

CAPITULO I. “ANTECEDENTES”.

DESARROLLO DE LAS CARRETERAS EN MEXICO.

Debe reconocerse que los pavimentos que México necesita en sus carreteras no son hoy los mismos que fueron en otras épocas. Circunscribiendo las ideas a la red nacional pavimentada, tal como es el objetivo del presente trabajo, debe aceptarse un muy importante cambio de circunstancias entre el momento actual y las épocas en que las carreteras mexicanas empezaron a ser construidas y en que en buena parte se desarrollaron.

La red nacional comenzó a formarse en el sentido actual a partir de la época 1920 - 1930 y creció a un ritmo relativamente moderado hasta 1950. Entre 1950 y 1970, la red fue objeto de un desarrollo muy importante y a partir de 1980 continuó creciendo significativamente, pero probablemente con un gradiente menor, si bien en los últimos años (en el periodo 1990 - 1995) tuvo lugar la incorporación de una red de modernas autopistas con longitud del orden de los 5,000 Km.

En el desarrollo de la red son discernibles tres etapas relativamente bien diferenciadas. En un principio, la motivación fundamental de la planeación fue, conscientemente o por mandato inapelable de la realidad nacional, la integración Sociopolítica de la nación.

Se construyeron los enlaces carreteros que unen la capital nacional con las capitales estatales, después estas últimas con las principales ciudades de sus estados y con otras capitales estatales y finalmente se comunicaron todas esas localidades con la totalidad de las ciudades importantes del país. De esta manera se logró una integración nacional que garantizó la unidad económica, social y política, a la vez que se lograron las condiciones necesarias para la integración, defensa y homogeneización de la nación.

A esta etapa siguió otra en la que se reconoció que la red anterior, que podría considerarse como la red principal y básica, tendría que ser complementada por una red alimentadora de carácter en gran parte rural y capilar, a fin de lograr un movimiento general más eficiente y de mayor penetración en todo el territorio nacional.

De esta manera nació un muy importante número de caminos rurales y secundarios, pavimentados, empedrados, etc., siempre con el requisito de garantizar el tránsito en toda época del año. Esta red complementaria, que deberá expandirse constantemente en el futuro, no será contemplada en su mayor parte en este trabajo, que se refiere únicamente a carreteras pavimentadas con pavimentos asfálticos, que corresponden más bien a la red estatal y federal básicas.

A la segunda etapa arriba descrita siguió lo que podría considerarse como una tercera, en donde el énfasis principal de la construcción se puso en carreteras muy modernas de altas especificaciones, frecuentemente de cuatro y más carriles.

En esta etapa se desarrollaron también nuevas formas de financiamiento, responsabilidad y cuidado en conservación y operación, así como se convirtió en rutinaria una política ya bien conocida en el país, de peajes y sistemas para transferir al usuario los costos del programa.

No hay que decir que la delimitación de las tres etapas atrás mencionadas no ocurrió ni ocurre en forma tajante. A lo largo de toda la historia reciente de México ha continuado la construcción de carreteras de carácter más tradicional, de tránsito libre y dos carriles, así como caminos alimentadores o, inclusive, autopistas modernas, algunas de las cuales tienen en el México actual antigüedades muy grandes. Lo que distingue a las etapas anteriores en todo caso es un cierto énfasis que si parece estar presente.

Es de esperar que en el futuro una parte importante del esfuerzo constructivo nacional en el área carretera se dirija principalmente a lograr el tránsito expedito y rápido de bienes y mercancías, con la decidida meta de abatir en todo lo que vaya resultando posible los costos operativos del transporte nacional, para respaldar el desarrollo económico y la generación y distribución de productos y de riqueza y oportunidades por todas partes. Independientemente de estas metas, parece evidente que habrá de continuar el desarrollo de la red alimentadora que, como se mencionó, no será el objetivo principal de este trabajo.

Obviamente muchos de los cambios anteriores fueron debidos a y a la vez produjeron, lo que podría considerarse un cambio muy importante en el transporte nacional y sus características. En todos esos años, la nación experimentó una transformación económica y estructural muy significativa, que fue haciendo aparecer una infraestructura industrial creciente, hasta alcanzar niveles importantes, de manera que una economía relativamente doméstica se fue convirtiendo en una economía necesitada de recurrir a la exportación de bienes para poder seguir su desarrollo.

