

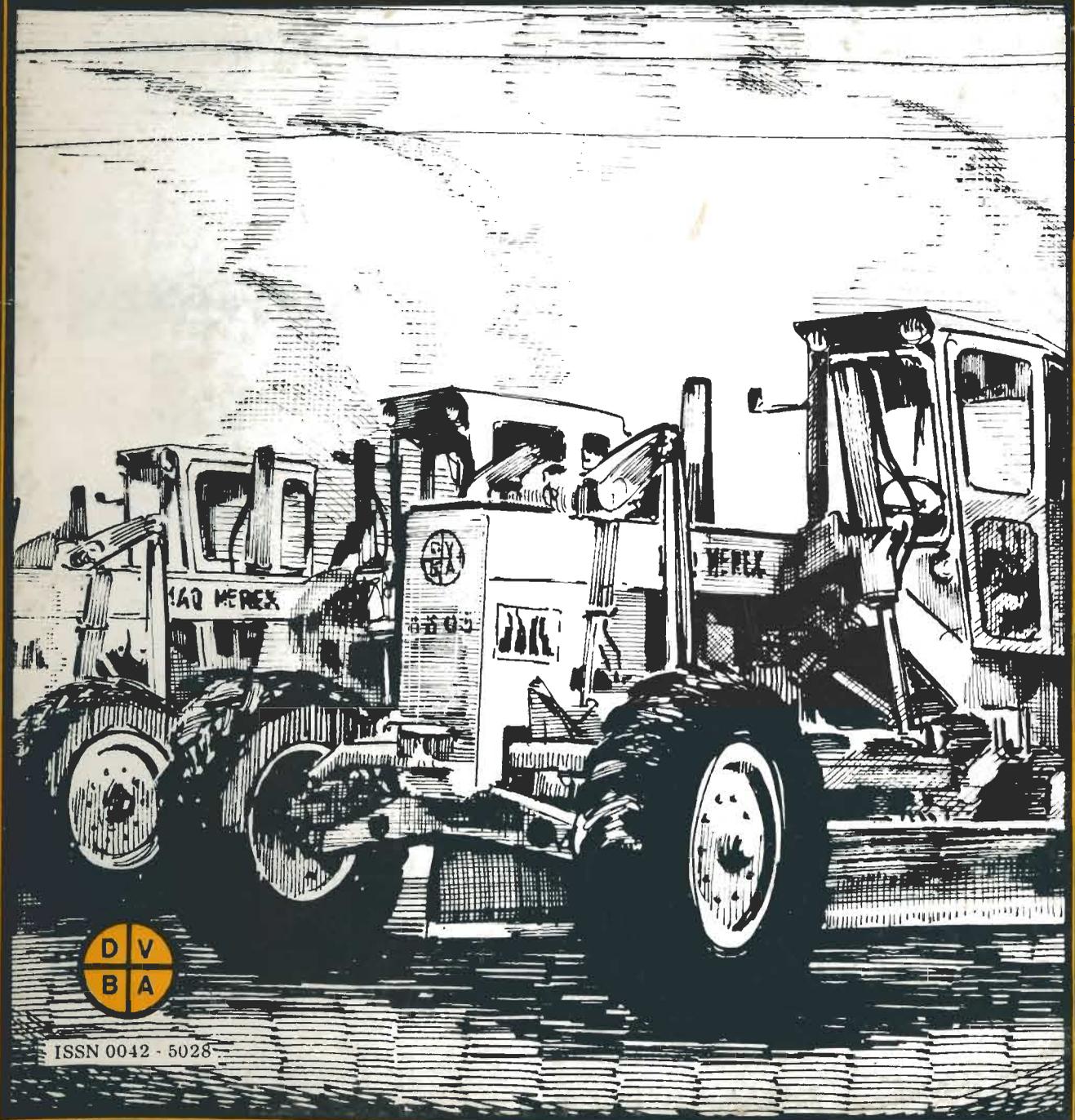
República Argentina
Prov. de Buenos Aires

VIALIDAD

Nº 89

1º Semestre 1985

VIALIDAD - REVISTA DE LA DIRECCIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES - AÑO XVII - 1º SEMESTRE DE 1985 - Nº 89



ISSN 0042 - 5028

REPUBLICA ARGENTINA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA Dr. Alejandro Armendáriz
VICEGOBERNADORA Arq. Elva Roulet
MINISTRO DE OBRAS Y
SERVICIOS PUBLICOS Ing. Daniel A. Castro
SUBSECRETARIO DE
OBRAS PUBLICAS Ing. Juan Carlos Albamonte
SUBSECRETARIO DE
PLANEAMIENTO Y CONTROL
DE GESTION Ing. Juan Carlos Delorenzo
ADMINISTRADOR GENERAL
DE VIALIDAD Ing. Mario Augusto Ripa
SUB ADMINISTRADOR
INGENIERO JEFE Ing. Matías Yuffe
Ing. Oscar Guillermo Scally

DIRECTORES

Construcciones Ing. Carlos Salomón López
Conservación Agr. Norberto Chisari
Estudios y Proyectos Ing. Nancy Villabona de Suárez
Vialidad Urbana Ing. Enrique Silvio Benaglia

SUBDIRECTORES

Construcciones Ing. Salomón Zagorsky
Estudios y Proyectos Agr. Jorge Chiabrando
Administración Sra. Gloria Gratti
Conservación Ing. Guillermo Cabana
Vialidad Urbana Ing. Juan Alberto Domian
Zona I Ing. Emilio Mario Soffiantini
Zona II Agr. José María Scasso
Zona III Ing. Roberto Luis Dapino
Zona IV Ing. Salvador Elio Carpaneto
Zona V Agr. Mario Domingo Garcia
Zona VI Ing. José B. Roque Lapi
Zona VII Ing. Abel Angel Speroni
Zona VIII Agr. Eberto José Perez
Zona IX Ing. Alberto Oscar Rossi
Zona X Agr. Orlando René Ponte
Zona XI Agr. Juan Carlos Cordisco
Zona XII Ing. Víctor Rodolfo Fernandez

COMISION PERMANENTE DE PUBLICACIONES

Ingeniero Matías Yuffe
Ingeniero Oscar Guillermo Scally
Ingeniero Nancy Villabona de Suárez
Ingeniero Daniel Lugones
Ingeniero Gustavo Soprana

VIALIDAD

REVISTA DE LA DIRECCION DE VIALIDAD

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

PROVINCIA DE BUENOS AIRES - ARGENTINA

Año XXVII

Primer semestre de 1985

Nº 89



Fundada por Resolución
Nº 1610, de
17 - IX - 1957

Publicación semestral
Técnico - informativa

SUMARIO

Página

Aniversario del fallecimiento del Ing. Pedro Pablo Marín	3
Vialidad puso en marcha un plan de reequipamiento gradual	5
La remodelación de la Av. Juan XXIII en Lomas de Zamora	8
El diseño de caminos en relación con la seguridad del tránsito	11
Estudio sobre la influencia de la composición mineralógica de las arcillas en el comportamiento físico de los suelos	21
Interpretación de ensayos de cargas sobre pilotes	38

DIRECCION DE VIALIDAD
DE LA PROVINCIA
DE BUENOS AIRES

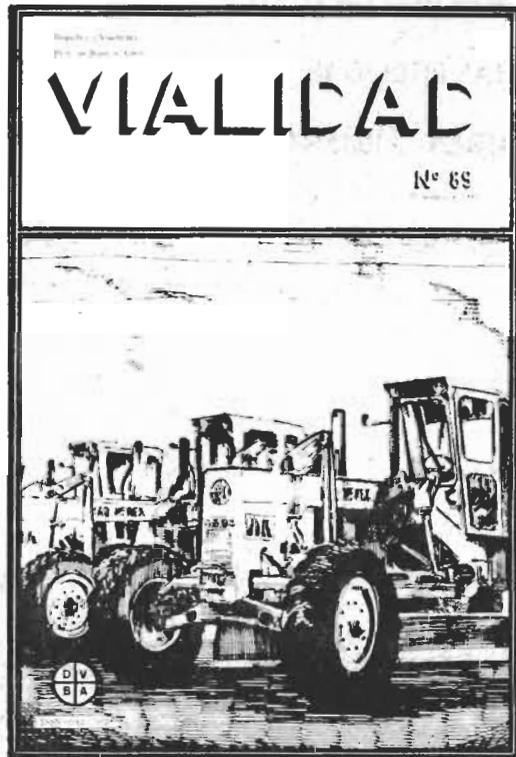
Calle 7 Nº 1175 - La Plata
Buenos Aires - Argentina

Los artículos pueden reproducirse citando la fuente.

Registro de la propiedad intelectual Nº 586.585

La responsabilidad de lo expuesto en los artículos firmados
corresponde exclusivamente a los autores.

Nuestra Portada



Dibujo de las motoniveladoras que adquirió la Dirección de Vialidad de la Pcia. de Buenos Aires. Las mismas forman parte de un plan de reequipamiento gradual que la institución esta llevando a cabo para recuperar el plantel que alguna vez tuvo y que fuera orgullo del país.

**Coordinación y Supervisión
Period. Oscar Alfredo Rossi**

**Fotografía
Néstor O. Aguirre
Hugo Delía**

**Diseño
Willy Ocampo**

**Composición en frío:
MAKO Editora**

PABLO PEDRO MARIN

Falleció 15 - 3 - 84



El ingeniero Pablo P. Marín había nacido el 16 de Agosto de 1925 en la ciudad de La Plata. Se graduó de ingeniero hidráulico y civil y ejerció numerosos cargos en la docencia secundaria y universitaria. Realizó publicaciones referidas a temas de su especialidad; fue subsecretario de Obras Públicas durante la gobernación del doctor Anselmo Marini; presidente de la comisión que redactó la ley orgánica de ingeniería y miembro consultor de la Comisión Especial de Obras Públicas de la Cámara de Diputados de la provincia de Buenos Aires.

También, el ingeniero Marín integró la comisión directiva del Centro de Ingenieros de la provincia, de la delegación bonaerense de la Cámara Argentina de la Construcción e intervino en conferencias internacionales de su especialidad y en temas tales como ecología, actividad pesquera, acción municipalista, y otros. Se había hecho cargo de la titularidad del ministerio de Obras Públicas el 11 de diciembre de 1983.

A un año de su fallecimiento, la Dirección de Vialidad, por intermedio de esta revista, rinde homenaje a quien fuera un fiel militante de la democracia.

**“NOSOTROS SOMOS
HOMBRES QUE VENIMOS
A SERVIR A
LA REPUBLICA. . .”**

Pocos días antes que la fatalidad truncara la vida del ingeniero Pablo Marín en uno de sus fervorosos discursos el ex ministro de Obras y Servicios Públicos expresaba: “Resulta particularmente emocionante ver que aquellos que quisieron destruir todo en la República, que atentaron contra el Estado, contra la comunidad y el destino del país, no pudieron destruir algo fundamental que es este espíritu del pueblo y que es la fibra con la cual vamos a salvar al país, a la Nación y a la Argentina. El 30 de octubre los argentinos hemos dejado de ser subditos para ser ciudadanos. Definitivamente se acabaron las patrias sectoriales. Acá no hay más patrias sectoriales, ni patria de grupos. Hay una sóla Patria, que es la Patria de los argentinos. . .”

Estas palabras que el ingeniero Marín repetía emocionalmente muestran el perfil de un hombre integral, de un verdadero demócrata, de un luchador incansable, cuya filosofía de vida será ejemplo para las generaciones venideras

Porque Pablo Marín a lo largo de su vida demostró una claridad meridiana de objetivos que los concretó con su conocido empuje y tenacidad. Puso esa suma de virtudes en la tarea de servir desde la óptica creadora del hombre político capaz de superar sectores y banderías. A su inspiración y al pleno conocimiento de la realidad bonaerense, cuyo territorio recorrió palmo a palmo, visualizando sus necesidades, se debió la rápida elaboración del plan de obras que hoy lleva su nombre. Pero más allá del puro tecnicismo, en cada obra que se realiza en la Provincia, merced a las huellas imborrables que dejó Pablo Marín, existe una transformadora síntesis de capacidades y voluntades que le otorgan sentido a su ejecución. Detrás de cada dirección, de cada organismo, de cada rótulo, de cada sigla de las

diferentes reparticiones que conforman el Ministerio de Obras y Servicios Públicos está el nombre de Pablo Marín. Está su espíritu que indica que diariamente se construye la democracia y que en este área la democracia construye para todos.

“Nosotros somos hombres que venimos a servir a la República, todos juntos, todos los hombres que representamos mayoristas populares y no a servicios de la República. Venimos con convicciones y no con conveniencias. Tenemos ambiciones colectivas, más allá de las ambiciones personales. Y vamos a crear todos juntos una mística nacional para que termine definitivamente esta aventura de los filibusteros del poder. . .”

Y vamos a crear todos juntos una mística nacional, señalaba Pablo Marín, un estilo de comprensión, amor, y transformación. En cada rincón de nuestro dilatado territorio provincial, Pablo Marín marcó un destino, un derrotero, un ejemplo en aras de la libertad y la justicia.

Vialidad puso en marcha un plan de reequipamiento gradual

Se efectuó la entrega simbólica de las 36 nuevas motoniveladoras y 30 desmalezadoras.

“Estas son nuestras armas, estas son las armas de trabajo con las que vamos a reconstruir la Provincia”. Así lo señaló el administrador general de Vialidad, ingeniero Mario Ripa en el acto llevado a cabo el día 11 de junio, durante el cual se entregaron a las zonas camineras 36 motoniveladoras y 30 desmalezadoras adquiridas por el ente vial por un monto superior a los 1.200 millones de pesos. A la ceremonia que fue presidida por el gobernador bonaerense, doctor

Alejandro Armendáriz, asistieron también la vicegobernadora del primer Estado, arquitecta Elva Roulet; el titular de Obras y Servicios Públicos, ingeniero Daniel A. Castro; el vicepresidente primero del Senado, licenciado Amilcar Zufriateguy, legisladores: jefes de las doce zonas viales y otras autoridades.

Instituciones desmanteladas

Para dar comienzo a la ceremonia, hizo uso de la palabra el ingeniero Ripa, quien entre otros conceptos indicó que “hoy hace 18 meses que las autoridades elegidas por el pueblo asumieron sus funciones, y entonces también comenzó la tarea de reconstruir las instituciones que fueron desmanteladas durante los años del proceso. La Dirección de Vialidad —continuó— no escapó a esto; por el contrario este organismo fue sistemáticamente destruido y no por la



equivocación de las personas que la dirigieron, sino por un plan específicamente preparado para ello. Y así fue como el equipamiento vial fue reducido y el plantel se disminuyó en un 60 por ciento”.

De todas maneras esta familia vial hizo lo imposible por mantener la transitabilidad y el orden de los caminos en la Provincia. La tarea fue ardua. Cuando asumimos nuestras funciones hace hoy 18 meses, en una primera medida se reabrieron las cuatro zonas camineras clausuradas. Con posterioridad se encaró la reorganización de la casa y hoy prosiguiendo con las metas planteadas se adquirieron estas motoniveladoras y desmalezadoras. De manera lenta, pero firme se está revitalizando a Vialidad para que vuelva a tener los niveles de ejecución que supo poseer”.



Por último, el funcionario manifestó que “**lentamente fuimos elaborando un plan para volver a revitalizar a Vialidad provincial y para esto contamos con el apoyo de las autoridades, sabemos que ellas no nos van a abandonar, y de a poco vamos a seguir cumpliendo con las etapas programadas, para resurgir de nuestras cenizas y para lograr una Vialidad que sea orgullo del país**”.

Luego, hizo lo propio el gobernador Armendáriz quien expresó que “**hemos encontrado esta repartición en condiciones muy precarias, como consecuencia de los años en que se privilegió al concepto de subsidiariedad del Estado, y entonces todos los organismos fueron desmantelados y desjerarquizados. Esto —dijo—, nos impulsó a restaurar instituciones de este tipo que durante mucho tiempo constituyeron un ejemplo para la Provincia**”.

Sobre el mismo tema, el mandatario agregó que “**una de nuestras primeras tareas fue en el mes de febrero pasado, firmar un decreto para restablecer las cuatro zonas de vialidad, que habían**

sido arrasadas, y volver a reunir las 12 con la que cuenta el organismo y convertirlo nuevamente en el mejor”.

Por último, el gobernador indicó que “**estamos empeñados en poner de pie a la Provincia de Buenos Aires, porque por sobre todas las cosas sabemos que cuando esto ocurra, será este territorio el pilar en el que se va a asentar la reconstrucción total de toda la nación Argentina**”.

Luego de bendecidos los equipos los funcionarios presenciaron una demostración de los mismos en los jardines de la repartición.

Situación Institucional

Hasta 1977, Vialidad tuvo a su cargo toda la conservación de la red vial primaria y secundaria contando para su mantenimiento con 680 equipos, de los cuales 407 eran motoniveladoras. Es de hacer notar que estas tareas de mantenimiento se cumplían en 12 subdirecciones zonales, pero a partir de ese año se desafecta la atención de la red de tierra y se reducen a ocho.

Entre 1977 y 1978 la Provincia transfiere sin cargo a las comunas la gran mayoría de los equipos que disponía la repartición.

Al asumir las autoridades constitucionales las funciones y realizar los respectivos inventarios se comprueba que las existencias patrimoniales de equipos estaban reducidas prácticamente a la mitad, con cifras importantes de máquinas fuera de servicio y algunas irrecuperables. En el rubro motoniveladoras, por ejemplo, el equipo más útil y versátil para las tareas de conservación, se observó que sobre un total de 76 máquinas, 27 eran del año 1962. Es decir, continúa diciendo el

informe, 36 por ciento del plantel tenía 23 años de antigüedad. Las cuatro motoniveladoras de incorporación más reciente habían sido adquiridas hacía doce años. Pero lo que certificaba la gravedad de la situación era que de las 76 en servicio el promedio de antigüedad era de 17 años con ocho modelos diferentes.

Reequipamiento

Similar situación presentaba el resto de los equipos. Frente a este panorama y con la asignación nuevamente a Vialidad de todas las tareas de conservación de la red pavimentada, la red primaria de tierra y la secundaria que totalizaban más de 33 mil kilómetros, las autoridades procedieron con celeridad a instrumentar la estructura clásica de Vialidad en doce zonas”.

De esta manera, se señala, durante 1984 hubo que mantener el servicio de toda la red con un plantel de equipos obsoletos. Esto en la medida de las posibilidades se logró, gracias al nivel de los cuadros de la repartición, ya que en 1978 se procedió al desmantelamiento de los talleres. “Lo cierto, añadieron los funcionarios de Vialidad, es que se llegó a límites críticos en lo que hacía a posibilidades de continuar con un adecuado nivel de servicios. En ese sentido, las autoridades del ente vial, propusieron un plan de reequipamiento gradual, a concretarse en el lapso de cuatro años. No obstante las dificultades de dominio público se logró plasmar a este proceso de compra de 36 motoniveladoras y 30 desmalezadoras, que representa en el primero de los rubros casi un cincuenta por ciento más de los equipos con que se contaba en 1983.

La remodelación de la av. Juan XXIII en L. de Zamora

La ruta conocida como "camino negro" ya está en marcha. Con una longitud de 12 km. tendrá un sistema de multitrachoas. Los trabajos. Detalles.

La democracia construye para todos, no es sólo un slogan. Ya están en marcha los trabajos de remodelación de la avenida Juan XXIII —"camino negro"— entre la ruta provincial N° 4 (camino de cintura) y puente La Noria. La concreción de este tramo, de casi 12 kilómetros de extensión adquiere significativa importancia por el intenso caudal de tránsito que posee. La ruta parte del camino de cintura con el nombre de "Juan XXIII" hacia el

noreste y desde su pronunciada curva hacia el noroeste se denomina avenida 10 de Setiembre. Además de vincular el camino de cintura con el puente "La Noria" constituye la prolongación natural de la avenida General Paz desde la Capital Federal hacia el sureste. Asimismo se ha previsto el emplazamiento de dos altoniveles sobre líneas ferroviarias, el primero en el ramal que une José Marmol con Haedo del ferrocarril Sarmiento y el segundo entre las estaciones Budge y Fiorito del ferrocarril Belgrano.

También se ejecuta un puente adosado al existente sobre el arroyo del Rey —en el Km 4— para ofrecer al futuro tránsito dos ramas en lugar de una sólo como existe en la actualidad.

La ruta tendrá un sistema de multitrachoas, con calzadas separadas de 7,30 metros de ancho para cada sentido de circulación en la casi totalidad del recorrido, lo que permitirá brindar fluidez al movimiento vehicular.

Accesos

Dada la magnitud de esta obra, encarada por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras y Servicios Públicos, se destaca también la remodelación de las intersecciones en los accesos a Banfield y Lomas de Zamora y dos rotondas, una en el kilómetro 2,250 y otra en el final de la obra.

Con estas rotondas se permitirá una vinculación más racional con el puente "La Noria" que en horas pico se transforma en un verdadero cuello de botella. Es de hacer notar que en este sector se ha contemplado en coordinación con la Municipalidad local y la Dirección Provincial del Transporte, la instalación de una amplia playa de estacionamiento con terminal para varias líneas afectadas al servicio público de pasajeros. En ese orden se ha previsto también la construcción de dársenas y

refugios para los usuarios como así obras de saneamiento.

Alto Niveles

Para independizar los tránsitos ferroviarios y caminero se proyectó un alto nivel sobre las vías del ferrocarril Sarmiento, ramal Haedo en su intersección con la avenida "Juan XXIII".

