay que trazarla**.

Deben considerarse puntos de giro sólo de 0° hasta 30 minutos y como máximo hasta 1° (un grado) en caminos de tierra.

Cuando en los puntos de giro no se proyecta curva; en el campo resulta construida por el maquinista, el capataz o el operador de la obra, resultando la pequeña inflexión corrida y deformada en la mayoría de los casos.

Resumiendo en base a los artículos publicados, de las consideraciones de éste y de la experiencia adquirida en el proyecto de la Ruta N° 41 de la D.V.B.A. estableceremos las siguientes consideraciones y sólo no nos pronunciaremos sobre el radio mínimo y el peralte máximo, objeto de un trabajo especial, aunque en todo lo escrito no se usan radios menores de 1.000 metros, e implícitamente tampoco peraltes mayores del 6% .

En lo demás todo ello tiene la aspiración de brindar ideas, para especificaciones más racionales en las reparticiones viales y promover un mayor conocimiento en el personal técnico de las empresas viales.

Tipo de curva a adoptar según el ángulo de deflexión

Con los valores calculados y teniendo en cuenta los conceptos ya vertidos sobre mínima y máxima longitud de curvas se confeccionó el cuadro N° 5.

No proyectando curvas de longitud menores de 100 metros, salvo en los puntos de giros de 0° a 30 minutos, ni mayores de 1.200 metros llegamos a las conclusiones transcritas en el cuadro citado.

CUADRO N° 5

Ángulos	Curvas		
	Puntos de giro — ninguna curva		
$0^\circ - 30'$	circular	transición total	circular con transiciones
$30' - 1^\circ$	$R \geq 10.000 \text{ m.} +$	$R_c \geq 2.800 \text{ m.}$ $R_c \geq 5.900 \text{ m.}$	$Le \geq 40$, $R_c \geq 3.000$ y otras combinac. (*)
$1^\circ - 2^\circ$	$R \geq 5.000 \text{ m.} +$	$R_c \geq 2.800 \text{ m.}$	$Le \geq 40$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (*)
$2^\circ - 4^\circ$	$R \geq 3.000 \text{ m.} +$	$R_c \geq 1.500 \text{ m.}$	$Le \geq 40$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (*)
$4^\circ - 6^\circ$	$R \geq 1.500 \text{ m.} +$	$R_c \geq 1.000 \text{ m.}$	$Le \geq 70$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (+)
$6^\circ - 34^\circ$	no usarlas (**)	$R_c \geq 1.000 \text{ m.}$	$Le \geq 80$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (+)
$34^\circ - 64^\circ$	no usarlas (**)	no usarlas (***)	$Le \geq 80$, $R_c \geq 1.000$ y otras combin. (+)
$> 64^\circ$	Tratar que la traza (el eje) no presente ángulos mayores de 64° .		

Las llamadas o asteriscos del cuadro indican las siguientes aclaraciones.

El signo más (+) indica la curva más conveniente para esos ángulos, se observará no se indica la transición total.

Un asterisco (*), aclara que $Le \geq 40$ metros es la mínima aconsejada, cuando con $L = 40$ el paso es menor de $0,20 \text{ m.}$ Si se quisiera tener un $p > 0,20 \text{ m.}$ sería necesario sólo aumentar el largo de la Le elegida.

Dos asteriscos (**), indican no usar las curvas circulares simples pues el cambio de la fuerza centrífuga, es demasiado brusco, y si se aumenta el radio para reducir ese salto de la fuerza centrífuga, resultan curvas demasiado largas.

Tres asteriscos (***), aconseja no proyectar transiciones dobles para ángulos mayores de 34° , pues resultan curvas demasiado largas y además siempre es posible hallar una circular con transiciones más suave y corta que la primera.

En el mismo cuadro se indica que se procurará no tener en la traza quiebre o ángulos mayores de 64° , este guarismo también podría ser 65° ó 70° , esto es siempre posible cuando se dictan normas precisas a los técnicos jefes de las Comisiones de estudio del trazado. Además esta condición impuesta con tiempo no origina un trazado más caro, ni más largo.

El párrafo anterior vale para rutas abiertas; en zonas urbanas y suburbanas, edificios y otras circunstancias, como así el valor de las expropiaciones, el poder utilizar arterias existentes, sus empalmes, etc., pueden obligar a aceptarse ángulos mayores.

Si bien se dijo anteriormente que estos trabajos pretenden contribuir para mejores especificaciones o normas en organismos oficiales y empresas, principalmente van dirigidos a los ingenieros y técnicos dedicados a la disciplina vial, donde encontrarán los fundamentos para proyectar la mejor curva a cada caso concreto.

Además si bien se tienen dos excelentes libros en las Tablas de Vialidad Nacional y la de Sarrazin, con estos comentarios se aprenderá a utilizarlos más eficientemente obteniéndose soluciones que si bien no las brindan directamente, se deducen de los valores expuestos o explicados en las mismas.

En la figura 4, se graficaron cómo varía la fuerza centrífuga en los tres tipos de curvas y se destaca la suavidad de las curvas circulares con transiciones.

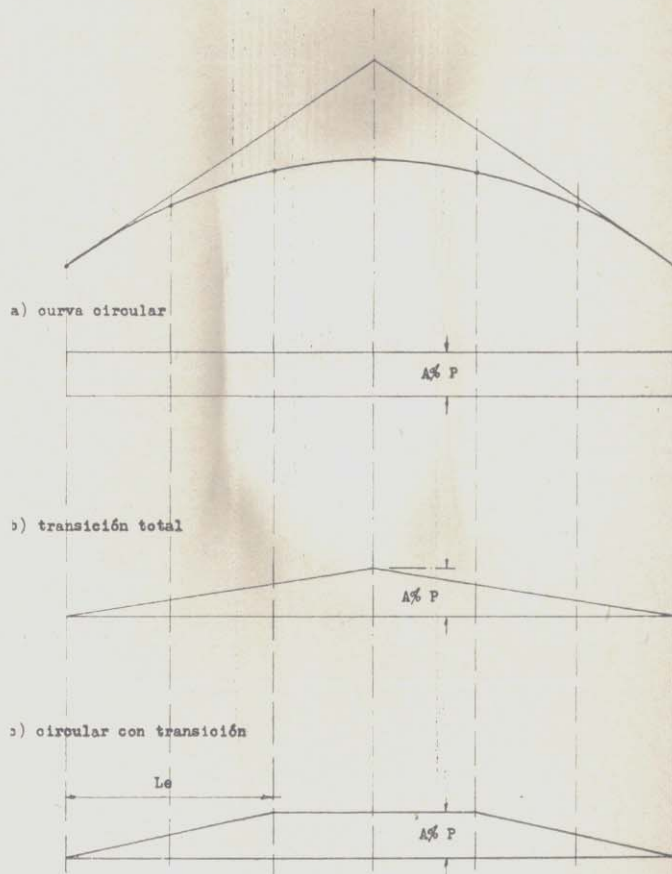


Figura 4. - Gráfico fuerza centrífuga. (Suponiendo igual longitud de curvas y mismo R ó R_c y velocidad).

En la figura 5 se dibujaron las mismas variaciones de las fuerzas centrífugas en trazo lleno para las distintas curvas y la forma más racional de adaptar el peralte a las mismas con trazo punteado.

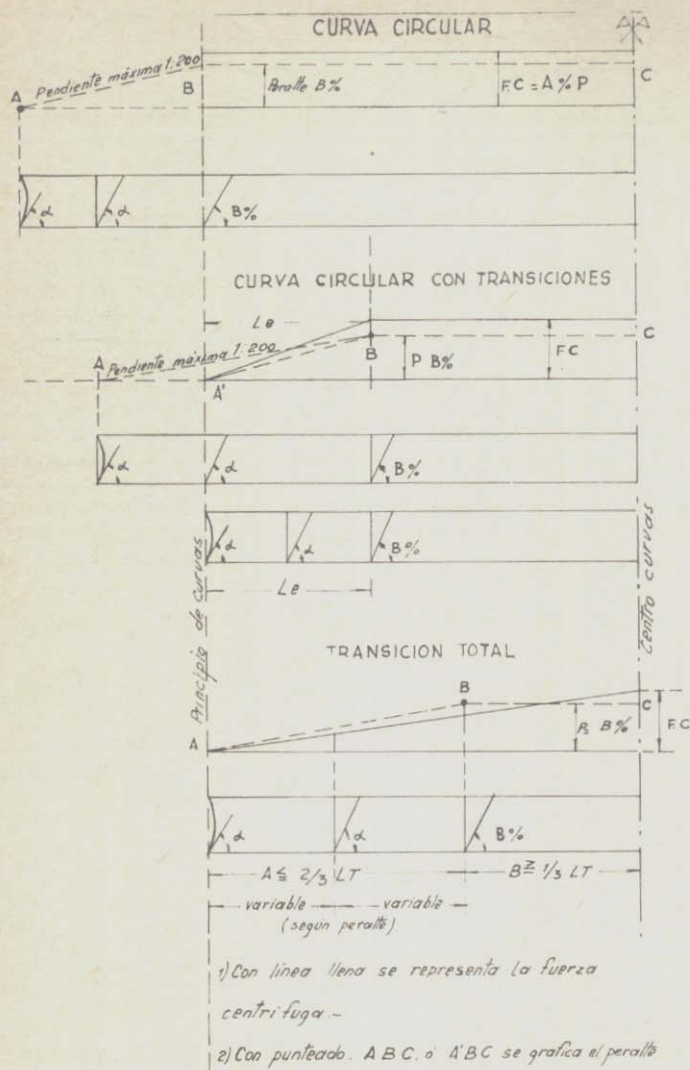


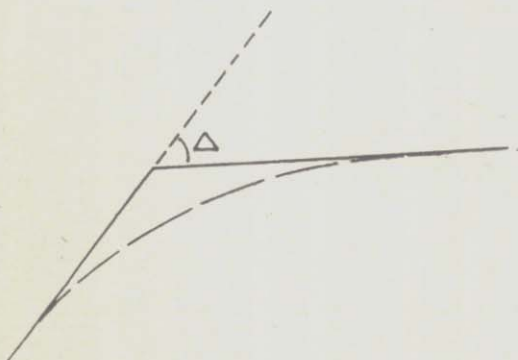
Figura 5. - Curvas de igual $R = R_c$.