Lo anterior equivale a decir que el transporte como fenómeno económico fue adquiriendo una importancia cada vez mayor, de manera que podría decirse que una actividad que hasta hace relativamente poco tiempo se centraba en comunicar, hoy se ha transformado en un quehacer mucho más complejo y que, además, se centra en la necesidad perentoria de comunicar en condiciones económicas competitivas y ello dentro de un mundo en donde toda la actividad del transporte evoluciona rápidamente, siempre con la vista fija en el logro de un transporte cada vez más barato, más rápido y más seguro.

Un mercado internacional tan altamente competido como el que hoy existe resulta menos accesible si se llega a él con un transporte relativamente más costoso que el que puedan utilizar los competidores comerciales.

De esta manera el costo del transporte doméstico pasa a ser un eslabón fundamental en la cadena del comercio internacional. Las transformaciones anteriores sucedieron al mismo tiempo que se iban desarrollando transformaciones no menos importantes en los vehículos carreteros utilizados. Si en 1950 el vehículo más pesado que recorría las carreteras nacionales podía llegar a 7 u 8 toneladas, en la actualidad es usual ver circular unidades cuyo peso bruto supera las 60.

A la vez, esta multiplicación ocurrió no sólo en peso, sino también en número. Si en 1950 la carretera más importante de México podía tener 5 ó 6,000 vehículos diarios, de los que un 10% eran camiones de carga; hoy es posible contemplar en la red básica mexicana carreteras con 3 ó 4 veces mayor número de vehículos, además de que la proporción de vehículos de carga aumentó grandemente, hasta niveles de 30 ó 40% del tránsito diario; en este sentido, México es uno de los países de mayor proporción de vehículos de carga dentro del flujo general.

Estos hechos, para los que no puede verse un futuro con tendencia a paliarlos, si no probablemente lo contrario, conducen a condiciones radicalmente nuevas y mucho más onerosas en lo que se refiere al comportamiento de los pavimentos.

Condiciones que habrán de ser tomadas en cuenta en los diseños y en la construcción de las secciones estructurales de las carreteras que se construyan en el futuro, en los proyectos de refuerzo que se hacen para adoptar las carreteras existentes a las nuevas condiciones y en las tareas de conservación normal de todas.

La antigüedad de la red básica mexicana presenta, en efecto, hoy una situación que viene exigiendo y así seguirá, importantes inversiones para poner lo existente a tono de lo que exige el presente y exigirá el futuro.

Es un homenaje a la visión de los planeadores que antecedieron a los tiempos actuales, el constatar que la red básica por ellos erigida con un criterio sociopolítico, sigue formando hoy parte muy conspicua de la red básica actual, pero a la vez, este hecho trae consigo una importante carga económica, pues hace que una fracción muy importante de la red básica de México sea también la más antigua; vale decir, la que se desarrolló en condiciones más diferentes a las actuales.

Los vehículos de antaño ejercían esfuerzos superficiales sobre los pavimentos menores que los de hoy, puesto que los reglamentos al respecto han tenido que ir reconociendo la situación de facto del desarrollo de los vehículos de carga en dimensiones y peso bruto. A la vez, aquellos esfuerzos superficiales disminuían mucho más rápidamente con la profundidad, de manera que en un pavimento típico de entonces era relativamente exigida una capa superior del orden de 30 ó 40 cm de espesor.

Los vehículos actuales, con esfuerzos mayores, más que duplican esta profundidad de influencia. Como consecuencia de aquella situación, los pavimentos se construían frecuentemente en México con materiales que hoy no podemos sino considerar inadecuados y aún con ellos se cubrían pequeños espesores, bajo los cuales aparecían suelos naturales, generalmente producto de préstamo lateral en terrenos inmediatamente aledaños a la carretera en construcción.

Los materiales eran frecuentemente tan endebles que se consideraba que el agua y sus efectos eran los enemigos de los ingenieros de caminos, pues convertía en altamente deformables las secciones estructurales. Efectivamente, las carreteras se deformaban y tenían baches, todo lo cual influía fatalmente en los costos de operación, pero la operación era escasa y se trataba de conseguir comunicación dentro de una economía nacional relativamente de también escaso nivel.