Como se trata de una zona densamente edificada, las colectoras que se construyen tienen un ancho relativamente limitado, por lo que los terraplenes de acceso se están ejecutando en pantallas de hormigón con tensores transversales. De esta forma se asegurará una circulación independiente del tránsito local para las colectoras del pasante por sobre el alto nivel. Esta obra de arte se ejecuta con vigas pretensadas de 14 metros de largo, apoyadas en columnas de hormigón armado de 0,65 metros de diámetro. El puente, una vez concluido tendrá dos calzadas de 7,50 metros de ancho, dos

cordones laterales de 50 cm. cada uno y un separador central de un metro de ancho.

En cuanto al alto nivel sobre el ferrocarril Belgrano se adoptó para el diseño de tablero de los puentes el sistema de pretensado con elementos prefabricados en obra e izados con posterioridad. La luz estará dispuesta en cinco tramos de 14 metros cada uno.

Cabe destacar que el plazo de ejecución de este complejo caminero fue fijado en 720 días con un monto de contrato original que supera los 269 millones de pesos. Las obras que dieron comienzo en la primera quincena del pasado mes de agosto, de 1984, registran un porcentaje realizado del orden del 27 por ciento.

Dentro de este guarismo se ejecutó un 40 por ciento del sector de terraplen y ya ha dado comienzo la construcción de las dos bases granulares asfálticas, y carpeta asfáltica.

Por otra parte se acopiaron la totalidad de las vigas prefabricadas que se emplearán en los puentes de alto nivel.

El diseño de caminos en relación con la seguridad del Tránsito*

Por: Ing. Civil Julio G. BUSTAMANTE, de la Universidad Tecnológica Nacional (*)

(*) Este trabajo fue premiado por el Touring Club Argentino con el premio denominado "Federico Fernández Pita", primero correspondiente a los trabajos presentados en la Comisión II, "Tránsito y Transporte", del VIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito celebrado en Buenos Aires en Mayo de 1977.

I. Introducción.

Es conocida la sentencia que afirma que la historia del transporte es la historia de la Humanidad. Los cambios sociales y económicos que se produjeron en el transcurso de la evolución de las agrupaciones humanas fueron consecuencia, fundamentalmente, de las sucesivas mejoras ocurridas en el transporte de personas y cosas.

El hombre comenzó por completar su propio mecanismo de traslación, que le permitía muy limitados alcances, con la utilización de animales domesticados que, aparte de ampliar su radio de acción, le aliviaban en la tarea de transportar cargas. Pasó luego a utilizar el agua como infraestructura natural para sus desplazamientos, comenzando con el aprovechamiento de las corrientes primero, con su propio esfuerzo físico mediante el uso de remos después y, finalmente, con el uso de velámenes que le permitieron captar la energía eólica. Pero, indudablemente, la etapa más trascendente es aquella en que aprende a utilizar la fuerza mecánica, derivada del vapor primero y de los combustibles después, lo que le permite no sólo mejorar sus desplazamientos por el agua sino también crear nuevos medios de transporte terrestres y, posteriormente, aéreos.

La razón fundamental de este proceso permanente, cada vez más acelerado, de mejoramiento de los medios de transporte, reside en la necesidad de traslación de bienes y personas que es intrínseca al hombre. En efecto, cada viaje que se realiza, cualquiera sea el medio utilizado, tiene una causa o motivo que, tratándose de personas, está generalmente relacionada con el cambio de tipo de actividad. Cuando lo transportado son bienes, el viaje se motiva en la necesidad de su transformación o variación de uso.

De lo expresado se deduce que para el viaje cumpla plenamente con su cometido, el mismo no debe ocasionar deterioros o perjuicios de ninguna especie a las personas o bienes transporta-

dos. En otros términos, el viaje debe ofrecer el máximo grado de seguridad posible.

Todos los medios de transporte, en su permanente evolución tecnológica, han ido pasando por diferentes grados de seguridad, hasta alcanzar algunos de ellos un razonable nivel de la misma; otros, en cambio, si bien han progresado notablemente, no lo han hecho en forma suficiente. Entre estos últimos quizás sea el transporte automotor el que - menos progreso revele en materia de seguridad. En efecto, si bien el automotor ha influido grandemente en la forma de vida de los grupos humanos y les ha proporcionado un confort nunca soñado antes, paradójicamente lo ha impuesto a la misma sociedad a que sirve un tributo anual inconmensurable en vidas, lesiones, incapacidades físicas y destrucción de bienes. La causa generadora de este tributo es el accidente de tránsito el cual involucra aspectos sociológicos, económicos, políticos y técnicos. Estos últimos pueden relacionarse ya sea con el vehículo, elemento dinámico, o bien con el camino, elemento estático, los cuales conjuntamente con el conductor elemento humano, constituyen los elementos fundamentales que hacen posible el accidente.

Es deber de los poderes públicos minimizar en lo posible el oneroso y triste tributo a que nos hemos referido, asegurando el máximo de seguridad a los usuarios de los caminos. Para ello deben actuar sobre los tres elementos antes mencionados; sobre el humano, mediante la educación del público en general, y particularmente de los niños en las escuelas, el perfeccionamiento de los métodos de control policial, la reglamentación para el otorgamiento de licencias de conductor y mediante la acción preventiva con campañas de difusión y conocimientos del correcto comportamiento vial; sobre los vehículos, mediante inspecciones periódicas obligatorias que aseguren que los mismos guarden un mínimo de condiciones de

mantenimiento, y sobre el camino, realizando las mejoras necesarias en su infraestructura que permitan una circulación con entera seguridad.

II. Accidentes de tránsito.

Según la definición del Consejo Nacional de Seguridad de los Estados Unidos de Norteamérica, "Accidentes de Tránsito y Vehículos Automotor" -al que nosotros denominaremos en lo que sigue simplemente "accidente"- "es un accidente de vehículo automotor que ocurre en un camino o lugar, cualquier parte del cual se encuentra abierto al uso público con propósitos de permitir la circulación de vehículos".

Para efectuar un análisis, ya sea económico de los accidentes o bien del camino en sí mismo, se necesitan básicamente tres estadísticas de accidentes: 1) El denominado "índice de accidentes" esto es, la frecuencia de accidentes relacionada con los vehículos/km de un recorrido o el número de vehículos que usan el camino en un tiempo dado; 2) el costo por accidente y, 3) los factores referentes al tránsito y al diseño del camino que puedan estar involucrados en el accidente.

Winfrey, en la referencia 1 de la bibliografía nos dice que los accidentes deben ser convertidos a \$/día o \$/año, de modo tal que el costo del accidente pueda ser agregado al costo de operación total del vehículo mediante su expresión en \$/veh. km. La unidad más comunmente usada en los Estados Unidos para medir accidentes de tránsito resulta ser así veh/milla, usualmente en términos de 1.000.000 de veh/milla o 10.000.000 de veh/milla. Cuando se trata de comparar varias alternativas posibles en una mejora de un camino, al costo de los accidentes debe ser estimado en pesos, para cada alternativa o bien, como un porcentaje de reducción de la alternativa base que es, a menudo, la situación existente.

Ahora bien, el gran número de factores del camino, del vehículo, del conductor y del medio ambiente que afectan el índice de accidentes y su costo, forman un complejo de situaciones tan variables que índices y costos realmente fehacientes y confiables para cada sección del camino son muy difíciles de obtener, aún en países como los Estados Unidos, donde leyes y ordenanzas obligan a informar ante la autoridad competente sobre accidentes producidos mediante el llenado de formularios especiales. Usualmente, esa información es obligatoria para todo accidente que involucre personas lesionadas o muertes pero en cambio para los accidentes en que sólo se producen daños materiales la obligatoriedad de la información sólo rige para aquéllos en que los daños ocasionados, superan un valor predeterminado. De los formularios mencionados surgen los informes oficiales en los que se basan las series estadísticas anuales, pero es obvio señalar, por lo dicho precedentemente, que esas series contienen solo una parte del total de accidentes producidos, pudiendo llegar las omisiones, según se estima, al 50 % del total.

Tratándose pues, de estudiar la realización de una mejora en algún tramo de camino o en alguno de sus componentes específicos, se deben agotar los medios para obtener su historia en materia de accidentes y no basarse en estimaciones generales. La reducción de accidentes que puede esperarse de una mejora determinada depende más del índice de accidentes existentes y del tipo de accidentes que de cualquier otro factor particular.

III. Clasificación de Accidentes.

Varios son los sistemas de clasificación de los accidentes derivados de las formas en que se presentan las series estadísticas.

a) Clasificación por perjuicios: accidentes fatales: accidentes con

personas lesionadas y accidentes con daños materiales solamente.

- b) Clasificación por tipo de accidente; accidente con peatones; colisión entre vehículos, otros tipos de colisión del vehículo y accidentes sin colisión.
- c) Clasificación por la característica del área en que se producen; accidentes en áreas urbanas y en áreas rurales.
- d) Clasificación por tipos de caminos en que ocurren: accidente en autopistas; accidente en ruta pavimentada de una sola calzada con dos trochas, accidente en camino vecinal sin pavimentar, etc.
- e) Clasificación por la hora del día: accidentes diurnos y nocturnos.
- f) Clasificación por comportamiento del conductor, exceso de velocidad maniobras indebidas; falta de cumplimiento de las indicaciones de la señalización, etc.

Estas clasificaciones son las más comunes, pudiendo haber dentro de ellas subclasificaciones, si la información básica lo permite.

Como ejemplo, tomamos para el primer tipo de clasificación las cifras transcritas por Winfrey, de los accidentes ocurridos en 1958 en el Estado de Illinois;

Accidentes fatales	1.389
Accidentes con personas lesionadas	112.579
Accidentes con daños materiales solamente	868.099
Total accidentes en 1958	982.067

De estas cifras se puede calcular de inmediato el porcentaje que corresponde a cada tipo de accidente con respecto al total, pero resulta más ilustrativo tomar a los accidentes fatales como unidad de comparación y determinar el número de veces que se repiten los accidentes de los otros tipos por cada

accidente fatal. Dividiendo entonces por 1.389 obtenemos:

1 : 80 ; 625

relación que resulta de muy sencilla interpretación, permitiendo comparaciones sobre severidad media de accidentes entre diferentes áreas.

IV. Indices de Accidentes.

De acuerdo a lo que expresa el Traffic Engineering Handbook, los registros de accidentes se utilizan comúnmente para comparar los riesgos de tránsito en una misma área en diferentes períodos de tiempo o en diferentes áreas para un mismo período de tiempo, y para lograr lo más efectivo es la determinación de los "índices de accidentes". Los más utilizados de éstos son los siguientes:

- a) Relación de personas fallecidas o número de accidentes fatales por año con la población: personas fallecidas / 100.000 habitantes o accidentes fatales / 100.000 habitantes.
- b) Relación de personas fallecidas o número de accidentes fatales por año con vehículos registrados: personas fallecidas / 10.000 vehíc. regist. o accidentes fatales / 10.000 vehíc. regist.
- c) Relación de personas fallecidas o número de accidentes fatales por año con vehículos - kilómetro; personas fallecidas / 100.000.000 veh. - km. o accidentes fatales / 100.000.000 veh - km.

Como lo hemos señalado, estos índices, en especial el último, resultan sumamente útiles para establecer comparaciones entre los riesgos de accidentes de tránsito en diferentes áreas o países. Así, por ejemplo, Coquand, ver referencia 3 de la bibliografía, señalada que el número de muertos fue, en Francia, de 9,2 por cada 100.000.000 de vehículos - kilómetros en 1963, contra 5,3

en Inglaterra y 3,3 en los Estados Unidos. Por su parte, Ulrik Duurloo, en un trabajo presentado a la 12a. Semana Internacional de Ingeniería de Tránsito y Seguridad, referencia 4 de la bibliografía, nos dice que Dinamarca, con sólo 1.500.000 vehículos automotores y 5.000.000 de habitantes, presenta un total de 1.200 a 1.300 muertes por año en accidentes de tránsito. Ello le permite deducir que el riesgo de verse envuelto en un accidente de tránsito en Dinamarca es mayor que en los otros países, y esto como consecuencia de las diferentes categorías de usuarios que tienen los caminos. En efecto, en dicho país es muy elevado el número de bicicletas y otros vehículos de dos ruedas que utilizan las calles y caminos conjuntamente con los vehículos de cuatro ruedas sin tener un sistema de carriles para bicicletas tan bien desarrollado como en Holanda.

El mayor índice de accidentes que presenta Francia con respecto a los Estados Unidos es atribuido por Coquand a que en este último país es muy escasa la circulación de vehículos de dos ruedas, cosa que no ocurre en el primero. En éste, según las estadísticas, la circulación en vehículos de dos ruedas es cuatro veces más peligrosa que en vehículos de cuatro ruedas.

De lo expuesto deducimos que toda medida que se tome para separar las circulaciones de vehículos de dos y cuatro ruedas, en aquellos países donde el número de usuarios de los primeros es muy elevado, contribuirá a un importante descenso del índice de accidentes.

V. Causas que provocan los accidentes.

Ya hemos dicho que los tres elementos fundamentales que hacen posible un accidente son: el conductor, el vehículo y el camino. Se deduce por lo tanto que un accidente de tránsito es una falla del sistema conductor - vehículo - camino.

Esta falla del sistema puede deberse a factores de dos tipos, los llamados factores "operacionales" y los denominados factores de "condición". Los primeros dependen principalmente de la acción de los conductores, mientras que los de "condición" se relacionan con las particularidades intrínsecas de los vehículos y del camino, aunque también tienen que ver con elementos modificadores que pueden cambiar temporariamente aquellas particularidades, por ejemplo pavimento mojado o con hielo o condiciones atmosféricas desfavorables que reducen la visibilidad.

En general, la causa de un accidente es una combinación de un factor operacional y un factor de condición, aunque por lo común son varios los que intervienen. Los accidentes y el lugar en que suceden resultan así, en alguna forma, la consecuencia de procesos de decisión de los conductores, y consecuentemente cuanto más complejos son los factores actuantes simultáneamente sobre la decisión del conductor, tanto más alto el índice de accidentes.

Ese proceso de decisión se compone de varios pasos: 1) reconocimiento del peligro inmediato; 2) formulación de alternativas para evitar el accidente; 3) decisión de cuál es la alternativa más favorable, previa evaluación de ventajas y desventajas de cada una y, 4) realización de la acción seleccionada como la mejor. Como entre el primer paso y el último puede haber solamente una fracción de segundo en tiempo o muchos metros en distancia, es obvio que el proceso de decisión puede convertirse en una pesadilla para la mayoría de los conductores. En efecto, los accidentes ocurren o se evitan a veces sólo por centímetros en distancia o por centésimas de segundo en tiempo.

Por lo expuesto, es lógico suponer que toda mejora que se introduzca en el diseño de un camino o en su construcción, que signifique la simplificación del proceso de decisión de los conductores mediante la eliminación de uno o

más factores que crean dificultades para el mismo, redundará en una disminución importante de las tasas de accidentes. De ahí que podamos establecer como una consigna, que proveer un tipo de camino y un comportamiento del tránsito que hagan simple el proceso de decisión, constituye el objetivo fundamental para el logro de una fuerte reducción en los índices de accidentes.

La carretera perfecta, dice Coquand es la que evita a los usuarios el mayor número posible de "ocasiones de imprudencia". Agrega, además, que el 52 o/o de los accidentes ocurridos en Francia en 1963 se localizaron en puntos singulares de las carreteras: en los cruces, el 38 o/o, en las curvas horizontales, el 13 o/o y el resto en curvas verticales o cambios de rasante, pasos a nivel etc.

La diferencia de velocidades entre vehículos que marchan en el mismo sentido es también un importante factor en la producción de accidentes. Según Winfrey, este factor es una de las razones por las cuales un camino con una calzada de dos trochas, tiene un índice de accidentes que decrece cuando su tránsito medio diario está por arriba de los 7.000 veh/día. mientras que debajo de esta cifra el índice de accidentes aumenta al aumentar el tránsito medio diario.

En general, la velocidad en sí misma no es un factor que aumente el índice de accidentes. Sí lo es, en cambio, la diferencia de velocidades entre vehículos, que circulan en una misma corriente de tránsito. Lo que ocurre es que la velocidad aumenta de manera sustancial la importancia de las heridas personales resultantes de un accidente, así como el número de vehículos involucrados y el costo de los daños a la propiedad. Por esta razón, los accidentes en caminos rurales resultan más costosos, en general por accidente, que los ocurridos en zonas urbanas y los que tienen lugar en autopistas son aun más costosos que los primeros. Como ejemplo de esto último,

recordamos que hace poco más de un año se produjo en una autopista de alta velocidad de los Estados Unidos un choque en cadena que afectó a 125 vehículos, y en el acceso norte a la Capital Federal, el 22 de abril último, en una colisión múltiple se vieron envueltos 4 automóviles y 3 camiones.

VI. El índice de accidentes y los elementos de diseño.

El contar con una infraestructura vial cuyos principios respondan a la moderna técnica de diseño, basada precisamente en el estudio de los índices de accidentes, significa aumentar la seguridad de nuestras rutas.

En tal sentido, el diseño planialtimétrico de la calzada, las características de las intersecciones, el tipo y sobre todo el estado de conservación de las superficies de rodamientos, así como las señalizaciones horizontal, vertical y luminosa, etc., constituyen elementos fundamentales de aquella seguridad.

Trataremos a continuación en forma particular a algunos de los elementos de diseño y su relación con el índice de accidentes:

1. Trochas o carriles.

Cuando se trata de una calzada no dividida de dos trochas hemos visto que el índice de accidentes aumenta hasta un tránsito medio diario de 7.000 veh/día, pero para tránsitos mayores se produce un decrecimiento de dicho índice, probablemente por la disminución de la oportunidad de sobrepaso. Los estudios realizados demuestran también que el índice de accidentes en una calzada de cuatro trochas sin separador central es más alto que el de una calzada de dos trochas. En esto influyen seguramente los altos volúmenes de tránsito y los consecuentes complejos problemas de decisión.

Respecto al ancho de trocha, los estudios llevados a cabo en Inglaterra y en Estados Unidos muestran que hay

una disminución del índice de accidentes con el aumento del ancho de trocha, pero sólo hasta un valor del orden de los 3,65 m a 3,80 m, a partir del cual el índice crece para nuevos incrementos de ancho. El valor del índice de accidentes para el ancho óptimo de trocha es de 3 accidentes / 1.000.000 veh - milla. Se ha comprobado también que ensanches de 0,75 m producían, hasta el ancho óptimo indicado, una reducción del índice entre 20% y 40%.

2. Banquinas

Como criterio general, tratándose de banquetas sin pavimentar, es evidente que cuanto más amplias sean las mismas mayor será la seguridad que ofrezcan porque habrá mayor espacio para maniobrar, mejor visibilidad y lugar suficiente para estacionar vehículos incapacitados para continuar la marcha. Todo ello a condición de que todas las obstrucciones se encuentren más allá del borde exterior de la banquina y de que la misma presente en todo momento y lugar un perfecto estado de mantenimiento.

La moderna técnica vial indica, sin embargo, que las banquetas deben proyectarse siempre con algún tipo de pavimento inferior que permita su utilización en todo tiempo. Ello planteó oportunamente la necesidad de investigar cual resultaba el ancho más económico desde el punto de vista de la seguridad. Pudo así determinarse que la banquina debe tener un ancho mínimo de 3,50 m., de los cuales por lo menos 3,00 m., deben ser pavimentados. Si se quiere, sin embargo, que la capacidad de la trocha inmediata no resulte disminuida en caso de que un vehículo estacione en la banquina, como debe hacerlo a por lo menos 1,80 m., del borde interior de la misma, su ancho total debiera alcanzar a 4,50 m.

3. Cantero central.

La función que cumple el cantero central de separar las corrientes de tránsito de direcciones opuestas proporcio-

na ventajas importantes desde el punto de vista de la seguridad. Entre otras, podemos señalar que el mismo permite a los conductores retomar el control de sus vehículos en casos de desplazamientos por accidentes o por falsas maniobras y que, con ancho y plantación adecuados, reduce o elimina, en la circulación nocturna, los riesgos que ocasiona el encandilamiento.

Los canteros angostos, con anchos menores de 2,40 m son peligrosos si no se acompañan con separadores tales como barandas metálicas, muretes de hormigón, cables de acero o alambre tejido, porque pueden ser atravesados fácilmente por los vehículos.

Los canteros de ancho mediano, comprendido entre 6,00 m y 15,00 m presentan una mayor seguridad y permiten la colocación del reparador sin reducir significativamente el espacio de maniobra.

Los anchos de 15,00 m en adelante y la plantación adecuada eliminan todo riesgo de choques frontales y de encandilamiento.

Las barandas colocadas en el cantero central deben no sólo evitar el paso de los vehículos a la mano contraria sino además "absorber" al vehículo que choca contra ellas sin devolverlo a su calzada, cualquiera sea su velocidad, peso o ángulo de impacto.

4. Curvas horizontales.

La peligrosidad que introducen las curvas horizontales en la circulación proviene de una serie de factores tales como: distancia de visibilidad, radio, peralte, su frecuencia en el trazado, adherencia de los neumáticos al pavimento, etc.

