

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

" RECIMENTACION DE MONUMENTOS "

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA
CON ESPECIALIDAD EN:

RESTAURACION DE MONUMENTOS

PRESENTA,

1990

JOAQUIN ANGEL PÉREZ COLLANTES Y MAZZOTTI



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

INTRODUCCION

CAPITULO I: Presentación

1.- Cultura	8
2.- Restauración	14
3.- El Suelo	25

CAPITULO II: Características Generales del Suelo de La Cuenca y Valle de México.

1.- La Faja Volcanica Transmexicana	50
2.- La Cuenca del Valle de México	59
3.- El Subsuelo del Valle de México	84
4.- El Hundimiento del Valle de México	91

CAPITULO III: Tipos de Cimentación

Tipos de Cimentación	100
----------------------	-----

CAPITULO IV: Tipos de Recimentación

Tipos de Recimentación	112
1.- Recimentaciones Poco Profundas	115
2.- Recimentaciones Profundas	117
3.- Recimentaciones Compensadas	139
4.- Lodo Bentonítico	141
5.- Electrólisis	143
6.- Sísmos	159
7.- Recomendaciones Sobre Recimentaciones	182

CAPITULO V: Casos de Estudio

1.- Cálculos	186
2.- Ejemplo	226

CAPITULO VI: Conclusiones

Conclusiones	334
--------------	-----

CAPITULO VII: Apendice

- 1.- Breve Cronología sobre la Legislación Relativa a 341
La Defensa del Patrimonio Cultural de México.
- 2.- Programa General de Desarrollo Urbano del - - - 357
Distrito Federal. Síntesis Relativa al Patrimo-
nio Cultural 1987 - 1988.

CAPITULO VIII: Bibliografía

Bibliografía

367

INTRODUCCION.

" Restaurar un edificio no es mantenerlo, repararlo o rehacerlo: es restablecerlo en un estado completo que puede no haber existido en un momento determinado "

Eugene Viollet-Le-Duc.

" En las restauraciones hay una condición dominante que debe tenerse presente siempre: no substituir una parte que ha sido quitada, más que con materia les mejores y medios más enérgicos o más perfectos. Es necesario que el edificio restaurado asegure - para el futuro, más tiempo aún que el que lleva - en pie Así pues, toda piedra que se quite sólo será reemplazada por otra de calidad superior "

Eugene Viollet-Le-Duc.

" Velad con vigilancia sobre un viejo edificio; -- guardadle como mejor podáis y por todos los medios de todo motivo de descalabro. Contad las piedras como haríais con las joyas de una corona; colocad guardias como los pondríais a las puertas de una ciudad sitiada; contenedlas con ayuda de vigas cuando se inclinen; no os preocupeis de la fealdad del recurso de que os valgáis; más vale una muleta que la pérdida de un miembro; y haced todo esto con ternura, con una vigilancia incesante y todavía más de una generación nacera y desaparecera a la sombra de sus muros..... "

John Ruskin.

Teniendo como base fundamental estas ideas de Eugene Viollet -
le Duc y John Ruskin, así como mi experiencia en el ejercicio
profesional, como constructor y supervisor de obras durante -
más de 17 años, el presente trabajo pretende ser la aportación
de un Ingeniero Civil, a la restauración de nuestros monumen-
tos.

Como tal, partimos de una reflexión de carácter general sobre
la cultura, la restauración y el suelo, enfocándose fundamen-
talmente en el caso del suelo de la Cuenca y Valle de México.

Posteriormente, tratamos los tipos de cimentaciones más comu-
nes; así como de las recimentaciones empleadas con mayor fre-
cuencia en nuestro medio, lo que nos sitúa en la parte de la -
restauración que tiene que ver con la obra en si misma; a par-
tir de un proyecto predeterminado, en el cual se deben haber -
considerado todas las alternativas de solución, tomando en --
cuenta desde sus antecedentes históricos hasta los documentos
técnicos de su construcción, a fin de llegar a su determina --
ción.

En el proyecto deben participar profesionales de diferentes es-
pecialidades integrando un equipo interdisciplinario, historia-
dores, químicos, ingenieros, arquitectos, restauradores de bie-
nes muebles, etc., el citado equipo analizará toda la gama de
posibilidades de solución, llegando finalmente al proyecto de-
finitivo, mismo que sólo se podrá cambiar por situaciones de -

orden técnico conforme avance la propia obra.

Con el objeto de hacer una tesis práctica de consulta, se dan una serie de ejemplos de recimentaciones, desarrolladas de manera lógica, para posteriormente abordar el caso más completo de restauración en nuestro país, poniendo especial atención en la recimentación, del Conjunto Monumental integrado por la Catedral y el Sagrario Metropolitanos, obra en la cual participé como Supervisor cuando prestaba mis servicios en la Dirección de Inspección de Contratos y Obras Públicas de la Secretaría del Patrimonio Nacional.

La restauración del citado Conjunto Monumental contó con los recursos financieros, técnicos y humanos necesarios para enfrentarla, sin embargo actualmente la supervisión del Conjunto es realizada cada vez en lapsos más largos de tiempo, lo que puede causar problemas para su mantenimiento y conservación.

Finalmente, presentamos una serie de conclusiones de carácter general, ya que en cada capítulo se dan las particulares.

Completando el trabajo con dos Apendices que nos dan un panorama de la legislación en la materia y con lo cual se enmarca e integra.

CAPITULO I

PRESENTACIÓN

1.- CULTURA.

¿Cómo definir lo que es cultura?

(Del latín cultura).

Mientras más se intenta explicar su naturaleza, el concepto se vuelve más indefinible y cambiante, más resistente a una definición clara y completa, pues se advierte que su objeto está presente en múltiples situaciones y su signo se refiere a muchas y muy diversas acciones humanas, que incluyen los modos de relación de los hombres entre sí y con la naturaleza.

Desde el punto de vista filosófico, la noción de cultura define el conjunto de las realizaciones genéricas del espíritu humano. En términos generales una cosa ingresa en el campo de la cultura cuando existe por referencia un valor (belleza, utilidad). La referencia de la cultura al hombre por otro lado, conduce en último término a una reflexión sobre el propio hombre, tanto en su hacer como en su hacerse.

Antropológicamente, prolongando la significación del concepto filosófico de cultura y en estrecha vinculación con las aportaciones de la psicología, la psicología social y la sociología, la antropología cultural ha elaborado una noción más específica de cultura, considerándola esencialmente en cuanto al fenómeno histórico-social que define con formas variables la estructura de vida colectiva de los diversos grupos humanos. En este sentido, cultura significa el conjunto de elementos materiales e inmateriales (lengua, ciencias, técnicas, institucio-

nes, normas tradicionales, valores y símbolos, modelos de comportamiento socialmente transmitidos y asimilados) que caracterizan a un determinado grupo humano en relación a los otros.

Tomando la línea de reflexión de M. Mauss, puede decirse que la cultura es la civilización en cuanto a realidad particularmente encarnada y proyectada en obras, de una manera peculiar y según un estilo característico, por cada pueblo o grupo humano coherente; es un esfuerzo que hace una colectividad para dotarse a sí misma de una personalidad específica.

Otras escuelas de pensamiento, entienden la cultura como modificaciones de lo recibido y como proyección al futuro, de los anhelos de un grupo social. Spengler concibe la cultura como la conciencia personal de toda una nación, caracterizándose -- por equiparar la cultura a un organismo viviente que nace, crece y muere por necesidad.

El jurista Joseph Kohler tomó de la tesis spengleriana la idea de que la cultura alcanza su fin, su realización y su perfeccionamiento en la civilización, y complementó su concepto, al definir la cultura como la actividad humana por excelencia y al proponer como tarea propia de los hombres, la de crear y desarrollar cultura para obtener valores que puedan alcanzar niveles de permanencia, ya sea por vías del conocimiento o, a través de la creación de productos y actividades de orden estético o práctico.

En tal virtud, no existe una cultura universal y genérica, sino culturas particulares y concretas, ni existe tampoco una jerarquía normativa única que justifique la discriminación de -- culturas "superiores" y culturas "inferiores", sino un pluralismo de formas diversas (cada grupo humano coherente tiene la -- suya peculiar) de acudir a la necesidad común de crear y poseer un universo cultural propio. Esta afirmación de la peculiaridad de las culturas y la correlativa negación del etnocentrismo, o vicio de juzgar y valorar las culturas ajenas en función de los parámetros y valores de la cultura propia, es una aportación valiosa de la antropología cultural, cuidando de no caer en un relativismo radical y exagerado, como el caso de Hers -- Kovits, quien afirma que "cada cultura es un mundo cerrado sobre sí mismo, con su propia razón de ser y un orden ético particular". Las posiciones de este tipo tienden a olvidar la -- historicidad de toda cultura, su carácter dinámico y cambiante y a ignorar el hecho de la intercomunicación de las culturas, de los contactos interculturales.

En sociología, la cultura se refiere a la totalidad de lo que aprenden los individuos como miembros de la sociedad, una forma de vida, un modo de pensar, de actuar y de sentir. La vieja definición de Tylor (1871) indica su extensión: "Cultura, es el todo complejo que incluye al conocimiento, las creencias, - el arte, la moral, el derecho, la costumbre y cualquier otra - capacidad y hábito adquirido por el hombre en cuanto que es -- miembro de una sociedad".

La importancia de la cultura radica en el hecho de que propor-

ciona el conocimiento y las técnicas que le permiten sobrevivir a la humanidad, tanto física como socialmente, así como dominar y controlar, hasta donde ello es posible, el mundo que le rodea.

La cultura es obviamente un concepto cuyos elementos componentes deben ser identificados, clasificados, analizados y relacionados el uno con el otro. Estos componentes pueden ser agrupados de un modo general en tres grandes categorías: las instituciones, es decir, aquellas reglas o normas que rigen la conducta; las ideas, esto es, el conocimiento y las creencias de todas clases (teológicas, filosóficas, científicas, tecnológicas, históricas, sociológicas, etc.); y los productos materiales que los hombres producen y utilizan a lo largo de sus vidas colectivas.

El presente trabajo está encaminado al último de estos conceptos a la "Cultura Material". La Cultura Material, consiste de aquellas cosas materiales que los hombres crean y utilizan, -- que van desde los primitivos instrumentos del hombre prehistórico hasta la maquinaria más avanzada del hombre moderno. Se incluye aquí tanto el hacha de piedra como la computadora electrónica, la canoa de remos de los polinesios y el vapor de lujo, la pirámide prehispánica y los rascacielos de la ciudad moderna.

Los diversos usos conducen a diferentes evaluaciones. Las pinturas pueden ser atesoradas y exhibidas, o bien quedar ocul-

tas en el desván. Los automóviles pueden ser símbolos visibles del nivel social o meros utensilios prácticos que proporcionan transporte. Un edificio puede ser usado como museo o bien como depósito, granero etc., a lo largo del tiempo. Para describir completamente a los objetos culturales es necesario, por tanto, conocer sus usos, la actitud hacia ellos y los valores que se le asigna, así como el conjunto de conocimientos y habilidades que implica.

La necesidad de integración cultural en nuestro país, debe de obligarnos a actuar en defensa de la misma y del futuro que radica en lo que merece ser vivido por el pueblo de México, -- como un conjunto y, por cada uno de los individuos que lo conforman; y llevar adelante los propósitos de defensa y acrecentamiento de nuestras vivencias más propias, debemos mantener la conciencia de que no se trata de defender el arte y la lengua, sino la personalidad nacional.

La sociedad mexicana se expresa culturalmente de diferentes maneras estableciéndose una cadena de pasados que se superponen y nunca llegan a asimilarse en una estructura con fuerza colectiva; todos fuimos prehispánicos, todos fuimos colonia, todos vivimos el siglo XIX y sus contradicciones y todos marchamos a la Revolución y todavía estamos intentando ser.

Tal como lo dice y amplía Octavio Paz: "Hago mal en usar el singular cuando hablo de nuestro pasado: son muchos, todos están vivos y todos pelean continuamente en nuestro interior.

Aztecas, mayas, otómies, castellanos, moros, fenicios, gallegos: maraña de raíces y ramas que nos ahogan".

2.- RESTAURACION.

Del latín.- restauratio, onis, restauración.

Reparación, reposición, recobro, restablecimiento de una cosa.

Aplicado el concepto a la Arquitectura, restaurar es volver a construir o reponer en un edificio antiguo las partes arruinadas o a punto de arruinarse, en el mismo estilo original.

Este problema definido como tal, no fue planteado con anterioridad al segundo tercio del siglo XIX, en el cual, el profundo estudio de los estilos antiguos permitió a los arquitectos contemporáneos adueñarse relativamente del espíritu y técnica de los antiguos. Dentro de esa relatividad aquel conocimiento retrospectivo, abrió a la Arquitectura un camino nunca, en lo antiguo, practicado.

Fue en Francia, en 1835, cuando Vitet, nombrado inspector de monumentos históricos, sentó las primeras teorías sobre las restauraciones, aunque en un terreno meramente doctrinal.

Al insigne arquitecto Viollet-Le-Duc cabe la gloria y la responsabilidad de haberlas llevado a la práctica y a la aplicación, dogmatizando sobre la materia en su famoso Dictionnaire y en los Entretiens sur l'Architecture, y practicandolo en varios monumentos franceses (Nuestra Señora de París, el Castillo de Pierrefond, la Ciudadela de Carcasona, el San Saturnino de Toulouse, entre otros).

Dentro de la Restauración existen diferentes escuelas entre

de las que destacan por su importancia las siguientes:

- Escuela Restauradora:

Los monumentos arquitectónicos son obras de arte de elevado valor y representativos de estados históricos y sociales. Por lo tanto, son de alto interés para la humanidad el poseerlos - íntegros, o sea, tal como fueron concebidos y ejecutados. Más como por la ley de la caducidad de todas las cosas, han llegado a nosotros en estado de deterioro y hasta de ruina, se hace precisa su restauración para conservarlos en su integridad.

La restauración es conveniente, porque con ella se conserva el monumento en su unidad, que es base de belleza en Arquitectura, y se representa la idea del autor, que así lo concibió. Es necesaria, porque con ella se consigue la utilidad, que es también base de la belleza arquitectónica, y se hace perenne el edificio, en su integridad espiritual y material. Los principales apoyadores de esta escuela son los arquitectos.

- Escuela Antirrestauradora:

Profesan en ella los arqueólogos, para quienes, como ya queda indicado, los monumentos arquitectónicos son, ante todo, documentos históricos, que hay que mantener libres de toda alteración, como testigos de los tiempos pretéritos. La teoría parece cristalizar en dos frases célebres: "no tenemos derecho a tocar los monumentos del pasado, porque no nos pertenecen" (Ruskin). "Restaurar es una manera de destruir" (Viollet-Le-Duc)

Analizando la escuela de este modo: Por muy grandes que sean nuestros conocimientos de las arquitecturas pasadas, hoy no - pensamos ni sentimos como en sus épocas, por lo que nuestras - restauraciones son personales y malas necesariamente e inducen a engaños sobre lo pasado. Aunque fuesen perfectas, quitarían al monumento su autenticidad; serán falsificaciones, sin valor alguno histórico ni poético.

Son ideas fundamentales de la escuela, estas tres: 1.- rechazar toda interpolación moderna en los monumentos; 2.- respetar todos los elementos y estilos que, en distintos tiempos, han - hecho los hombres, y 3.- respetar igualmente todos los deterioros, injurias y alteraciones que el tiempo y los hombres han - producido. De lo anterior surge la fórmula: "Conservar, no - es restaurar" derivándose:

- Escuela Conservadora:

No se hubiera presentado el problema de las restauraciones, si los edificios hubieran sido desde un principio conservados, reparando inmediatamente los pequeños desperfectos que el tiempo y las causas naturales o accidentales produjeron. Más como esto no se hizo, y por ello llegaron al estado de ruina parcial, hay que contenerla para que no llegue a ser total. Esa contención ha de hacerse conservando el edificio, no restaurándolo, - consolidándolo, pero sin substituir ni agregar ningún elemento. Si es necesario construir de nuevo alguna parte integrante, no habrá de hacerse en el estilo propio del monumento (pues esto significaría una restauración), sino por uno de - -

estos procedimientos: 1.- dándole la forma puramente mecánica, sin estilo ni arte alguno; 2.- haciéndolo en el estilo actual, y 3.- dar al elemento reconstituido una silueta, sin detalle - ni estilo, que recuerde el elemento substituído.