CURVAS DE TRANSICION TOTAL

Explicación de los cuadros de valores

APENDICE

Columna (1) — Δ , ángulo indicado en la siguiente figura:



Columna (2) — $L_e = L_{TT}$, longitud de la transición total para $R = 1.000$ m.

Columna (3) — $p = f$, paso para $L_{TT} = 1$ —

$$p = f = \frac{L \cdot \Delta}{24 \times 57,29565} = 0,0007272 L \cdot \Delta$$

$$T_e = (R_c + p) \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} + \frac{L_{TT}}{2}; L_{TT} = \frac{R \cdot \Delta}{57,29565} = 0,014533 R \cdot \Delta$$

$$E_e = (R_c + p) \left(\operatorname{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1 \right) + p; Y = \frac{X^2}{6RL}$$

$$X_c = \left[1 - \left(\frac{\Delta^2}{40} - \frac{\Delta^4}{3456} + \frac{\Delta^6}{609.040} - \dots \right) \right] \dots L_{TT}$$

$$Y_L = \frac{X^3}{6R}$$

$$Y_c = \left(\frac{\Delta}{6} - \frac{\Delta^3}{336} + \frac{\Delta^5}{42240} - \dots \right) L_{TT}; Y_1 = Y \frac{RL}{R_1 L_1}$$

Expresiones de la tangente, distancia al vértice y abscisa y ordenada del centro de la curva, para $L_{TT} = 1$, ocupan las columnas (4), (5), (6) y (7), respectivamente.

En la Tabla N° 2 en la columna (8) y en su continuación la (9) las abscisas hasta 600 m.

En la columna (10) los valores de Y_L para $R = 1.000$ m y las correspondientes abscisas de la columna (8) y (9), y que sirven de valores auxiliares para facilitar el cálculo del replanteo de otras transiciones totales.

En la columna (11) las ordenadas correspondientes a las abscisas de la columna (8), para la curva del ejemplo N° 1, de $R_c = 1.000$ m $\Delta = 16^\circ 12' = 16,2^\circ$ y la correspondiente $L_{TT} = 282,7439$ m.

En la columna (12), se dan las ordenadas para las correspondientes abscisas, de la curva del ejemplo N° 2 de $R_c = 2.000$ m $\Delta = 14^\circ$ y $L_{TT} = 488,6932$ m.

Cemento Portland

"CORCEMAR"

CORPORACION CEMENTERA ARGENTINA
Sociedad Anónima

Avda. de Mayo 633
3er. Piso

30 - 5581
BUENOS AIRES

TABLA N° 1 PARA CALCULO DE CURVAS DE TRANSICION TOTAL PARA ANGULOS DE 0° A 20°

Δ (1)	Para R: 1.000 L e (2)	$p = f$ (3)	Para LTT: 1 m T e (4)	E e (5)	-X c (6)	Y c (7)
0	0	0	1	0	1	0
0,2	3,490667	0,00015	1.000.001	0,00058	1	0,00058
0,4	6,981333	0,00029	1.000.005	0,00116	1	0,00116
0,6	10,471998	0,00044	1.000.010	0,00174	0,99999	0,00174
0,8	13,962664	0,00058	1.000.015	0,00232	9	0,00232
1	17,453333	0,00073	1.000.023	0,00291	0,99999	0,00291
1,2	20,943996	0,00088	1.000.030	0,00349	9	0,00349
1,4	24,43466	0,00102	1.000.038	0,00407	8	0,00407
1,6	27,92533	0,00117	1.000.050	0,00465	8	0,00465
1,8	31,41599	0,00131	1.000.063	0,00523	7	0,00523
2	34,90666	0,00146	1.000.075	0,00582	0,99997	0,00582
2,2	38,39733	0,00161	1.000.092	0,00640	6	0,00640
2,4	41,88799	0,00175	1.000.110	0,00698	5	0,00698
2,6	45,37866	0,00190	1.000.129	0,00756	5	0,00756
2,8	48,86932	0,00204	1.000.149	0,00814	4	0,00814
3	52,35999	0,00219	1.000.170	0,00873	0,99993	0,00873
3,2	55,85066	0,00233	1.000.196	0,00931	2	0,00931
3,4	59,34132	0,00248	1.000.223	0,00989	1	0,00988
3,6	62,83199	0,00262	1.000.250	0,01047	0	0,01046
3,8	66,32265	0,00277	1.000.277	0,01105	0,99989	0,01104
4	69,81332	0,00291	1.000.304	0,01164	0,99988	0,01162
4,2	73,30399	0,00305	1.000.338	0,01223	0,99987	0,01221
4,4	76,79465	0,00320	1.000.372	0,01281	85	0,01279
4,6	80,28532	0,00334	1.000.406	0,01339	84	0,01337
4,8	83,77598	0,00349	1.000.440	0,01397	82	0,01395
5	87,26665	0,00363	1.000.475	0,01456	0,99981	0,01454
5,2	90,75732	0,00377	1.000.517	0,01515	0,99979	0,01513
5,4	94,24798	0,00392	1.000.559	0,01573	78	0,01571
5,6	97,73865	0,00406	1.000.601	0,01639	76	0,01629
5,8	101,2293	0,00421	1.000.643	0,01689	75	0,01687
6	104,7200	0,00435	1.000.685	0,01747	0,99973	0,01745
6,2	108,2106	0,00450	1.000.734	0,01806	0,99971	0,01803
6,4	111,7013	0,00464	1.000.783	0,01864	69	0,01861
6,6	115,1920	0,00479	1.000.833	0,01922	67	0,01919
6,8	118,6826	0,00493	1.000.883	0,01980	65	0,01977
7	122,1733	0,00508	1.000.933	0,02040	0,99963	0,02036
7,2	125,6640	0,00523	1.000.990	0,02098	0,99961	0,02094
7,4	129,1546	0,00537	1.001.048	0,02156	58	0,02152
7,6	132,6453	0,00552	1.001.106	0,02215	56	0,02210
7,8	136,1360	0,00566	1.001.163	0,02273	53	0,02268
8	139,6266	0,00581	1.001.220	0,02332	0,99951	0,02326
8,2	143,1173	0,00596	1.001.285	0,02390	0,99948	0,02384
8,4	146,6080	0,00610	1.001.349	0,02449	46	0,02442
8,6	150,0986	0,00625	1.001.414	0,02507	43	0,02500
8,8	153,5893	0,00639	1.001.479	0,02565	41	0,02558
9	157,0800	0,00654	1.001.544	0,02625	0,99938	0,02617
9,2	160,5706	0,00669	1.001.616	0,02683	0,99935	0,02675
9,4	164,0613	0,00683	1.001.689	0,02742	32	0,02733
9,6	167,5520	0,00698	1.001.762	0,02801	30	0,02791
9,8	171,0426	0,00712	1.001.835	0,02860	27	0,02849
10	174,5333	0,00727	1.001.908	0,02919	0,99924	0,02907
10,2	178,0240	0,00742	1,001,99	0,02977	0,99921	0,02965
10,4	181,5146	756	207	3036	18	3023
10,6	185,0053	771	215	3095	14	3082
10,8	188,4960	785	223	3154	11	3140