El índice de accidentes aumenta rápidamente cuando disminuye el radio de la curva, como lo demuestran los siguientes valores obtenidos en estudios realizados en los Estados Unidos; 2,6 accidentes / 1.000.000 veh-milla para un radio de 1.500 m; 3,2 accidentes / 1.000.000 veh - milla para un radio

de 400 m., y 14 accidentes / 1.000.000 veh. milla para un radio de 150 m.

Hemos señalado la frecuencia de las curvas en un alineamiento como un factor vinculado a su peligrosidad porque los estudios han demostrado que una curva aislada produce más accidentes que una serie de curvas.

Ha sido posible reducir bastante el índice de accidentes en las curvas horizontales mejorando la señalización, aumentando la distancia de visibilidad, reduciendo la tendencia al deslizamiento y mejorando el peralte.

5. Pendientes.

Las pendientes contribuyen a los accidentes principalmente en la zona donde se produce su variación, es decir, donde existe la identificación mediante una curva vertical, ya sea ésta convexa o cóncava.

En conocida la gran influencia que las pendientes pronunciadas ejercen sobre las camiones pesados que transportan grandes volúmenes de carga, tanto se trate de pendientes positivas o negativas. La marcha de dichos vehículos puede verse bastante afectada, aún con variaciones de solamente 1 % ó 2 %, en el valor absoluto de la pendiente. Las pendientes positivas ocasionan una importante disminución de la velocidad de estos pesados vehículos, por lo cual, para no crear situaciones riesgosas a los vehículos livianos por falta de visibilidad para el sobrepaso, debería siempre proyectarse una tercera trocha, exclusiva para los camiones, en los alineamientos que presenten pendientes significativas para los mismos.

Por su parte, todas las pendientes negativas tienden a incrementar la velocidad de los vehículos, y por lo tanto, aumentan considerablemente la distancia de frenado. No son raros los accidentes de camiones en pendientes muy largas y algo pronunciadas. Para un diseño correcto y seguro debe tenerse en cuenta la relación existente entre el valor absoluto de la pendiente y su longitud.

Las restricciones a la distancia de visibilidad en las pendientes, ya sea por curvas verticales convexas como por la interposición de curvas horizontales, contribuyen a aumentar fuertemente el Índice de accidentes. Pero a medida que esa disminución de la distancia de visibilidad se hace más frecuente (hay, más restricciones por kilómetro de camino), el índice de accidentes disminuye.

6. Intersecciones.

Las intersecciones representan, de todos los puntos singulares de calles o caminos, aquéllos donde el índice de accidentes es más elevado. Dicho índice es muy sensible a las variaciones del flujo de tránsito en las calles comunes, pero no lo es tanto en caminos o carreteras rurales. Los valores más altos se dan en las intersecciones comunes o cruces vivos que no presentan ninguna mejora adicional de diseño. La más simple de las que pueden realizarse, el ensanchamiento de la calzada para facilitar la maniobra de giro, ha demostrado ser eficaz para el logro de una disminución del índice cuando los volúmenes de tránsito son elevados.

Un perfeccionamiento importante, que provoca fuerte disminución en el índice de accidentes, está constituido por las canalizaciones. En efecto, ellas ordenan los distintos movimientos a efectuar dentro de la intersección, ofreciendo zonas de protección a los vehículos para que puedan esperar la oportunidad de realizar sus maniobras con un adecuado grado de seguridad. La experiencia ha demostrado lo beneficios que resultan estas canalizaciones, no solamente para encausar al tránsito, evitando las maniobras divagatorias, sino también como protectoras del peatón y limitadoras de los excesos de velocidad. En sus distintas formas: isletas, separadores o dársenas de giro, contribuyen grandemente a ordenar y facilitar un mejor fluir del tránsito, coadyuvando con ello a la seguridad del mismo. Su construcción debe seguir normas de di-

seño referentes a radios de giro, Longitud de transiciones, anchos de calzadas, tipo y características de cordones, etc., y deberá realizarse con criterios técnicos que tengan en cuenta las especiales características de cada caso particular.

Cuando los volúmenes de tránsito que se entrecruzan adquieren valores importantes, sobre todo en caminos de alta velocidad, es imperativo el diseño de intersecciones a diferente nivel. Con ellas desaparecen todos los conflictos de cruzamiento, el tránsito directo circula sin interferencias y la intercomunicación entre ambos caminos se realiza mediante tramos que, con un adecuado diseño, permiten al tránsito que pasa de uno a otro realizar todas las maniobras de giro con absoluta seguridad.

La eliminación de las interacciones a nivel es el factor que más contribuye al bajo índice de accidentes en las autopistas con accesos controlados, no solamente por la no existencia de conflictos de cruzamiento, sino también porque disminuyen oportunidades en que se producen cambios en la velocidad de los vehículos.

La importancia de estos modernos diseños que se aproximan a la "carretera perfecta", es decir, la autopista sin cruces, con accesos controlados y construida con características geométricas de primer orden, ha sido ampliamente confirmada en Francia, donde, según Coquand, se ha comprobado en sus autopistas una reducción del 60 % de accidentes por vehículo - km.

7. Señalización y comunicación

A medida que se ha ido desarrollando en los caminos y autopistas una circulación a velocidades cada vez mayores, se ha ido acentuando la necesidad de contar con un sistema de señalización tanto horizontal como vertical, que provoque en el conductor reflejos instantáneos y seguros. Para ello, la señalización debe ser simple, facilitando su interpretación, homogénea, rápidamente visible, suficiente y no excesiva. Su pin-

tura debe hacerse con materiales reflectantes que permitan su perfecta visión en horas nocturnas. En el caso de las señales verticales, debe estudiarse muy bien su ubicación, ya que una señal indicadora o de advertencia mal colocada puede dar lugar a intempestivas y apuradas maniobras generadoras de accidentes.

Uno de los elementos que más contribuyen a la disminución del índice de accidentes es un correcto sistema de señalización horizontal y vertical. La horizontal enmarca, por ejemplo, al conductor en su trocha, le indica cuando puede ocupar la de mano contraria o cuando, por tener su distancia de visibilidad restringida, no lo puede hacer. También resulta de gran importancia la señal que indica el borde de la calzada. En una misma sección de camino se ha comprobado un índice de accidentes sensiblemente inferior, sobre todo en accidentes nocturnos, luego de haberse pintado con material reflectante la franja indicadora de borde de calzada.

Un camino seguro es aquel que, además de un buen diseño geométrico concebido aplicando los resultados de los más modernos estudios e investigaciones posee un sistema de señalización completo que le indica al conductor permanentemente donde está, que puede o no hacer y que problemas puede encontrar más adelante.

Precisamente, con el fin de que el conductor pueda estar informado de como se halla la carretera que va a utilizar o está utilizado, varios países europeos se encuentran estudiando sistemas que permiten hacer llegar la información a quien la desee en forma rápida y segura. Entre los sistemas en ensayo se encuentran:

- a) Señales ubicadas al costado de la banquina con cuatro mensajes que se encienden automáticamente mediante dispositivos electrónicos comandados por patrullas móviles, los cuatro expresan: despacio, camino

resbaloso - riesgo, accidente y niebla;

- b) paneles ubicados dentro de los vehículos que reciben también electrónicamente su mensaje similar al anterior.
- c) transmisión radial del mensaje en forma hablada por una frecuencia especial que debe poder sintonizar el receptor del vehículo y
- d) también transmisión radial de los mensajes, pero no ya en una frecuencia especial sino por la onda común de "broadcasting" que sintoniza cualquier receptor.

Si bien la instalación y operación de estos sistemas resultarían muy onerosas en nuestro país, existen otras posibilidades de brindar seguridad y confort a nuestras carreteras. Tal, por ejemplo, el servicio de información al usuario con líneas telefónicas especiales que le permite al interesado conocer, antes de iniciar el viaje, el estado de la carretera a utilizar o, si esta presenta algún problema, saber cuál es la alternativa más conveniente.

Finalmente, cabe señalar la importancia que adquiere para aminorar los efectos eventuales de un accidente en autopistas y carreteras, la rápida llegada al lugar del mismo de fuerzas policiales, ambulancias y equipos de auxilio mecánico. Para ello, deben incorporarse a las principales rutas del país elementos que permitan a los usuarios del camino la rápida comunicación con los servicios de policía, de sanidad y de auxilio mecánico. Este sistema, que ya existe desde hace años en las principales autopistas europeas, consiste básicamente en aparatos telefónicos ubicados cada dos kilómetros y alternadamente a cada lado de la autopista, conectados en forma directa, ya sea por circuito cerrado o como radioteléfono, con los centros asistenciales, policiales o de auxilio mecánico más próximos.

Bibliografía

1. WINFREY, Robley, "Economic Analysis for Highways". (International Textbook Company - Scranton, Penn., 1969).
2. NATIONAL SAFETY COUNCIL. "Accident Facts, 1966 Edition (Accidents for Calendar Year of 1965)" (Chicago, 1966).
3. COQUAND, Roger, "Caminos". (Editorial Reverté S.A., 2a. edición 1965).
4. 12th. International Study Week in Traffic Engineering and Safety Proceedings. (Londres, 1975).
5. INSTITUTE OF TRAFFIC ENGINEERS. "Traffic Engineering Handbook". (Washington, D.C 1965).
6. BUSTAMANTE, Julio G. "Las políticas de seguridad vial en el Estudio Preliminar del Transporte de la Región Metropolitana". (Carreteras N° 79, Julio - Septiembre 1976).

**ESTUDIO SOBRE LA INFLUENCIA DE LA
COMPOSICION MINERALOGICA
DE LAS ARCILLAS EN EL COMPORTAMIENTO
FISICO DE LOS SUELOS .**

Lic. Marta Laura Ramírez (*)

RESUMEN

Sobre suelos y sedimentos cuaternarios ubicados en la Ruta 11, en el sector comprendido entre el Río Samborombón y el Canal 15, se han llevado a cabo estudios granulométricos, mineralógicos, físicos y químicos a efectos de relacionar la composición mineralógica de la fracción arcilla con el comportamiento físico de los mismos. Se concluye en que el porcentaje de la fracción arcilla y su composición son los factores principales que regulan el comportamiento físico de los suelos.

ABSTRACT

In Quaternary sediments located at route 11, between Samborombon River and Channel 15, there has been made granulometric, mineralogical, physical and chemical studies, with the purpose of correlating the mineralogical composition of the clay fraction with their physical behaviour. It is concluded percentage of the clay fraction and this mineralogical composition are the main factors controlling the physical behaviour of soils.

(*) Becaria Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires.
Centro de Investigaciones Geológicas —UNLP
Cátedra Sedimentología - Facultad de Ciencias Naturales —UNLP.

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo principal conocer la composición mineralógica de la fracción arcilla de los suelos y establecer su vinculación con el comportamiento físico de los mismos. Esta es una relación de gran importancia ya que en la provincia de Buenos Aires la mayor parte de los suelos son de composición arcillosa y presentan graves problemas ante el asiento de una fundación.

La zona en estudio constituye una faja de extensión meridional que rodea a la Bahía de Samborombón y que queda comprendida en las hojas a escala 1 : 50.000 del Instituto Geográfico Militar denominadas Destacamento Río Salado (3557-33-1); Cerro de la Gloria (3557-33-3). Libres del Sud (3557-32-2), y Laguna El Manchado (3557-32-4), se eligió en función de que en la misma se pueden observar sedimentos cuaternarios de variada composición y textura que ofrecen diversos problemas motivo de estudio en esta investigación, Fig. 1.

Antecedentes

Son varios los autores que se ocupan del problema de la actividad o inactividad de un suelo ante la cimentación de diversas estructuras entre los que podemos citar a Karakachoff (1957), Trevisán (1963), Mauriño y Trevisán (1963), Mauriño (1969), Fossa et al (1969), Fossa y Arrechea (1975), pero el trabajo en el que se trata más ampliamente la relación en estudio data del año 1954 y fue Grim el encargado de realizarlo.

En el año 1977 Iñiguez Rodriguez presenta en el Seminario Geotécnico Vial un trabajo en el que recalca la importancia que tiene esta relación como así también la simplificación de posteriores problemas durante y después de las construcciones, que trae aparejado.

Desde el punto de vista geológico, para la zona en estudio, ocupada por sedimentos de gran desarrollo en el Pleistoceno y Holoceno se han desarrollado varios trabajos estratigráficos, geomorfológicos y edáficos que muestran claramente los episodios geológicos que en ella transcurrieron entre ellos podemos citar: Frengüelli (1922), (1925), (1933) Cappanini (1952), Tricart (1957) Vargas Gil et al (1972), Fidalgo et al (1972), Fidalgo y Tonni (1978), es el trabajo de Fidalgo et al (1972) el que se tomó como base para desarrollar esta investigación en virtud de la claridad en el ordenamiento de las unidades estratigráficas y la mejor individualización de las mismas a partir de las características que se presentan en él.

Estos autores reconocen tres unidades litoestratigráficas de origen marino que son la Formación Pascua, Formación Destacamento Río Salado y Formación Las Escobas, postulando de esta manera tres ingresiones marinas siendo la de máxima extensión la que depositó a la Formación Las Escobas, éstas van acompañadas por sedimentos continentales: Formación Pampiano, Formación La Postrera y Formación Luján y por el desarrollo de horizontes edafoestratigráficos que quedan representados por el Suelo Puesto Callejón Viejo y Suelo Puesto Barredondo.

A continuación se transcribe el cuadro estratigráfico elaborado por Fidalgo et al (1972-1975) que es el citado por el mismo autor y Tonni en un trabajo del año 1978.

La Fm. Pampiano está constituida por sedimentos limo - arenosos a limo - arcillo arenosos en la parte inferior con concentraciones mantiformes de tosca que pasan en la parte superior a sedimentos granulométricamente similares en los que la tosca se presenta a manera de concreciones. Estos sedimentos se depositaron en el Pleistoceno medio a superior.

Epoca	Fidalgo et al (1972 - 1975) Fidalgo y Tonni (1978)			
Reciente	Sedimentos fluviales y lacustres	Sedimentos eólicos	Sedimentos marinos y transicionales	Suelo
	Aluvio	Médanos	Arena	Actual
	Miembro Río Salado	Fm.	Fm. Las Escobas	Puesto Berrondo
Pleistoceno	Fm. Luján	La	Fm. Destacamento Río Salado	Puesto Callejón Viejo
	Miembro Guerrero	Postrera		Sin nombre
	Fm. Pampiano		Fm. Pascua	

En la parte superior de la Fm. Pampiano y en forma de cuña se intercalan sedimentos marinos de la Fm. Pascua que de acuerdo a lo señalado por Fidalgo et al, corresponderían a una ingresión contemporánea con la depositación superior de la Fm. Pampiano, La Fm. Pascua se encuentra representada por una coquina.

En el Pleistoceno superior y dentro de un ambiente continental comienzan a depositarse sedimentos fluviales que se apoyan en discordancia erosiva sobre la Fm. Pampiano, representan la base de la Fm. Luján (Miembro Guerrero), están constituidos por limos arenosos castaños claros que se tornan verdosos en la parte superior; sobre ellos se desarrolla un horizonte edafoestratigráfico denominado Suelo Puesto Callejón Viejo. Hacia el final de la depositación del Miembro Guerrero comienzan a depositarse sedimentos eólicos de la Fm. La Postrera, constituida por un limo arenoso castaño que puede contener de

la misma manera que el Miembro Guerrero, yeso desde microcristalino hasta en rosetas.

En forma simultánea con esta Fm. eólica y el miembro fluvial se depositan sedimentos limo arcillosos, en parte arenosos, grises hasta negros con abundante contenido en materia orgánica, que forman el actual cangrejal y que pertenecen a sedimentos albuféricos o de lagunas costeras de la Fm. Destacamento Río Salado.

Ya en el Holoceno comienza a desarrollarse el techo de la Fm. Luján (el Miembro Río Salado) representado por limos arenosos y arena limosos grises blanquecinos con cuerpos crecionales de yeso y lentes de ceniza que apoyan en discordancia erosiva sobre el miembro inferior, sobre el Suelo Puesto Callejón Viejo a sobre la Fm. Pampiano.

En la misma época, en forma contemporánea con el Miembro Río Salado de la Fm. Luján se depositaron sedimen-

tos marinos de la Fm. Las Escobas, la misma se inicia con sedimentos arenosos y en parte arcillosos del Miembro Canal 18 y continúa con depósitos de conchilla que integran los cordones conchillas pertenecientes al Miembro Cerro de la Gloria.

Por encima de esta nueva ingresión se desarrolla un horizonte edafoestratigráfico, el Suelo Puesto Berrondo, que también cubre a sedimentos del Miembro Río Salado de la Fm. Luján y a sedimentos eólicos indiferenciados.

Metodologías de trabajo

Tareas de campo

Se realizaron sucesivas campañas de reconocimiento en las que se obtuvieron 18 muestras representativas de los sedimentos correspondientes a las Formaciones Pampiano, Destacamento Río Salado y Las Escobas (Miembro Canal 18).

El muestreo se realizó tomando como base los afloramientos de cada unidad estratigráfica citados por Fidalgo et al, se aprovecharon las barrancas de arroyos y ríos de la zona; se trajo aproximadamente 2 kg, de muestra disturbada, lo suficientemente acondicionada para que no perdiera el contenido de humedad natural, que fue tratada en laboratorio.

Tareas de laboratorio

Análisis granulométrico

En base a la metodología establecida por Carver (1972) para sedimentos pelíticos y psamíticos (pipeteo y tamizado) se ha realizado el análisis de los suelos en estudio, con el empleo de escala de Udden (razón 2).

Con los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico de estos sedimentos, se llevaron a cabo gráficos columnares (histogramas) y diagramas de frecuencia; de ellos se obtuvieron los distintos valores de phi necesarios para calcular los coeficientes de Folk y Ward (1957) logrando obtener en algunos ca-

sos una información completa de los mismos y en otros no debido a la limitación impuesta por la graficación del diagrama de frecuencia. En general y de acuerdo a las trazas obtenidas los sedimentos muestran un bajo grado de selección.

Cabe señalar que el análisis sedimentológico llevado a cabo a través de las medidas de tendencia central, medidas de dispersión, de asimetría y de curtosis de Folk y Ward (op cit) es válido para sedimentos psamíticos por lo tanto en nuestras muestras en las que abunda el material político, se determinaron dichos coeficientes pero no se pudieron inferir las condiciones de sedimentación de los materiales; con todo se espera que análisis posteriores con un número mayor de muestras permitirán determinarlas (para sedimentos pelíticos).

Análisis químicos

a) determinación de materia orgánica.

Se trabajó con el método analítico cuantitativo de Walkley - Black, por el que se valora por retroceso el exceso de Dicromato de potasio con sal ferrosa, en medio sulfúrico.

b) determinación de CO_3Ca equivalente.

Se trabajó con un método de neutralización ácida en el que los carbonatos presentes en el suelo se descomponen ante el ataque con HCl 0,5 N.

Ambas determinaciones nos llevaron a establecer el porcentaje de materia orgánica y carbonatos (cementantes naturales) que presentan los suelos, no pudiéndose establecer la relación existente entre dicho porcentaje y el comportamiento plástico de los mismos.

c) determinación de la capacidad de intercambio catiónico.

La capacidad de intercambio catiónico del suelo se determinó por un proceso en dos fases:

1. saturación del suelo con un catión seleccionado (el catión saturante). Se utilizó Na.

11. desplazamiento del catión saturante por otro seleccionado (catión de reemplazamiento). Se utilizó NH_4 .

La cantidad desplazada se determinó por espectrofotometría de absorción atómica y se expresó en miliequivalentes por 100 gramos de suelo.

Análisis mineralógico

Fracción arcilla

Ha sido estudiado el material de granulometría inferior a 4 micrones por el método de Difracción de Rayos X, con un equipo Phillips PW 1050 con 40 kw y 18 MA, con radiación de $\text{Cu } \alpha$ ($\lambda : 1.54 \text{ \AA}$) y filtro de Ni, a una velocidad de registro de 2° por minuto la velocidad del papel fue de 120 mm/hora con un factor de escala de $1 - 10^3 - 4$

Se trabajó con muestras orientadas con los siguientes tratamientos:

Normales: expuestas desde los $2^\circ 2\theta$ y hasta los $30^\circ 2\theta$.

Glicoladas: tratadas con polialcoholes (etilen - glicol) durante 2 horas, expuestas desde los 2° y hasta los $14^\circ 2\theta$.

Calcinadas: a 550°C , desde los 2° y hasta los $14^\circ 2\theta$.

Se obtuvieron 54 difractogramas sobre los que se realizó una estimación cuantitativa de los distintos minerales de arcilla; esta cuantificación se llevó a cabo teniendo en cuenta el trazado de los difractogramas normales y calcinados, donde se puede visualizar muy bien la modificación que se opera en la zona en la que quedan representados los argilominerales activos, expansibles, de tanta importancia en este trabajo (montmorillonita e interstratificados). La fig. 2 muestra la superposición de difractogramas de alguna de las muestras estudiadas.

Este nuevo método de cuantificación (que representa una modificación

del de Johns, et al, 1954), se encuentra en estudio, pero a través de los resultados obtenidos en este trabajo podemos inferir una muy buena representatividad del mismo (Iñiguez, 1979).

Fracción limo fino

Fue estudiada por difracción de rayos X, se prepararon muestras de polvo que se expusieron desde los 2° y hasta los $38^\circ 2\theta$.

Fracción limo grueso - arena muy fina.

Estas fracciones fueron estudiadas ópticamente con un microscopio de polarización Leitz, en preparados de grano suelto, montados en bálsamo de Canadá.