La teoría o escuela conservadora llega a esta conclusión: En último caso, y si no hay otro remedio, debe dejarse arruinar - el monumento y conservar, si es posible, las ruinas; y si ni - aun esto se puede, conformarse con su desaparición absoluta: "Todo antes de restaurarlo", de cuya extrema conclusión surge - la:

- Escuela de las ruinas:

Es sostenida especialmente por literatos y pintores. Su razón fundamental, se encuentra en la idea de que los monumentos arquitectónicos no valen por sí mismos, sino por el encanto que el tiempo y la historia han puesto en ellos. Tal interpretación de la belleza arquitectónica parece basarse en la frase - de Ruskin: "Un edificio no se puede contemplar en todo su esplendor, hasta que no han pasado sobre él cuatro o cinco siglos". Por esta teoría, la vejez, y su término fatal, la ruina quedan proclamadas fuentes únicas de belleza monumental. Ya en este camino estético, la escuela exalta la hermosura de los deterioros, de la pátina, que hablan a todo espíritu sensible de los siglos y de las generaciones que por allí pasaron. Esta obra del tiempo debe respetarse, hasta con veneración. Y - cuando, por ley fatal e ineludible, se haya producido la ruina total del monumento, tendremos, en la contemplación de aquellos

restos, uno de los goces más elevados que pueda experimentar - el hombre culto y sentimental.

- *Clasificación de los Monumentos.*

Se admite universalmente una clasificación de monumentos, que tiene importancia vital para las diferentes aplicaciones a casos de restauración. Se dividen en vivos y muertos, según la propuesta de Schmit en su obra "L' Architecte des monuments -- religieux", especificada después por Cloquet en el estudio "La restauration des monuments anciens, en la Revue de L'Art -- Chrétien (1900)". Se consideran como monumentos muertos los que pertenecen a civilizaciones extinguidas y a usos y costumbres que no han de volver.

Son monumentos vivos los pertenecientes a civilizaciones persistentes y a usos y costumbres que subsisten.

A los monumentos muertos y a los vivos corresponden ciertos principios fundamentales, que nunca debe olvidar el restaurador. Son tres: 1.- estudio previo y minucioso de la historia, carácter, elementos, estilo general y particular (regional, local, social, entre otros) del monumento, con abundancia de datos gráficos (dibujos, planos, fotografías); 2.- respeto total y absoluto a todo lo existente en el monumento, indicador de su pasado y 3.- parquedad extraordinaria en la restauración, no tocando sino lo que sea indispensable y necesario.

Monumentos muertos: Fenecida, para no volver, su belleza de -

utilidad, e inútil, por tanto, su integridad, el criterio del restaurador debe ser el de conservarlos en el estado que llegaron a nosotros, como dato histórico y como elemento de belleza.

Monumentos vivos: A estos se refieren casi todas las reglas aplicadas por los restauradores, partiendo de varios casos y las aplicaciones de restauración para estos.

1.- Restauraciones elementales.- Casi no lo son y no exigen sino esmero y respeto.

2.- Substitución de elementos perfectamente conocidos ruinosos o desaparecidos por otros idénticos. Es el caso más general, lícito y fácil por no exigir invención alguna ni ser posible el error. No obstante las buenas prácticas restauradoras aconsejan marcar las piezas nuevas con una cifra, letra o señal.

3.- El elemento a substituir no es el primitivo, sino uno ya substituido, en estilo distinto al originario del monumento. ¿En este caso como debe hacerse la substitución, reproduciendo el que hay o imitando el supuesto originario? La solución es de prudencia y sentido común. Si el elemento es importante estructuralmente, de valor artístico y, además, es dato para la historia del monumento, no cabe duda que la substitución debe hacerse reproduciendo el que hay. Si, por el contrario, el elemento anacrónico a substituir es insignificante como arte o peligroso como estructura, será prudente volver a lo primitivo. Debiendo marcarse como ya se indicó en el punto 2.

4.- El elemento que hay que construir nos es desconocido en su primera forma, por no haber existido nunca, o por haberse perdido su traza. Este caso es verdaderamente grave para el restaurador, pues precisa la invención del mismo. Se tendrá la obligación, para el restaurador, de atenerse al estilo general y al particular (región, monumento, época, autor, entre otros) del monumento. Y siempre dejar consignados los datos de fecha y circunstancias de la obra agregada. Quizá la solución, en estos casos, estará en poner elementos completamente actuales, que no den lugar ninguno a engaños arqueológicos, pero esto -- rompe la unidad y la armonía del monumento.

5.- Restauración total de un monumento cuyos estilos, historia, procedimientos constructivos, etc., son poco conocidos. Entramos con este caso en los de restauración de conjunto. Este caso se asemeja mucho al de los monumentos muertos. En él debe evitarse a toda costa la restauración, apelando a la consolidación y conservación, respetando en absoluto todos los datos que aparezcan en el edificio, pues ellos nos dicen su historia, acaso la única que podemos saber.

6.- Restauración total de un monumento del que se conservan pocos datos y elementos, pero cuyo estilo arquitectónico nos es conocido. La restauración debe hacerse sobre la base de los elementos existentes y de los datos históricos que se poseen. Lo totalmente desconocido puede construirse inspirándose en los monumentos del mismo tiempo, estilo, destino y escuela regional. Pero como en todo esto entra necesariamente la --

invención del restaurador, es indispensable señalar netamente lo auténtico y lo que no lo es. De todos modos, el edificio - así restaurado no tiene ya valor arqueológico alguno.

7.- Restauración de un monumento del que se conserva la mayor parte y del que se conocen, además, estilo, historia, de los elementos que faltan. Es el caso general, similar al tratado en el punto 2, se resuelve aplicando en todo los procedimientos de la escuela restauradora.

8.- Restauración de un monumento que está íntegro, pero amenazado de ruina. Esta restauración puede hacerse sin el menor error, y para ejecutarla debe comenzarse por un estudio, gráfico especialmente, detalladísimo. Se revisará el comportamiento estructural del edificio y se procederá a la restauración. En caso de que, por deterioro, haya que poner materiales nuevos, deben interpolarse con otros antiguos (testigos) como pruebas de la exactitud de la restauración.

9.- Restauración de un edificio, consistente en agregarle un cuerpo nuevo o parte nueva que no entró en el plan primitivo. Si los monumentos vivos no fueran sino reliquias arqueológicas, este caso debería estar terminantemente proscrito. Pero como estos monumentos siguen siendo útiles, y a esta condición van unidas imprescindibles necesidades, no hay modo de evitar el afrontar este caso. Se tienen fundamentalmente dos criterios:

- 1.- Por ley de unidad y de armonía el agregado debe ejecutarse en el estilo primitivo del monumento.

2.- Otra solución, diametralmente opuesta, es hacer el cuerpo agregado en el estilo actual.

3.- Una solución, intermedia y ecléctica, es construir el agregado en el estilo actual, pero dándole una silueta de conjunto que armonice, con el monumento.

10.- Al restaurar totalmente un edificio, ¿Qué debe hacerse con las partes que no son del estilo original? Por respeto histórico deben conservarse, en general. En algunos casos, estas partes no son verdaderos agregados, sino variantes producidas por el avance de los trabajos en su construcción, por lo que son dignas de la mayor consideración, pues ellas nos dicen mejor que la historia escrita, la del monumento. Sin embargo, si esos agregados pueden perjudicar el edificio original, estos pueden suprimirse.

11.- Casos relativos a la estructura original de los edificios. Son en general, de verdadera dificultad. Al inspeccionar y analizar un edificio por restaurar, podemos encontrarnos con una estructura viciosa o con materiales malos. (Consideramos estructura en este caso como un todo, desde la cimentación hasta la azotea.) ¿Qué hacer en la restauración? Es cuestión de criterio.

El arqueológico indica la reproducción absoluta de lo antiguo, por defectuoso que sea. Por el contrario Viollet-Le-Duc señala que siendo la vida del edificio el fin primordial de la restauración y conocidos los vicios que han puesto en peligro su

estabilidad, hay que ir directa y valientemente a la modificación de la estructura, empleando los medios más enérgicos y materiales mejores.

12.- Casos relativos al destino y uso del edificio. Afectan al problema de la utilidad del monumento. En los monumentos muertos, el problema, como se ha dicho, no se presenta. En los monumentos vivos, los casos son frecuentes y variados. El principio fundamental, son los de restaurar el monumento para el mismo destino que se construyó. Pero hay casos en que el destino tiene que variar. Aplicando en este caso el criterio de que el mejor modo de conservar un monumento es darle un destino. ¿ En estos casos como restaurarlo ?. La variación del fin utilitario obligará a modificaciones de elementos seguramente poco respetuosos de lo primitivo, sin embargo esto es ineludible, pues los monumentos vivos llevan consigo una finalidad utilitaria. Otra teoría sostiene que cuando un monumento no puede o no debe seguir sirviendo para su primitivo destino, no debe dársele otro, pues los monumentos ya cumplen bastante y altamente con serlo.

13.- los detalles. Sucede frecuentemente que en una parte del edificio a restaurar, hay elementos escultóricos (estatuas, bajo relieves, capiteles, escudos heráldicos, entre otros). Como son de ejecución personal y, por tanto, difíciles de reproducir con fidelidad y carácter, deben conservarse, por deteriorados que estén, aunque la restauración haya alcanzado a toda la arquitectura que lo rodea.

14.- Recomendación final. Concluida una restauración, es deber del restaurador escribir una Memoria, en la que consigne todos los antecedentes, fechas, modificaciones, procedimientos constructivos empleados, calculos estructurales, personal que participo indicando su especialidad, abundancia de datos gráficos - (planos, fotografías, etc.). Esta Memoria será el complemento obligado y preciso de aquel primer estudio preliminar a la -- restauración, formando un documento único.

3.- EL SUELO.

Las rocas de la corteza terrestre, a través de un proceso de desintegración mecánica y de descomposición química, forman -- los materiales sueltos que se encuentran en ella. El suelo ha sido definido de diferentes maneras, una definición que se puede considerar general es la siguiente: "Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas. y de los residuos de la actividad de los seres vivos que sobre ella se asientan".

Si analizamos por partes, esta definición de suelo tenemos, de la primera parte de la definición "Suelo es una delgada capa -- sobre la corteza terrestre" Para los efectos de cimentación podemos considerar que todo el espesor del globo terráqueo que se encuentre afectado por las diferentes actividades de los seres humanos.

En la segunda parte de la definición tenemos "Suelo es una -- delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de -- las rocas" de esta parte de la definición se observa que los suelos que provienen de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas presentan características diferentes si la alteración es física o química. Así cuando -- el efecto alterativo de las rocas se lleva a cabo por un medio

físico, se produce un suelo con la misma composición de ellas. Cuando es de efecto químico el proceso por medio del cual se produce el suelo, la constitución mineralógica de él es diferente a los que poseía la roca madre.

Entre los agentes físicos que producen cambios en las rocas se tienen: el sol, el agua, el viento y los glaciares.

De los agentes químicos podemos mencionar como principales la oxidación, la carbonatación y la hidratación.

Finalmente, se analizará la última parte de la definición:

"Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración, física química de las rocas y de los residuos de la actividad de los seres vivos que sobre ella se asientan. Esta última parte, -- nos indica que los restos de la vegetación y otros restos orgánicos, al ser descompuestos por la acción de los micro-organismos para su propia nutrición, dejan como residuo partículas finas de tamaño coloidal denominadas humus. El humus se mezcla en diferentes proporciones con las partículas minerales formándose de esa manera los suelos orgánicos.

- Principales Tipos de Suelos.

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos cuyo origen se debe a la -- descomposición física y/o química de las rocas o sea suelos --

inorgánicos, y suelos cuyo origen es principalmente orgánico. Si en los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó, da origen a un "suelo residual", en caso contrario forman un suelo "transportado", cualquiera que haya sido el agente transportador, (por gravedad: talus; por el agua: aluviales o lacustres; por el viento: cólicos; por los glaciares: depósitos glaciales).

En cuanto a los suelos orgánicos, ellos se forman casi siempre *in situ*. Muchas veces la cantidad de materia orgánica, ya sea en forma de humus o de materia no descompuesta o en su estado de descomposición es tan alta, con relación a la cantidad de suelo inorgánico, que las propiedades que pudieran derivar de la porción mineral quedan eliminadas. Esto es muy común en las zonas pantanosas en las cuales los restos de la vegetación acuática llegan a formar verdaderos depósitos de gran espesor conocidos con el nombre genérico de turbas. Se caracterizan, por su color negro o café oscuro, por su poco peso cuando están secos y su gran compresibilidad y porosidad. La turba es el primer paso de la conversión de la materia vegetal en carbón.

A continuación se describen los suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados para su identificación:

GRAVAS: Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y tienen más de dos milímetros de diámetro.

ARENAS: La arena es material de grano fino procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

LIMOS: Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo, en éste último caso, de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm.

ARCILLAS: Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en muchas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados.

SUELOS COHESIVOS Y SUELOS NO COHESIVOS.

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Los suelos cohesivos son aquellos que tienen la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas.

Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación como la arena y la grava.

CÁRACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS.

PESO VOLUMÉTRICO. - Es el peso del suelo contenido en la unidad

de volumen (γ), generalmente se expresa en Kg/m^3 .

Peso volumétrico seco y suelto (γ s.s.) de un suelo, es el peso volumétrico aparente y se refiere al considerar el volumen de los vacíos formando parte del suelo.

DENSIDAD.- La "densidad absoluta" de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos. La "densidad aparente" es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos.

La "densidad relativa" en un suelo se define como la relación de la "densidad absoluta" o "aparente" promedio de las partículas que constituyen el suelo, a la densidad absoluta del agua destilada, a cuatro grados centígrados, que tiene el valor de un gramo por centímetro cúbico.

La densidad absoluta se acostumbra expresarla en gramos masa por centímetro cúbico, y la densidad relativa queda expresada por un número abstracto.

Expresadas en forma de ecuación tenemos:

$$\text{Densidad absoluta} = D_a = \frac{P_s}{V_s}$$

$$\text{Densidad aparente} = D_a' = \frac{P_s}{V_t}$$

$$\text{Densidad relativa} = D_r = \frac{D_a}{D_w}; \text{ o bien } D_r = \frac{D_a'}{D_w}$$

en las cuales:

P_s = Peso de la partícula sólida en gramos.

V_s = Volumen de sólidos, en cm cúbicos.

V_t = Volumen de sólidos más volumen de huecos, en cm. cúbicos.

D_w = Densidad absoluta del agua destilada a temperatura de cuatro grados centígrados, y tiene un valor de un gramo por centímetro cúbico.

GRANULOMETRIA.

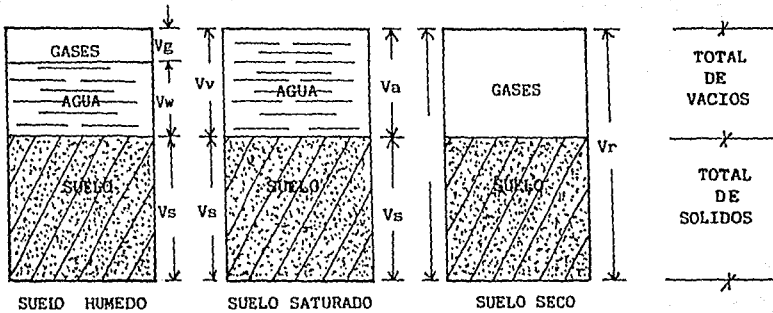
El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

FASES DE UN SUELO.

Siendo un suelo un medio poroso se le puede considerar formando normalmente por tres fases:

a) La fase sólida formada por las partículas minerales o las orgánicas, o por ambas; b) La fase líquida que llena parcial o totalmente los vacíos del suelo y c) La fase gaseosa que llena parte o todos los vacíos que deja la fase líquida.