Obviamente muchos de esos caminos tienen hoy funciones mucho menos conectadas con el transporte nacional más importante, pues en buena parte han sido substituidos por carreteras más modernas; en otros casos los caminos antiguos han sido reforzados con refuerzos estructurales y sólo hacia arriba y en tal caso presentan hoy un serio y recurrente problema de conservación, pues los modernos camiones envían sus efectos a las capas profundas no modernizadas, haciendo poco durables los añadidos superiores.

El gran crecimiento del transporte nacional en número y peso de los vehículos presenta entonces nuevas condiciones, que han de ser tomadas en cuenta por los actuales diseñadores y constructores de pavimentos asfálticos.

Es en este panorama histórico y conceptual en el que se ha pensado que un trabajo como el presente pudiera tener utilidad, al expresar la realidad del ambiente en que se desarrolla la construcción de nuevas carreteras y la conservación de las existentes, los cambios que seguramente resultarán útiles y necesarios en la conceptualización de proyectos de nuevos pavimentos o de refuerzos y los métodos con que hoy se cuenta o que están en una etapa de desarrollo avanzado, para diseñar en detalle las secciones estructurales de las carreteras que han de soportar un transporte nacional que, sin duda, será siempre creciente.

EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA DE LOS PAVIMENTOS.

Las crecientes necesidades de desarrollo, la búsqueda de soluciones perdurables y la demanda de contar más y mejores caminos han contribuido para lograr que en la modernización y ampliación de la red carretera de México se esté especificando el uso de pavimentos del concreto hidráulico bajo estándares internacionales de calidad.

La extensión territorial de México cuenta con una gran diversidad de climas, tipos de suelos, zonas ambientales y etnias, su heterogeneidad nos ha ido marcando el camino del desarrollo y crecimiento, de alguna manera esta diversidad ha influido en la conformación de nuestra infraestructura carretera.

En México tenemos aproximadamente 95,000 km de caminos pavimentados cuyas condiciones de servicio no son las óptimas, de hecho la mayoría de ellos esta catalogado por las propias autoridades como pavimentos en regulares y malas condiciones. Una razón importante del bajo nivel de servicio es debido a que estas carreteras se proyectaron, diseñaron y construyeron en su mayoría entre los años de 1925 a 1970.

Como consecuencia de aquella situación, los pavimentos se construían frecuentemente en México con materiales que hoy no podemos sino considerar inadecuados y aún con ellos se cubrían pequeños espesores, bajo los cuales aparecían suelos naturales, generalmente producto de préstamo lateral en terrenos inmediatamente aledaños a la carretera en construcción.

Los materiales eran frecuentemente tan endebles que se consideraba que el agua y sus efecto eran los enemigos de los ingenieros de caminos, pues convertía en altamente deformables las secciones estructurales.

Efectivamente, las carreteras se deformaban y tenían baches, todo lo cual influía fatalmente en los costos de operación, pero la operación era escasa y se trataba de conseguir comunicación dentro de una economía nacional relativamente de también escaso nivel.

Obviamente muchos de esos caminos tienen hoy funciones mucho menos conectadas con el transporte nacional más importante, pues en buena parte han sido substituidos por carreteras más modernas; en otros casos los caminos antiguos han sido reforzados con refuerzos estructurales y sólo hacia arriba y en

tal caso presentan hoy un serio y recurrente problema de conservación, pues los modernos camiones envían sus efectos a las capas profundas no modernizadas, haciendo poco durables los añadidos superiores.

La red estuvo proyectada para soportar cargas vehiculares que varían entre las 6 y 8 toneladas y en la actualidad llega a tener camiones cargados los cuales en algunos casos alcanzan a pesar hasta 60 toneladas.

Además de no considerar el aumento en los pesos de los vehículos, no se consideró tampoco el crecimiento del tránsito de camiones pesados en la red, ya que se considero en el diseño el tráfico diario que anteriormente se tenía y que variaba entre los 500 y 1,000 vehículos, sin embargo en la actualidad se tienen valores significativamente mayores de hasta 15,000 vehículos.

Antes del año de 1993 la especificación y construcción de pavimentos de concreto hidráulico en México fue relativamente escasa. Se considera que esto se debió principalmente a que nuestro país es un importante productor de petróleo y por consiguiente de asfalto y como anteriormente existía un subsidio importante en el precio del asfalto, los pavimentos asfálticos en nuestro país resultaban en costo muy inferiores a los del concreto hidráulico.