Análisis físicos

Se han llevado a cabo las determinaciones de la humedad natural, límites de Atterberg (límite-líquido - límite plástico) e índice de plasticidad de acuerdo a lo establecido en las normas IRAM 10501 - 1502 y clasificación H.R.B.

Discusión e interpretación de los resultados.

Si tomamos de los análisis químicos la determinación de la capacidad de intercambio catiónico, tabla 1, podemos inferir que existe una estrecha relación entre el comportamiento, la mineralogía de la fracción arcilla y la granulometría de las distintas muestras.

Las partículas arcillosas tienen un elevado grado de dispersión y por la estructura física y química una fuerte energía superficial, que varía de acuerdo a la naturaleza del argilomineral: es máxima para la montmorillonita, intermedia para la illita y mínima para la caolinita.

En el caso de los minerales con baja capacidad de intercambio catiónico, dicha capacidad aumenta con la disminución del tamaño de las partículas.

Considerando ahora los análisis físicos, tabla 2, podemos decir que las propiedades plásticas de los suelos están reguladas por los argilominerales presentes en ellos; basándonos en los trabajos de Grim (1954) se puede establecer que de los argilominerales el de mayor incidencia es el de mayor actividad superficial o sea la montmorillonita.

Grim en sus trabajos presenta datos para muestras puras, en nuestro caso (mezclas) el comportamiento de los suelos está directamente ligado a la proporción de montmorillonita presente en las mezclas. En el caso de que el argilomineral predominante fuese el de menor o intermedia actividad superficial (caolinita-illita) la plasticidad depende del porcentaje de la fracción fina presente.

En lo que hace el estudio mineralógico de la fracción arcilla se ha podido establecer la presencia de montmorillonita, illita y caolinita en distintas proporciones, como así también interstratificados del tipo illita - montmorillonita; como impurezas se presentan cuarzo y feldespato. Tabla 3.

El grado de cristalinidad de estos argilominerales, evidenciado por la agudeza e intensidad de los picos difractados, varía en las distintas muestras.

Con respecto a las fracciones gruesas se pudo identificar en la de limo fino cuarzo y feldespato, y en las clases limo grueso - arena muy fina se ha identificado componentes livianos tales como cuarzo, plagioclasas, vidrio volcánico y fitolitos; entre los pesados se hallan piroxenos (hiperstenos, augita), anfíboles (hornblenda, hornblenda basáltica), epidoto, micas, clastos líticos, alteritas y minerales opacos en distintas proporciones.

En base a los resultados obtenidos se ha llevado a cabo una subdivisión de las 18 muestras en cuatro categorías de acuerdo a las variaciones plásticas de los distintos suelos.

1. suelos con IP altos (38 a 24), elevado porcentaje de fracción arcilla y elevado valor en la capacidad de intercambio catiónico (30 a 40 meq. o/o) Fig. 3.
2. suelos con IP (10 a 20), capacidad de intercambio catiónico entre 21 y 23 meq. o/o .

En base a la relación existente entre la montmorillonita y la illita se subdivide en:

- a. montmorillonita 2 - illita 1. Fig. 4a
- b. montmorillonita 3 - illita 1. Fig. 4b
- c. montmorillonita 1.5 - illita 1 Fig. 4c

La categoría 2b a su vez se subdivide en base al o/o de fracción arcilla en:

2b.1. mayor fracción arcilla. IP elevado.

2b.11. menor fracción arcilla. IP bajo.

3. suelos con IP menor o igual a 10 (a excepción de la muestra 7) y valores en la capacidad de intercambio catiónico entre 12 y 20 meq o/o .

Se subdivide por el contenido de fracción arcilla en:

- a. mayor a 10 o/o . Fig. 5a.
- b. menor a 10 o/o - Fig. 5b

con su respectiva incidencia en los valores de IP y capacidad de intercambio catiónico.

4. suelos con bajos valores en la capacidad de intercambio catiónico derivado de la ausencia de fracción fina. El IP no se calculó por estar frente a una muestra friable. Tabla 4.

Conclusiones

1. Todas las muestras estudiadas se encuentran dentro de los suelos A-6 y A-7 de la clasificación H.R.B. (suelos de baja calidad para su utilización como subrasantes).

2. Desde el punto de vista granulométrico los suelos con mayor proporción de arcilla presentan los más altos valores de índice plástico y de capacidad de intercambio catiónico (suelos altamente plásticos y poco resistentes a la deformación).
3. Considerando la composición mineralógica, todos estos suelos presentan en distintas proporciones montmorillonita e interstratificados (argilominerales de elevada actividad superficial y expansibles).
4. se ha determinado que el porcentaje de fracción arcilla y su composición mineralógica, son los factores principales que regulan el comportamiento físico de los suelos. Tal vinculación se puede observar en la fig. 6 en la que se relaciona el porcentaje de fracción arcilla y tipo de argilomineral (considerando la montmorillonita por ser el de mayor incidencia en el comportamiento plástico) con el índice de plasticidad, a través del cual se valora el comportamiento físico del suelo; en este gráfico se puede visualizar que a mayores cifras en la primera relación se dan mayores valores en el otro parámetro.
5. Los suelos de las categorías 2 y 3 son factibles de estabilizar con tratamientos adecuados ya que el mineral predominante es la montmorillonita, la cual posee una alta capacidad de intercambio catiónico lo que facilita su tratamiento.

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento al Dr. Mario Iñiguez Rodriguez por la dirección del presente trabajo, al Dr. Luis Spalletti por la lectura crítica a los Ing. Nancy Villabona y Roque Losada de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires por las sugerencias aportadas en el tratamiento y ensayo físico de los suelos, al Sr. Carlos Bria-

nese por la confección de los gráficos y en general a todo el personal técnico y profesional del Centro de Investigaciones Geológicas por el apoyo brindado durante la realización del mismo.

Bibliografía

1. CAPPANINI, D. 1952 - Geoedafología del curso inferior del río Salado en la provincia de Buenos Aires, IDIA, año V, N° 50 - 51.
2. CARVER, R. 1972 - Procedures in sedimentary petrology Wiley. 653 p
3. FIDALGO, F.; DE FRANCESCO, F. y COLADO, U. 1972 - Geología superficial en las hojas Castelli, J. M. Como y Monasterio (Pcia. de Buenos Aires) V. Cong. Geol. Arg. pág. 27 - 39.
- Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús, y Magdalena (Pcia. de Buenos Aires), V. Cong. Geol. Arg. T. III, pág. 227-240.
- y TONNI, E. 1978 - Consideraciones sobre los cambios climáticos durante el Pleistoceno tardío - reciente en la provincia de Buenos Aires. Aspectos ecológicos y zoogeográficos relacionados. Revista de la Asociación Paleontológica Argentina. Tomo XV n° 1-2
3. FOLK, R.; WARD, W. 1957 - Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters Journal Sed. Petrol. V. 27 n° 1.
5. FOSSA, L. ALEMÁN, C. y POL, A. 1969 - Caracterización de suelos plásticos con cal aérea hidratada. Separata de la Rev. de Ingeniería, Vol. XVII, n° 65.
- ARRECHEA, O. 1975 - Criterios de evaluación de suelos activos y su posible correlación, LEMIT Serie II n° 306, p. 155 - 164.
6. FRENGUELLI, J. 1922 - Edad del loes pampeano dentro del ciclo Glacial - Interglacial. Prometeo, año 1, n° 16, Paraná.

- 1925 - Loess y limos pampeanos. Anales de la Soc. Arg. de Estudios geográficos, Gaea, n° 1, p. 1-91.
- 1933 - Paleogeografía argentina. Paraná.
7. GRIM, R. 1954 - Los minerales arcillosos en los suelos y su significación. Trad. Administración General de Vialidad Nacional, Serie III n° 1, p. 1 - 17.
- Mineralogía de arcillas. Rev. Construcciones.
- Algunos factores fundamentales que influyen en las propiedades de los suelos. Trad. Adm. General de Vialidad Nacional, Serie III, p. 1 - 15.
8. IÑIGUEZ RODRIGUEZ, M. 1977 La influencia de la composición mineralógica de las arcillas en las propiedades físicas de los suelos. II Seminario Geotécnico vial. Dirección de Vialidad Nacional.
9. JOHNS, W. ; GRIM R. y BRADLEY, W. 1954 - Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. Journ, Sed. Petrol. Vol. XXIV, 4. Baltimore p. 242-251.
10. KARAKACHOFF, S. 1957 - Construcción de edificios livianos sobre suelos arcillosos. Construcciones n° 149, p. 168 - 175.
11. MAURIÑO, V., TREVISAN S. 1963 - Condiciones geológicas y geomecánicas del subsuelo de la ciudad de La Plata y sus alrededores. Segundo Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos y Fundaciones. Ingenieriles, Brasil, Serie II p. 3 - 24.
12. MAURIÑO, V. 1969 - Relación entre los procesos geológicos y las cualidades técnicas de los sedimentos de un perfil entre el Río de la Plata y Tandil (Prov. de Buenos Aires). Cuartas jornadas geológicas argentinas. Tomo III, p. 205 - 221.
13. TREVISAN, S. 1963 - El tratamiento de la cimentación de pequeñas viviendas sobre arcillas firmes expansivas. LEMIT, Serie II, n° 93. p. 1 - 17.
14. TRICART, J. 1957 - Geomorfología de la Pampa Depresiva. INTA. Colección Científica XII. Plan de Mapa de Suelos.
15. VARGAS GIL, J.; SCOPPA, C. e IÑIGUEZ, M. 1972. - Génesis de los suelos de la región norte de la Bahía de Samborombón, INTA Serie III, Clima y Suelo, Vol. IX n° 1.

TABLA 1
Análisis químicos

Nº de muestra	Capacidad de intercambio catiónico meq/100 gr.
1	30.71
2	23.00
3	21.42
4	40.00
5	31.74
6	21.42
7	14.32
8	37.42
9	12.90
10	13.94
11	19.61
12	27.61
13	21.42
14	21.94
15	1.15
16	22.03
17	21.91
18	35.73

TABLA 2
ANALISIS FISICOS

Nº de muestras	Humedad natural	Límite líquido	Límite plástico	Indice de plast.	Clasificación H.R.B.
1	29.6	74.7	36.7	38	A-7-5 (20)
2	27.7	41.7	25.4	16.3	A-7-6 (11)
3	26.1	34.9	22.3	12.6	A-6 (9)
4	34.4	73.8	37.5	36.3	A-7-5 (20)
5	42.7	62.2	37.1	25	A-7-5 (18)
6	31.4	50.4	26.2	24.2	A-7-6 (16)
7	6.2	31.6	19.6	12	A-6 (10)
8	21.8	54	28.	26	A-7-6 (17)
9	17.34	27.1	22.3	4.8	A-4 (8)
10	9.47	25.7	19.9	5.8	A-4 (8)
11	15.89	33	22.7	10.3	A-4 (8)
12	17.20	31.3	25.8	15.5	A-7-6 (11)
13	15.10	37.4	23.5	13.9	A-6 (10)
14	22.98	44.1	24.4	19.7	A-7-6 (15)
15	4.34	---	---	---	---
16	24.3	40	26	11	A-6 (10)
17	26.2	36	21	15	A-6 (10)
18	31.9	63	39	24	A-7-5 (18)

TABLA 3

Composición mineralógica fracción arcilla < 4μ

	N° de muestra																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Illita	64	31	33	49	19	25	39	36	18	15	29	43	42	44	-	19	23	31
Caolinita	21	5	4	14	7	4	6	23	11	7	5	1	10	9	-	6	8	11
Mont + Interest.	15	64	62	37	74	71	55	41	71	78	66	56	48	47	-	75	69	58
Impurezas																		
Cuarzo	oo	o	o	oo	o	o	o	oo	oo	o	o	o	o	o	-	o	o	oo
Feldespato	o	oo	o	o	o	o	oo	o	o	oo	oo	oo	o	oo	-	oo	o	o
Impurezas																		

o escasas oo abundantes

TABLA 4

N° de muestras	Categoría	Sub-categoría	O/o Arcilla	Argilominerales	Capacidad de intercamb. catiónico	Indice plástico	Clasificación H. R. B.
1	—	—	54.70	I 64 Cao 21 M 15	30.71	38	A-7-5 (20)
4	—	—	68.38	I 49 M 37 Cao 14	40.00	36.3	A-7-5 (20)
5	1	—	48.40	M 74 I 19 Cao 7	31.74	25	A-7-5 (18)
8	—	—	75.29	M 41 I 36 Cao 23	37.42	26	A-7-6 (17)
18	—	—	70.68	M 58 I 31 Cao 11	35.73	24	A-7-5 (18)
2	—	a	28.26	M 64 I 31 Cao 5	23	12	A-7-6 (11)
3	—	—	15.72	M 62 I 33 Cao 4	21.42	12.6	A-6 (9)
6	—	i	31.81	M 71 I 25 Cao 4	21.42	24.2	A-7-6 (16)
16	—	b	23.01	M 75 I 19 Cao 6	22.03	14	A-6 (10)
17	2	ii	21.09	M 69 I 23 Cao 8	21.91	15	A-6 (10)
12	—	—	25.30	M 56 I 42 Cao 2	27.61	15.5	A-7-6 (11)
13	—	c	14.67	M 48 I 42 Cao 10	21.42	13.9	A-6 (10)
14	—	—	17.31	M 47 I 44 Cao 9	21.94	19.7	A-7-6 (15)
7	—	—	23.79	M 55 I 39 Cao 6	14.32	12	A-6 (10)
11	3	a	10.08	M 66 I 29 Cao 5	19.61	10.3	A-4 (8)
9	—	—	3.29	M 71 I 18 Cao 11	12.90	4.8	A-4 (8)
10	—	b	5.28	M 78 I 15 Cao 7	13.94	5.8	A-4 (8)
15	4	—	—	—	1.16	—	—