Estas fases pueden ser representadas esquemáticamente de la manera siguiente:



En la figura anterior, V_t representa el volumen total del suelo, V_v el volumen de vacíos y V_s el de las partículas sólidas:

$$V_t = V_v + V_s$$

Por otra parte, si el volumen de vacíos está ocupado por gases, V_g y por agua V_w , de manera que la ecuación anterior puede escribirse:

$$V_t = V_g + V_w + V_s$$

De los conceptos anteriores resultan:

- Relación de vacíos.

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

- Porosidad, generalmente se expresa en porcentaje.

$$n = \frac{V_v}{V_t} \times 100$$

- Humedad es la relación del peso del agua al peso de los sólidos en una determinada masa de suelo, expresada generalmente en porcentaje:

$$w = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

El contenido de humedad se determina pasando una muestra representativa del suelo en su estado húmedo, secando luego dicha muestra, a peso constante en un horno a una temperatura de 100°C a 110°C y pesándola después. La diferencia entre el peso de la muestra antes y después de secada al horno representa el peso del agua que contenía la muestra. Este peso del agua expresado como porcentaje del peso seco de la muestra nos da el contenido de humedad.

- Grado de Saturación, es la relación del volumen de agua que contiene el suelo al volumen de vacíos del mismo, expresado como porcentaje:

$$G = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Cuando un suelo está totalmente saturado, de la expresión conocida de la humedad se obtiene:

$$w = \frac{P_w}{P_s} = \frac{V_w \cdot D_w}{V_s \cdot D_a} = \frac{V_v \cdot D_w}{V_s \cdot D_a} = \frac{e \cdot D_w}{D_a} = \frac{e}{D_a} = \frac{e}{D_r}$$

$$\therefore e = D_r \cdot w$$

Si el suelo no se encuentra totalmente saturado, entonces:

$$e = \frac{D_r \cdot w}{G}$$

- Compacidad Relativa. En los suelos formados por partículas gruesas, como las gravas y las arenas, es muy importante conocer su estado de compacidad que viene definida por la llamada compacidad relativa y se expresa:

$$C_r = \frac{e_{\text{máx}} - e_{\text{nat}}}{e_{\text{máx}} - e_{\text{mín}}}$$

Generalmente la compacidad relativa se expresa en porcentaje. En esta ecuación $C_{m\acute{a}x}$, $C_{m\acute{i}n}$ y C_{nat} , respectivamente, la relación de vacíos en su estado más suelto en su estado más compacto y en su estado natural.

Otra forma de expresar la compacidad relativa es haciendo uso de los pesos volumétricos "secos":

$\gamma_{m\acute{a}x}$ = peso volumétrico seco máximo.

$\gamma_{m\acute{i}n}$ = peso volumétrico seco mínimo.

γ_{nat} = peso volumétrico seco en estado natural.

$$\gamma_s = \frac{D_a}{1+e}, \text{ de donde } e = \frac{D_a}{\gamma_s} - 1$$

$$C_{m\acute{a}x} = \frac{D_a}{\gamma_{s \text{ m\acute{i}n}}} - 1$$

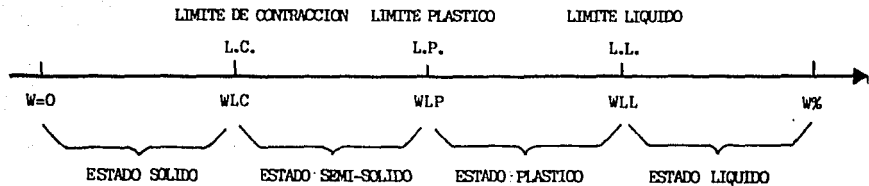
$$e_{m\acute{i}n} = \frac{D_a}{\gamma_{s \text{ m\acute{a}x}}} - 1$$

$$e_{nat} = \frac{D_a}{\gamma_{s \text{ nat}}} - 1$$

$$C_r = \frac{\gamma_{nat} - \gamma_{m\acute{i}n}}{\gamma_{m\acute{a}x} - \gamma_{m\acute{i}n}} \cdot \frac{\gamma_{m\acute{a}x}}{\gamma_{nat}}$$

PLASTICIDAD. - Es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado varia-

ble. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes.



Los mencionados límites son: Límite Líquido (L.L.), Límite Plástico (L.P.) y Límite de Contracción (L.C.) y mediante ellos se puede dar una idea del tipo de suelo en estudio. Los límites de consistencia, todos, se determinan empleando suelo que pase la malla No. 40. La diferencia entre los valores del límite líquido (L.L.) y del límite plástico (L.P.) da el llamado Índice Plástico (I.P.) del suelo. Los límites líquido y plástico dependen ambos de la cantidad y tipo de arcilla del suelo, pero el índice plástico depende generalmente, de la cantidad de arcilla.

Cuando no se puede determinar el límite plástico de un suelo, se dice que es "no plástico" (N.P.) y en este caso el Índice plástico se dice que es igual a cero. El Índice de plasticidad indica el rango de humedad a través del cual los suelos -- con cohesión tienen propiedades de un material plástico.

Según Atterberg, cuando un suelo tiene un I.P. igual a cero, no es plástico, cuando es menor de 7 es de baja plasticidad, cuando está comprendido entre 7 y 17 es medianamente plástico y cuando es mayor de 17 es altamente plástico.

- Límite Líquido: Se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. Por lo que los suelos plásticos tienen en el límite líquido, una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, es de 25 gr/cm^2 , según Atterberg. La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula.

Para determinar el límite líquido en los laboratorios de campo se realiza el procedimiento siguiente estando el material en la copa de Casagrande se divide éste en dos porciones utilizando para ello un ranurador. El ranurador deberá mantenerse, en todo el recorrido, normal a la superficie interior de la copa, realizando un movimiento de este de arriba hacia abajo, después se dan 25 golpes y ver si la ranura se cierra

los 12.7mm. En caso contrario se recoge el material de la copa, se agrega agua a la pasta o se seca según el caso, y se repite el proceso hasta conseguir que con los 25 golpes la ranura se cierre en su base los 12.7mm especificados. Cuando ello suceda se extrae de la muestra una determinada cantidad, se coloca en un recipiente adecuado, se pesa, se seca en un horno a temperatura constante y se vuelve a pesar una vez seca. El límite líquido se calcula así:

$$LL = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

en la que:

LL = Límite Líquido en %

P_h = Peso de la muestra húmeda, en gramos.

P_s = Peso de la muestra seca, en gramos.

P_w = Contenido de agua de la muestra en gramos.

- Límite Plástico: Se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semi-sólido a un estado plástico. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material -- que mezclado con agua ha sobrado de la prueba del límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se -- forma luego una pequeña bola que deberá enseguida rodillarse en la palma de la mano o en una placa de vidrio aplicando su

eficiente presión a efecto de formar filamentos.

Cuando el diámetro del filamento resultante sea de 3.17mm. (1/8") sin romperse, deberá juntarse la muestra de nuevo, mezclarse en forma de bola y volverse a rodillar. El proceso debe continuarse hasta que se produzca un rompimiento de los filamentos al momento de alcanzar 1/8" de diámetro. Los suelos que no puedan rodillarse con ningún contenido de humedad, se consideran como no plásticos (N.P.). Cuando al rodillar la bola de suelo se rompa el filamento al diámetro de 1/8", se toman todos los pedacitos, se pesan, se secan al horno en un vidrio, se vuelven a pesar ya secos y se determina la humedad correspondiente al límite plástico así:

$$L.P. = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

en la que:

L.P. = Humedad correspondiente al límite plástico en %.

Ph = Peso de los trocitos de filamentos húmedos, en gramos.

P_s = Peso de los trocitos de filamentos secos, en gramos.

P_w = Peso del agua contenida en los filamentos pesados, en gramos.

- Índice de Plasticidad o Índice Plástico (I.P.) es la diferencia numérica entre los límites líquidos y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo, sin

embargo, el índice plástico, depende, generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

- Consistencia Relativa (C.R.) para los suelos cohesivos se --
tiene

$$C.R. = \frac{L.L. - w_n}{I.P.}$$

siendo w la humedad del suelo en su estado natural.

Consistencias relativas muy cercanas a cero indican un suelo con esfuerzo a ruptura (q_u) a compresión axial no confinada comprendido entre 0.25 y 1.0. Kg/cm². Si la consistencia relativa es aproximadamente igual a uno, ello indica que su q_u puede estar comprendido entre 1.0 y 5.0 Kg/cm².

En general, el esfuerzo de corte de un suelo crece a medida que su C.R. varía de 0 a 1.

- Índice de Líquidez: En los suelos plásticos este índice es indicativo de la historia de los esfuerzos a que ha estado sometido el suelo. Si el valor del I_L es cercano a cero, se considera que el suelo está preconsolidado, y si es cercano a uno entonces se le considera como normalmente consolidado.

$$I_L = \frac{w_n - L.P.}{I.P.}$$

Si la humedad inicial de un suelo corresponde a un Índice de

Liquidez igual a 0,2. o más, el suelo, aún siendo totalmente plástico, tendrá poca o nula expansión.

- LIMITE DE CONTRACCION: (L.C.) de un suelo es el por ciento de humedad, con respecto al peso seco de la muestra, con el cual, una reducción de agua no ocasiona ya disminución en el volumen del suelo. La diferencia entre el límite plástico y el límite de contracción se llama índice de contracción (I.C.) y señala el rango de humedad para el cual el suelo tiene una consistencia semi-sólida.

$$L.C. = \frac{P_h - P_s - (V_h - V_s) D_w}{P_s} \times 100$$

$$L.C. = w - \frac{(V_h - V_s) D_w}{P_s} \times 100$$

- CONTRACCION LINEAL (C.L.) se define como el por ciento de contracción, con respecto a la dimensión original, que sufre una barra de suelo de 2cm. por 2cm. por 10cm. al secarse en un horno entre 100°C y 110°C desde una humedad equivalente a la humedad del límite líquido hasta el límite de contracción.

$$C.L. = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

Donde:

L_1 = Longitud original.

L_2 = Longitud final.

- **INDICE DE COMPRESION:** Es un valor que se emplea bastante en el cálculo de asentamientos de estructuras para suelos normalmente consolidados, definido por Terzaghi y Peck de la siguiente manera:

$$C_c = 0.009 (L.L. - 10)$$

La compresibilidad de los suelos puede expresarse así:

Baja = C_c de 0.0 a 0.19

Media = C_c de 0.2 a 0.39

Alta = C_c de 0.4 ó más

CLASIFICACION DE LOS SUELOS.- Dada la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza se han desarrollado diferentes métodos de clasificación de los mismos. Hoy día es casi aceptado por la mayoría que el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) es el que mejor satisface los diferentes campos de aplicación de la Mecánica de Suelos.

Este sistema fue propuesto por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en 1942 para aeropuertos.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)

INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

DIVISION MAYOR	GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO
SUELOS DE PARTICULAS FINAS 200 + Mas de la mitad de las partículas que pasan por el tamiz No. 4 Las partículas de mayor tamaño deben ser menores de 0.075 mm.	GRAVAS Mas de la mitad de la fracción gruesa no pasa por el tamiz No. 4 Toda fracción que pasa debe estar finamente mezclada con las arenas.	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de limo.
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de limo.
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.
		SW	Arenas bien graduadas, arena con grava, con poco o nada de limo.
	ARENAS Mas de la mitad de la fracción gruesa no pasa por el tamiz No. 4 Toda fracción que pasa debe estar finamente mezclada con las arenas.	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de limo.
		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
		ML	Limos inorgánicos, poca plasticidad, limos arenosos y arcillosos ligeramente plásticos.
		CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arenas con gran cantidad de arena, arcillas limosas, arcillas pesadas.
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos e diatomáceos, limos esponjosos.	
	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.	
	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.	
PI	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4.
COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3

NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA GW.

LIMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" O CON IP ENTRE 4 Y 7 SON TIPOS DE FRONTERA que requieren el uso de símbolos dobles.

LIMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LINEA A" CON IP MAYOR QUE 7.

C_u = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ C_c = $\frac{D_{40}^2}{D_{60}D_{10}}$

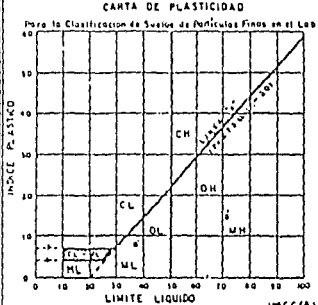
He satisfacen todos los requisitos de graduación para SW.

LIMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" CON IP MENOR QUE 4.

LIMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LINEA A" CON IP MAYOR QUE 7.

EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS

GW grupo, ML limo; OL suelo orgánico, MH limo orgánico; SW arena; CH arcilla; OH limo; PL mel gradoada; PI tipo empastado; OL, OH tipo empastado.



* CLASIFICACION DE FRONTERA-SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERISTICAS DE LOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACION DE LOS DOS SIMBOLOS, POR EJEMPLO GW-QC MEECLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.

+ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.

• LA DIVISION DE LOS GRUPOS GW Y SW EN SUBCATEGORIAS de 1 a 4 SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS UNICAMENTE, LA SUB-DIVISION ESTA BASADA EN LOS LIMITES DE ATTERBERG. EL GRUPO de 1 SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL IP ES DE 6 O MENOS. EL SUFijo de 2 SE USA CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Como puede observarse en la tabla, los suelos de partículas gruesas y los suelos de partículas finas se distinguen mediante el cribado del material por la malla #200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicha malla y los finos a los que la pasan, y así un suelo se considera grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en la malla 200, y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicha malla.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba) mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

En los suelos gruesos se tienen las gravas (G) y las arenas (S) de tal modo que un suelo pertenece al grupo de las gravas (G) si más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla #4, y pertenece al grupo de las arenas (S) en caso contrario.

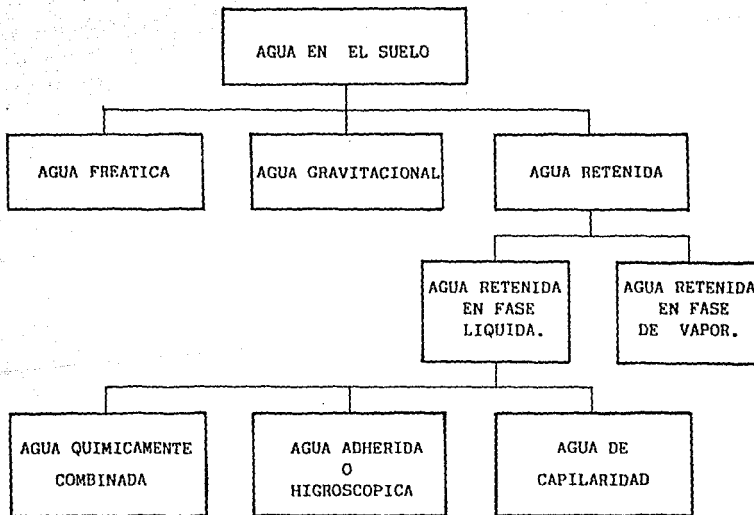
Tanto las gravas como las arenas se dividen en cuatro grupos (GW, GP, GM, GC) y (SW, SP, SM, SC), respectivamente. En el símbolo GW el prefijo G (gravel) se refiere a las gravas y W (well graded) quiere decir bien graduado. De igual modo el símbolo GP indica gravas pobremente graduadas o mal graduadas (poorly-

graded gravel), el símbolo GM indica gravas limosas, (en la que el sufijo M. proviene del sueco "mo"), y el símbolo GC indica gravas arcillosas, el sufijo indica arcilla (clay). De igual manera los símbolos SW, SP, SM y SC indican arenas (sands) bien graduadas, arenas mal graduadas, arenas limosas y arenas arcillosas, respectivamente.

En los suelos finos el sistema unificado los considera reunidos en tres grupos, para los limos y arcillas con límite líquido menor de 50%, en tres grupos para los limos y arcillas con límite líquido mayor de 50% y en un grupo para los suelos finos altamente orgánicos. Si el límite líquido del suelo es menor de 50%, es decir, si el suelo es de compresibilidad baja o media, se añade el sufijo L (low compresibility) a los prefijos, M, C y O, obteniéndose de ese modo los símbolos ML (limos inorgánicos de baja compresibilidad) y CL (arcillas inorgánicas de baja compresibilidad) y OL (limos orgánicos de baja compresibilidad). Si el límite líquido es mayor de 50%, es decir, si el suelo es de compresibilidad alta, se añade el sufijo H (high compresibility) a los prefijos M, C y O, obteniéndose así los símbolos MH (limos orgánicos de alta compresibilidad), OH (arcillas inorgánicas de alta compresibilidad) y OH (arcillas orgánicas de alta compresibilidad). Los suelos altamente orgánicos, como las turbas, se designan con el símbolo Pt.