Δ (1)	Para R: 1.000 L e (2)	p = f (3)	Para LTT: 1 m T e (4)	E e (5)	X c (6)	Y c (7)
11.-	191,9866	0,00800	1,00231	0,03213	0,99908	0,03198
11,2	195,4773	0,03814	1,00239	0,03271	0,99904	0,03256
11,4	198,9680	829	248	3330	01	3314
11,6	202,4586	843	257	3389	0,99897	3372
11,8	205,9493	858	266	3448	94	3430
12.-	209,4400	0,00872	1,00275	0,03507	0,99890	0,03488
12,2	212,9306	0,00887	1,00285	0,03566	0,99886	0,03546
12,4	216,4213	901	294	3625	82	3604
12,6	219,9120	916	304	3684	79	3662
12,8	223,4026	930	313	3743	75	3720
13.-	226,8933	0,00945	1,00323	0,03803	0,99871	0,03778
13,2	230,3840	0,03960	1,00333	0,03862	0,99867	0,03836
13,4	233,8746	974	344	3921	63	3894
13,6	237,3653	989	354	3980	59	3952
13,8	240,8560	0,01003	364	4039	55	4010
14.-	244,3466	0,01018	1,00375	0,04099	0,99851	0,04068
14,2	247,8373	0,01033	1,00386	0,04158	0,99846	0,04126
14,4	251,3280	1047	397	4217	42	4184
14,6	254,8186	1062	408	4276	38	4242
14,8	258,3093	1076	419	4336	33	4300
15.-	261,8000	0,01091	1,00431	0,04396	0,99829	0,04358
15,2	265,2906	0,01105	1,00443	0,04455	0,99824	0,04416
15,4	268,7813	1120	455	4515	19	4474
15,6	272,2719	1134	467	4574	15	4532
15,8	275,7626	1149	479	4634	10	4590
16.-	279,2533	0,01163	1,00491	0,04694	0,99805	0,04648
16,2	282,7439	0,01178	1,00503	0,04753	0,99800	0,04706
16,4	286,2346	1192	516	4813	795	4764
16,6	289,7253	1207	529	4873	790	4822
16,8	293,2159	1221	542	4933	785	4879
17.-	296,7066	0,01236	1,00555	0,04993	0,99780	0,04937
17,2	300,1973	0,01250	1,00569	0,05053	0,99775	0,04995
17,4	303,6879	1265	582	5113	770	5053
17,6	307,1786	1279	596	5173	764	5111
17,8	310,6693	1294	610	5233	759	5169
18.-	314,1599	0,01308	1,00623	0,05293	0,99754	0,05227
18,2	317,6506	0,01323	1,00637	0,05353	0,99748	0,05285
18,4	321,1413	1337	652	5413	742	5342
18,6	324,6319	1352	666	5473	737	5400
18,8	328,1226	1366	680	5533	731	5458
19.-	331,6133	0,01381	1,00695	0,05594	0,99725	0,05516
19,2	335,1039	0,01395	1,00709	0,05654	0,99719	0,05574
19,4	338,5946	1410	724	5714	713	5632
19,6	342,0853	1424	739	5775	708	5689
19,8	345,5759	1439	755	5835	702	5747
20.-	349,0666	0,01453	1,00770	0,05896	0,99696	0,05805

TABLA N° 2 PARA ABSCISAS ENTRE 0 Y 600 METROS

X (8)	Y (10)	Y (11)	Y ₁ (12)
0	0	0	
10	0,167	0,0006	0,0002
20	1,333	0,0047	0,0013
30	4,5	0,016	0,0046
40	10,667	0,038	0,011
50	20,833	0,074	0,021

TABLA N° 2 PARA ABCISAS ENTRE 0 Y 600 METROS

X (8)	Y (10)	Y (11)	Y ₁ (12)	
60	36,	0,127	0,037	
70	57,167	0,202	0,058	
80	85,333	0,302	0,087	
90	121,5	0,430	0,124	
100	166,667	0,589	0,170	
120	288,	1,019	0,295	
140	457,333	1,617	0,468	
150	562,5	1,989	0,575	
160	682,667	2,414	0,698	
180	972,	3,438	0,995	
200	1.333,333	4,716	1,364	
220	1.774,667	6,277	1,816	
240	2.304,	8,149	2,358	
250	2.604,167	9,210	2,664	
260	2.929,333	10,360	2,997	
280(9)	3.658,667	12,940	3,743	
300	4.500,	15,915	4,604	
320	5.461,333	19,315	5,588	
340	6.539,333	23,128	6,691	
350	7.145,333	25,271	7,311	
360	7.776,	27,502	7,956	
380	9.145,333	32,345	9,357	
400	10.666,667	37,726	10,914	
420	12.348,	43,672	12,634	
440	14.197,333	50,213	14,527	
450	15.187,5	53,715	15,540	
460	16.222,667	57,376	16,599	
480	18.432,	65,190	18,859	
500	20.833,333	73,683		
520	23.434,667	82,883		
540	26.244,	92,819		
550	27.729,167	98,072		
560	29.269,333	103,519		
580	32.518,667	115,011		
600	36.000,	127,324		

Para la obtención de las ordenadas de una curva T.T. cualquiera utilizamos los valores de una curva T.T. que tengamos calculada, en nuestro caso la del ejemplo N° 1, de $R = 1000$ y $\Delta = 16^\circ 12'$ que sirven de valores auxiliares base para calcular las

nuevas Y_2 dadas por la relación $Y_2 = Y_1 \frac{R_1 L_1}{R_2 L_2}$,

pero puede ser cualquiera otra curva calculada de distinto R y Δ .

Generalizando:

$$Y_n = Y_x \frac{R_x L_x}{R_n L_n}$$

Con estas tablas o cuadros, se puede calcular cualquier curva de transición total para ángulos Δ , comprendidos entre 0° y 20° . Para este rango de ángulos, la D.V.B.A., indicaba la utilización de este tipo de curvas en la RUTA PROVINCIAL 41.

Los valores de estas tablas han sido calculados por el autor, si bien para algunos sirvieron de control los datos en la publicación "Curvas con transiciones para caminos" de Vialidad Nacional.

Con los ejemplos que se desarrollan a continuación se pretende dejar bien aclarada su utilización.

Ejemplo N° 1. — Sea la curva de T.T. desarrollada en las tablas para $R = 1000$ m $\Delta = 16^\circ 12' = 16,2^\circ$.

Entrando por la columna (1) de las tablas donde se hallan los ángulos Δ de $0,2^\circ$ en $0,2^\circ$, en el renglón correspondiente a $\Delta = 16,2^\circ$, en la columna (2) se encuentra el valor de $L = 282,7439$ m calculada por la fórmula $L = \frac{TTR \Delta}{180^\circ} = \frac{R \cdot \Delta}{57,29565} = 0,01745333 R \Delta$.

De la columna (3) se obtiene el valor de $p = f = \frac{L^2}{24 R} = \frac{L \cdot \Delta}{24 \times 57,29565} = 0,0007272 L \cdot \Delta$ para $L = 1$ luego para obtener el valor de p , sólo es necesario multiplicar el valor dado en la columna (3) por la L correspondiente. $p = 282,7439 \times 0,01178 = 3,33$ m.

En las columnas (4) y (5) se consignan los coeficientes de T_e y E_e para $L = 1$, luego multiplicando dichas valores por la L correspondiente, se obtiene $T_e = 282,7439 \times 1,00503 = 284,17$ m.

$E_e = 282,7439 \times 0,04753 = 13,44$ m.

T_e y E_e se calcularon por las expresiones:

$$T_e = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + \frac{L}{2}; E_e = (R + p) \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) + p$$

En las columnas (6) y (7) se dan los factores para hallar X_c e Y_c en función de L , así se obtiene:

$X_c = 282,7439 \times 0,998 = 282,18$ m.

$Y_c = 282,7439 \times 0,04706 = 13,31$ m.

X_c e Y_c se calculan por las series

$$X_c = \left[1 - \left(\frac{\Delta^2}{40} - \frac{\Delta^4}{3456} + \frac{\Delta^6}{609040} \dots \right) \right] L T_T$$

$$(Y_c = \frac{\Delta}{6} - \frac{\Delta^3}{336} + \frac{\Delta^5}{42240} \dots) L T_T$$

El replanteo por abscisas y ordenadas se obtiene directamente de las columnas (8) y (10) donde para cada valor de X se obtiene Y, pues las tablas se calcularon para esta curva de T.T. de $R = 1.000$ y $\Delta = 16,2^\circ$.

Ejemplo N° 2. — Sea la curva T.T. de $R = 2000$ $\Delta_1 = 14^\circ$, también base de las tablas.

Su cálculo es el siguiente:

$$L_1 = 0,01745333 \times 2000 \times 14 = 488,6932 \text{ m o también entrando con } \Delta = 14^\circ.$$

$$L_1 = 244,3466 \times \frac{R_1}{R} = 244,3466 \times 2 = 488,6932 \text{ m.}$$

Tomando siempre los valores del renglón correspondiente a $\Delta = 14^\circ$ se tiene:

$$p = 488,6932 \times 0,01018 = 4,97 \text{ m.}$$

$$Te = 488,6932 \times 1,00375 = 490,53 \text{ m.}$$

$$Ee = 488,6932 \times 0,04099 = 20,03 \text{ m.}$$

$$Xc = 488,6932 \times 0,99851 = 487,97 \text{ m.}$$

$$Yc = 488,6932 \times 0,04068 = 19,88 \text{ m.}$$

El replanteo por abscisas y ordenadas se calculó por las tablas, luego a los valores X dados en la columna (8) y en su continuación la (9) le corresponden los valores Y, de la columna (12).