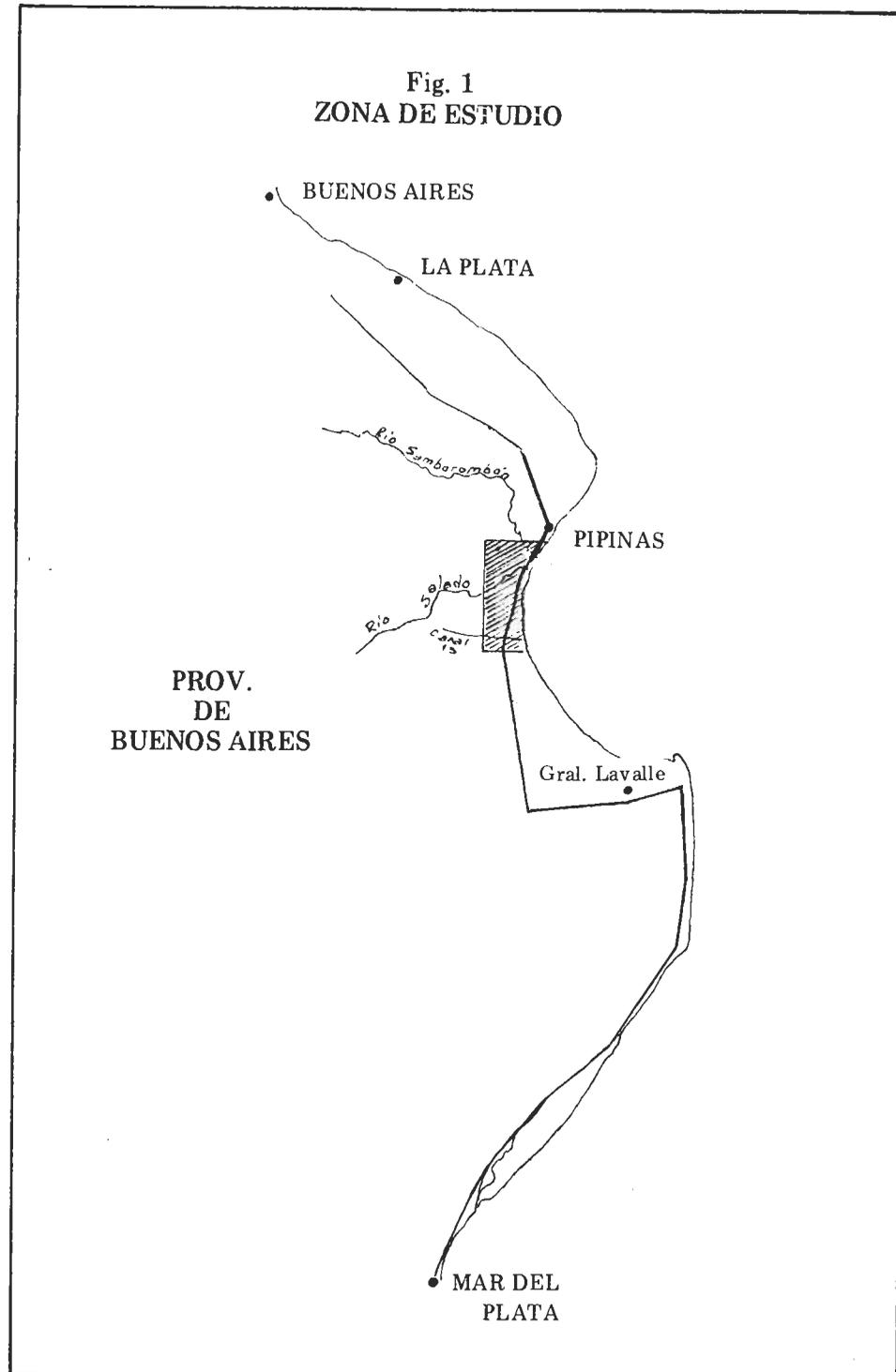


Fig. 2
Muestra 7°

Superposición de difractogramas normal - calcinada - glicolado

SF - 1 - 10³ - 4
R . Cu/nl

normal
 glicolado
 calcinado
 zona ocupada por argilominerales activos

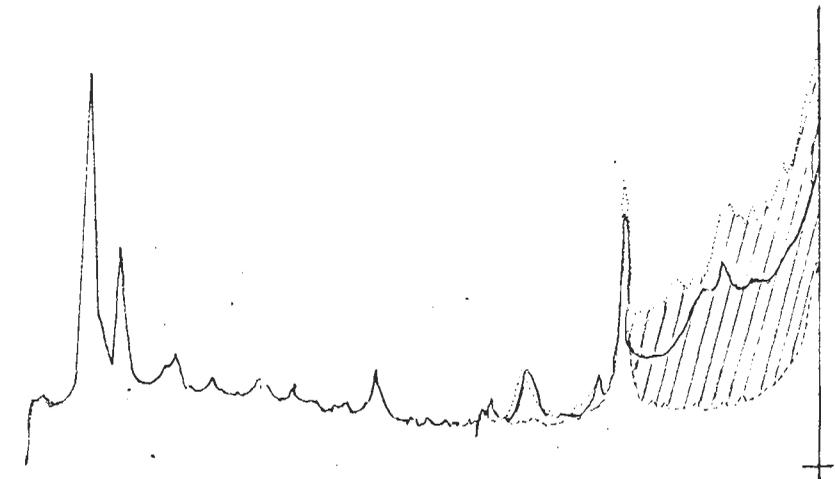


Fig. 3
Categoría 1
SF 1 - 10³ - 4
R Ca/nl

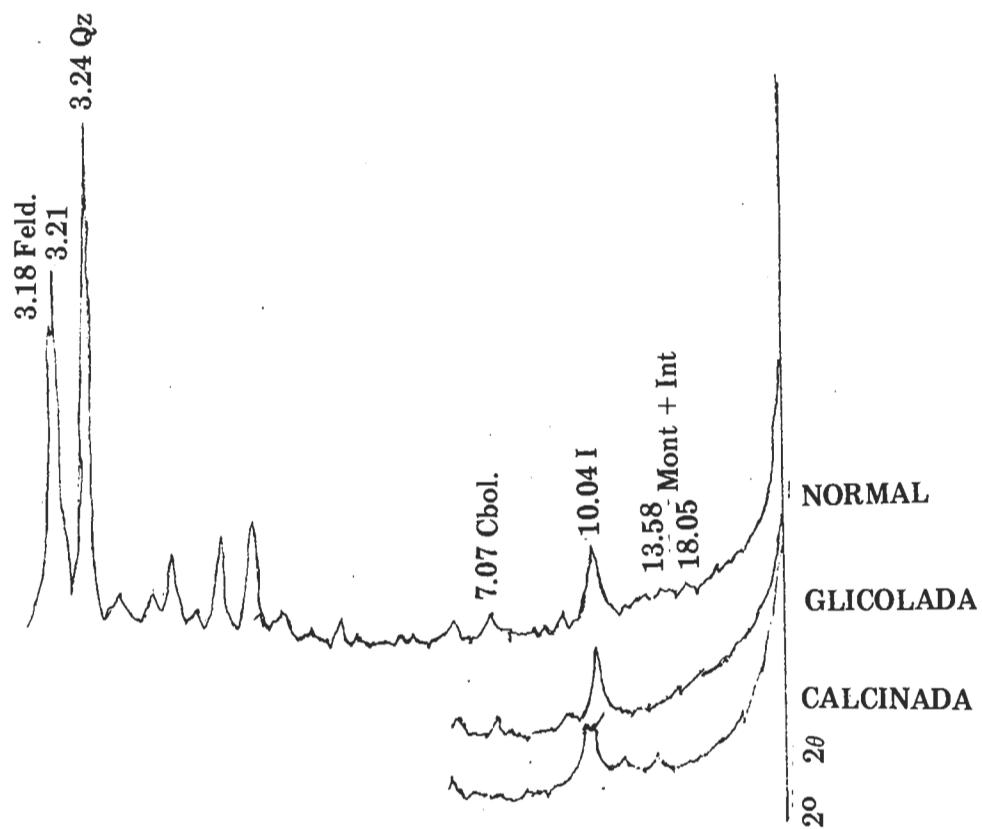


Fig. 4
Categoría 2
SF 1 - 10³ - 4
R Cu/nl

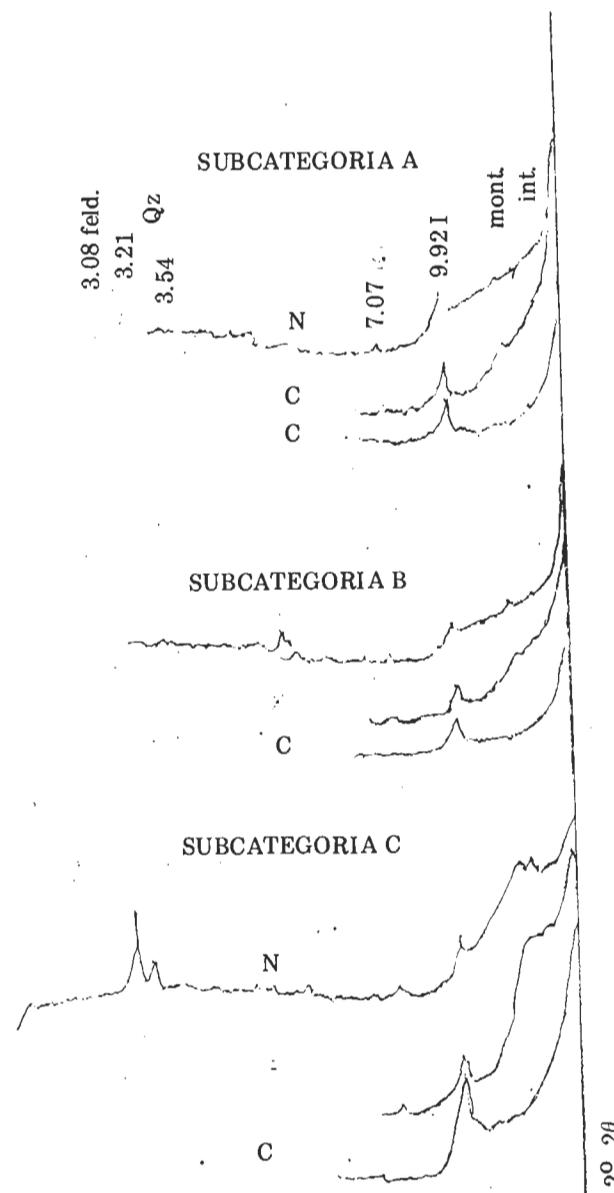


Fig. 5
 Categoría 3
 SF 1 - 10³ - 4
 R Cu/nl

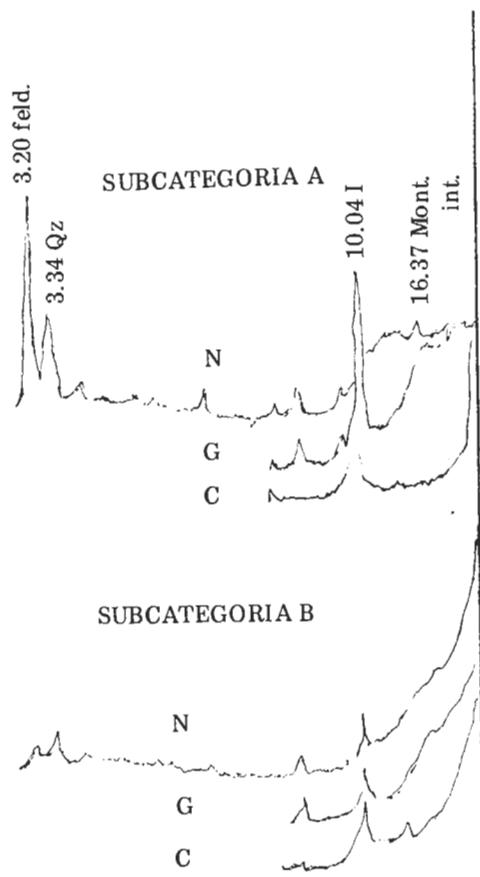
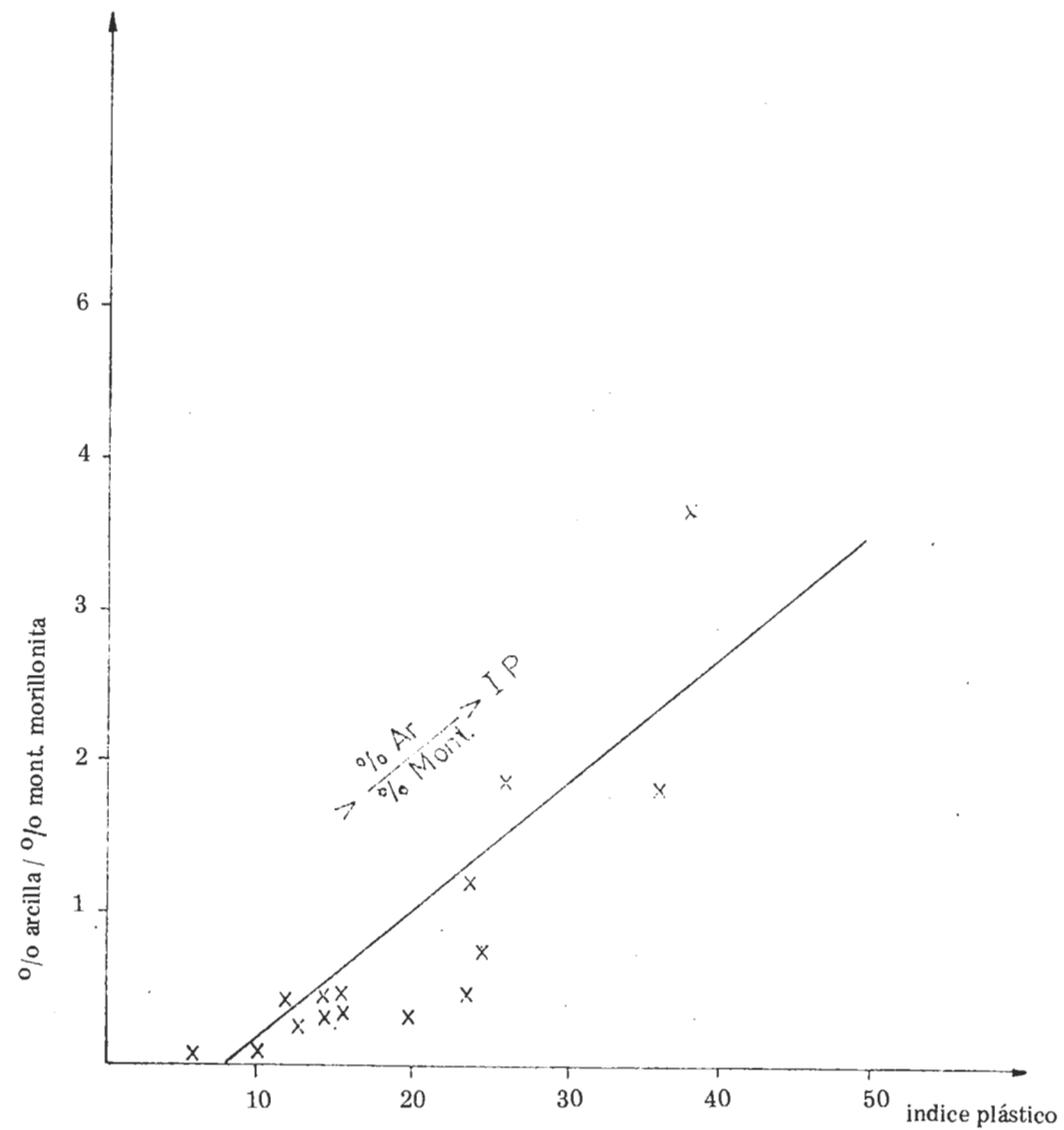


Fig. 6

Relación
 $\frac{\% \text{ Arcilla}}{\% \text{ Mont}} - IP$



Interpretación de ensayos de cargas sobre pilotes

Ing. Julio Roberto NADEO
Prof. titular de Mecánica de Suelos y
Prof. titular de Cimentaciones en la Universidad
Tecnológica Nacional.
Vicepresidente de Videla Nadeo S.A.

Ing. Ricardo CANO
Sub Jefe área civil - Gerencia Central Termoe-
léctrica Bahía Blanca - DEBA

Resumen

En el presente trabajo se analizan los resultados de tres ensayos de carga sobre pilotes de 1,00 m de diámetro, realizados con el objeto de conocer la deformación total máxima bajo una carga de servicio de 400 tn.

Dichos ensayos demostraron que las deformaciones totales eran menores a los 20 mm fijados como límite máximo. Sin

embargo la carga última o carga de rotura que se deducía de la curva - carga - deformación no ofrecía la misma seguridad que la correspondiente a las deformaciones.

A fin de determinar con mayor precisión la carga última se utilizaron los métodos de van der Veen modificado; Davisson; y Chin, además del método de las tangentes.

Los resultados indican una buena correspondencia entre las capacidades de carga calculadas por J. B. Hansen y los métodos de van der Veen modificado y Chin.

Además se concluye sobre la necesidad de programar los ensayos de carga para conocer la carga límite (por deformación) y la carga última (por rotura) a fin de verificar que para ambos criterios se cuenta con los coeficientes de seguridad mínimos necesarios.

I. Introducción

La Central Térmica 2 x 310 MW, comandante Don Luis Piedrabuena, sita en Ing. White, está compuesta de un bloque de energía con 2 (dos) turbogeneradores de 310 MW de procedencia soviética, 2 (dos) calderas supercríticas de una producción de 1.000 tn/h. de vapor a 245 at, y 550°C, de procedencia alemana, y un sistema de regulación y control por automatismos de procedencia francesa.

Este bloque de energía, cuenta con edificios principales y secundarios los cuales conforman la infraestructura edilicia de apoyo; entre los que podemos distinguir los siguientes:

- * Sala de máquinas (Mesa de Turbina - Anexo Bombas y Anexo Eléctrico).
- * Calderas Principales.
- * Chimenea Principal
- * Edificios Secundarios, Tanques de Combustibles, Calderas, Auxiliares.
- * Obras de Descarga del circuito de refrigeración.
- * Obra de Toma del circuito de refrigeración.

- * Viaducto Principal de empalme al Muelle mineralero.
- * Muelle Mineralero.

Este complejo energético, se desarrolla sobre una superficie de 54 Ha, ganadas al mar, debido a un relleno por refulado de arenas dragadas del fondo del canal de acceso a Ing. White, el promedio de altura del relleno es de aproximadamente 3,00 m. El proyecto y ejecución de la obra fue contratada a un Consorcio de empresas nacionales y extranjeras.

Dentro de los estudios e investigaciones básicas desarrolladas y en atención al tema que nos ocupa, se han ejecutado en el ítem ESTUDIO DE SUELOS, 1370 metros de perforación consistentes en 47 perforaciones de las cuales 32 han sido ejecutadas a 2 1/2 pulgadas (64 mm) y 15 en 4 pulgadas (100 m) con extracción de muestras indisturbadas mediante el empleo de Shelby a pistón o Denison.

Sobre estas muestras se realizaron:

- * Triaxiales no consolidadas - no drenados.
- * Triaxiales consolidados - no drenados, con medición de presiones neutras.
- * Triaxiales no consolidados - no drenados bajo ciclos alternados de carga y descarga para obtener el módulo de deformación "E", bajo diferentes presiones de confinamiento.
- * Ensayos de consolidación Unidimensional sobre los suelos de alta plasticidad.

Dichos trabajos fueron ejecutados entre el 28-3-80 y 30-7-80; con un total de 125 días calendarios.

Las diferentes estructuras se fundaron en forma indirecta mediante pilotes excavados de 1,00 m de diámetro y tipos Franki de 0,60 y 0,35 m. de diámetro según la importancia de los esfuerzos que se debían transferir al terreno.

Dentro del plan de investigaciones "in situ", se contempló la realización de ensayos de carga de pilotes, entre los que se encuentran los correspondientes al Turbogrupos, de 1,00 m. de diámetro y 20,00 m de longitud ejecutados "in situ", con la técnica del barro bentonítico, en lo que hace a la estabilidad de perforación, de hormigón armado, y que son objeto del presente informe.

II. Estratigrafía

En las figuras números 1 y 2 se da el perfil típico de la zona de sala de máquinas y calderas donde están ubicados los turbogrupos. A modo de resumen podemos decir que el mencionado perfil está formado por 2,00 m de arena de refulado; 5,00 m. de arcilla, "blanda" 6,00 de arena "suelta" a "medianamente densa", 12,00 m. de un manto limoso a limo - arenoso con importantes concreciones calcáreas (toscoso) "muy compacto" a "duro", y luego suelos más plásticos, arcillosos, "muy compactos". La napa se encontraba normalmente cerca de la superficie del terreno.

En la mencionada figura N° 1 se ha marcado la cota de punta de los pilotes y la ubicación de los ensayos de carga.

Los parámetros de corte adoptados fueron los siguientes:

entre $\pm 0,00$ y $-2,00$ m :

$$\theta = 25^{\circ}$$

entre $-2,00$ y $-7,00$ m :

$$C_u = 2,5 \text{ tn/m}^2 ; \theta_u = 0^{\circ}$$

entre $-7,00$ y $-13,00$ m. :

$$\theta' = 30^{\circ}$$

entre $13,00$ y $-25,00$ m :

$$C_u = 27 \text{ tn/m}^2 ; \theta_u = 19^{\circ}$$

$$C_{cu} = 26 \text{ tn/m}^2 ; \theta_{cu} = 26^{\circ}$$

$$C' = 24 \text{ tn/m}^2 ; \theta' = 32^{\circ}$$

III. Proyecto de las fundaciones

En función de los esfuerzos máximos previstos para los turbogrupos, los proyectistas (Gibbs and Hill) decidieron fundar los mismos mediante pilotes de

1,00 m. de diámetro apoyados a cota -20,00 m. Carga de trabajo máxima por pilote. 400 tn; Los proveedores de los turbogrupos (Energomachexport) condicionaron la aprobación del dimensionamiento de las fundaciones a una serie de pruebas de carga que demostraran que las deformaciones totales para un pilote cargado individualmente a 400 tn fueran menores o iguales a 20 mm.

Calculando la capacidad de carga a rotura de un pilote de las características enunciadas de acuerdo a J. Brinch Hansen, tomando para el manto detectado a partir de los -13,00 m. los parámetros de corte deducidos de ensayos triaxiales con diferentes condiciones de drenaje, se obtiene:

Tipo de drenaje	Carga por fricción (tn)	Carga total (tn)
Sin drenaje	340	1.070
Drenaje parcial	360	1.200
Drenaje total	380	2.650

anteriores por lo que podría estimarse que la curva - carga - deformación debiera reflejar ambas posibilidades (3.c)

V. Ensayos de carga

Los ensayos de carga se ejecutaron de acuerdo a la Norma ASTM D 1143-74 Apartado 4.3, teniendo como objetivo la de establecer la magnitud de la deformación total bajo la carga de servicio de 400 tn. La carga máxima alcanzada fue del 150 % (600 tn.) Las cargas fueron aplicadas por incrementos, con cuatro ciclos de carga y descarga total a fin de determinar las deformaciones plásticas. La carga de 400 tn. se mantuvo durante 24 horas. Los resultados pueden observarse en las figuras n° 4; 5 y 6.

VI. Análisis de los resultados.

En todos los casos se obtuvieron deformaciones menores que las fijadas

IV Relaciones esfuerzo - deformación.

Las formas de las curvas que relacionan las cargas con las deformaciones dependen de las propiedades de los suelos que le sirven de sustentación (Aspád Kézdi).

En la figura N° 3 se pueden observar las siguientes relaciones:

- 3.a. una estratigrafía compuesta por un suelo de baja resistencia rodeando al fuste y un manto de muy alta resistencia como apoyo de punta.
- 3.b. todo el pilote embebido en un suelo de igual resistencia.

En el presente caso estamos ante una combinación de las dos situaciones

como límite, no obstante de una simple observación de las curvas carga - deformación se infiere que la carga última o de rotura determinada, por ejemplo, por el método de las tangentes, tendría valores semejantes a la carga de trabajo

Esta importante discrepancia entre los criterios de rotura por el método de las tangentes y el de deformación límite para la determinación de la carga de trabajo, obligó a profundizar el análisis de los resultados de los ensayos a la luz de otras reglamentaciones en la fijación de las deformaciones máximas (carga límite), y medianamente la aplicación de otros métodos gráficos o gráficos - analíticos que permitieran conocer con mayor precisión la carga de rotura (carga última).

En general las reglamentaciones que se basan en la fijación de las deformaciones definen la carga límite como aquella que aplicada durante 24; 48 y aún hasta 60 horas producen defor-

maciones plásticas o totales menores de determinado valor (Código de Boston Luisiana, Chicago, Nueva York, etc.).

Para que este criterio pueda ser aplicado, los ensayos de carga deben programarse para tal fin, de modo de disponer de varios incrementos de carga con los tiempos de aplicación previstos (24; 48 ó 60 hs.) y así poder extrapolar en las curvas carga-deformación la carga límite correspondiente al criterio de deformación máxima adoptado.

En el presente caso el proyectista fijó una deformación límite para la carga de trabajo en función de exigencias estructurales (movimientos diferenciales máximos tolerados por los turbogrupos) estableciendo en la norma de ensayo que la carga de trabajo se mantuviese constante durante 24 horas.

Por lo tanto no resulta posible en estos ensayos la obtención de la carga límite. Sólo podemos afirmar que para un pilote individual, la carga de trabajo provoca deformaciones menores que las fijadas como límite (20 mm.)

No obstante, si despreciamos en principio los incrementos de deformación que se podían haber obtenido dejando aplicados más tiempo los diferentes estados de carga, y utilizamos algunos de los criterios enunciados por Vesic (1975) se deduce lo siguiente:

1. Código de Nueva York
Asentamiento total en la cabeza del pilote: 25 mm.
2. Inglaterra:
Asentamiento total de la punta del pilote: 25 % del diámetro D para pilotes excavados.
D = 100 cm ; 25 % D = 25 cm.
3. California, Chicago
Asentamiento total: 0,25 mm/tn.
Para 400 tn. : 10 cm.
4. Código de Nueva York
Asentamiento plástico total. 0,25 mm/tn.
Para 400 tn : 10 cm.

Salvo en el caso, 1 en el resto, las deformaciones que deberían desarrollar-

se durante el ensayo son muy grandes principalmente aquella fijada en función del diámetro del pilote. Las deformaciones totales máximas en los tres ensayos no superaron los 12 mm. por lo que ya se vislumbra la posibilidad de que la resistencia de punta no se halla movilizado totalmente (Vésic 1975). La A.A. S.H.O. y el Código de Boston fijan la carga límite para asentamiento plástico de 6 y 12 mm, respectivamente. Para estas pequeñas deformaciones las cargas límites (en tn) son.

Asentamiento plástico (mm)	Ensayo			Promedio
	A	B	C	
6	450	450	390	430
12	630	700	600	640

Aplicando un coeficiente de seguridad de dos, estos códigos indicarían que la carga admisible sería menor que la carga de trabajo adoptada de 400 tn.

Sin embargo Vésic, indica que todas estas reglas tienen un valor aceptable para pilotes de diámetros pequeños (alrededor de 20 cm), y que para mayores diámetros no son de utilidad, tal cual se comprueba comparando los resultados obtenidos en estas pruebas.

Para hallar entonces la carga última o de rotura (Pult), se realizaron las siguientes representaciones:

- a - log. P en función de δ (donde δ son las deformaciones totales).
- b - $\ln(1 - \frac{P}{Pult})$ en función de δ : método de van der Veen modificado.
- c - trazado de la recta $6,4 + \frac{PL}{AE}$ (en el gráfico P en función de δ : método de Davisson).
- d - $\frac{y}{P}$ en función de δ : método de Chin.

Los resultados pueden observarse en las figuras N° 7 a 15. En los gráficos semilogarítmicos se define con mayor claridad que en los aritméticos una carga última que se ubica en el entorno de la carga de trabajo. El método de Davisson da valores cuyo promedio es un 85 % mayor que la carga de trabajo. No obstante sus resultados deben observarse con cuidado puesto que fue deducido para pilotes hincados de 30 cm. de lado.

Los métodos de van der Veen y Chin dan aparentemente dos estados de rotura que llamaremos Pult. 1 y Pult. 2. Resumiendo los resultados se tiene (en tn.):

Ensayo	van der Veen		Chin		Davisson	Método Tangentes
	Pult. 1	Pult. 2	Pult. 1	Pult. 2		
A	400	1500	480	1050	700	400
B	520	1500	640	1300	930	340
C	550	1500	500	1030	600	290

VII Conclusiones

Luego, de la interpretación de los ensayos de carga sobre pilotes ejecutados "in situ" de 1,00 m. de diámetro y 20,00 m de longitud, cuyos primeros 13,00 m están embebidos en un suelo de baja resistencia y los últimos 7,00 m. en un material "muy compacto" a "duro" del mismo tipo que sustenta la punta, se extraen las siguientes conclusiones:

1. Las deformaciones totales obtenidas resultaron pequeñas si las comparamos con las que debían esperarse en función del diámetro del pilote. Por lo tanto en lo sucesivo y para situaciones similares, deberán estimarse cargas de ensayos que como mínimo alcancen el 200% de la carga de trabajo. En la medida de lo posible el dispositivo de ensayo deberá proyectarse para aplicar un 50 % de carga (hasta 250 %) en los casos que las deformaciones totales sean menores de 2,5 cm.