EL AGUA EN EL SUELO.- El suelo, como se ha podido observar, es un material con arreglo variable de sus partículas que dejan -

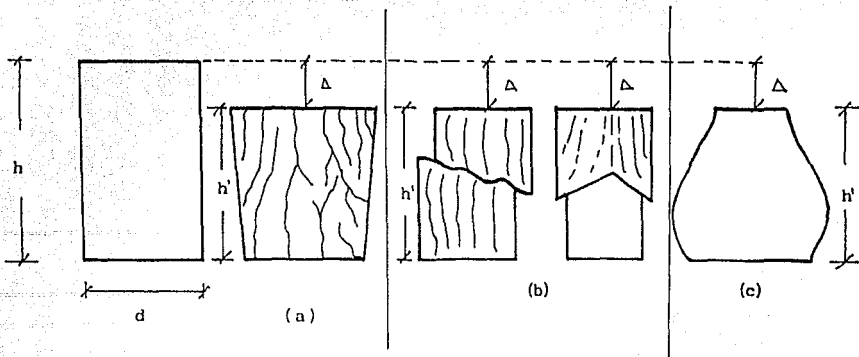
entre ellas una serie de poros conectados unos con otros para formar una compleja red de canales de diferentes magnitudes -- que se comunican tanto con la superficie del terreno como con las fisuras y grietas de la masa del mismo. De aquí que el agua que cae sobre el suelo parte escurre y parte se infiltra por acción de la gravedad hasta estratos impermeables más profundos formando la llamada "capa freática". El límite superior de este manto acuoso se llama nivel freático. Según el estado en que se encuentre el agua en el suelo, reciben los nombres siguientes:



El agua que pasa por los poros a través del suelo se le conoce con el nombre de "agua gravitacional" y aquella que se encuentra por debajo del nivel freático se llama "agua freática".

Cuando se suspende el movimiento del agua gravitacional a través del suelo, parte del agua se queda retenida en los poros - y sobre la superficie de las partículas debido a las fuerzas - de "tensión superficial" y de "absorción". Esta agua que no - puede ser drenada directamente, recibe el nombre de "agua retenida".

RESISTENCIA DE LOS SUELOS AL ESFUERZO DE CORTE.- Dentro de -- ciertos límites, los suelos se comportan, bajo la acción de -- las cargas, como los materiales elásticos, aunque en algunos - casos se producen deformaciones mayores que las normales, te-- niéndose que recurrir, entonces a cálculos que tengan en cuen-- ta la plasticidad del suelo. Una muestra de suelo sometida a un esfuerzo de corte tiende a producir un desplazamiento de -- las partículas entre sí o de una parte de la masa del suelo, - con respecto al resto del mismo.



En el primer caso (fig. a) se dice que hay un disgregamiento de las partículas. En el segundo caso (fig. b) se dice que la masa se desliza a lo largo de ciertas líneas de rotura, o si la masa de suelo es plástica, se produce lo que se denomina --fluencia plástica (fig. c). Estos movimientos dentro de la masa de suelo tienden a ser contrarrestados por la llamada "resistencia al corte del suelo".

La resistencia al corte τ de un suelo viene dada por la ecuación de Coulomb:

$$\tau = c + p_i \tan \phi$$

en la que:

τ = Resistencia al corte del suelo, en Kg/cm²

c = Cohesión del suelo, en Kg/cm²

p_i = Presión intergranular, en Kg/cm²

ϕ = Angulo de fricción interna del suelo, el cual se supone que es constante.

En general los suelos poseen al mismo tiempo cohesión y fricción interna. La "cohesión" se puede definir como la adherencia entre las partículas del suelo debida a la atracción entre en virtud de las fuerzas moleculares. El "angulo de fricción-

interna" depende de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y forma de los granos y de la presión normal.

TEORIA DE LA CONSOLIDACION.- Los suelos, al igual que los otros materiales usados en la construcción, sufren deformaciones bajo el efecto de un esfuerzo sobre ellos aplicado. Sin embargo, si en la mayoría de los materiales se considera que son elásticos, en los suelos la relación que existe entre esfuerzos y deformaciones es más complicada.

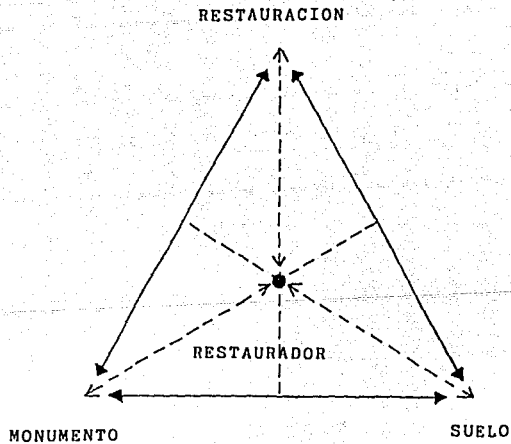
La deformación que sufre un suelo bajo la acción de una carga no se presenta inmediatamente después de la aplicación del esfuerzo tal como sucede en los materiales elásticos, ya que para el reacomodamiento de las partículas, que es la parte principal de la deformación, necesita expulsar parte de los flúidos que contiene el suelo, y si el agua constituye la mayor -- parte de los flúidos que contiene el suelo, y si el suelo es -- poco permeable, la expulsión de dicha agua requiere mucho tiempo.

Debido a la frecuencia con que han aparecido asentamientos no previstos, originados por este tipo de fenómeno, la compresibilidad de los estratos confinados de arcilla ha recibido una -- atención creciente durante los últimos años. Debido a ello, se han elaborado métodos que permiten estimar la magnitud y distribución de los asentamientos, de modo que se determine cual es el tipo de cimentación o recimentación que se requiere para

un monumento determinado.

De esta manera se han dado los conceptos fundamentales sobre "el suelo" que es el elemento sustentador de nuestros monumentos.

Tenemos completo nuestro triángulo inicial de este trabajo: la cultura material de una civilización representada por nuestros monumentos sujetos a restauración, los cuales están sustentados por el suelo.



CAPITULO II

**CARACTERISTICAS GENERALES DEL
SUELO DE LA CUENCA Y VALLE DE
MEXICO.**

1.- LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA (F.V.T.)

De un ancho que varía de 20 a 70 km. la Faja Volcánica Transmexicana atraviesa con marcada expresión morfológica el País en dirección poniente-oriente, desde el Pacífico hasta el Atlántico, estando coronada por los grandes volcanes. Representa una acumulación extraordinaria de rocas volcánicas de edad cenozoica. Su desarrollo principal principio hace 25 millones de años. Es posible dividir la F.V.T. en dos: la parte occidental, que es relativamente angosta y corta y la parte oriental, que es de mayor desarrollo y complejidad.



La presencia de centenares de volcanes comprueba que la corteza terrestre (unos 40 Km. de espesor debajo de la Cuenca de México) está quebrada, a tal grado que en varios puntos de la F.V.T. han surgido, especialmente en el Cuaternario, volúmenes de basaltos, originados probablemente en el manto superior. Sin embargo, la gran mayoría de volcanes constan de lavas intermedias, es decir andesíticas, lo cual a la luz de la teoría de la Tectónica de Placas es un indicio de que este vulcanismo es derivado de la desintegración termal de la corteza marina (Placa de Cocos), la cual esta en constante proceso de hundimiento o disolución debajo del continente en la fosa de Acapulco, como queda atestiguado por los frecuentes sismos ahí generados. Uno de los rasgos característicos de la F.V.T. es su sistema básicamente ortogonal de fracturas, que controlan el ascenso de los magmas dentro de la corteza y rigen la formación

LA FAJA VOLCANICA TRANSMEXICANA, EL SUR DE
MEXICO Y LAS ESTRUCTURAS DEL OCEANO PACIFICO



BLOQUES CRATONICOS

- I BLOQUE DE JALISCO
- II BLOQUE DE MICHOACAN
- III BLOQUE DE GUERRERO
- IV BLOQUE DE OAXACA
- V BLOQUE DE CHIAPAS

 FAJA VOLCANICA TRANSMEXICANA
 VOLCANES ACTIVOS

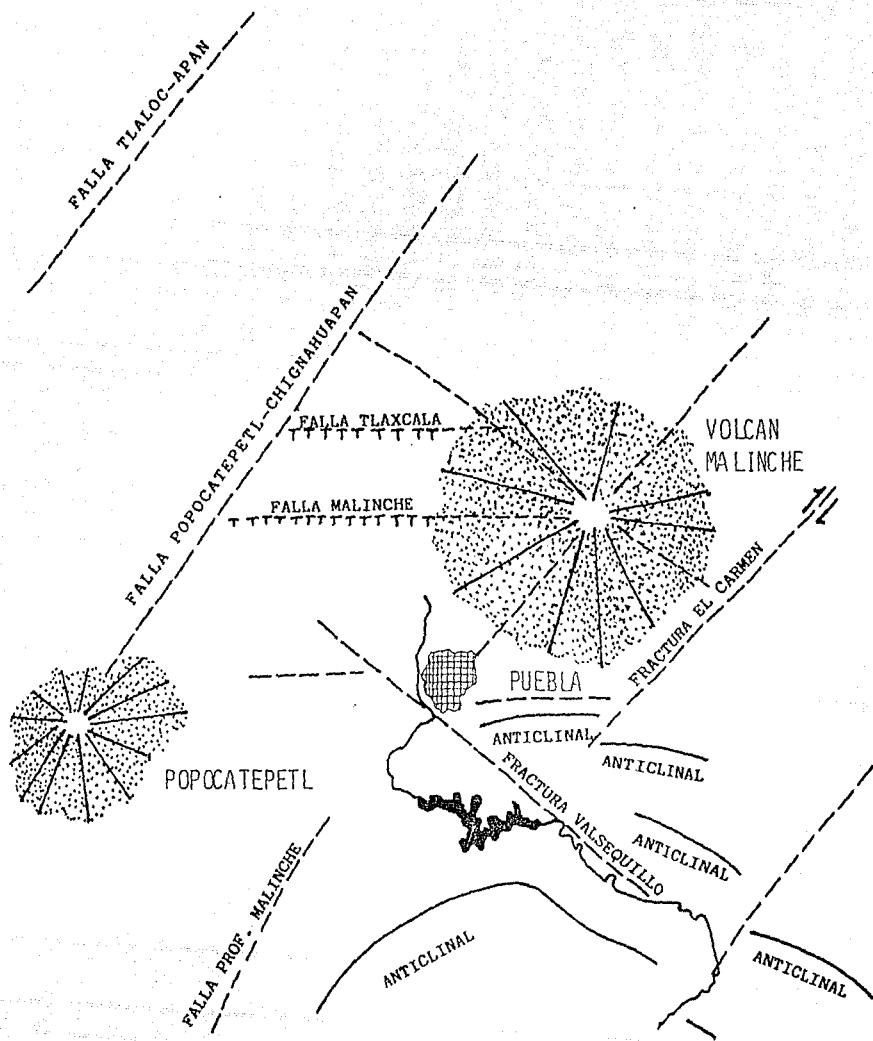
EXTENSION DE LA FAJA VOLCANICA TRANSMEXICANA



FAJA VOLCANICA



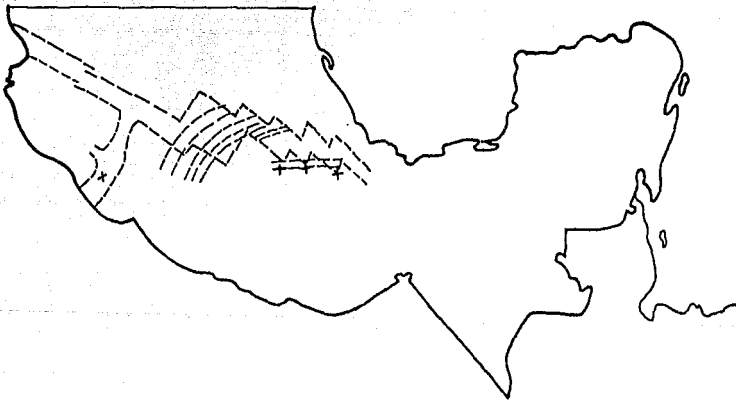
TRANSCURRENCIAS Y FRACTURAMIENTOS EN EL VALLE DE PUEBLA



de fosas y pilares en todo su espacio. Se trata de fracturamiento en forma de X, con elementos dirigidos unos al SW y otros al SE. A ello se debe, que la F.V.T. aunque sea una estructura dirigida de W a E, no contenga sino principalmente elementos de fracturas oblicuas. Forman estos al Fracturamiento Fundamental de la F.V.T. Sobre el citado fracturamiento se desarrolla otro fracturamiento secundario, que arranca desde la zona Tarasca por el Tancitaro y en su avance al oriente describe un arco hasta llegar a la región de Acambay, al norponiente de la Cuenca de México, se denomina fracturamiento del Arco Tarasco. Un tercer fracturamiento es el nombrado Fracturamiento de Los Grandes Volcanes que se desarrolla en la zona central y oriental de la F.V.T., sus elementos dirigidos de poniente a oriente controlan las chimeneas del Nevado de Toluca, Popocatepetl, Malinche y Pico de Orizaba. La Sierra del Chichinautzin, que forma el borde sur de la Cuenca de México, obedece principalmente a estos últimos fracturamientos, mientras que las estructuras del centro están controladas por el fracturamiento fundamental de la F.V.T.