Adicionalmente existía una gran desinformación y desconocimiento sobre el diseño y construcción con nuevas tecnologías de los pavimentos de concreto hidráulico. Otro factor importante es que cuando se diseñaron los caminos de México para el tránsito que se pensaba tenían que soportar, los pavimentos de asfalto parecían ser una alternativa suficiente.

Los pavimentos pueden definirse como la capa o el conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de la terracería y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la

acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, a sí como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

La estructura o la disposición de las capas que lo constituyen, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una gran variedad de posibilidades, comúnmente esta formada por varias capas, las cuales están compuestas de materiales naturales seleccionados y sometidos a tratamientos. La superficie de rodamiento esta constituida por carpeta asfáltica o una losa de concreto hidráulico y/o por acumulaciones de materiales pétreos compactados.

Al igual que en la casi totalidad de las aplicaciones de la Mecánica de Suelos, los materiales de esa naturaleza que se utilizan en la construcción de pavimentos, son de dos tipos claramente diferenciados. Los que se denominan materiales gruesos (arenas, gravas, fragmentos de roca, etc.) constituyen un primer grupo, siendo el segundo el formado por los suelos finos, cuyo arquetipo son los materiales arcillosos.

Ante la preocupación acerca del deterioro de las carreteras en la red y considerando los puntos anteriormente planteados la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se dio a la tarea de buscar soluciones alternativas a tal situación que pudieran soportar adecuadamente las cargas y el volumen de tráfico pesado buscando que los niveles de servicio permanecieran en buen nivel durante períodos mayores.

Tales exigencias orientaron a la SCT a la solución con pavimentos de concreto hidráulico, que representaban un costo razonable, con una capacidad estructural adecuada tanto para el volumen de tránsito como para la intensidad del mismo y un período de vida costeable de acuerdo a la magnitud de la inversión.

COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS EN LA CIUDAD DE MEXICO.

En un esquema simplista el globo terrestre esta constituido, primeramente, por un núcleo formado predominante por compuestos de hierro y níquel se considera, al presente, que la densidad media de este núcleo es considerablemente superior a la de capas más superficiales. Suprayaciendo a la corteza terrestre propiamente dicha, existe una pequeña capa, formada por la disgregación y descomposición de sus últimos niveles; esta pequeña pátina del planeta, es el suelo, del cual se trata en la mecánica de suelos.

Es común creencia la de que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización. Pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían vectorialmente. El suelo tiene perfil, y este es un hecho del que se hace abundante aplicación.

Suelo es un término del que hacen uso diferentes profesantes. La interpretación varia de acuerdo con sus respectivos intereses. Para el agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el ingeniero.

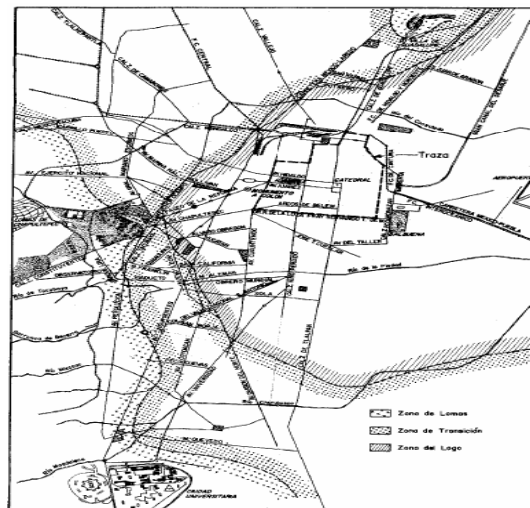
Para los fines de esta obra, la palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves.

Antes de 1940 el conocimiento de la composición y las propiedades del subsuelo en la zona urbanizada del valle era fragmentario y empírico. Posteriormente, el crecimiento de la población es causa de transformaciones importantes en la ciudad, pues se tiende a un desarrollo en altura con preferencia al horizontal; empieza a ser notoria la insuficiencia del abastecimiento de agua potable y se recurre a la explotación de los acuíferos del subsuelo dentro del área urbana.