Comparando van der Veen Modificado, Chin, y el método de las tangentes puede inferirse que este último daría en realidad uno de los dos estados de rotura puestos en evidencia por van der Veen y Chin (Pult. 1). Además, analizando en conjunto estos resultados con los

cálculos de capacidad de carga (apartado III) vemos que Pult. 1 es del orden de la rotura por fricción y Pult. 2 se encuentra en el entorno de la rotura total, en función de los parámetros no drenados y consolidados —no drenados para el manto detectado a partir de los -13,00 m.

- Los gráficos carga-deformación no son útiles para la determinación de la carga última. Más aún, pueden inducir a un importante error.
- Los métodos de van der Veen Modificado y Chin, por el contrario, resultaron muy aptos para estimar la carga última, fundamentalmente este último el que, además de ser más expeditivo, puso en evidencia un primer estado de rotura que se interpretó como el agotamiento de la fricción.
- La velocidad de aplicación de las cargas no permitieron un drenaje total. Por lo tanto, si la carga de trabajo se determina en función de parámetros efectivos, las velocidades de aplicación de las cargas en los ensayos deberán modificarse a efectos que sus resultados sean compatibles con los cálculos realizados.
- En general, para todos los ensayos sobre pilotes, las normas que se utilizan en la actualidad deben

adecuarse en cada caso a los códigos en vigencia en la zona de trabajo o a las indicaciones del estructuralista para aquellas obras de importancia singular. Esta recomendación se hace principalmente para los tiempos de aplicación de las cargas máximas en los ciclos de carga y descarga y respecto de las deformaciones totales mínimas que deben alcanzarse cuando no se define la rotura. Esto último reviste una importancia particular en los ensayos sobre pilotes de diámetros grande, de los cuales no se dispone todavía de gran cantidad de datos que permitan codificar deformaciones límites en forma experimental. Así, una vez terminado el ensayo, se podrá disponer de todos los datos necesarios para establecer su carga límite o su carga última y, si es posible, ambas para la mejor evaluación del ingeniero estructuralista.

Bibliografía

- Las Cimentaciones Profundas en el Congreso de Moscú, F. Mouzas 1974.
- Design of Pile Foundations. H. G. Poulos, 1975.
- Interpretation of Load in High Capacity Driven Piles. G. A. Leonards and D. Lovell. 1978.
- Pile Load Test to Evaluate Load Transfer Mechanisms. M. W. Montgomery. 1978.
- Fiedl Test on Vertical Piles Under Static and Cyclic Horizontal Loading in Overconsolidated Clay. G. Price 1978.
- A Simple Approach to Pile Design and the Evaluation of Pile Test. M. F. Randolph and C.P. Wroth. 1978.
- Design, and Evaluation of Load Test on Deep Foundations. L. C. Reese. 1978.
- Analysis of Load Tests on Instrumented Steel Test Piles in Compressible Silty Soil. M. Bozozuk, G. H. Keenan and P.E. Pheeny 1978.
- Load Transfer from Bored, Cast-in situ - Piles in London Clay R. W. Cooke. 1978.
- ISSMFE Subcommittee Soil Testing Pile Load Test. Recommended Procedure 1982.
- Royal Swedish Academy of Engineering Sciences. Commission on Pile Research. Recommendations for Pile Driving Test With Subsequent Load Testing 1980.
- Pile Foundations - Arpad Kézdi. 1975. Foundation Engineering Handbook.

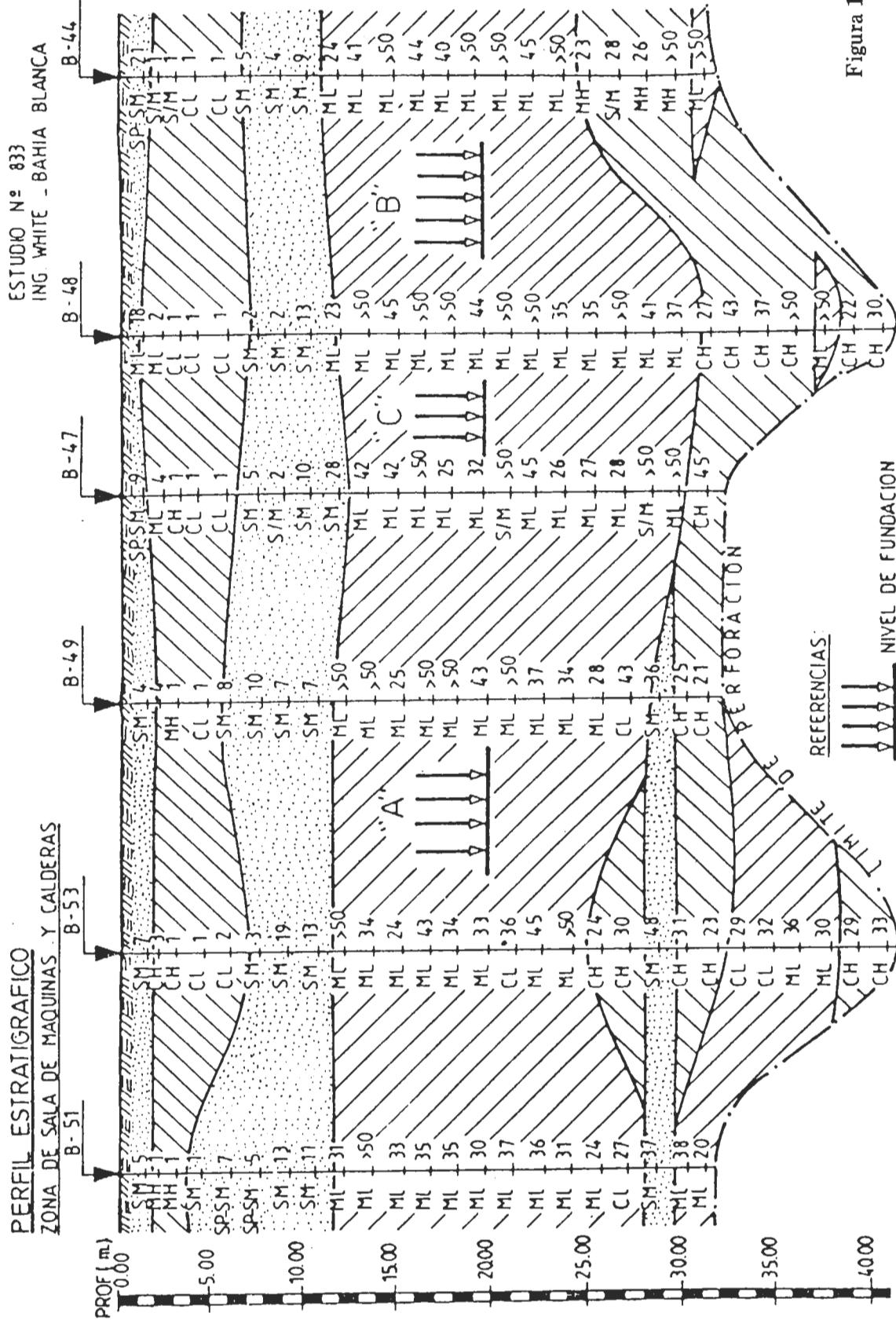


Figura 1

ESTUDIO N° 833
SONDEO N° B-29
ING WHITE - BAHIA BLANCA

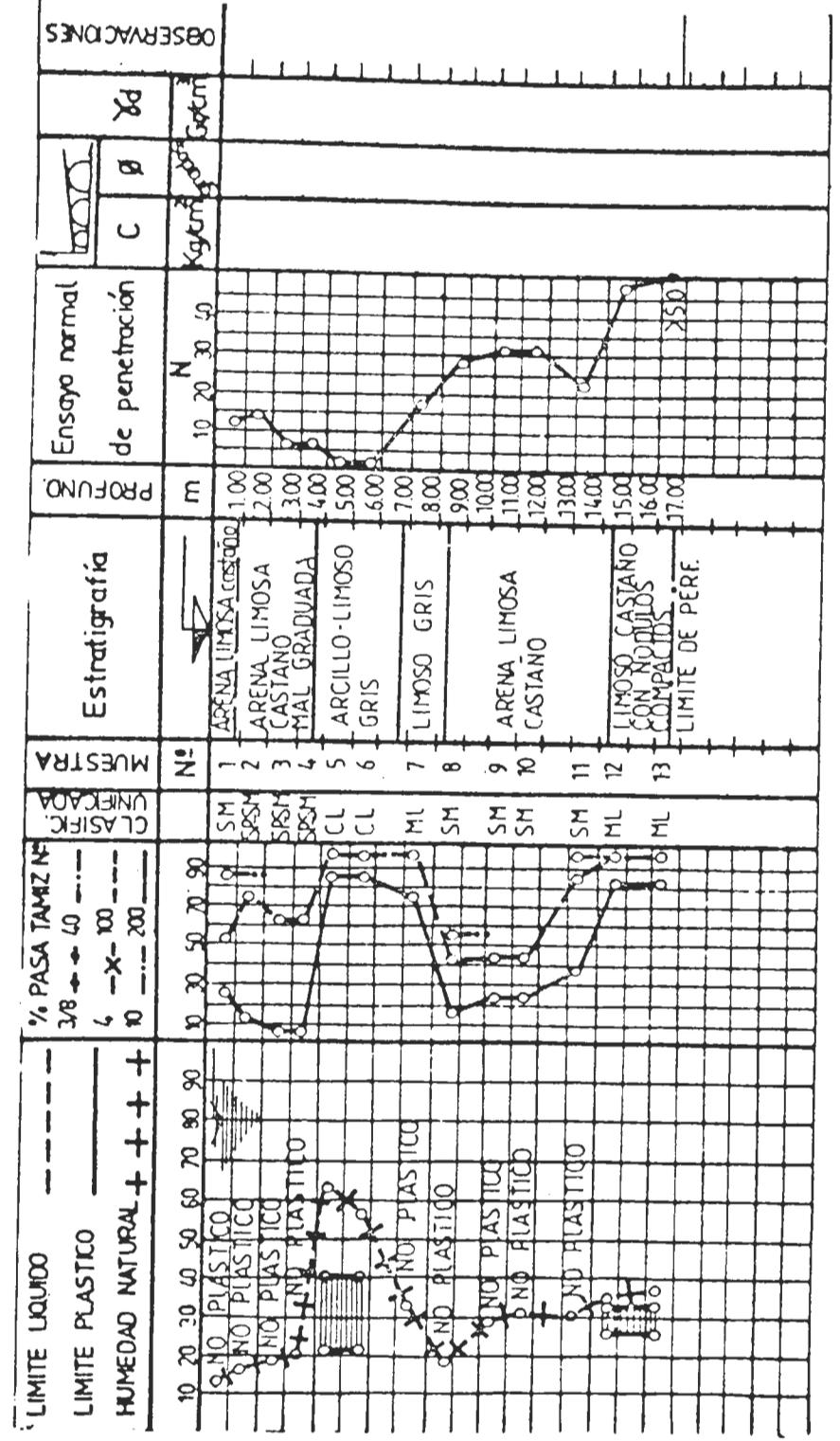


Figura 2

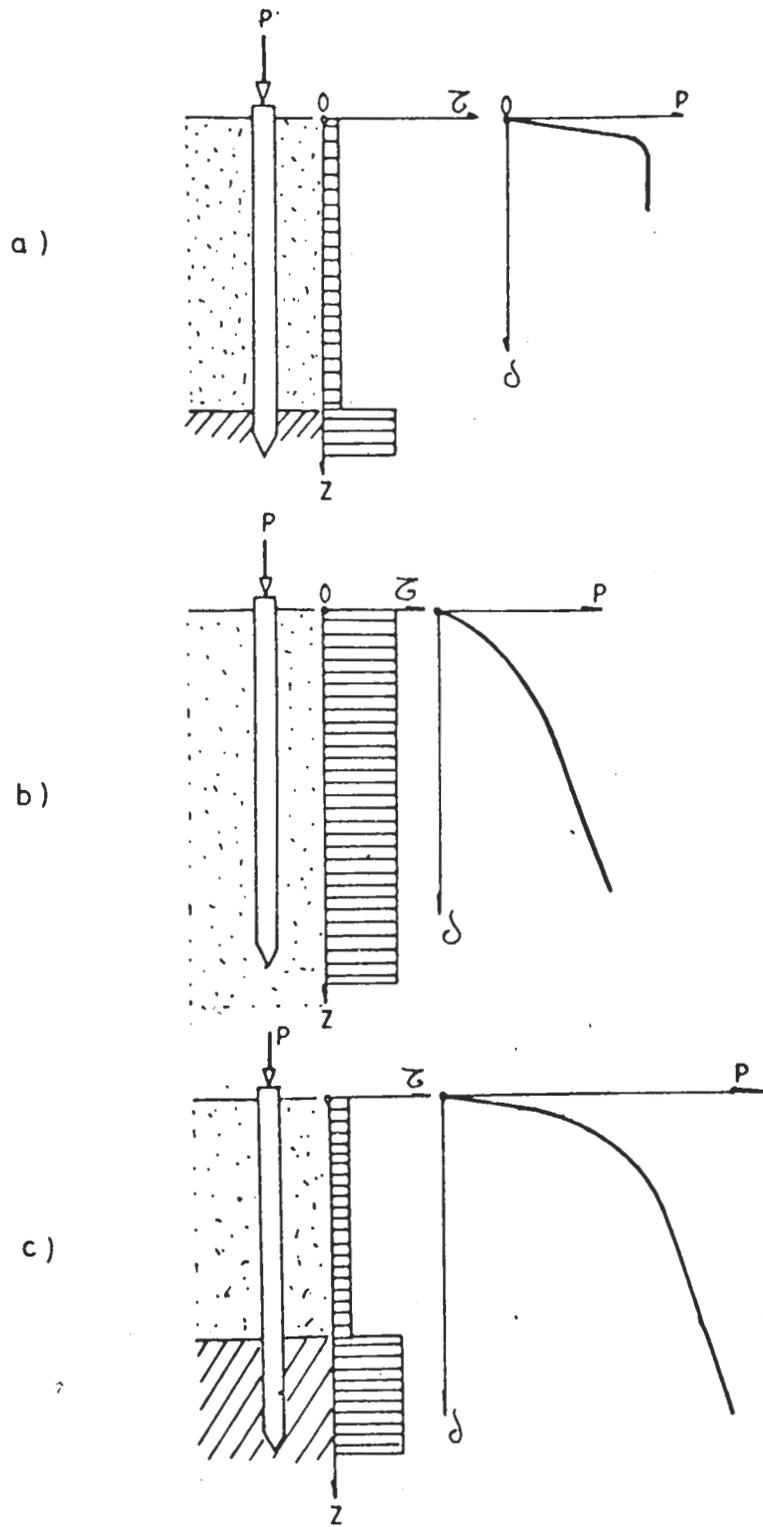


Figura 3

ENSAYO "A"

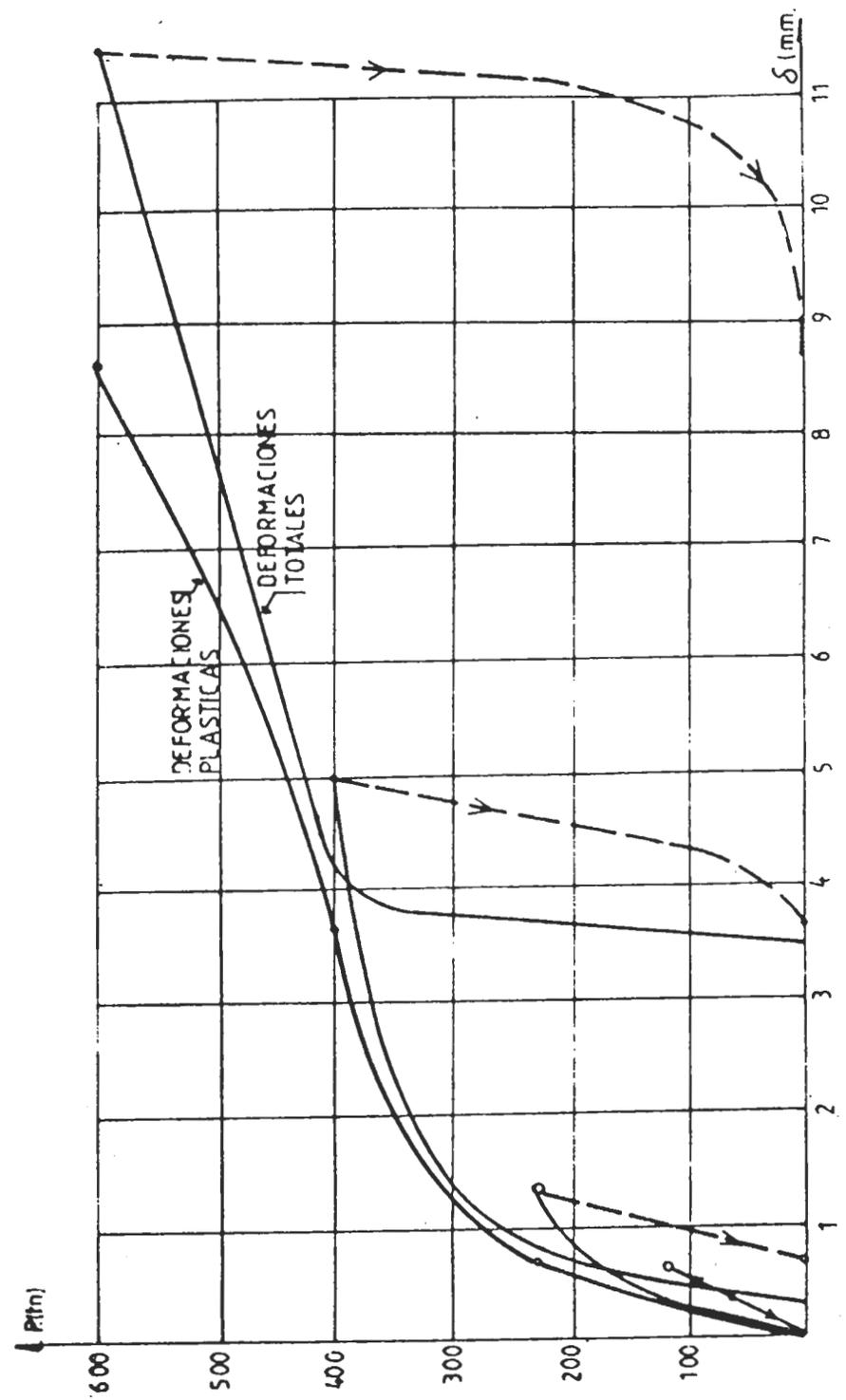


Figura 4

ENSAYO "B"

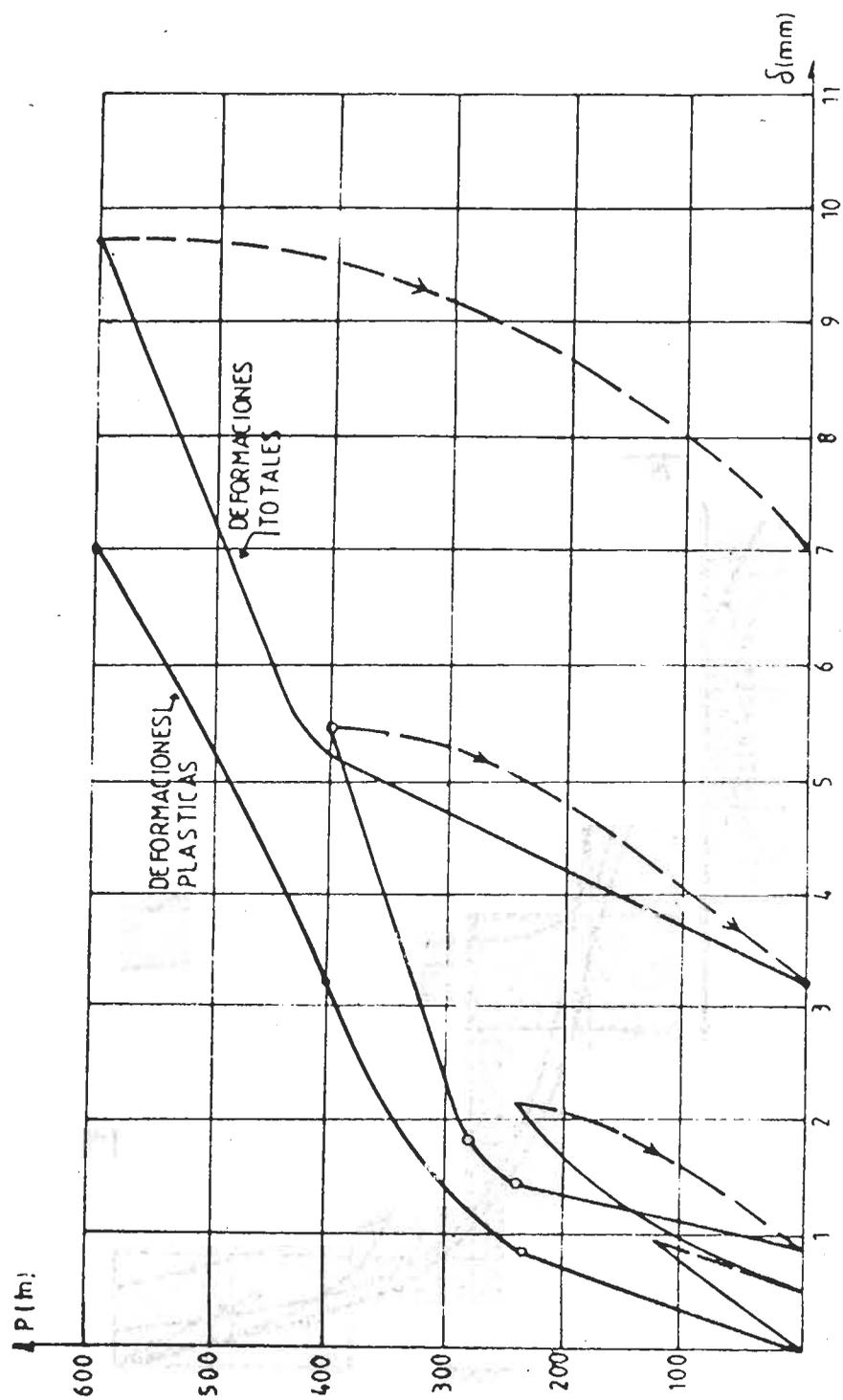


Figura 5

ENSAYO "C"