Los desplazamientos horizontales a lo largo de fallas se denominan "transcurrencias", en la F.V.T. suelen ocurrir con cierta frecuencia, llegando a medir hasta varios kilómetros. Abundan los desplazamientos horizontales en el espacio entre los volcanes del Nevado de Toluca y el Pico de Orizaba. Lo mismo ocurre en el espacio entre el Nevado de Toluca y el Ajusco, donde se detectan a lo menos dos transcurrencias andlogas

LOS TRES FRACTURAMIENTOS INDIVIDUALES DE
LA FAJA VOLCANICA TRANSMEXICANA



VOLCANES GRANDES

+

FRACTURAMIENTO
DEL ARCO TARASCO



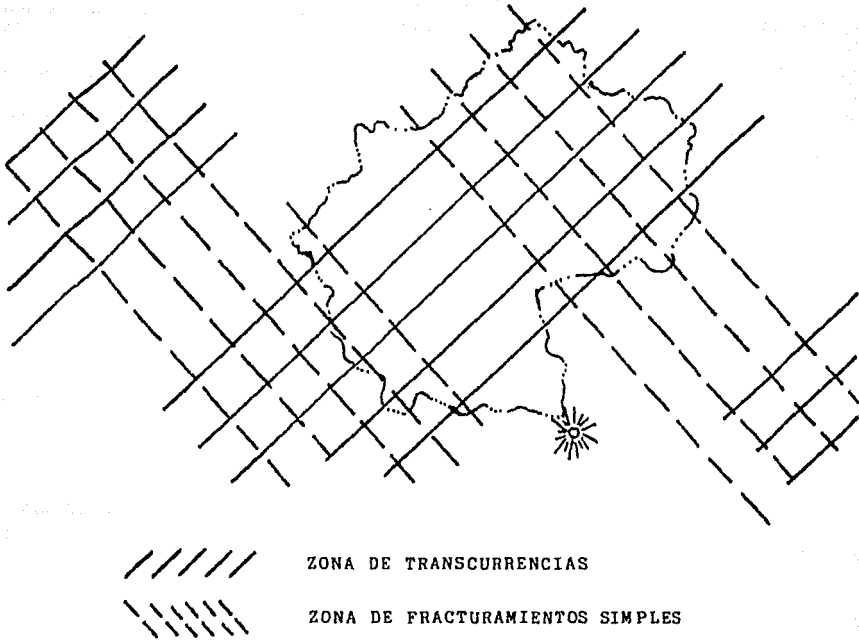
FRACTURAMIENTO
DE LOS VOLCANES
GRANDES



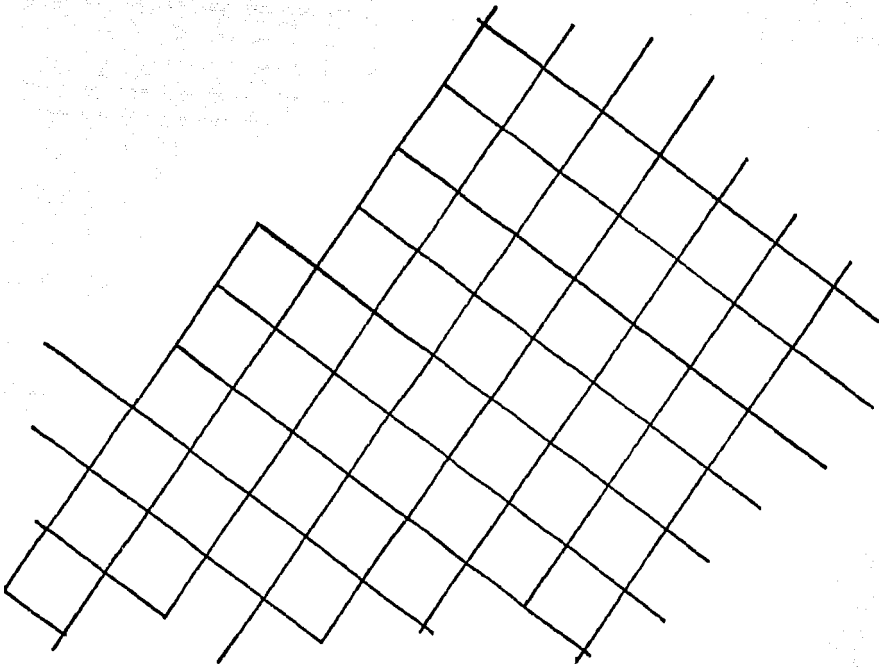
FRACTURAMIENTO
FUNDAMENTAL



LA CUENCA DE MEXICO Y SU RELACION CON LAS ZONAS DE FRACTURAS



EL FRACTURAMIENTO FUNDAMENTAL DE LA
FAJA VOLCANICA TRANSMEXICANA



con desplazamientos de hasta 10 Km., que afectan la Cuenca de México.

De una manera general es posible definir dentro del zigzaguo fundamental de la F.V.T. los tramos dirigidos al NE como zonas de transcurrencia y los tramos dirigidos al NW como áreas de - fracturamientos simples. La Cuenca de México se sitúa en gran parte dentro de una zona de transcurrencia, mientras al oriente se presenta un área de fracturamientos simples.

2.- LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO.

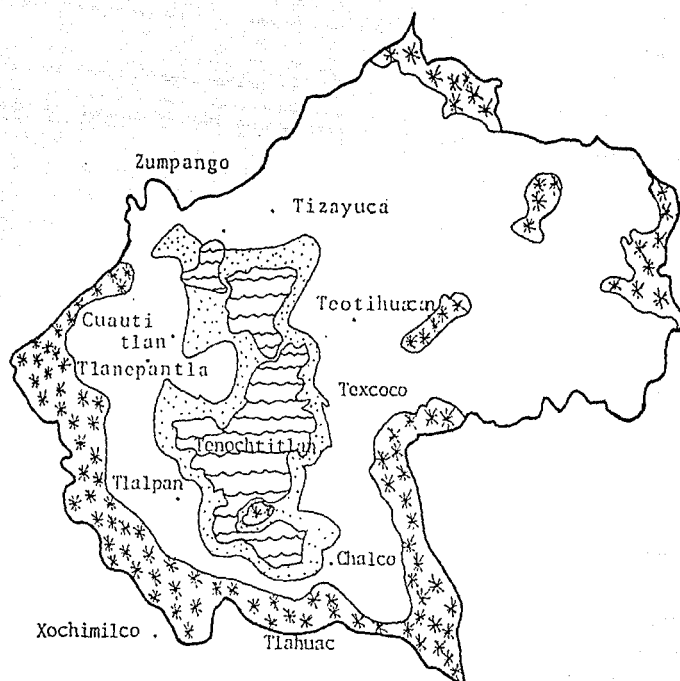
- LOCALIZACION.

La Cuenca de México está localizada en el extremo sur del Altiplano, sobre el paralelo 19° de latitud norte, que coincide con la situación de la Faja Volcanica Transmexicana. Su forma es la de un rectángulo irregular inclinado en sentido noroeste-suroeste, con longitud mayor de 120 kilómetros y menor de 80 kilómetros en promedio, contando con una superficie de 9,600 kilómetros cuadrados; de esta área, sólo en 40% es llano y el 60% accidentado; la altura promedio del valle es de 2,250 metros sobre el nivel del mar. Tienen jurisdicción política en esta área el Distrito Federal (14%) y los Estados de México (50%), Hidalgo (26%), Tlaxcala (9%) y Puebla (1%).

- FORMACION GEOLOGICA.

Debido al plegamiento los sedimentos marinos del cretácico y emergido del mar gran parte del actual territorio mexicano, -- hará unos 50 millones de años, se inició un periodo de intenso vulcanismo (Terciario), ocurriendo fracturas de la corteza -- (que cuenta con espesor de 40.6 más kilómetros) por donde salió la roca líquida a la superficie. Este fenómeno ha sido especialmente notable en la Cuenca de México y en los Valles próximos de Puebla y Toluca. (acentuando aún durante el cuaternario). A la aparición de los volcanes Ajusco, Iztaccíhuatl y Popocatepetl siguió, (en el cuaternario), la extraordinaria efusión de lavas que formó la Sierra de Chichinautsin, represó --

CUENCA DE MEXICO.



BOSQUES

los ríos que antes iban al sur y produjo la cuenca cerrada de México, dicho fenómeno ocurrió en el último millón de años y fue contemporáneo de las glaciaciones.

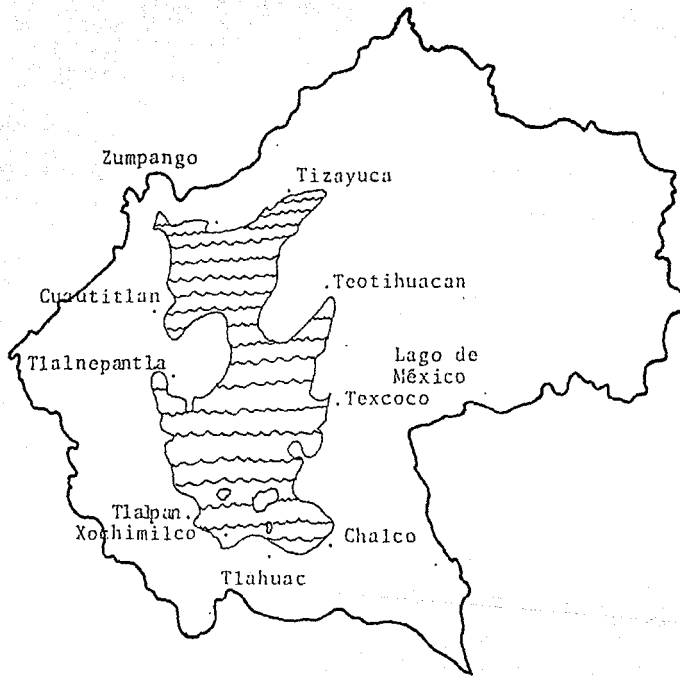
- CLIMA.

Debido a las diferencias de relieve y altitud, la cuenca presenta grandes variaciones de clima: templado-húmedo en el sur, templado seco en el centro y norte, y nieves persistentes a las altas montañas. Los cambios estacionales de la temperatura son de poca consideración: en la parte baja, la media anual es de 16° , con extremos de 33° y 7° , en el norte los valores llegan a 38° y 13° mientras en las sierras la media es de 11° con máxima de 26° y mínima de 9° , enero es el mes más frío y mayo el más caliente. Los vientos dominantes son los del noroeste durante la estación seca de invierno y del nor-este en la estación cálida húmeda, su velocidad es por lo común de 10 Km. por hora. De junio a octubre se concentra el 75% de la precipitación anual, casi siempre por la tarde. La media es de 747 milímetros, lo que da un volumen llovido en la cuenca de 6,090 millones de metros cúbicos al año. La humedad relativa en la parte baja varía de 45% en marzo a 76% en septiembre, la media anual es de 61%.

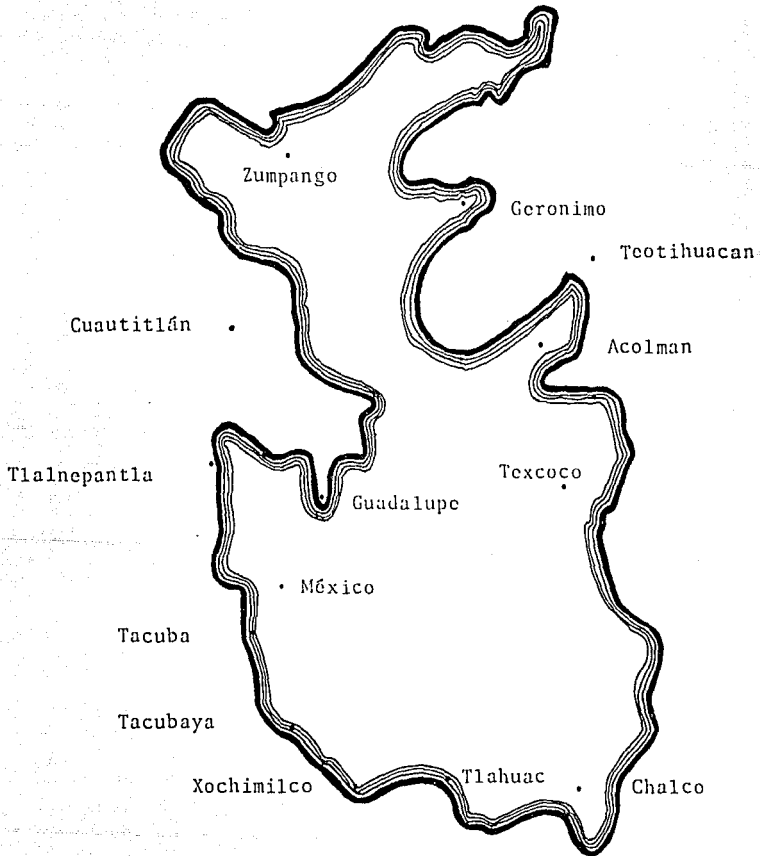
Los depósitos lacustres tuvieron una extensión original estimada en 1,575 kilómetros cuadrados. Se alimentaban con el flujo de los manantiales y con el aporte de los ríos (400 millones de metros cúbicos al año) principalmente del Cuautitlán, origi

CUENCA DE MEXICO

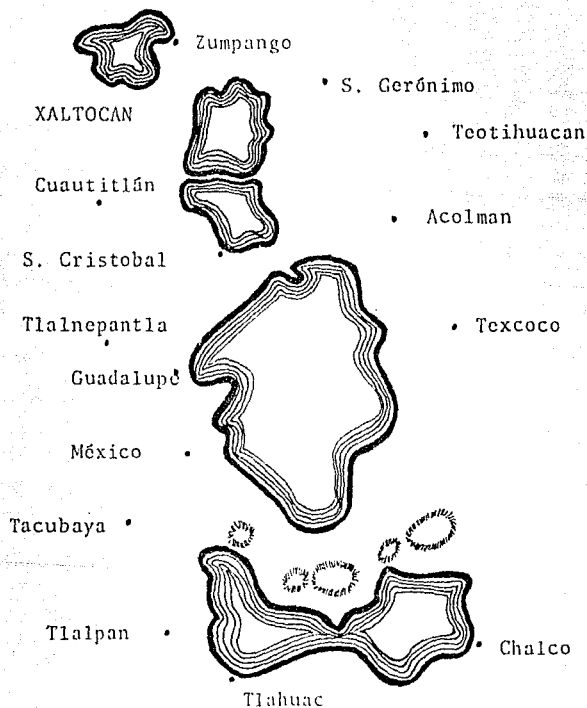
MAXIMA EXTENSION DEL LAGO DE MEXICO.



EL RETROCESO DE LOS LAGOS EN EL VALLE DE MEXICO

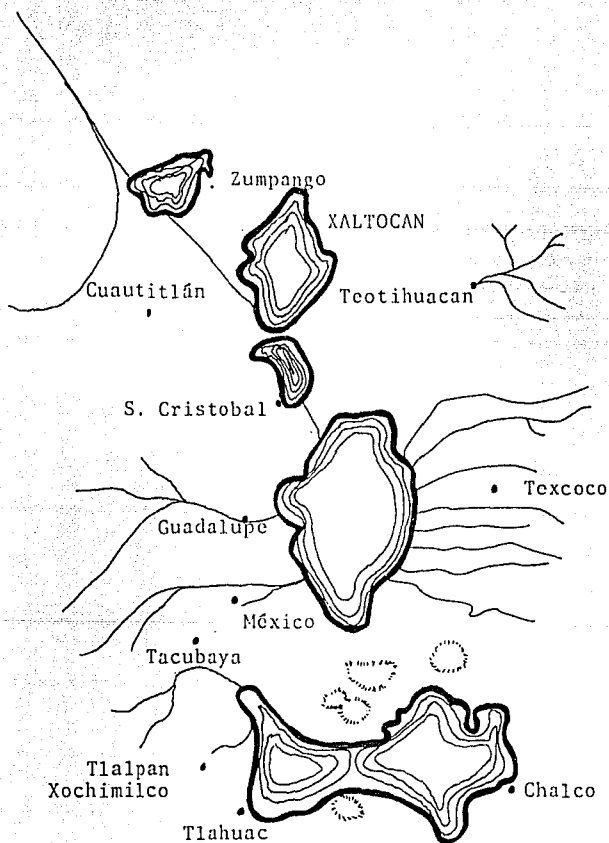
LOS LIMITES APROXIMADOS DURANTE LA EPOCA DILUVIANA

EL RETROCESO DE LOS LAGOS EN EL VALLE DE MEXICO

A comienzos del siglo XIX.

EL RETROCESO DE LOS LAGOS EN EL VALLE DE MEXICO

A fines del siglo XIX.



nando en la Sierra de Las Cruces; el de las avenidas de Pachuca, el de la Magdalena, procedente del Ajusco, y los de Tenango y Tlalmamalco, por el rumbo de los volcanes.

Cada año se acumulaban las aguas formando un enorme lago (Lago de México), del que se separaban otros menores: Zumpango, - - Xaltocan, San Cristóbal, Chalco y Xochimilco, hasta de 10 metros de profundidad en la época azteca, pero cuyo volumen mer-maba por evaporación (hasta 10 litros por día y por metro cua-drado), la infiltración y la transpiración de las plantas.

Mientras el depósito de Chalco recibía aguas constantes proce-dentes de los deshielos de los volcanes nevados y el de Xochi-milco se nutría de manantiales, el de Texcoco captaba corrien-tes de carácter torrencial, luego salinizadas por la naturaleza de su lecho. En tiempos de sequía, el agua dulce, por su nivel más alto y la constancia de su abastecimiento, corría - hacia la salitral; pero durante las lluvias ésta se extendía - violentamente hacia la zona dulce. La superficie del sistema lacustre ha venido decreciendo rápidamente desde 1524.

En 1861 sólo quedaban 230 kilómetros cuadrados y en 1891 sólo 95 kilómetros cuadrados. En la actualidad, la superficie cu-bierta por el agua es de 10 kilómetros cuadrados (1980), repartida entre los lagos de Texcoco y Zumpango, pues los de Chalco, Xaltocan y San Cristobal permanecen secos prácticamente todo el año, mientras Xochimilco se mantiene artificialmente a base de canales. La desecación se debe a los cambios climáticos en el área y a las obras ejecutadas por el hombre. (Drenaje de los -

lagos, bombeo del subsuelo y desforestación de las sierras).

- FLORA Y FAUNA.