Las ordenadas Y_1 se calcularon por la relación

$$Y_1 = \frac{Y_{RL}}{R_1 L_1} = Y \frac{1.000 \times 282,7439}{2.000 \times 488,6932} = 0,2893 Y$$

Para L_1 mayores que L, las columnas (8) (10 y (11) se prolongaron con valores de abscisas mayores de 280 m. hasta 600 m. (innecesarios para la curva en el ejemplo N° 1 de $R = 1000$ $\Delta = 16,2^\circ$) pues esos guarismos sirven de auxiliares de cálculo para transiciones L_1 mayores que L.

Se limitaron los valores a X = 600 m, pues para ángulos Δ de hasta 20° , se considera que curvas más largas no se justifican.

Ejemplo N° 3. — Una curva de T.T. de $R_2 = 800$ m. y para un $\Delta = 10^\circ 20' 33'' = 10,3425^\circ$.

Aquí resulta necesario interpolar entre valores de la tabla, Δ está ubicado entre los renglones correspondientes a $\Delta 10,2^\circ$ y $\Delta = 10,4$ interpolando:

$$10,3425 - 10,2 = 0,1425, \frac{0,1425}{0,2} = 0,7125$$

Con el factor 0,7125 obtenemos:

$$L_2 = [178,024 + 0,7125 (181,5146 - 178,024)] \frac{R_2}{R} = L_2 = (178,024 + 0,7125 \times 3,4906) \frac{800}{1000} = 144,4089 \text{ m.}$$

También se pudo calcular así:

$$L_2 = 0,01745333 \times 800 \times 10,3425 = 144,4089 \text{ m.}$$

Análogamente se procede con los valores de las columnas (3) (4) (5) (6) y (7) interpolando.

$$p = 144,4089 \times 0,00752 = 1,09 \text{ m; } Te = 144,4089 \times 1,00205 = 144,70 \text{ m;}$$

$$Ee = 144,4089 \times 0,03019 = 4,36 \text{ m; } Xc = 144,4089 \times 0,99919 = 144,29 \text{ m;}$$

$$Yc = 144,4089 \times 0,03006 = 4,34 \text{ m.}$$

Replanteo por abscisas y ordenadas se tiene que para los valores de X de 0 a 140 m dados en la columna (8) se obtiene los correspondientes de Y_2 , multiplicando los valores de Y dados en la columna (11) por el factor

$$\frac{RL}{R_2 L_2} \text{ pues } Y_2 = Y \frac{RL}{R_2 L_2} = Y \frac{1.000 \times 282,7439}{800 \times 1,444089} = 2,4474 Y$$

$X = 0; Y = 0$	
$X = 10; Y = 2,4474 \times 0,0006 = 0,0015$	$X = 70; Y = 0,494$
$X = 20; Y = \dots \times 0,0047 = 0,0115$	$X = 80; Y = 0,739$
$X = 30; Y = \dots \times 0,016 = 0,039$	$X = 90; Y = 1,052$
$X = 40; Y = \dots \times 0,038 = 0,093$	$X = 120; Y = 1,442$
$X = 50; Y = \dots \times 0,074 = 0,181$	$X = 140; Y = 3,957$
$X = 60; Y = \dots \times 0,127 = 0,311$	

aditivo amínico para asfalto

"ADIFALT"

EMULSIONANTE PARA EMULSIONES ASFALTICAS CATION ACTIVAS

Aceptado por la Dirección Nacional de Vialidad

Laboratorio DISENOL S.R.L.

Fábrica y Administración:

CARHUE 2042

T. E. 21 - 6780

BUENOS AIRES

La Calidad de las Rocas de la Provincia de Buenos Aires a Través de los Ensayos Físico-Mecánicos

Por el Dr. AGUSTIN MONTEVERDE,
Jefe de la División Geología y Yacimientos de la Dirección Nacional de Vialidad.

Fotos: del L.E.M.I.T.

RESUMEN

Cotejando los resultados de los ensayos físico-mecánicos efectuados en Vialidad Nacional con los requerimientos de los pliegos de especificaciones, para cada tipo de roca, se llega a establecer una escala de calidades en concordancia con la génesis del grupo pétreo, si bien en algunos casos el número de ensayos resulta insuficiente y es aconsejable completar los elementos de juicio.

Resulta así que el material noble está constituido por los gneises no micáceos, las rocas graníticas y las cuarcitas, siendo ya de inferior calidad las calizas, areniscas cuarcíticas, toscas y conchillas. Se destaca la gran variabilidad de comportamiento de los diversos tipos de toscas y en grado menos acentuado la de esas areniscas cuarcíticas.

Es más, las rocas acentuadamente micáceas introducen a la estructura un factor de perturbación negativo y contraproducente por el efecto nocivo de la mica dado su carácter elástico, deslizante e indefinida fisibilidad. Por otra parte finamente triturada, ésta se comporta en forma parecida a la arcilla. La milonitización en cambio no suele afectar la calidad de la piedra a usar como pedregullo.

La mayor antigüedad de la roca y con ello el posible grado de metamorfismo alcanzado, supone un acrecimiento de la calidad, salvo que se hayan formado rocas micáceas a expensas de sedimentos originariamente arcillosos. Es así como el Basamento Cristalino resulta la fuente principal de material noble, aún haciendo abstracción de sus intrusiones ígneas.

Del trabajo comentado surge como ensayo fundamental para toda clase de estructuras, el desgaste Los Angeles. En cuanto al de dureza Dorry, que debiera ser una prueba clave para superficies de rodamiento, parece indudable que es necesario introducirle modificaciones en la forma de ejecución de manera que arroje una escala de valores más amplia. Los demás ensayos, salvo eventualmente el de absorción, no tienen mayor justificación en el material a emplear como pedregullo.

En su esencia, el presente trabajo conduce a una sistematización de los conocimientos sobre el comportamiento de las rocas, a completar y perfeccionar en el futuro, y a una simplificación y racionalización de los métodos de prueba de la calidad, en cuanto se refiere a agregados pétreos.



Aspecto macroscópico del gneis ojo (con "ojos" o porfiroblastos de feldespato), de alta calidad. Muestra de Cerro El Peregrino, Azul.

1º) Rocas aflorantes en la Provincia de Buenos Aires.

En cuanto a su origen y naturaleza, las rocas coherentes de la provincia pueden agruparse de la siguiente manera:

- 1) Rocas intrusivas o "graníticas", de origen ígneo y naturaleza masiva y homogénea. Puede tratarse de rocas normales o milonitizadas.
- 2) Rocas metamórficas del Basamento Cristalino. En ellas figuran dos sub-grupos diferentes: a) Ortogneises de remoto origen ígneo y ciertas migmatitas (rocas metamórficas de doble origen ígneo y sedimentario), que en cierto modo son

semejantes a rocas graníticas adicionales de gneisicidad (disposición bandada de los minerales), y que también pueden haber sido afectadas por milonitización o estar exentas de ella; b) Migmatitas de naturaleza micácea.

- 3) Paragneises diversos, esquistos metamórficos de origen sedimentario y disposición pizarrosa o foliada.
- 4) Grauvacas y cuarcitas, sedimentos metamórficos por lo general de naturaleza lamosa.
- 5) Areniscas cuarcíticas y areniscas, sedimentos muy poco o nada metamorfizados, que corresponden a la consolidación o compactación de una arena.
- 5) Calizas, sedimentos muy homogéneos formados por CO_3Ca . Consideramos incluidas en este grupo también a las dolomitas.

- 7) Toscas, sedimentos muy heterogéneos formados por infiltración de CO_3Ca en los loes o depositados en fondos de lagunas.
- 8) Conchilla (cuando está cementada), sedimento formado casi exclusivamente por valvas de moluscos.

2º) Los ensayos físico-mecánicos como recurso para medir la calidad.

Veremos a continuación que la confrontación de los resultados de los ensayos físico-mecánicos, a pesar de constituir procedimientos empíricos, permite establecer la calidad normal de cada grupo pétreo, ya que en definitiva este hecho deriva del proceso de formación de la roca y por lo tanto responde a la influencia que sobre su consolidación o coherencia han

(*) Informe técnico N° 223, presentado al Simposio de Geología de la provincia Buenos Aires, junio de 1962.

tenido precedentes fenómenos químicos y físicos. El azar pues, está excluido en ese juego de valores, siempre que la muestra sea representativa y la repetición de ensayos suficiente.

En el presente estudio, podrá observarse que para algunos grupos pétreos el número de ensayos ha sido muy reducido, circunstancia que aunque determinará en el futuro algunas variaciones, sin embargo puede tomarse en general como una primera aproximación.

Se ha llegado a la confección de las planillas sintéticas de resultados físico-mecánicos, luego de la revisión prolija de las libretas de trabajo del Laboratorio de Ensayos Físico-Mecánicos de la Repartición.