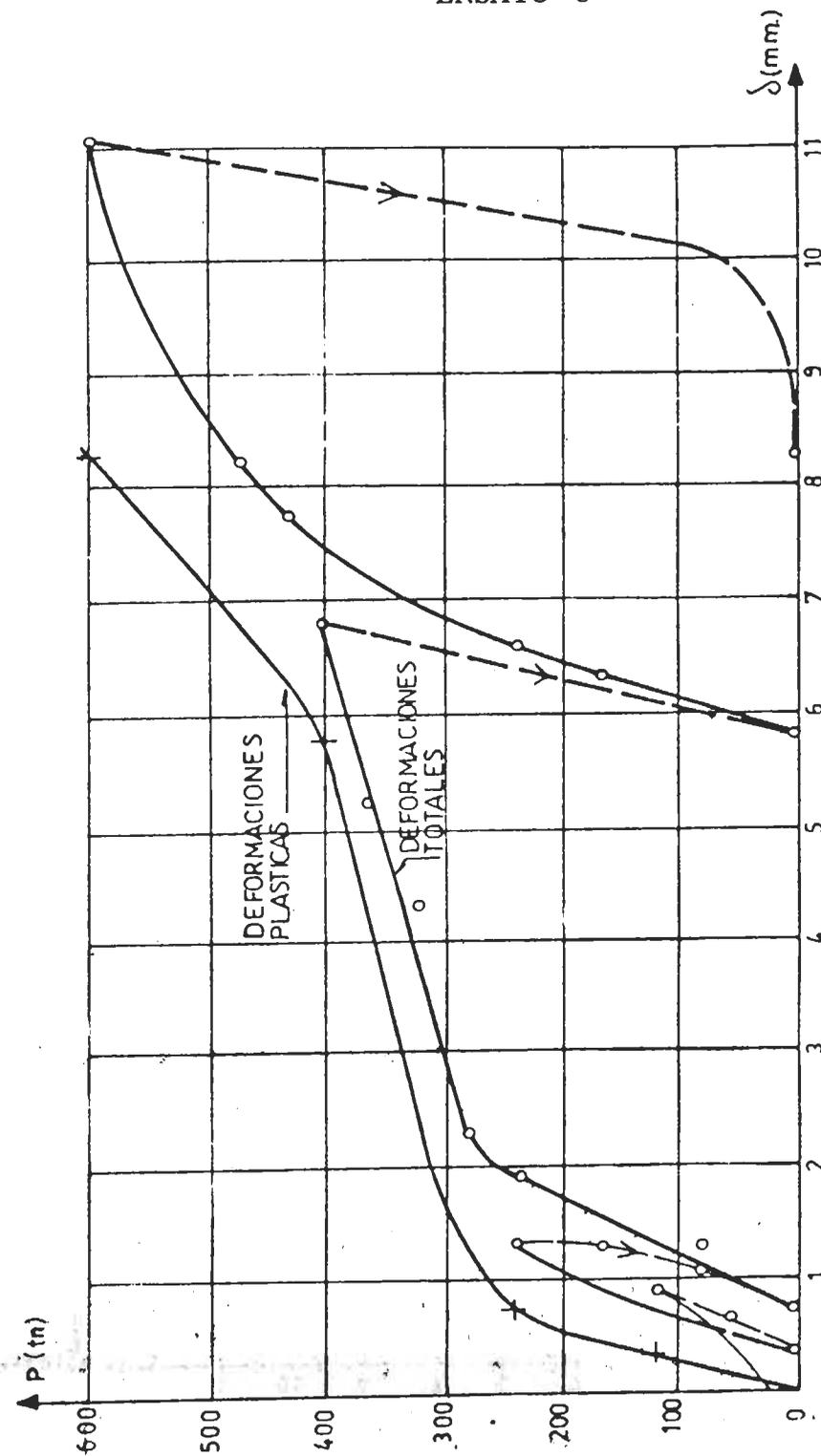


Figura 6

ENSAYO "A"

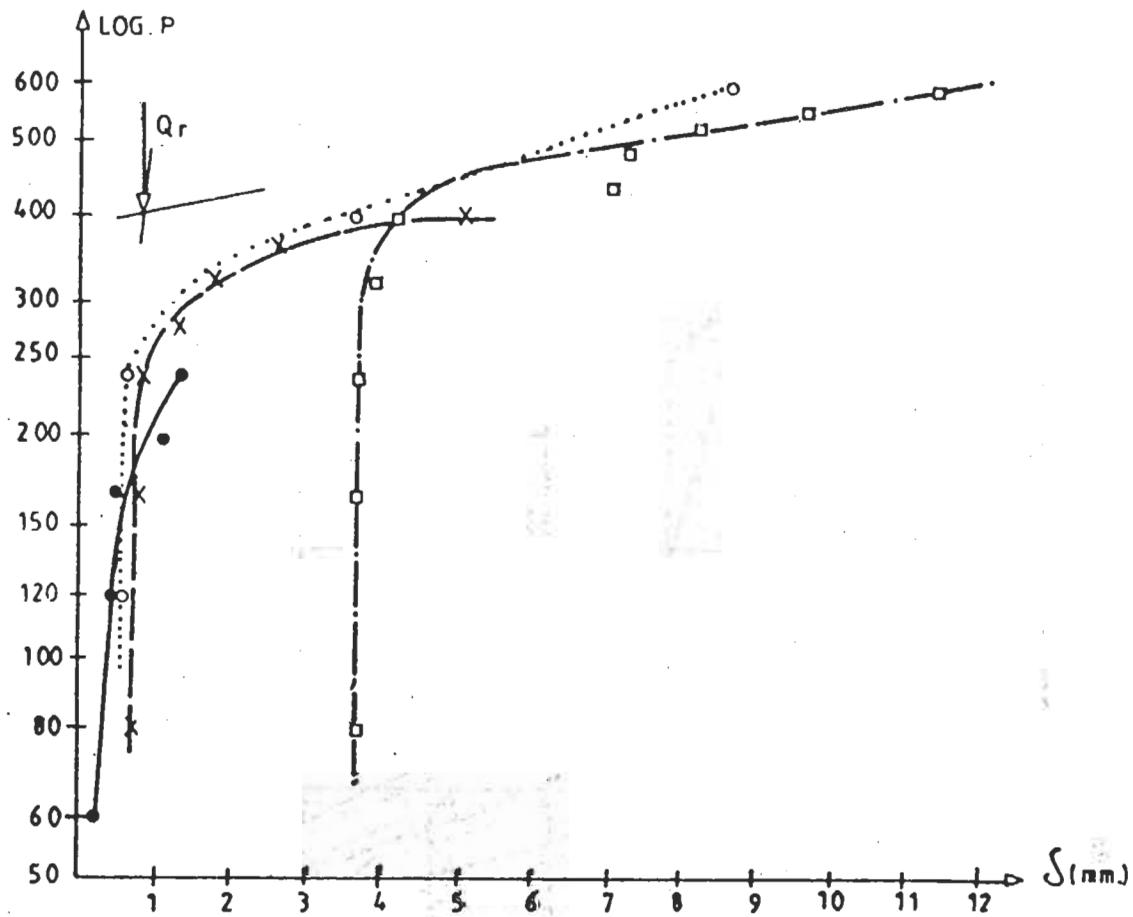


Figura 7

ENSAYO "B"

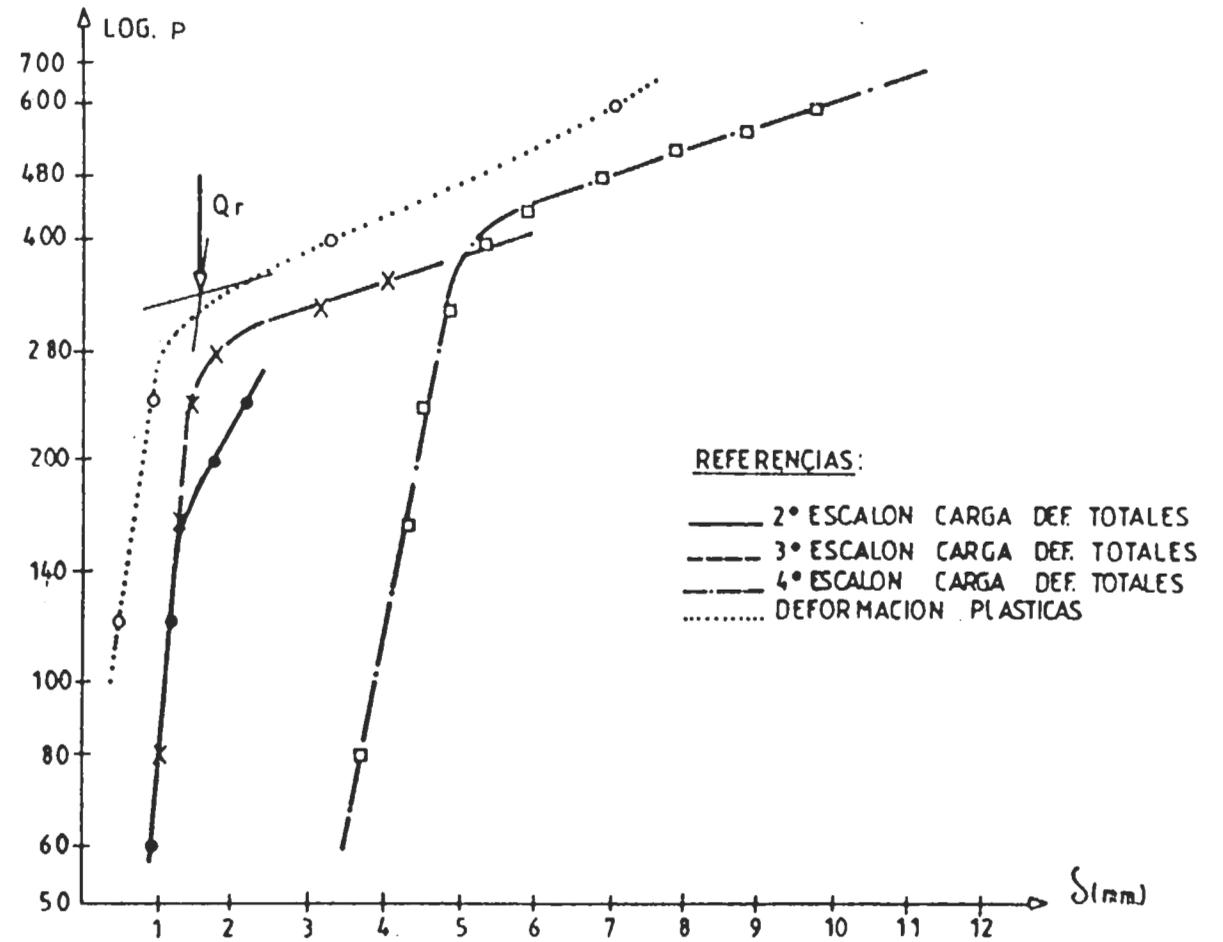
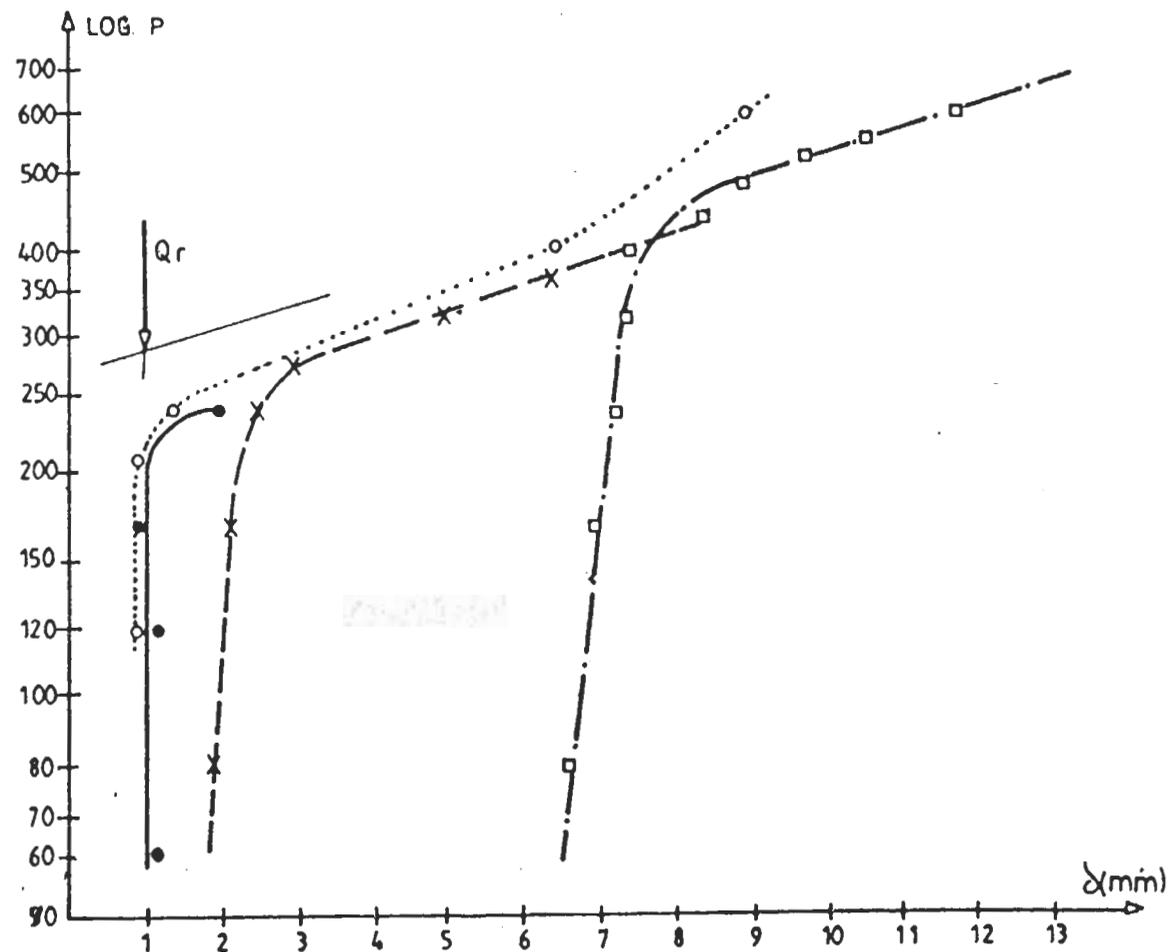


Figura 8

ENSAYO "C"



REFERENCIAS:

- 2° ESCALON CARGA DEF. TOTALES
- - - 3° ESCALON CARGA DEF. TOTALES
- · - · 4° ESCALON CARGA DEF. TOTALES
- DEFORMACIONES PLASTICAS

Figura 8

ENSAYO "A"

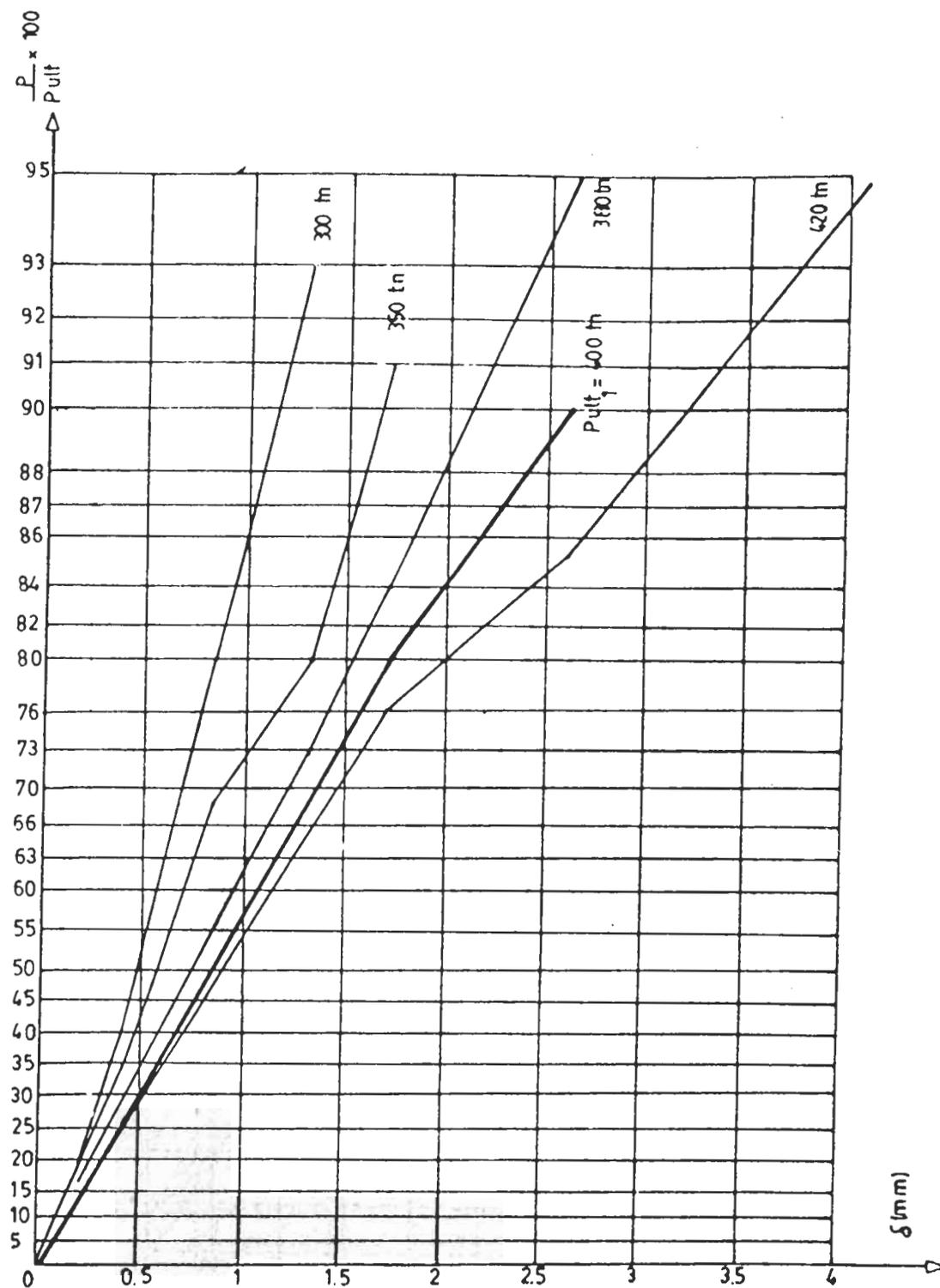


Figura 9

ENSAYO "A"