De la vegetación que coincidió con la presencia del hombre en el valle (cuaternario) se conoce bien poco, pero se ha intentado sistematizar los conocimientos sobre esta materia, sobre todo a partir del siglo pasado. Herrera (1891) divide la cuenca en 6 regiones o estaciones biológicas, como él las llama:

1. Palustre y lacustre; 2. Subalpina; 3. Pantanos salados o terrenos salinos; 4. Pedregales, colinas y cerros poco elevados no cubiertos de vegetación alpina; 5. Pastos; y 6. Llanuras bajas, en general húmedas.

La masa biótica de los lagos del valle debió ser muy densa.

Las algas sub-perficiales, los peces, los invertebrados de los alrededores, los habitantes de los bosques y las inmensas cantidades de aves acuáticas y de montaña representaban una fuerte organización ecológica que mantenía una simbiosis equilibrada. Hace 80 años se mataban anualmente 500 mil palmípedas en el valle, las cuales se comerían en 2 meses más de 300 millones de peces pequeños, a razón de 10 diarios cada una. En 1970 Hernández G. calculó en 160 mil las aves acuáticas migratorias que llegan cada año, la cuarta parte de las cuales lo hacen a San Salvador Atenco (El Caracol del Lago de Texcoco), y las otras a las lagunetas de Nexquipayac, Zumpango y la Presa de Guadalupe. A diferencia de los depósitos lacustres primitivos, Atenco tiene hoy un área de 0.06 kilómetros cuadrados y 70 centímetros de fondo.

- DEMOGRAFIA.

Recientes investigaciones en Tlapacoya, México indican que la cuenca debió poblarse hará 22 mil años. Se trataba de recolectores, cazadores y pescadores agrupados en comunidades de 100 a 200 individuos. Su carácter sedentario se inició hacia 3000 a. de C. coincidiendo con la aparición de la agricultura. De 1700 a 1100 a. de C. aparecieron los poblados de Tlatilco, Zacatenco y el Arbolillo. Entre 1100 y 100 a. de C., aparecen los de Copilco, Atotoc, Xalostoc, Coatepec, Tlapacoya, Ticomán, Atlica, Chiconautla y Cuauhtlán, siendo la población del valle 15 mil habitantes. Cuiculco (200 a. de C.) y Patlachique y Tezoyuca (100 a. de C.), revelan una organización social más amplia. Al iniciarse la era cristiana Texcoco tendría 3,500 pobladores y probablemente también Chimalhuacán. Simultáneamente empezó a formarse el centro urbano y religioso de Teotihuacán, en el extremo norte del lago, lejos de las zonas inundables. En el año 100 su población es de 30 mil habitantes, en 650 su población era de 85 mil personas, de 750 a 800 se colapsó y su población llega a ser de sólo 2 mil a 5 mil habitantes, agrupada en pequeños centros. De 1200 a 1400 ocurrieron las más amplias realizaciones culturales. Cuando Tenochtitlán era ya preponderante, la población del valle sería de 2 a 3 millones de habitantes, distribuidos en un centenar de poblados que formaban parte de varios señoríos, con sede entre otras en Xaltocan, Tenayuca, Azcapotzalco, Culhuacán, Xochimilco, Xico, Texcoco, Acolhuacán y Tenochtitlán, ésta tenían 300 mil pobladores.

Al ocurrir la conquista, la población disminuyó notablemente: en 1524 era de 30 mil habitantes, que sólo aumentaron a 58,500 en 1600. En 1790 la Ciudad de México tenía 112,926 moradores y 100 mil más el resto del valle. En 1845 aumentó a 240 mil - y en 1900 a 345 mil. El Distrito Federal, a su vez, paso de 542 mil habitantes en 1900 a 1,135,500 en 1930 y a 3,049,372 en 1950. Esta última cifra representaba el 85.6% de la población de la cuenca, que ascendía a 3'559,814 (11.6% el Estado - de México, 2.5% de Hidalgo y 0.3% de Tlaxcala).

Actualmente la zona metropolitana de la Ciudad de México, que comprende al Distrito Federal y los municipios de Naucalpan, - Coacalco, Cuautitlán, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, - Nezahualcóyotl, La Paz, Tlalnepantla, Tultitlán y Zaragoza, todos del Estado de México, cuenta con 18.6 millones de habitantes (1985), pero la población del valle es de 25 millones considerando las ciudades de Pachuca, Ciudad Sahagún, Apan, Texcoco, Amecameca y San Martín de las Pirámides, y una multitud de poblados pequeños.

- CONTAMINACION.

La contaminación del aire de la cuenca ha provocado el deterioro de la visibilidad: mientras en 1937 era de 15 a 20 kilómetros, en 1957 fue de 4 a 10, y en 1966 de 2 a 4. Actualmente existen días y horas en que es nula. La distribución del polvo depositado por gravedad en la Ciudad de México varió de 19 a 83

toneladas por kilómetro cuadrado al mes en 1980, el máximo en la Villa de Guadalupe, San Juan de Aragón, Aeropuerto, Iztacalco e Iztapalapa, y el mínimo en la porción sur. Las aguas de los canales de Xochimilco, Tláhuac y la zona lacustre de Texcoco están contaminadas al grado de poner en peligro la salud si se riegan con ellas las hortalizas. Aparte de la contaminación del aire y de que las aguas de la cuenca que salen del valle, el conjunto lacustre se ha azolvado y las tierras, en general, se han empobrecido destruyéndose casi por completo los suelos vegetales en algunas zonas. Ya en 1767, en escrito presentado al Cabildo de la Ciudad, Don Antonio Alzate señalaba: "El desagüe que intento de estas lagunas, no debe ser completo, sino únicamente de aquellas aguas que excedan la cantidad de los -- años regulares; pues de lo contrario, seguirán graves daños a este público (el pueblo del valle)".

- PRINCIPALES OBRAS.

El primer gran reto geográfico, provino del emplazamiento físico de Tenochtitlán. Situada la ciudad en la parte más baja de la cuenca, el valle se halla circundado por montañas que impiden la salida de las aguas, de tal suerte que cuando las lluvias eran abundantes desbordaban los lagos. Los pobladores, asentados a la orilla de las aguas, construyeron diques para moderar el flujo de los lagos y ríos, el primero fue el de Tlacopan (Tacuba), al que siguieron los de Nonoalco, Chapultepec, Tepeyac y Coyoacán. A pesar de ellos, la ciudad casi se arruina con la inundación ocurrida en 1449, durante el reinado de

Moctezuma I, quinto rey azteca. Las avenidas que más contribuyeron al desastre vinieron del norte por el río de Cuauhtitlán y, para prevenirlas, el señor de Texcoco, Nezahualcōyōtl, proyectó y dirigió el albarradon llamado de los indios, que se extendió de Atzacualco a Iztapalapa, con una longitud de 16 kilómetros, formando una cortina de piedra y barro protegida con fuertes estacados de madera, que dividió el lago en dos partes: la mayor al oriente, se llamó lago de Texcoco, y la menor que circundaba Tenochtitlán, lago de México. Un efecto adicional de esta obra en la que intervinieron 20 mil peones, consistió en separar las aguas saladas de las dulces. A la estabilización de las aguas siguieron, ya sin riesgo, la construcción de chinampas, alineadas a lo largo de canales. En la época de secas se hacía pasar el agua del lago de México al de Texcoco, y en las lluvias se cerraban las compuertas del albarradón para evitar que los niveles en torno a la ciudad crecieran. Los aportes del sur, a su vez, estaban controlados por los diques de Tlahuac y Mexicaltzingo, que dividieron el lago de esa región en los de Chalco y Xochimilco.

A causa de la inundación que ocurrió en la Ciudad de México en 1555, el virrey Luis de Velasco mandó construir el albarradón de San Lázaro, con el propósito de contener las aguas; pero ese mismo año Francisco Gudiel y Ruy González advirtieron que sería mejor desviar los caudales de los ríos peligrosos, los cuales, al vaciar en el lago, aumentaban su nivel y causaban desbordes. La obra más importante de este género fue la que -

propuso y realizó el cosmógrafo francés Henri Martín (Enrico Martínez) a principios del siglo XVII: llevar las aguas del río de Cuautitlán y de la Laguna de Zumpango al río de Tula, por medio del tajo de Huehuetoca y el túnel de Nochistongo, obra que construyó en un año. Debido a derrumbes irreparables, en 1789 el primitivo socoabón fue convertido por el Tribunal del Consulado en un corte a cielo abierto. En marzo de 1630 Simón Méndez había propuesto abrir un canal para sacar las aguas del lago de Texcoco hasta el río de Tequisquiac, cuyo proyecto aceptaron, después de comprobar sus bases, Joaquín Velázquez de León en 1774, Alejandro de Humboldt en 1803, el Teniente norteamericano M.L. Smith en 1848 y el Ingeniero Francisco de Garay en 1856. La falta de recursos, la inestabilidad política impidieron durante mucho tiempo que el proyecto se realizara, hasta que la grave inundación de 1865 movió al ministro de Fomento del Imperio Francisco Somera, a decretar, el 27 de abril de 1866, que se iniciaran las obras del desagüe. Las obras se encargaron al Ingeniero Miguel Iglesias quien poco pudo hacer por la situación de guerra en que se hallaba el país. Al triunfo de la República se reanudó la obra, lográndose practicar el corte de salida (2Km. de longitud) y parte de la galería.

En 1879 el Ingeniero Luis Espinosa, por encargo del ministro de Fomento Manuel Fernández Leal, determinó con toda precisión que la obra debía tener capacidad para un gasto de $17.5\text{m}^3/\text{seg.}$, con tres objetos: impedir inundaciones, expulsar las aguas ne

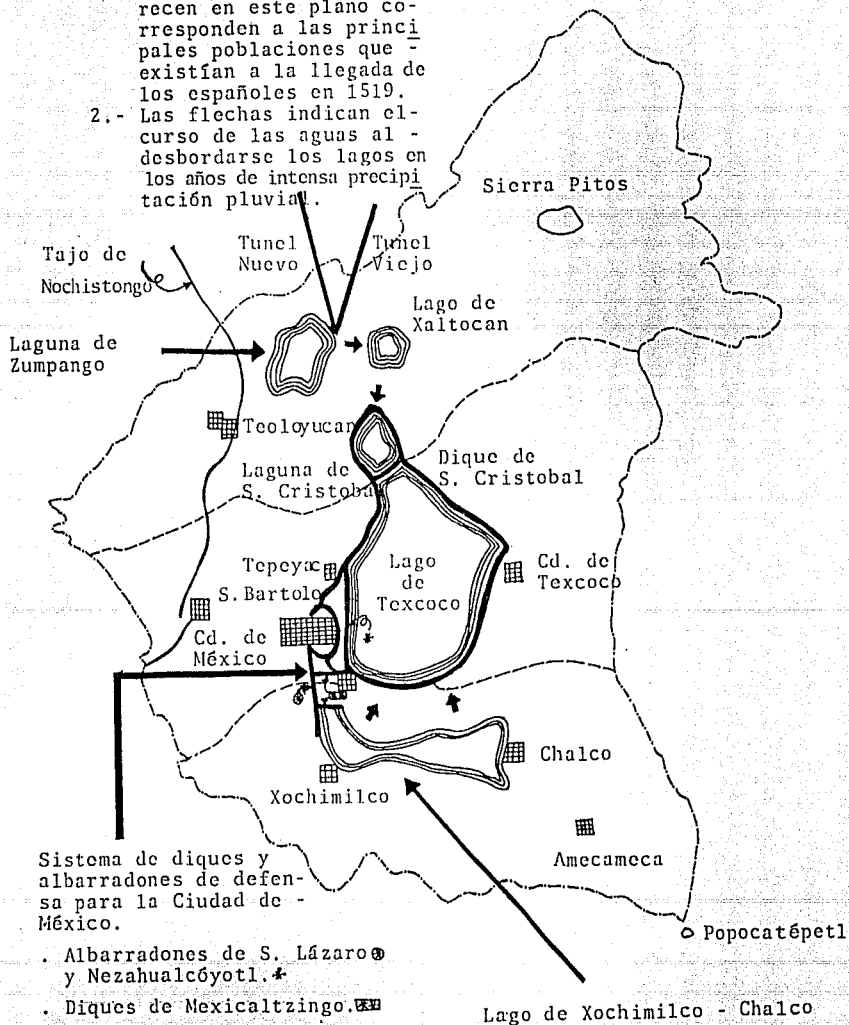
gras de la ciudad y controlar los excedentes del valle pudiéndolos sacar cuando fuere necesario. El 16 de diciembre de 1885 el Presidente Díaz estableció la Junta Directiva del proyecto y confió la dirección de las obras a Espinosa. Estas constaron de tres partes principales: un canal (con longitud de 47.5 kilómetros), un túnel (con longitud de 10.02 kilómetros, de sección oval, con 4.28 metros de altura, aireado por 24 lumbreras, con profundidades que varían de 21.89 a 93.99 metros) y un tajo de desemboque (2.5 kilómetros de longitud), que conduce finalmente los caudales al Río Tequisquiac, los cuales se aprovechan en generación de energía eléctrica y en irrigación, incorporándose después al Río de Tula, tributario del Pánuco, que desemboca en el Golfo de México. Estas obras se inauguraron el 17 de marzo de 1900.

El crecimiento de la Ciudad de México obligó a construir, entre 1940 y 1946 un nuevo túnel en Tequisquiac, de suerte que a partir de 1954, en que se puso en servicio, la otrora cuenca cerrada del valle se comunica por tres vías con la del Río Moctezuma, el túnel y tajo de Nochistengo (1608 y 1789) y los dos túneles de Tequisquiac (1900 y 1954). Estas obras se construyeron para trabajar por gravedad, pero la perforación y explotación de pozos, para el abastecimiento de agua potable, tuvieron el doble efecto de consolidar las arcillas compresibles del subsuelo y acelerar el hundimiento general, que en algunos puntos (Paseo de la Reforma, Avenida Juárez, etc.) ha llegado a ser de 8 metros. Toda la zona central de la ciudad, desde

ANTIGUO FUNCIONAMIENTO HIDROLOGICO.

NOTAS:

- 1.- Los poblados que aparecen en este plano corresponden a las principales poblaciones que existían a la llegada de los españoles en 1519.
- 2.- Las flechas indican el curso de las aguas al desbordarse los lagos en los años de intensa precipitación pluvial.

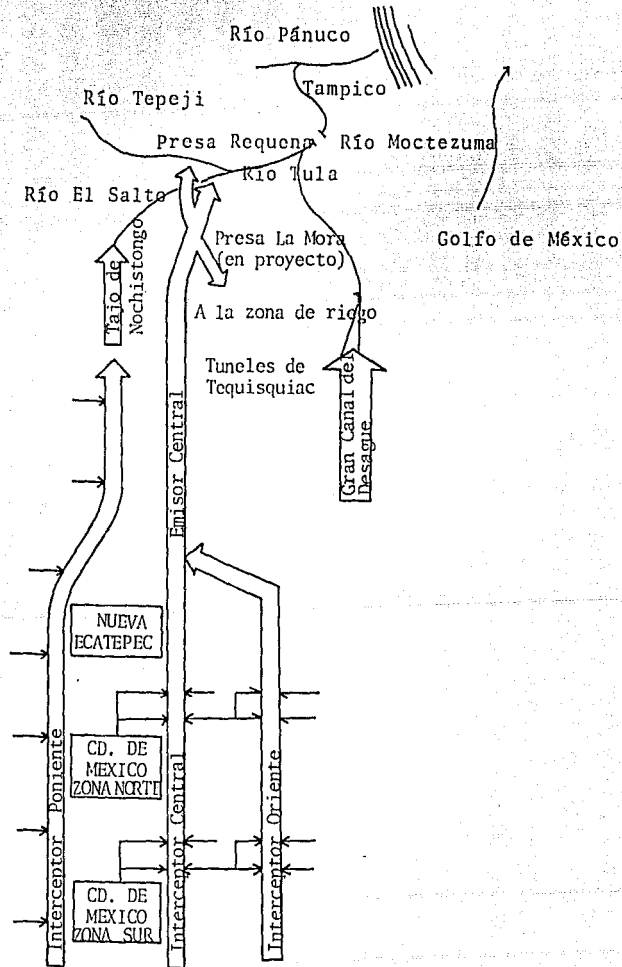


Balbuena hasta Insurgentes, y desde la Colonia Bondojito hasta Fray Servando Teresa de Mier, ha quedado a un nivel más bajo - que el lecho del Gran Canal. El fondo del Lago de Texcoco, es ta 5 metros arriba de la Plaza de la Constitución. Este fenómeno provocó columpios y contrapendientes en la red de alcantarillado y originó graves inundaciones en el segundo tercio de este siglo, obligando a las autoridades a operar el desagüe a base de bombeo.