Desde luego, nos referimos a las rocas frescas, que prácticamente fueron las únicas ensayadas. Partiendo del estado fresco, la descomposición progresivamente va atacando a la roca, verificándose transformaciones químicas a expensas de su solidez, a lo largo de una gama que termina con la desagregación completa. La resistencia al ataque de cada clase de roca es diferente, de acuerdo con su composición y con su estructura; las cuarcitas, formadas casi exclusivamente por cuarzo, resultan prácticamente inatacables, en tanto que las rocas que por el contrario sólo contienen piroxenos, anfíboles, olivina o feldespatos, son susceptibles de transformaciones profundas, resultando así una gradación de situaciones intermedias (ortogneises, rocas graníticas) para las diversas proporciones en que pueden combinarse esos minerales. Parece que, sobre todo en las rocas constituidas por minerales que reaccionan más fácilmente, el proceso destructivo se precipita hacia sus últimos estadios, siguiendo una curva de aceleración elíptica; así por ejemplo los meláfiro, cuando alcanzaron determinado grado de descomposición, aún conservan cierta compacidad, pero una vez removidas del yacimiento, los trozos se desagregan en poco tiempo. Puede, pues, hablarse de roca fresca, haciendo abstracción de posibles procesos iniciales de descomposición.

Dejamos de lado la desintegración física, pues las partículas resultantes no aparecen sensiblemente afectadas por la alteración, así como también de los fenómenos de disolución que acontecen en ciertas rocas, pues el remanente mantiene intactas sus propiedades.

En cuanto a la aptitud, hay que cotejar los resultados obtenidos en los ensayos con los límites fijados para cada tipo de construcción en los pliegos de especificaciones. A fin de generalizar ese complejo planteo, he de remitirme preferentemente a los ensayos clave exclusivamente en cuanto a obras a base de pedregullo, tomando como índices los topes establecidos tanto para las construcciones de tipo superior como aquellos de las exigencias mínimas.

Como ensayos clave se encuentran: el desgaste Los Angeles, la resistencia a la compresión y en cierto modo el porcentaje de absorción, este último porque da una idea cabal de la porosidad de la roca y de la medida en que se encuentra expuesta a los ataques físicos y químicos del medio ambiente, y porque influye sobre las dosificaciones de las mezclas.



Microfotografía de una aplita, roca filónica, de Olavarría.

En la actualidad existe la tendencia a considerar más cabalmente representativo de la calidad al ensayo Los Angeles, a pesar de no dejar de ser un procedimiento empírico, por operarse en este caso directamente sobre el pedregullo. Este procedimiento, además de resultar más sencillo en su ejecución, ha demostrado en la práctica que arroja valores que están en estrecha relación con la calidad real de la piedra, por lo que ha venido a sustituir con ventaja al ensayo de desgaste Deval (que se ejecuta sobre trozos equidimensionales de aproximadamente 100 gr c/u), pudiéndose decir que en ambos casos se está midiendo una combinación de la resistencia al desgaste y al impacto.

3º) Los ensayos sobre probetas y su relación con la milonitización y la gneisicidad.

El ensayo de compresión, del mismo modo que el de tenacidad, ha de efectuarse sobre probetas de la roca, lo que significa que los resultados estarán afectados por las fallas que esas probetas contengan, defecto eliminado en el método Los Angeles, ya que la previa trituración hubo de efectuarse preferentemente a expensas de las fisuras y superficies de menor resistencia que atraviesan la roca.

Ahora bien, ocurre que de acuerdo a los pliegos de especificaciones en vigencia, ciertas rocas (milónicas o accidentalmente fisuradas) pueden quedar eliminadas de aquellos usos en que se exige un cierto valor de resistencia a la compresión. Sin embargo, si el material ha de usarse triturado, es evidente que es un error aplicar tales limitaciones de valores de compresión, cuando el material ofrezca resultado satisfactorio al desgaste Los Angeles, puesto que entonces se pretende medir un defecto ya eliminado por la trituración y no la verdadera resistencia de las partículas; éstas, por otra parte, no son susceptibles de someterse al ensayo de compresión. Por tales motivos, parece lo más razonable que el ensayo de resistencia a la compresión debiera eliminarse de las especificaciones como no se refiera a material a usar en piezas (adoquines y granitillo para calzadas, y sillares y mampuestos para murallas).

A más abundamiento agregaremos que es frecuente que una roca de elevada calidad haya sido resquebrajada por movimientos de la corteza terrestre posteriores a su consolidación. Estas rocas milónicas ofrecerán el contrasentido de valores elevados con excepción de los correspondientes a compresión y tenacidad.

La milonitización afecta fajas de la corteza terrestre, verificándose normalmente sobre las antiqüísimas rocas del Basamento Cristalino (gneises y sus intrusiones graníticas). La roca, por lo general de apariencia normal, estará entonces atravesada por una malla de superficies de menor resistencia, que, aparte de los ensayos mencionados, puede acusar el examen microscópico.

Las rocas masivas ofrecen iguales valores de resistencia en cualquier dirección; en este caso se hallan las rocas ígneas y aquellas sedimentarias constituidas por bancos gruesos.

Pero en las rocas metamórficas o en las sedimentarias finamente estratificadas, naturalmente hay una diferencia de valores según que el esfuerzo se verifique en posición normal o paralela a las capas citadas. La menor resistencia en esos planos pseudo-paralelos admite una amplia gradación; desde la exfoliación fácil y hasta espontánea de los esquistos (filitas, pizarras), pasando por las rocas acentuadamente estratificadas, se llega a la más débil vectorialidad de los gneises. La gneisicidad o disposición de los minerales en bandas paralelas, por efecto del metamorfismo sobre rocas que originariamente tuvieron una participación ígnea, determina en cierta medida un fenómeno atenuado pero parecido al de la existencia de planos virtuales de separación que acontece en los esquistos y rocas estratificadas.

Cuando la vectorialidad es acentuada puede traducirse o bien en bajos coeficientes de cubicidad o en valores de resistencia (compresión, tenacidad) demasiado bajos en una dirección; en este caso se hallan sin duda las rocas esquistosas. Si es poco acentuada, como suele ocurrir en los gneises, no incidirá sensiblemente en su calidad como material de construcción en forma de pedregullo. En definitiva, esta cualidad negativa sólo puede interesar cuando la diferencia de valores según la dirección es muy acentuada (hecho que no está contemplado en las especificaciones) o cuando se traduce en bajos coeficientes de cubicidad. Coeficientes superiores a 0,60, 0,50 y 0,40 se exigen en los agregados para pavimentos bituminosos.

4º) La calidad y aptitud de acuerdo a los pliegos de especificaciones

Para el pedregullo de los pavimentos bituminosos el Pliego de Especificaciones Generales de Vialidad Nacional exige que el desgaste Los Angeles sea menor al 30 % admitiéndose menos del 45 % para el material a usar en bases estabilizadas con cemento portland; tomaremos pues estas limitaciones como primordiales para juzgar acerca de la calidad óptima, o bien aceptable de cada grupo pétreo. Complementariamente se tendrá en cuenta que la resistencia a la compresión exigida para calzadas de hormigón es de 800 kg/cm².

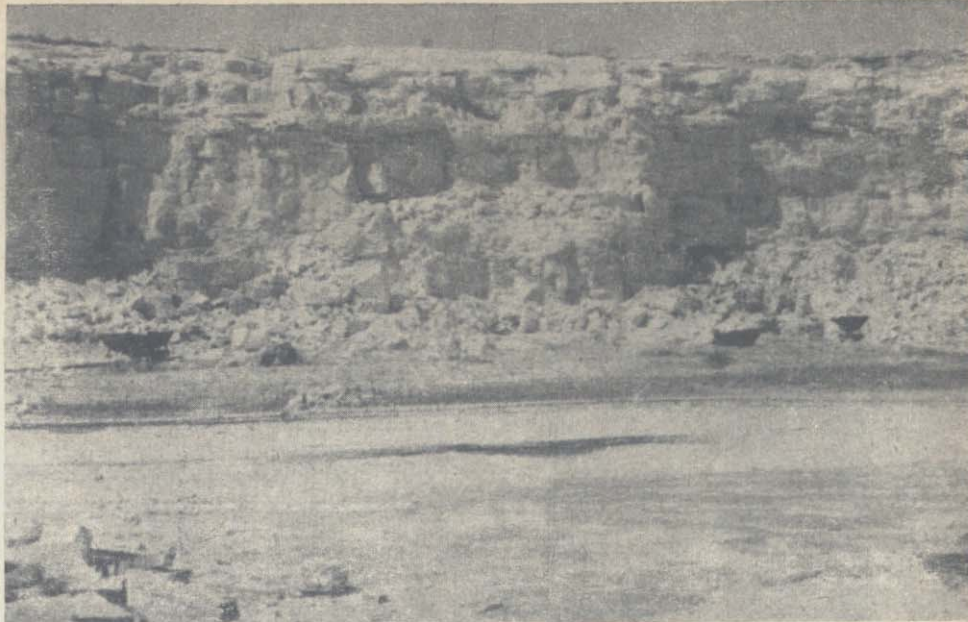
y de 600 kg/cm² para el agregado grueso, para hormigones en general. Los valores de absorción oscilan entre 0,8 % (baldes de hormigón armado) y 1,20 % (calzadas de hormigón). Las referencias a los otros ensayos sólo serán accidentales, pero antes de seguir adelante corresponde señalar que si bien el ensayo de dureza Dorry por consistir en realidad en una prueba de verdadero desgaste por tratamiento, debiera ser fundamental para las superficies de rodamiento, sin embargo en la práctica no resulta mayormente ilustrativo por arrojar valores muy próximos entre sí; quizá sería necesario modificar las condiciones del ensayo de manera que diera una más amplia escala de valores en concordancia con la naturaleza de la roca ensayada, de tal forma que pudiera constituir para las superficies de rodamiento un ensayo clave complementario de Los Angeles, este último en el orden general.