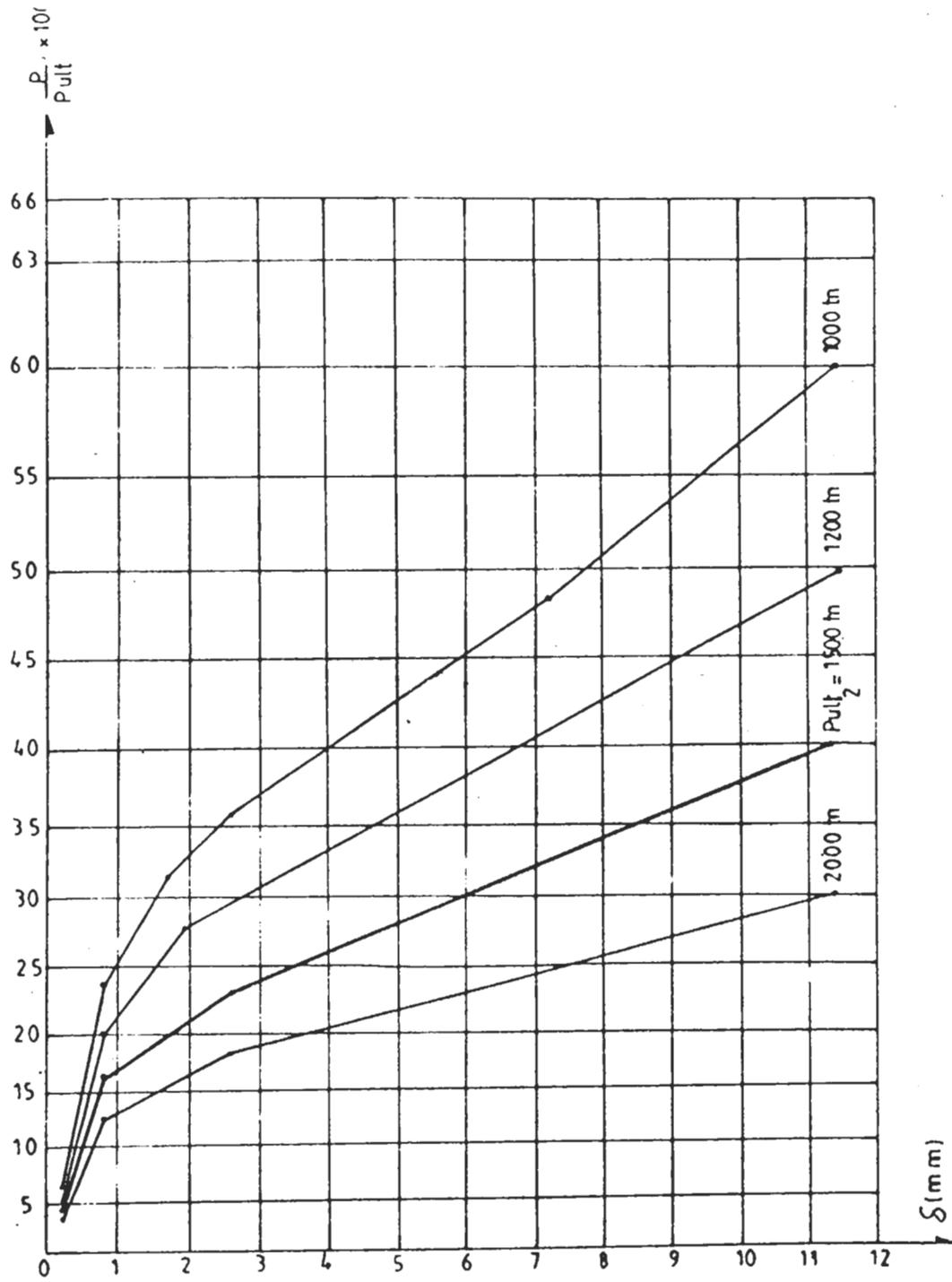
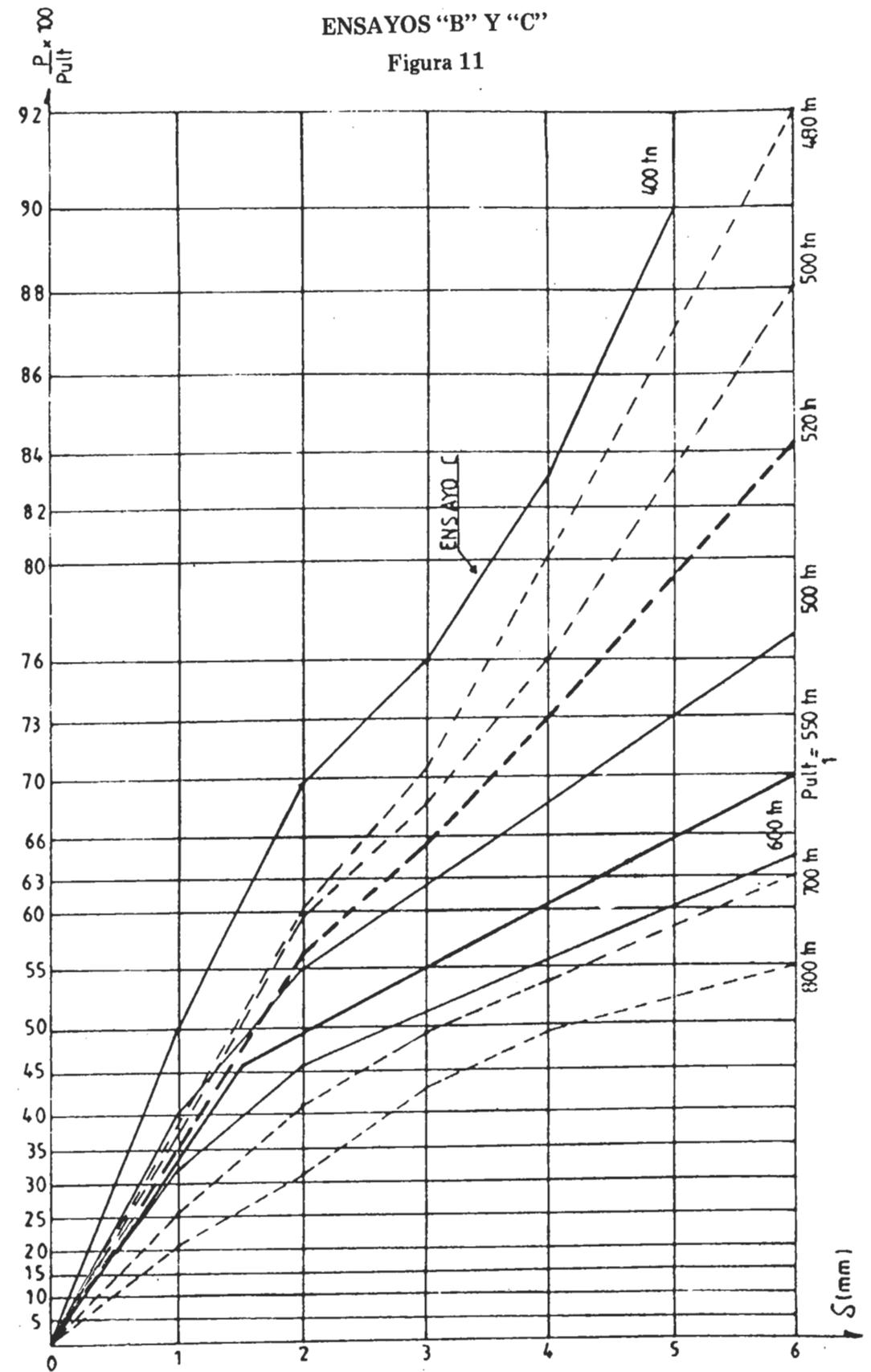


Figura 10

ENSAYOS "B" Y "C"

Figura 11



ENSAYOS "B" Y "C"

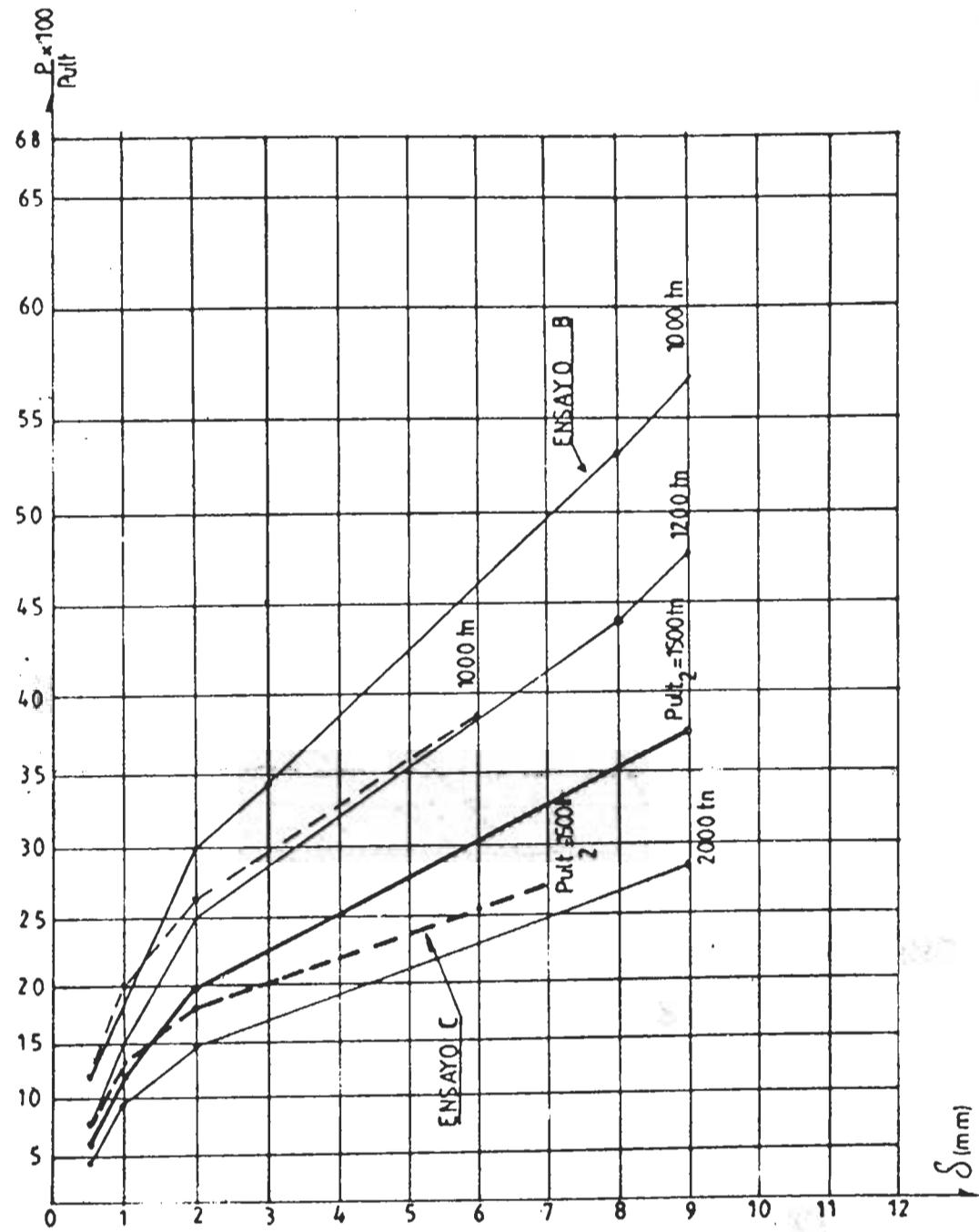


Figura 12

ENSAYO "A"

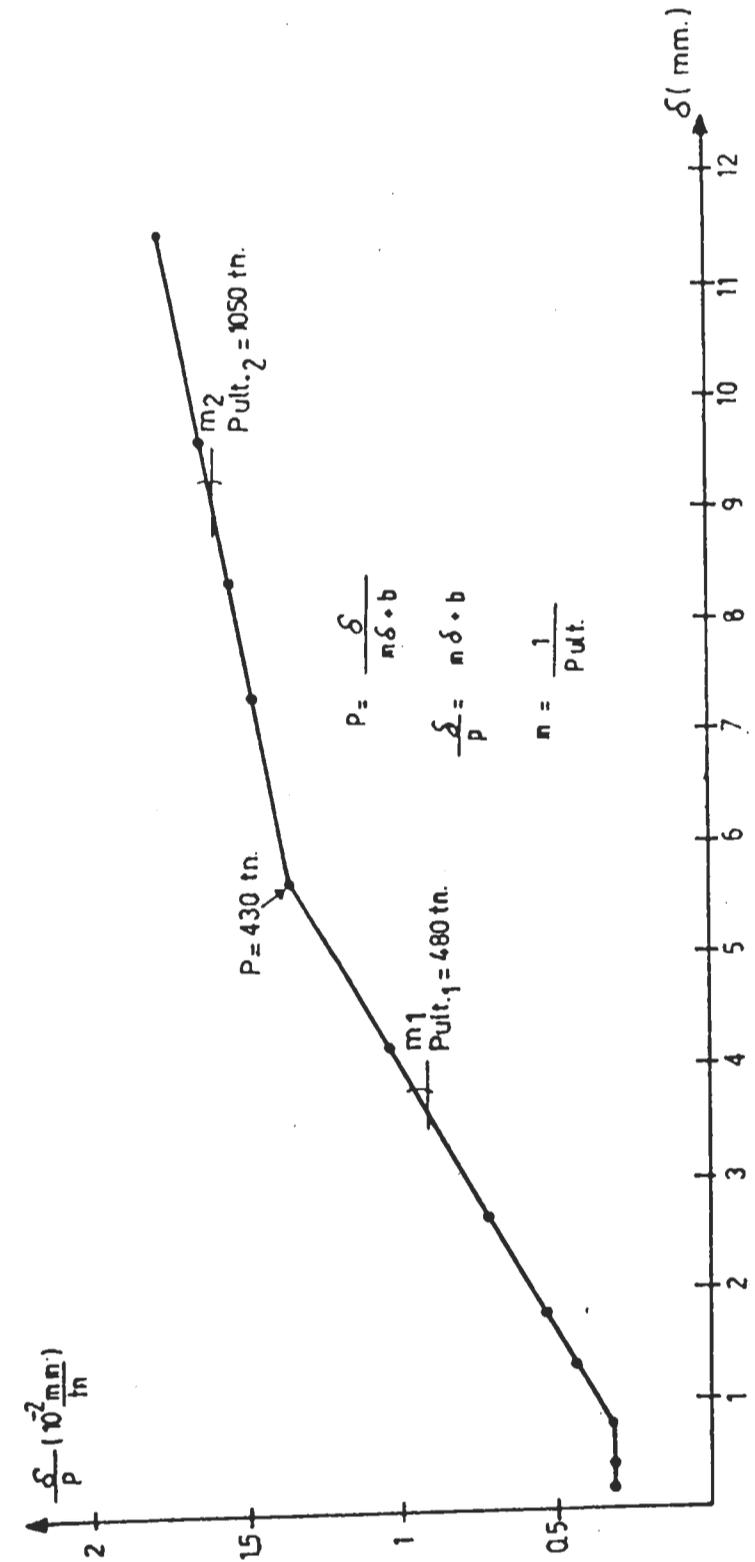


Figura 13

ENSAYO "B"

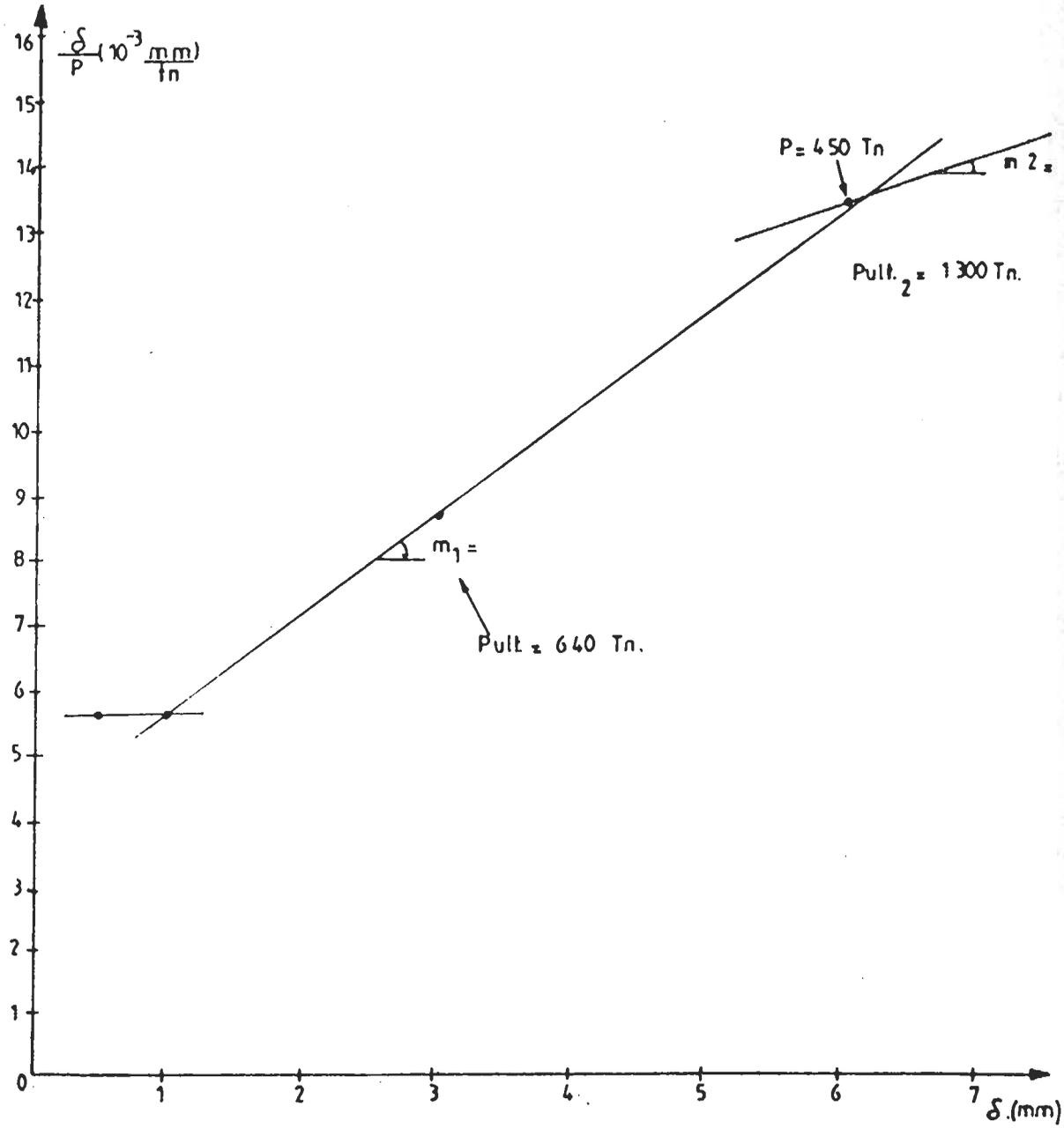


Figura 14

ENSAYO "C"

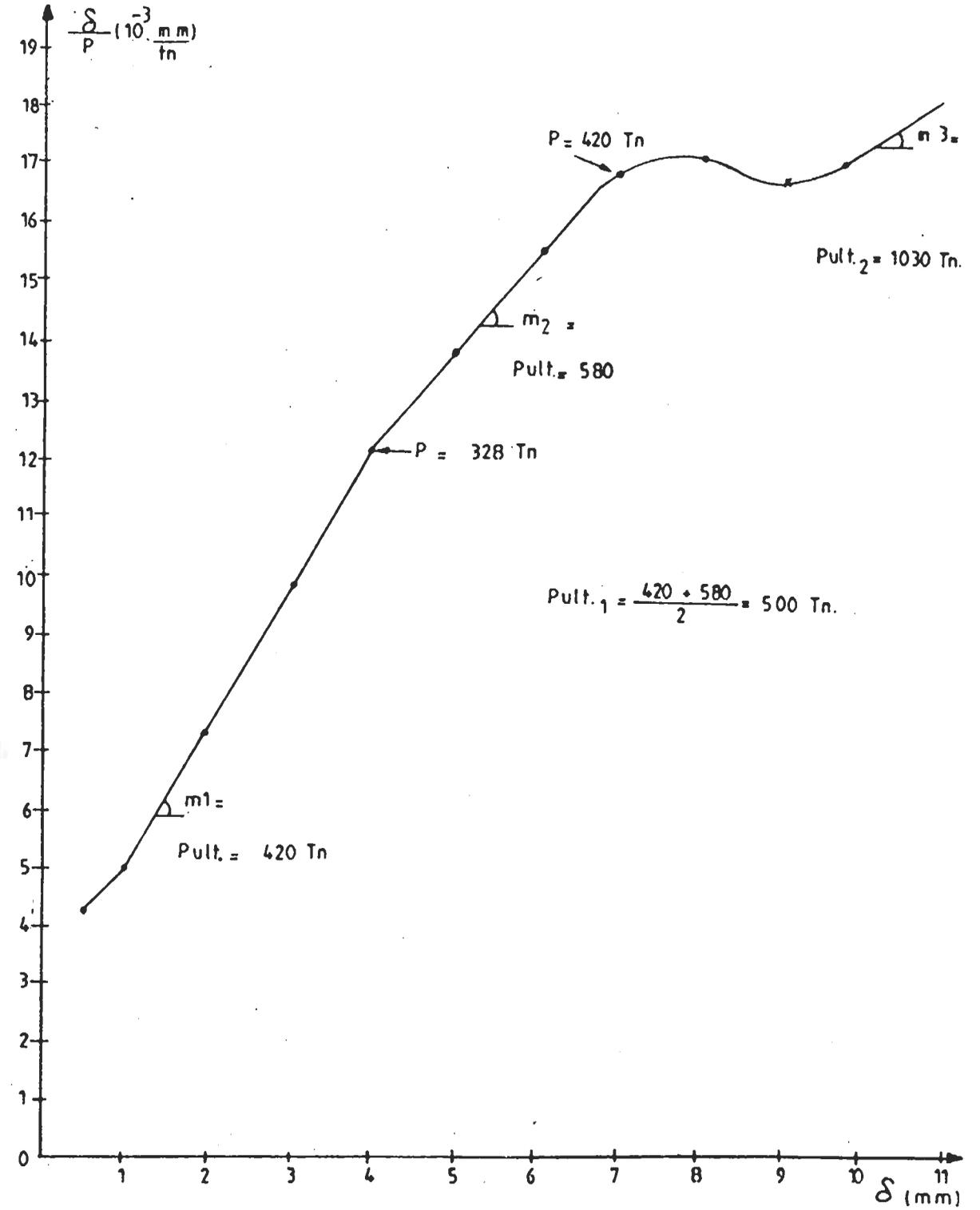


Figura 15

1870

1870

1870

1870