En 1954 la Dirección de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal, formuló el "Plan General para resolver los - problemas de hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México". En este momento se - disponía, para desalojar las aguas negras y pluviales, del Canal del Desague, que drena por bombeo la zona baja de la ciudad, teniendo un gasto máximo de 130 metros cúbicos por segundo gracias a la sobre elevación de sus bordos, y del río Churubusco, - entubado, que capta las aguas de la zona sur y las conduce al Lago de Texcoco, donde son regularizadas y luego encauzadas -- hacia el Gran Canal, adelante del Km. 17.

Insuficientes estas dos obras, se planteó construir tres interceptores profundos (los del Poniente, Oriente y Central) y un Emisor Central, al cual desembocan los interceptores, tiene -- sección de herradura con altura y ancho máximos de 10 y 8 metros respectivamente, una longitud de 50 kilómetros, pendiente de 0.00195, gasto máximo de 200 metros cúbicos por segundo y -

ESQUEMA DE LA ALTERNATIVA FINAL
POR GRAVEDAD Y SALIDA AL MAR.



profundidades media y máxima de 120 y 220 metros.

CIUDAD DE MEXICO.

Al preguntar, ¿Cuál es la Ciudad de México?, o bien, ¿Qué unidad geográfica abarca la capital de la República Mexicana? se obtienen variadas respuestas. Desde un punto de vista estrictamente político, la Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal del 31 de diciembre de 1941, determina que la Ciudad de México es la Capital del Distrito Federal y, por tanto, la de los Estados Unidos Mexicanos. Hasta el 29 de diciembre de 1970, fecha en que entró en vigor la nueva Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal, se concedía a la Ciudad de México la categoría de Delegación, la que, junto con las 12 restantes, formaba el Distrito Federal. Así mismo "para efectos demográfico-estadísticos, la Ciudad de México se consideraba como una sola localidad dividida en 12 cuarteles, unidades que sólo se emplearon y se conservan para fines de levantamiento".

La nueva Ley Orgánica modificó la anterior división política del Distrito Federal; de la Ciudad de México, de 12 Delegaciones a 16 Delegaciones, de tal modo que "Las [12] Delegaciones existentes conserven sus mismos límites, no afectados por la creación de las 4 nuevas delegaciones". Estas 4 Delegaciones sustituyeron a la localidad llamada hasta entonces Ciudad de México, sin modificación alguna de la superficie: 137.76 Km². En suma (de acuerdo con la exposición de motivos en que se fun-

da la iniciativa de Ley para el Distrito Federal), "esta diferenciación (entre Ciudad de México y el Distrito Federal) carece de significado real y en la actualidad Ciudad de México, -- por una parte, y Distrito Federal, por la otra, se identifican". En consecuencia, la nueva Ley establece que "son iguales los -- límites de la Ciudad de México y los del Distrito Federal".

DISTRITO FEDERAL.

Es la entidad federativa (de las 32 en que se subdivide el -- país), que de acuerdo con la Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal del 31 de diciembre de 1941, contiene a la -- Ciudad de México capital de la República Mexicana, y a las 12 delegaciones siguientes: Azcapotzalco, Coyoacán, Cuajimalpa -- de Morelos, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, La Magda -- lena Contreras, Milpa Alta, Alvaro Obregón, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. El Distrito Federal ocupa una superficie de 1499 Km² por lo que la Ciudad de México (la antes vigente o las 4 -- Delegaciones que la han sustituido) abarca sólo el 9.1% de la superficie de la entidad federativa. De acuerdo con la nueva Ley Orgánica del Distrito Federal, éste se divide políticamen -- te, en 16 Delegaciones: las 12 existentes, más las denomina -- das Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Miguel Hidalgo y Benito -- Juárez. Los límites de la entidad federativa se conservaron -- iguales y, como se apuntó antes, coinciden con los de la Ciu -- dad de México.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- AREA URBANA DE LA CIUDAD DE MEXICO (A.U.C.M.)

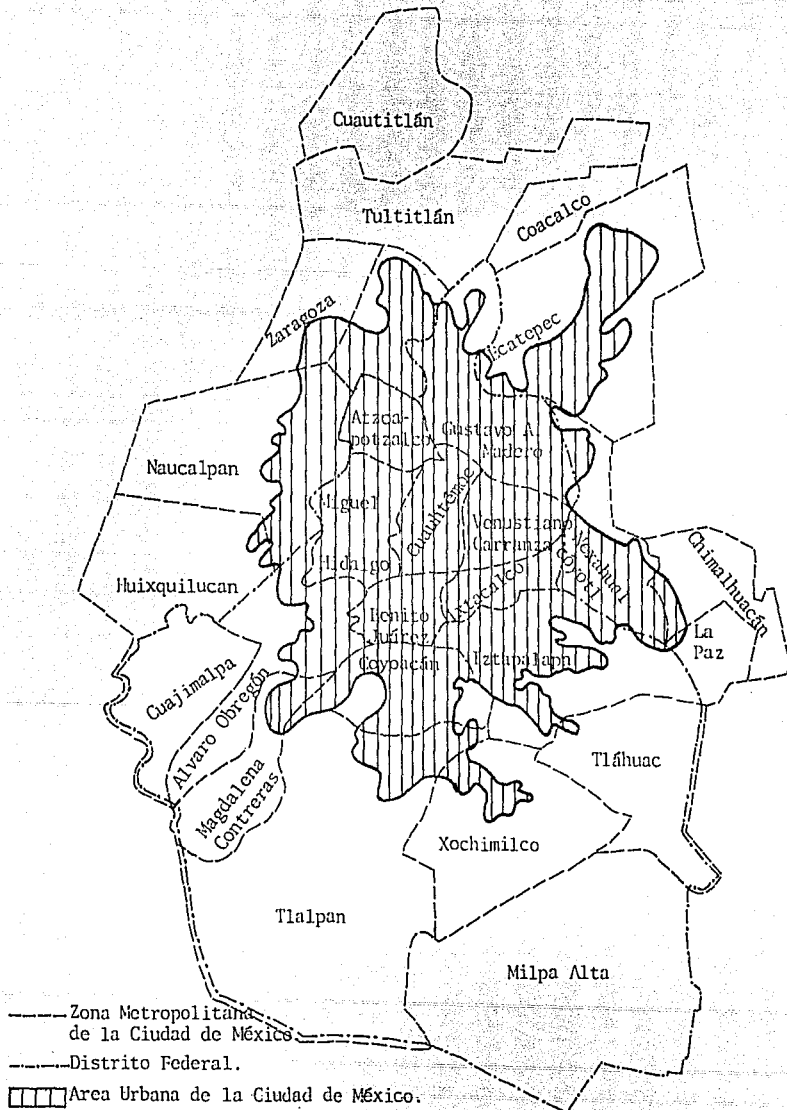
Es la ciudad propiamente dicha, definida desde todos los puntos de vista (geográfico, ecológico, demográfico, social, económico, etc.) excepto política o administrativamente. En otras palabras, área urbana es el área habitada o urbanizada, con usos del suelo de naturaleza urbana (no agrícola) y que, partiendo de un núcleo central, presenta continuidad física. El área urbana actual, además contiene a las delegaciones Cuauhtémoc, Carranza, Hidalgo, Juárez, Azcapotzalco, Coyoacán, Ixtacalco y Gustavo A. Madero y una parte de las restantes (excepto Milpa Alta) y de los municipios contiguos del Estado de México como Naucalpan, Tlalnepantla, Zaragoza, Ecatepec, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán y La Paz.

También se emplea con cierta frecuencia el término "conurbación" como sinónimo de área urbana, se refiere al fenómeno que se presenta cuando una ciudad al expandirse hacia su periferia, anexa localidades antes físicamente independientes, formando así un área urbana mayor que la original.

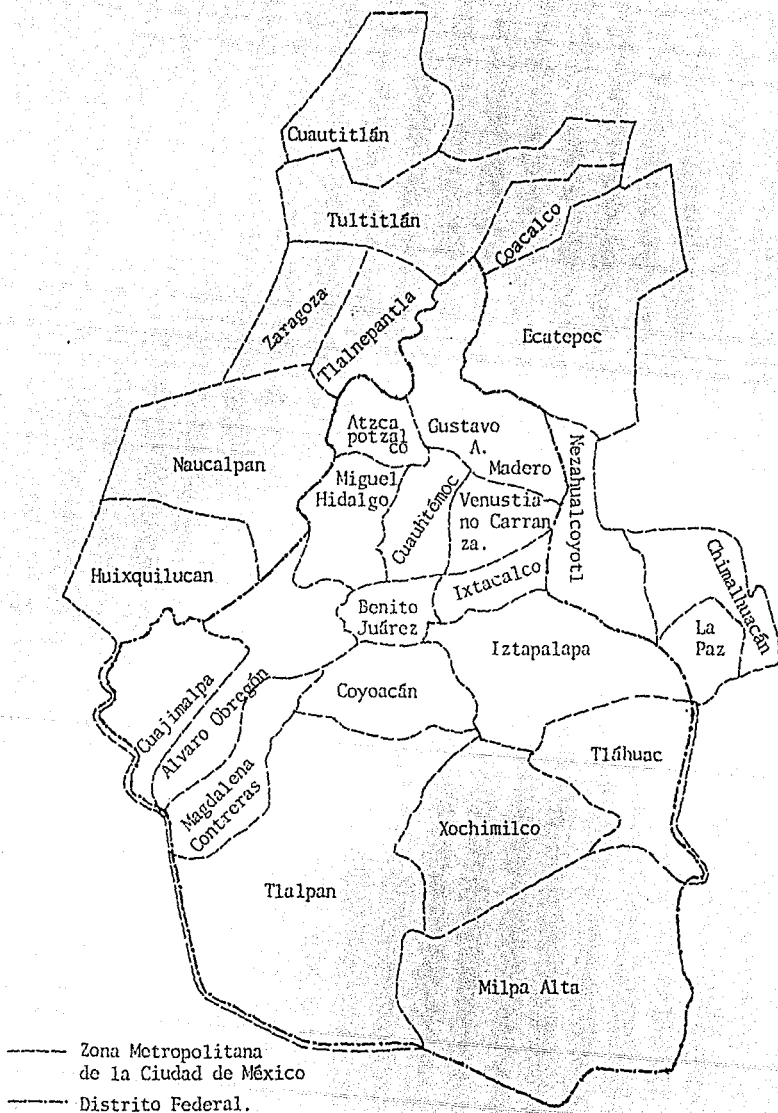
- ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

Este término, que se emplea con mayor frecuencia al de área urbana, corresponde una unidad territorial distinta de esta última y constituye una envolvente de ella. Sus límites no son -- tan irregulares como cuando se sigue la continuidad física de la urbana, sino que están constituidos por los límites de unidades políticas o administrativas.

ZONA METROPOLITANA Y AREA URBANA DE LA CIUDAD DE
MEXICO - 1980.



ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO - 1980.



En términos generales se acepta definir como zona o área metropolitana de una ciudad a la extensión territorial que incluye a la ciudad central y a las unidades político-administrativas contiguas a ésta que tienen características metropolitanas, y que mantienen una interrelación socioeconómica directa, constante y de cierta magnitud con la ciudad central (o con el área urbana). La zona metropolitana de la ciudad de México abarca todo el Distrito Federal (excepto Milpa Alta) y del Estado de México, los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec, Chimalhuacán, Tultitlán, Coacalco, La Paz, Cuautitlán, Zaragoza, Huixquilucan y Nezahualcóyotl.

- MEGALOPOLIS.

El concepto Megalópolis implica la unión física de dos o más áreas urbanas o zonas metropolitanas, por tanto para que el área urbana o zona metropolitana de la Ciudad de México alcance el carácter de megalópolis, tendrá que colindar con alguna de las más cercanas, o sean las de Puebla, Pachuca, Toluca o Cuernavaca.

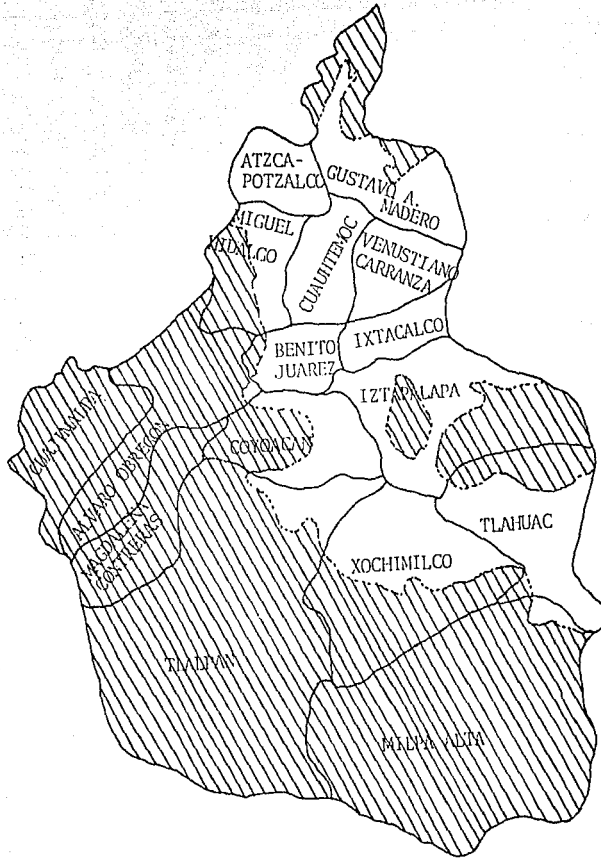
3.- EL SUBSUELO DEL VALLE DE MEXICO.

Todo el Valle de México se caracteriza en general como se apuntó, por la muy intensa actividad volcánica que tuvo lugar en el pasado, de la cual quedan aún vestigios en forma de un gran número de volcanes apagados, el Popocatéptl, aún activo y muy abundantes materiales de aquel origen. Los depósitos más finos que aparecen en el subsuelo de la Ciudad de México corresponde, al mismo origen volcánico.

Los numerosos estudios que se han realizado hasta hoy en relación con el subsuelo del Valle de México han permitido a Marsal y Mazari zonificar México en tres grandes áreas, atendiendo a un punto de vista estratigráfico.

La primera de las áreas mencionadas corresponde a la zona llamada de las Lomas por desarrollarse en parte en las últimas es-
tribaciones de la Sierra de las Cruces y esta constituida por terrenos compactos, areno-limosos, con alto contenido de grava unas veces y con tobas pumíticas bien cementadas otras, por algunas partes esta zona invade los derrames basálticos del Pedregal. En general, la zona de las Lomas presenta buenas condiciones para la cimentación de estructuras, la capacidad de carga del terreno es alta y no hay formaciones compresibles capaces de asentarse mucho. Sin embargo, debido a la explotación de minas de arena y grava, muchos terrenos pueden estar cruzados por galerías de desarrollo muy errático. Muchas --

PLANO DE ZONAS DE COMPRESIBILIDAD DEL D. F.