En las rocas de naturaleza gneílica el porcentaje del desgaste Los Angeles oscila entre 14,20 % y 27,30 %, es decir, situándose siempre por debajo de las especificaciones más exigentes. La absorción es siempre inferior a 0,81 %, siendo por lo tanto en este aspecto también aptas para todo uso. La resistencia a la compresión varía desde 561 kg/cm², hasta 2363 kg/cm², hallándose por debajo de los 800 kg/cm² mencionados, en un 9 % de los casos y aún por debajo de los 600 kg/cm² en el 4,5 % de las determinaciones; estos casos de bajos valores de compresión se deben a fenómenos de milonitización y en parte al grado de gneisicidad de la roca.

Los valores arrojados por las rocas graníticas, que siempre se tomaron como modelo de alta calidad, demuestran que son algo inferiores a las rocas gneílicas. El desgaste Los Angeles oscila entre 13,8 % y 37,8 % excediendo el 30 % antes mencionado, en un 25 % de los ensayos. En resistencia a la compresión, que varía entre 3210 y 534,5 kg/cm², el porcentaje de fallas (14,2 % y 9,2 % respectivamente) es algo mayor que para las rocas gneílicas; caben las mismas consideraciones acerca de la milonitización que para las rocas gneílicas. En cambio la absorción, siempre situada por debajo de 0,588 %, se halla distante de toda limitación.

En las grauvacas y cuarcitas, consideradas en conjunto, ya que las primeras apenas fueron ensayadas, el desgaste Los Angeles arroja valores entre 13,20 y 35,60 % excediendo el 30 % de pliegos en un 22 % de los ensayos. Tanto en absorción, inferior al 0,54 %, como en resistencia a la compresión, por encima de 810 kg/cm², superan las exigencias. Sin embargo es necesario tener presente que tal generalización no está avalada por suficiente número de ensayos y que inclusive sería necesario establecer ciertas particularidades diferenciales de comportamiento entre ambos tipos de roca. Es necesario agregar que el metamorfismo suele manifestarse asimismo en cierta disposición lamosa de la roca, que mayormente no afecta su uso para pedregullo.

En los grupos siguientes el comportamiento cambia visiblemente. Sobre las areniscas de González Chávez, pertenecientes al orógeno de Sierra de la Ventana, no puede abrirse juicio por lo exigentemente



Frente de cantera en arenisca cuarcítica con intercalaciones de arcilla caolínica, en bancos horizontales. Cantera Los Curros, Chapadmalal.

ensayadas y la disparidad de valores arrojados; como ejemplo de tal variabilidad podemos señalar que al ensayo de desgaste Deval dio las cifras extremas y poco comunes de 0,80 y 6,18 %.

Sobre las calizas también existen pocos elementos de juicio para formarse un concepto definitivo; por el momento sólo puede consignarse que la absorción parece ser inferior al 0,47 % y la resistencia a la compresión oscilante entre 353 kg/cm² y 1227 kg/cm², cifras que auguran un comportamiento poco promisorio como agregado inerte; además la dureza Dorry se halla siempre por debajo de lo exigido, como suele ocurrir en general con las rocas de naturaleza calcárea, ya que la calcita es un mineral blando. Dado que la caliza participa de la propiedad de la calcita que la constituye, de ser algo soluble, no

puede usarse en construcciones sumergidas o situadas en la napa acuífera. Por otra parte, es sabido que el valor de estas rocas reside en el hecho de ser la materia prima para la elaboración de cales y cementos y no como agregado inerte.

En las areniscas cuarcíticas del cordón de Tandilia ya la defección es general. Los valores Los Angeles se sitúan entre 25,6 % y 78,2 %, sobrepasando el límite del 30 % en un 97 % de los ensayos, y aún el tope de 45 % en un 42 % de las determinaciones; inclusive el 72 % de ellas acusan más de 35 % de desgaste, es decir que prácticamente la totalidad excede las especificaciones; además frecuentes valores superiores al 50 % de desgaste, eximen de todo comentario. En resistencia a la compresión muestran un comportamiento mucho más variable, pues presentan re-



Aspecto macroscópico de una coquina o conchilla cementada. Muestra procedente de Magdalena.

ESCALA DE CALIDADES DE LAS ROCAS

EFECTO EN LAS ESTRUCTURAS	APTITUD	CALIDAD		GRUPO PETREO
		CALIFICACION	GRADO DE ACENTUACION	
POSITIVO	Material noble, apto para construcciones de tipo superior; incluso sirve para superficies de rodamiento y hormigones.	SOBRE-SALIENTE	7	Rocas Gneisicas (no micáceas). La gneisicidad eventualmente puede imponerles restricciones.
			6	Rocas graníticas. Las pegmatitas pueden hallar algunas limitaciones.
		BUENA	5	Cuarcitas y Grauvacas. Debe confirmarse la calidad con mayor número de ensayos. Corresponde establecer las particularidades diferenciales entre ambos tipos de roca; por de pronto la cuarcita es acentuadamente hidrofílica.
	Material inferior, cuyo uso es aconsejable limitarlo a bases, sub-bases y construcciones de tipo elemental.	DEFICIENTE	4	Calizas (incluso dolomitas, consideradas como agregados pétreos). Los elementos de juicio todavía son insuficientes para fijar su comportamiento como agregado pétreo resistente, pero es evidente su homogeneidad de composición y de estructura. Por su solubilidad no deben usarse en fundaciones sumergidas o situadas en la capa acuífera.
		MUY BAJA	3	Areniscas Cuarcíticas. De aspecto uniforme pero comportamiento muy variable, aunque no tanto como la tosca considerada en conjunto, por lo común los ensayos se mantienen en cifras desfavorables.
			2	Toscas. Su naturaleza y, por lo tanto su comportamiento, presentan un amplísimo margen de variación; cuando están bien cementadas por CO ₂ Ca y/o eventualmente silicificadas, pueden llegar a ser muy duras, aunque por lo general en contigüidad de porciones blandas y hasta desmenuzables; esta heterogeneidad suele traducirse en deformaciones o baches de los caminos.
			1	Conchilla Cementada. No se puede abrir juicio definitivo, previéndose que por su naturaleza tendría que ser aproximadamente similar a la tosca.
INDEFINIDO	Mat. inútil	NULA	0	Esquistos Pizarreños. Arrojan partículas completamente achatadas.
NEGATIVO	Material perjudicial, sólo aporta factores de perturbación perjudiciales; debe excluirse sistemáticamente de toda construcción.	CONTRAPRO-DUCENTE	1	Gneis Micaesquisto y sinalares. Predomina notablemente la mica.
			2	Micacita. Casi exclusivamente constituida por mica.

sultados ubicados en el amplísimo margen de 183 kg/cm² a 1837 kg/cm², hallándose en un 62,5 % de los casos por debajo de los 800 kg/cm² señalados y en el 42,8 % por fuera de los 600 kg/cm². En absorción exceden las especificaciones en el 35 % y el 12 % de los casos, respectivamente, llegando a alcanzar la cifra máxima de 2,502 % de absorción. El tope superior de cubicidad no lo cumplen el 50 % de las veces y asimismo ofrecen la cifra más desfavorable de durabilidad de la provincia, bien que dentro de los límites especificados, puesto que éstos son muy altos.

Las toscas, dentro de una calidad en general inferior, y una gran heterogeneidad en composición y estados de cementación, a veces suelen resultar algo mejores que las areniscas cuarcíticas en desgaste Los Angeles, merced a la intervención del CO₂Ca y a veces de la sílice; desde la tosca silicificada y muy dura hasta el simple calcáreo suelto, se extiende una gama de estados químicos y físicos; numerosas determinaciones por el método Los Angeles las sitúan entre 16,4 % y 78,4 %, hallándose en el 72 % de los casos por encima del 30 % especificado y superando aún el 45 % de desgaste en el 12 % de las determinaciones. Los pocos ensayos de compresión parecen acusar cifras inferiores a los 800 kg/cm². En cubicidad son mejores que las areniscas cuarcíticas.

Desde luego, la conchilla (en su variedad cementada) casi no ha sido ensayada pero las escasas determinaciones realizadas arrojan valores Los Angeles por encima del 35 %, previéndose que por su naturaleza la calidad tendría que ser similar a la de la tosca. Las valvas están formadas, sobre todo en su porción interior, por nacar, que consiste en una combinación de substancia orgánica y CO₂Ca.

Existen aún rocas que debido a su manifiesta mala calidad no fueron ensayadas, pero que completan el cuadro de las rocas de la Provincia de Buenos Aires, a saber los esquistos de estructura pizarrosa (buena parte de los paragneises) y los gneises de naturaleza micácea (gneis esquistoso y sobre todo gneis micaesquistoso).