En ese periodo se registra el comportamiento defectuoso de algunas cimentaciones de estructuras mayores que habían sido diseñadas con las normas de 1942, y se acentúa el hundimiento de los terrenos ubicados en el fondo del antiguo lago de Texcoco.

Con el fin de resolver problemas específicos y aportar información necesaria para verificar la teoría del hundimiento que desarrollo Nabor Carrillo en 1948, se realizaron trabajos de exploración y de laboratorio que paulatinamente permitieron conocer con buena precisión la estratigrafía y propiedades mecánicas del subsuelo en la zona céntrica de la Ciudad de México, hasta profundidades de 50 a 100 m. bajo el nivel del terreno.

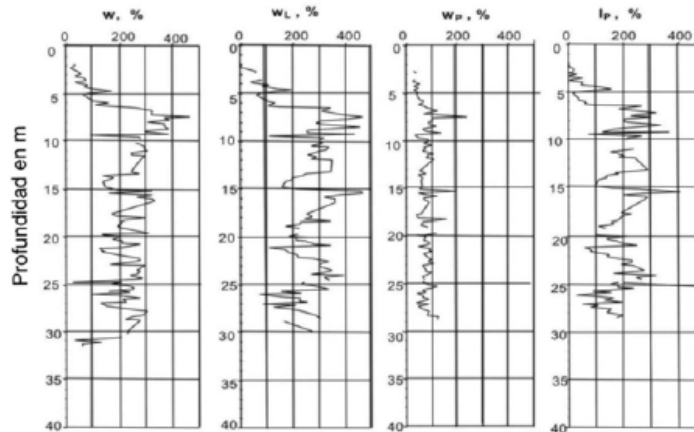
Con tal información fue posible elaborar en 1952 la zonificación del área urbanizada, atendiendo a las características mas significativas del subsuelo, es factible definir las tres zonas: la de lomas, en las estribaciones de la Sierra de las Cruces, al oeste del Valle, en general formada por suelos poco compresibles y de alta resistencia al cortante; la del lago ubicada al oriente y antiguamente ocupada por el lago de Texcoco, en la que se tienen depósitos lacustres blandos y compresibles hasta profundidades de 50 a 60 m, apoyados en suelos mas duros y rígidos; y la zona de transición caracterizada por una secuencia variable de estratos aluviales intercalados con arcillas blandas similares a las del lago.



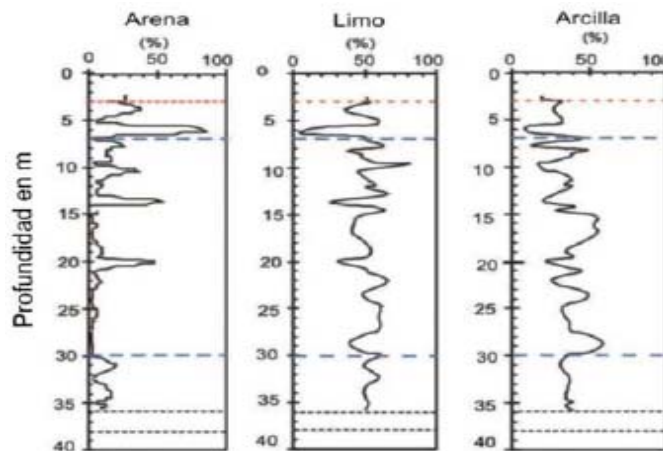
ZONIFICACION ESTRATIGRAFICA DE LA CIUDAD DE MEXICO

Mediante sondeos, la variación del contenido de agua natural en función de la profundidad y la distribución de los estratos relevantes en las zonas compresibles de la ciudad. La actualización geotécnica de 1970 con datos de sondeo efectuados después del sismo de 1957, extendió y perfecciono la información, comprobándose que los daños registrados durante el temblor de marzo de 1979 y después durante el terremoto de septiembre de 1985 se ajustaban a la zonificación establecida en 1970.

El contenido de agua natural (W_i) de los materiales arcillosos del subsuelo varía entre 50 y 500 por ciento, sin embargo no tienen la consistencia de un lodo; al tacto exhiben reacción elástica y resistencia a compresión relativamente alta.



CONTENIDO DE AGUA Y LIMITES DE CONSISTENCIA



COMPOSICION GRANULOMETRICA