En cuanto a los esquistos pizarreños, es indudable que por su estructura finamente foliada o al menos su tendencia acentuada a hendirse según el plano de esquistosidad en rajuelas delgadas, están situados por debajo de la calidad de las rocas precedentes. Los ensayos a base de probetas (Dorry, Page, compresión) o de trozos equidimensionales (Deval), son imposibles de

ADITIVO AMINICO "ADROG"

Se usó en la
Repavimentación
de la Ruta 7
Capital Federal
Tramo:
Avda. Rivadavia
desde Gral. Paz
hasta Nazca



Representante exclusivo:

ADRO - QUIMICA S. A.

PARANA 768

Tel.: 44 - 0108/1278

realizar, pero es evidente que este material tiene forzosamente que arrojar valores muy bajos, máxime en una de las direcciones y que su cubicidad sería excepcionalmente desfavorable. Este material, según su grado de fisibilidad, no aporta a las estructuras casi ningún beneficio, y así carece de aptitud, como no sea para su empleo en tejas de techado, si es que reúne ciertas características.

El gneis micaesquistoso, más aún a la micacita, y a veces al gneis esquistoso, ya cabe adjudicarle cualidades francamente negativas. Si bien micaesquistos de otras provincias ofrecieron un estado físico incluso suficiente para permitir la realización de ensayos (que por otra parte arrojaron valores muy bajos), el efecto nocivo de la mica es determinante como para estar redado en toda clase de construcciones. Esta, al predominar en la composición, impone

al material triturado un carácter elástico y deslizante, derivado de su indefinida fisibilidad; la porción que resulte de la trituración, finamente molida, se comportará en forma parecida a la arcilla, con el agravante de tener un efecto más incierto que ésta. Como elemento de juicio adicional, cabe agregar que R. E. Grim en su clasificación de los minerales arcillosos, incluye algunas micas como la clorita; si se tiene en cuenta que precisamente los materiales arcillosos son los que originan por metamorfismo las rocas fuertemente micáceas, y que la estructura tabular de las moléculas arcillosas ofrece un acentuado paralelismo con la de las micas, cabe pensar que quizá haya estrechas relaciones entre ambos minerales, aún no conocidas suficientemente.

(Concluirá en el próximo número)

ULTIMOS EJEMPLARES

SOBRE FINANCIACION DE OBRAS VIALES

Por el Dr. ALBERTO OMAR GATTI

En venta en la

**ASOCIACION ARGENTINA
DE CARRETERAS**

En un volumen de 221 páginas quienes tienen intereses profesionales y empresarios en la acción vial encontrarán nutrida información sobre diversos aspectos del régimen financiero vigente.

Paseo Colón 823 7º Piso - Tel. 30 - 0889

para
estructuras
de hormigón
armado:
Control
Uniformidad
Economía



ACERO

DE

ALTO LIMITE DE FLUENCIA

Los países más avanzados en realizaciones estructurales de hormigón armado, han adoptado este tipo de acero por sus decisivas ventajas técnicas y económicas.

ACINDAR S.A. elabora su **ACERO ACINDAR 46β de ALTO LIMITE DE FLUENCIA** con palanquillas de acero Siemens-Martin de su propia fabricación y de acero importado especialmente seleccionado, lo que le confiere esta **"TRIPLE GARANTIA"**

CONTROL: El **ACERO ACINDAR 46β de ALTO LIMITE DE FLUENCIA** es sometido en todas las etapas de su elaboración al más riguroso contralor. La severa inspección de la palanquilla, la estricta supervisión de los procesos de laminado y de torsionado y los ensayos sistemáticos de las barras torsionadas, permiten asegurar su calidad.

UNIFORMIDAD: El **ACERO ACINDAR 46β de ALTO LIMITE DE FLUENCIA** es un producto uniforme garantizado por la alta eficiencia técnica de sus equipos y por la automaticidad de todas las operaciones.

ECONOMIA: El **ACERO ACINDAR 46β de ALTO LIMITE DE FLUENCIA** permite reducir la cuantía de acero y elevar las tensiones admisibles de cálculo, sin riesgos de fisuraciones peligrosas, por su alta adherencia con el hormigón. La supresión de ganchos extremos hasta diámetros de 14 mm. es otra economía adicional.

Todos los datos e
informaciones técnicas
pueden ser obtenidos
en nuestro
DEPARTAMENTO
DE VENTAS,
OFICINA TECNICA.



Es un producto



INDUSTRIA ARGENTINA DE ACEROS S.A.

EL MAYOR PRODUCTOR DEL PAIS DE ACEROS PARA LA CONSTRUCCION

OFICINAS DE VENTAS:

Paseo Colón 357, Bs Aires T. E. 30-3031- San Lorenzo 942, Rosario T. E. 64036

También hay un cemento

que siempre tiene

un **CLARO** destino...

Utilizado en el trazado de
FRANJAS Y CORDONES REFLECTANTES,
confiere seguridad al viaje nocturno
en calles y caminos.

En la **DECORACION** de pisos y paredes, ✱
es elemento indispensable
para obtener acabados perfectos y
de extraordinaria belleza.
Realizaciones duraderas y hermosas:
columnas, bancos, apliques y adornos.



✱ PINGÜINO es la base del SUPER IGGAM /"

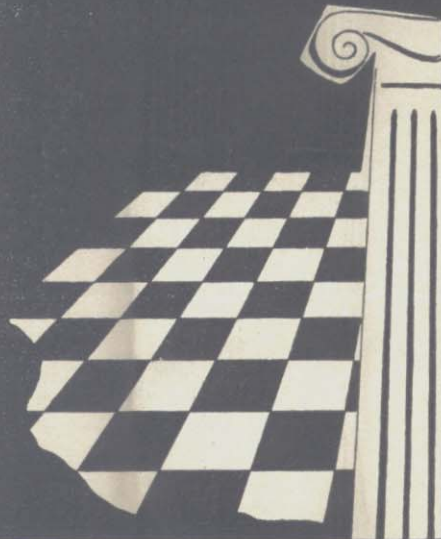
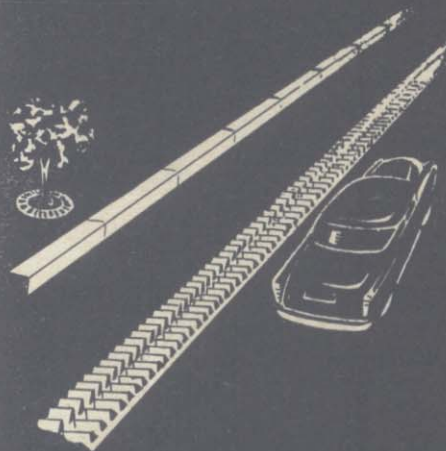


CEMENTO BLANCO
PINGÜINO
BLANQUÍSIMO



PARA CONSTRUIR MEJOR

BLANQUISIMO!

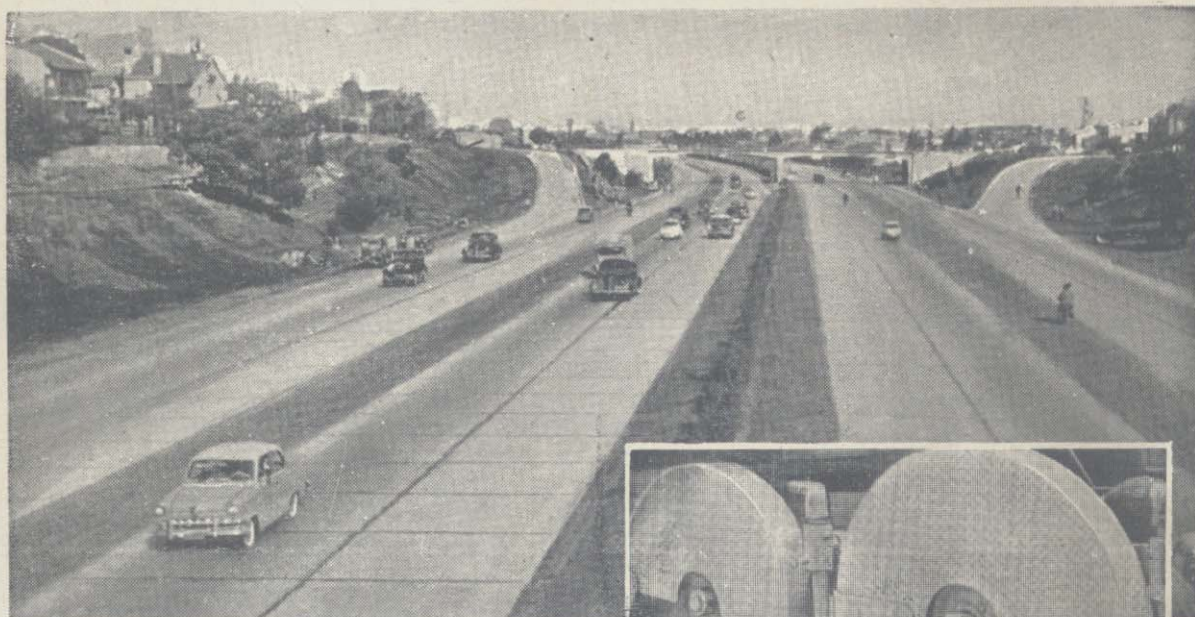


Impuesto en la
Argentina y requerido
desde el extranjero

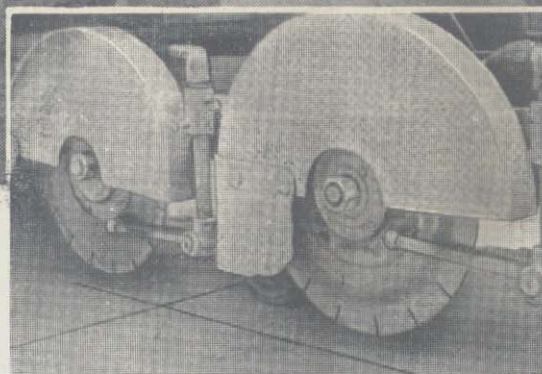
**es cemento
y...es blanco!**

IGGAM S.A.I. Defensa 1220 34-5531 Buenos Aires
Sucursales y Representantes en todo el país.

¡EL PROGRESO SE DESLIZA SOBRE CAMINOS MAS LISOS!



Acceso Norte a Buenos Aires - 8 manos de Tránsito.



Detalle de Juntas Aserradas.

La alta calidad y el excelente comportamiento de las rutas pavimentadas con hormigón ha sido comprobado de modo fehaciente y exhaustivo, tanto por los resultados registrados en los caminos construidos en gran escala con este material, de uso universal, como por las pruebas de laboratorio y ensayos acelerados que ha cumplido siempre con todo éxito.

La bondad de este material deriva de que es un producto del ingenio humano que adquiere la solidez, la resistencia y la permanencia de la roca.

La edad, que envejece y debilita a la mayoría de los materiales, no afecta al hormigón que, por el contrario, gana en resistencia a medida que transcurre el tiempo.

Ofrece, también, la máxima seguridad al tránsito por su resistencia a las patinadas y por su color claro que provee el máximo de visibilidad nocturna.

Estas características intrínsecas y únicas, propias del hormigón, se complementan con los precisos métodos de ingeniería empleados en la ejecución del pavimento, que sólo pueden usarse con este material, y que permiten satisfacer con holgura los estrictos requisitos que exige el tránsito moderno, en materia de lisura y terminación superficial.

Las juntas aserradas cortadas sobre el hormigón endurecido, de mínimo espesor y prácticamente invisibles, constituyen el factor decisivo para asegurar carreteras perfectas, de extraordinaria lisura y uniformidad, sobre las que el tránsito se desplaza con una serenidad maravillosa, sin el más mínimo ruido ni alteraciones en la marcha.

Por su rigidez distribuye las cargas sobre una mayor superficie de la subrasante que otros tipos de pavimentos. Requiere, en consecuencia, espesores inferiores a estos últimos.

Su conservación es simple y de bajo costo.

Todos estos factores sumados a su vida útil, estimada en 50 años y más aún para los pavimentos del futuro, muy superior a la de cualquier otro pavimento, dan por resultado que sea el de más bajo costo anual, es decir, que brinda la doble ventaja de ser el pavimento de más alta calidad y, conjuntamente, el más económico.

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

San Martín 1137

Buenos Aires

SECCIONALES: CENTRO: Av. Gral. Paz 70, Córdoba - NORTE: Muñecas 110, Tucumán - SUR: Calle 48 N° 632, La Plata - DELEGACION BARILOCHE: C. C. 57, S. C. de Bariloche - LITORAL: Sarmiento 784, Rosario - CUYO: Patricias Mendocinas 1071, Mendoza - SAN JUAN: Av. Ignacio de la Roza 194 Oeste, San Juan.

CAMPO EXPERIMENTAL: Edison 453, Martínez - Prov. Bs. As.

DELEGACIONES EN EL INTERIOR

(Viene del interior de la tapa)

CORDOBA

(Av. Vélez Sarsfield 318, Córdoba)

(Momentáneamente inactiva)

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

(Calle 6, N° 840, La Plata)

Presidente	Ing. Aquiles F. Ortale
Vicepresidente 1º	Sr. Raúl Verzini
Vicepresidente 2º	Ing. Andrés Barros
Secretario	Agr. Arturo E. Ariza
Tesorero	Ing. Angel Plastino
Vocales	Ing. Héctor N. Marcillo Sr. Antonio R. Falabella Sr. Alfredo Catalá Ing. Gregorio Cariglino Ing. Honorio Anón Suárez Ing. Walter Sleet Sr. Rodolfo Molinari Ing. Aldo Graziani Ing. Luis Raúl Luna Agr. Emilio Ringuelet Sr. Ricardo Capello Sr. Roberto Hualde Sr. Fermín Martínez Sr. José A. Pitté Ing. Alberto S. C. Fava Dr. Homero C. Bibiloni
Asesor Letrado	

(Cámara Argentina de la Construcción)
(Corcemar)
(Aravial S. R. L.)
(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
(Dirección de Vialidad de la Provincia)
(Rotary Club)
(Cám. Comercio e Industria Provincia de Buenos Aires)
(Y. P. F.)
(Instituto del Asfalto)
(Instituto del Cemento Portland Argentino)
(Cámara del Transporte Automotor)
(Dirección Pavimentación Prov. de Buenos Aires)
(Centro de Ingenieros de Buenos Aires)
(Ministerio de Salud Pública Prov. de Buenos Aires)
(Industria Automotriz)
(Industria Automotriz)
(Automóvil Club Argentino)
(Sociedad Rural Magdalena)
(LEMIT)
(Cámara Argentina de la Construcción)

MENDOZA

(Patricias Mendocinas 1071, Esc. 4, Mendoza)

Presidente	Juan García Eijó
Vicepresidente	Juan F. Barbera
Secretario	Víctor Galfione
Tesorero	Ricardo Rossell
Protesorero	Antonio Alvarez Alonzo
Vocales	Francisco M. Barreras Hugo Toso Oscar Granata Juan Insúa Remo Ronchietto

(Neumáticos Goodyear, S. A.)
(Dirección Nacional de Vialidad)
(Instituto del Cemento Portland Argentino)
(Asociación de Propietarios de Camiones)
(Shell Cía. Argentina de Petróleo, S. A.)
(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
(Centro de Bodegueros)
(Unión Comercial e Industrial)
(Cámara Argentina de la Construcción)
(Centro de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores de Mendoza)

SAN JUAN

(Av. Dr. José I. de la Roza 1263, San Juan)

Presidente	Ing. Romano José Petrini
Vicepresidente	Sr. Silverio Madrid
Secretario	Agr. Alfonso de la Torre
Tesorero	Ing. Adalberto H. Ruiz H.
Vocales	Ing. Francisco M. Stepanik Ing. Miguel Y. Carmona Ing. Juan Caba Dr. Emilio Maurin Navarro Ing. Víctor Suárez Ojeda Sr. Eleodoro Sánchez Ing. Kurt Dolling Ing. Carlos O. Widler

(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
(Asoc. Prop. de Camiones)
(Facultad de Ingeniería)
(Facultad de Ingeniería)
(Cámara Argentina de la Construcción)
(Dirección Prov. de Vialidad)
(Red Caminera Arg. S. A.)
(Sec. Rural de Sarmiento)
(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
(Automóvil Club Argentino)
(Instituto del Cemento Portland Argentino)
(Dirección Nacional de Vialidad)

SAN LUIS

(COMISION PROVISIONAL ORGANIZADORA)

(San Martín 719, Piso 1º, San Luis)

Presidente	Reynaldo Anzulovich
Vicepresidente	Roger Carreras
Secretario	Domingo Sesin
Tesorero	José Umana
Vocales	José J. Chediack Carlos Pagano Roberto I. Barroso

(Asociación de Automotores)
(Dirección Nacional de Vialidad)
(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
(Centro de Viajantes)
(Cámara Argentina de la Construcción)
(General Motors Argentina S. A.)
(Banco de la Prov. de San Luis y Aero Club de San Luis)

SANTA FE

(Ríoja 2622, Santa Fe)

Presidente	Juan Mario Samatán
Vicepresidente	Reynaldo Gervasini
Secretario	Alfredo Fernández Gran
Tesorero	Marcelo Serrao
Vocales	Marcelo Alvarez Eleodoro Musuruana Luis María Barletta Antonio D'Andrea Dante Nardelli Aurelio Nardi

(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
(Unión Industrial)
(Escuela Ind. Superior anexa a la Facultad de Ingeniería Química)
(Dirección Nacional de Vialidad)
(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)
(Dirección Provincial de Vialidad)
(Dirección Nacional de Vialidad)
(Centro Comercial de Santa Fe)
(Dirección Provincial de Vialidad)
(Representante de la Categoría "A" - Socios Individuales)



Correo Argentino	Central (B)	FRANQUEO PAGADO
		Concesión Nº 5.942
		INTERES GENERAL
		Concesión Nº 5.426

Tall. Gráf. "Mundial" S R L. - Sarmien
Buenos Aires - República Argentina