ZONA DE ALTA COMPRESIBILIDAD



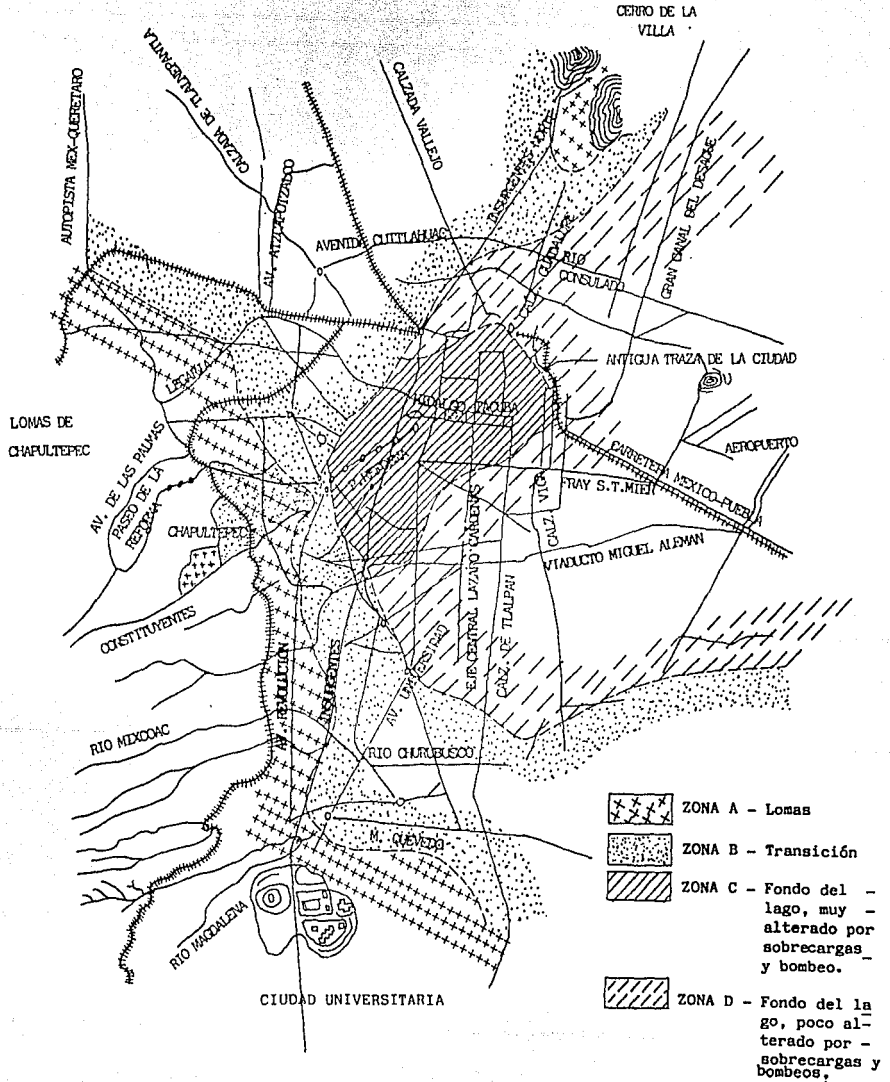
ZONA DE BAJA COMPRESIBILIDAD

de estas galerías pueden estar actualmente rellenas de material arenoso suelto, lo cual, sin disminuir en mucho su peligrosidad, hace muy difícil su localización. Cuando las cimentaciones -- quedan asentadas en estas zonas falsas se producen asentamientos diferenciales fuertes.

En la zona del Pedregal en la que aparece una fuente costra de derrames basálticos, en el contacto entre los diferentes derrames pueden aparecer cuevas o aglomeraciones de material suelto y fragmentado que pueden ser causa de fallas bajo columnas pesadas. Esta es la razón para explicar por que las estructuras pesadas de la Ciudad Universitaria se erigieron evitando las -- áreas invadidas por las lavas derramadas por el volcán Xitli. -- Otro problema que se presenta en la parte Norte de México, dentro de la zona general de las lomas es la presencia de depósitos eólicos de arena fina y uniforme, estas formaciones son -- susceptibles de producir asentamientos diferenciales bruscos -- y erráticos, exigiendo estudios importantes para elegir el tipo de recimentación más conveniente.

Entre las serranías del poniente y el fondo del lago de Texcoco se presenta una zona de Transición, en donde las condiciones del subsuelo desde el punto de vista estratigráfico varían muchísimo de un punto a otro de la zona urbanizada. En general aparecen depósitos superficiales arcillosos o limosos, orgánicos, cubriendo arcillas volcánicas muy compresibles que se presentan en espesores muy variables, con intercalaciones de --

ZONIFICACION DE LA CIUDAD DE MEXICO ATENDIENDO
AL PUNTO DE VISTA ESTRATIGRAFICO



arenas limosas o limpias, compactadas, todo el conjunto sobre mantos potentes, predominando la arena y grava. Los problemas de capacidad de carga y de asentamientos diferenciales pueden ser muy críticos.

Además de lo anterior, en México existe la Zona del Lago, llamada así por corresponder a los terrenos que constituyeron el antiguo lago de México. Un corte estratigráfico típico en esta zona exhibe los siguientes estratos:

- Depósitos areno-arcillosos o limosos o bien rellenos artificiales de hasta 10m. de espesor.
- Arcillas de origen volcánico, altamente compresibles, con intercalaciones de arena en pequeñas capas o en lentes.
- La primera capa dura, de unos 3m. de espesor, constituida por materiales arcillo-arenosos o limo-arcillosos muy compactos. Esta capa suele localizarse a una profundidad del orden de 33m.
- Arcillas volcánicas, en un manto que oscila entre 4 y 14m.
- Estratos alterados de arena con grava y limo o arcilla arenosa.

En algunos lugares, a partir de los 65m. se ha encontrado un tercer manto arcilloso compresible. Es claro que en la zona urbanizada pueden encontrarse variaciones importantes respecto a la anterior secuencia estratigráfica. Una causa importante del diferente comportamiento mecánico en los suelos radica en los antiguos monumentos aztecas o coloniales, hoy desaparecidos, pero que han inducido fuerte preconsolidación en zonas de terminadas; hay lugares en que por estos efectos la capa arcillosa superior no pasa de 20m. de espesor como en Palacio Nacional otra causa fundamental es las diferencias en el bombeo - disparejo en intensidad en los distintos puntos de la ciudad, una tercera causa es la capa asfáltica que no permite la recuperación de los acuíferos. Con base en estos criterios, la Zona del Lago ha sido subdividida por Marsal y Mazari en dos. La primera abarca la ciudad antigua y en ella son frecuentes diferencias por preconsolidación, notorias aún dentro de los límites de un mismo terreno; la segunda, cubriendo aquella parte de la ciudad que no fue cargada antes con construcciones antiguas y que por lo tanto, presenta mayor homogeneidad en propiedades mecánicas.

Es probablemente inútil insistir sobre el hecho ampliamente conocido de que las arcillas del Valle de México son altamente compresibles, al grado de que el problema de los asentamientos es el que principalmente debe preocupar en las cimentaciones y recimentaciones de monumentos. Las arcillas están normalmente consolidadas en general, sin embargo el intenso bombeo que se

efectuo y la capa asfáltica no han permitido la recuperación de los acuíferos con lo que han aumentado las cargas de preconsolidación en los materiales que componen los subsuelos sujetos a dicho fenómeno.

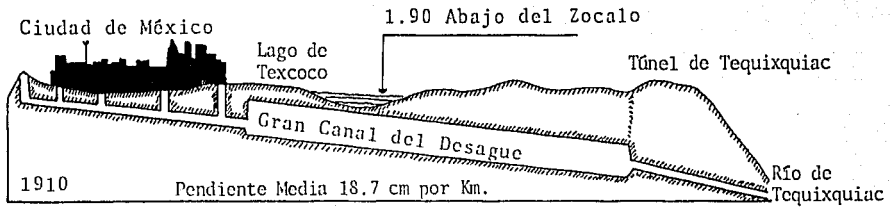
4.- EL HUNDIMIENTO DEL VALLE DE MEXICO.

Las primeras advertencias serias sobre el hundimiento general del Valle de México fueron hechas por Roberto Gayol al inicio del siglo, quien se fijo en el hundimiento general y especialmente en el de la Catedral Metropolitana, durante los trabajos sobre el sistema de drenaje de la Ciudad de México, atribuyendo el fenómeno a "Perturbaciones que en el fondo del Valle de México ha producido el drenaje de las aguas del subsuelo". Es un hecho comprobado que los acuíferos existentes en el subsuelo de la Ciudad de México estuvieron sujetos a presiones artesianas, inclusive los relativamente poco profundos. El bombeo produjo abatimientos piezométricos en algunos casos superiores a los 20m. Este abatimiento de presión en los acuíferos provoca flujo de agua de los mantos arcillosos hacia ellos, con la correspondiente consolidación de las arcillas, acompañada de pérdida de volumen.

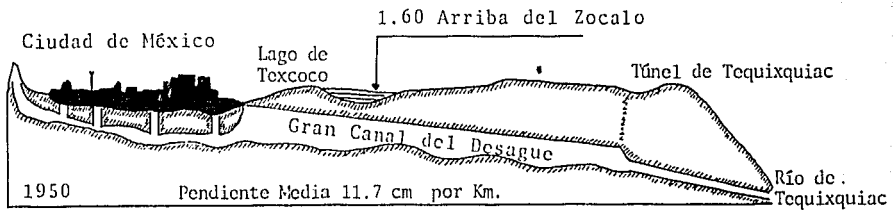
La cita más antigua que se conoce es al de A. Von Humboldt, de 1803, que al describir el Valle indica que el nivel de aguas medias en el Lago de Texcoco estaba 1.20m. abajo de la esquina sur del Palacio Nacional.

En el monumento a Enrico Martínez (Catedral) se había instalado un indicador de los niveles del agua en el Lago de Texcoco. Según esta referencia, en 1862 el fondo de dicho lago estaba 2.80m. debajo del piso de la Plaza.

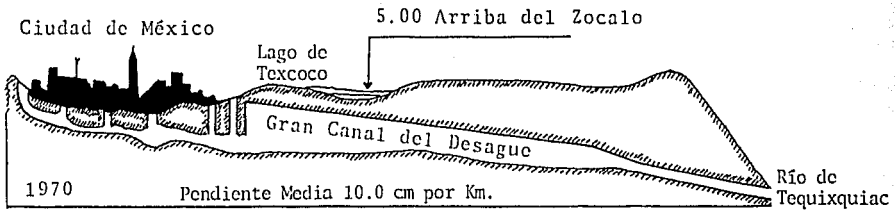
HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD DE MEXICO Y
VARIACIONES DE LAS CONDICIONES DEL DESAGUE DE LA
CIUDAD DE MEXICO.



$$S = 0.002$$



$$S = 0.002$$



$$S = 0.002$$

Los Ings. Velázquez y Aldasoro, en 1876, establecen como plano general de referencia para la Ciudad, el que pasaba 10m. abajo de la tangente inferior del Calendario Azteca (Comisión de Fomento).

Este banco se designará con la abreviatura TICA y le corresponde la acotación + 10.00. Se instalaron placas en edificios y monumentos con esta inscripción o la de cota + 11.00. De acuerdo con las nivelaciones de los citados ingenieros, la cota de aguas máximas en el lago era + 7.10 y el fondo del mismo quedaba a + 5.57.

En 1891, Roberto Gayol nivela la Ciudad refiriendo sus mediciones al banco TICA. Además, se apoya en dos puntos fijos: el banco de Atzacualco (ATZ) con acotación + 12.35 y el de Niños Héroes de Chapultepec (NH), + 16.08 (Comisión Hidrográfica).

El levantamiento de Veracruz a México, en 1913, permite referir los bancos ATZ, NH y TICA al nivel medio del mar. Con diferencia menor de 10cm., se logra de este modo encontrar que al monumento de Atzacualco (cota + 12.35), le corresponde la elevación 2242.75m. y, por tanto, las cotas de otras referencias claves para el estudio del hundimiento.

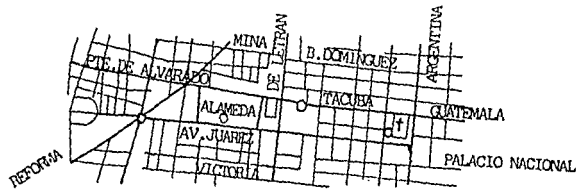
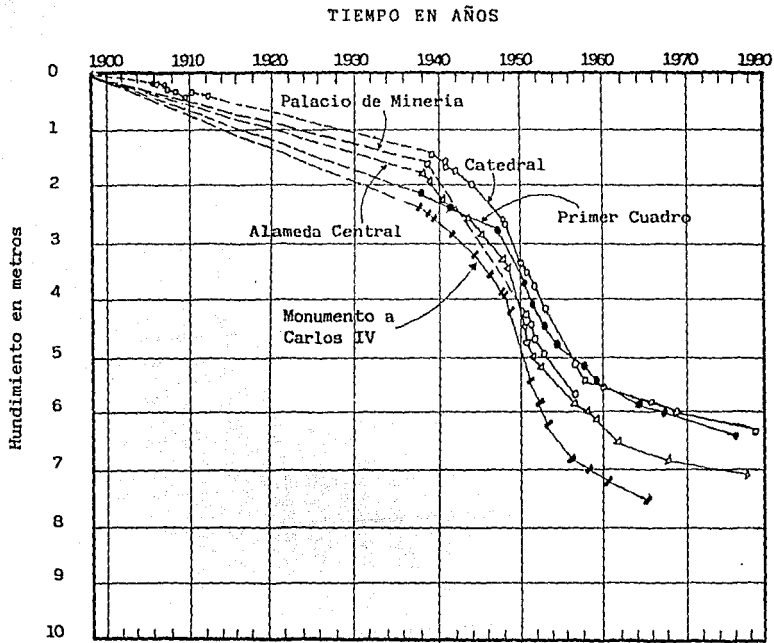
Suponiendo que el banco TICA no se haya asentado apreciablemente durante el período 1803-1891, se concluye que:

- 1) La elevación respecto al mar de aguas medias en el Lago de Texcoco era 2237.6 en 1803. Con base en los datos de 1876, el tirante máximo de agua resulta de 1.60m.
- 2) El fondo del Lago de Texcoco (Cruz del Centro) tenía en 1876 la elevación 2236.0. Según la nivelación de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México (CHCVM) de 1966, dicho punto se encuentra a 2235.30, ó sea, que el hundimiento en esa zona del Lago es de 0.70 m., aproximadamente.
- 3) El banco TICA en la torre oeste de la Catedral ha sufrido un asentamiento de 6.0m. de 1891 a 1966; en este mismo período, la Alameda registra un hundimiento de 7.0m.

Se han localizado 48 placas instaladas en el siglo pasado, por la Comisión de Fomento y la Comisión Hidrográfica, las cuales correlacionadas con el banco Atzacualco, han permitido determinar el hundimiento ocurrido desde 1891 a la fecha, en una amplia zona de la ciudad. Todas ellas referidas a asentamientos en monumentos, como la Catedral, Palacio de Minería, Carlos IV y la Alameda.

Es interesante destacar que hay zonas que se han hundido 8m. -
en tanto que los terrenos ocupados por Catedral y el Palacio -

EVOLUCION DEL HUNDIMIENTO MEDIO EN PUNTOS
ESPECIFICOS DE LA CIUDAD DE MEXICO



Nacional, sólo registran 6m. en 1966, hacia el poniente el hundimiento decrece en forma sistemática. La razón de estas diferencias como ya se apuntó se encuentra en la variación estratigráfica del subsuelo y en la diferente historia de cargas, previa a la ocurrencia del fenómeno que se describe. En efecto - el espesor de las formaciones compresibles se reduce, hacia el oeste de la Ciudad y la zona de Catedral había sido el lugar - en donde se desplantaron las principales construcciones de Tenochtitlán, todas ellas muy pesadas y que requirieron relleños artificiales (chinampas) para soportarlas.

Puede afirmarse que en la primera fase del fenómeno (1900-1938), con una velocidad de hundimiento del orden de 5cm/año, no era apreciable la ocurrencia del mismo, a no ser por las nivelaciones entre el fondo del Lago de Texcoco y la Ciudad, que presentaba, como se indicó R. Gayol en 1925. Los efectos fueron alarmantes en la tercera fase, durante la cual el asentamiento anual alcanzó a valores de 30 a 80cm. La velocidad en la presente etapa, menor de 10cm/año, ha hecho de menor efecto la acción del proceso.

Las obras más afectadas por el hundimiento son los conductos de desagüe y las estructuras pesadas que carezcan de una adecuada cimentación como es el caso de los templos y demás edificios anteriores al siglo XX.

CORRELACION DE BANCOS DE NIVELACION

Fecha	Referencia	TICA * cota en metros	MSNM ** elevacion en metros
1803	A. Humboldt. El nivel medio de las aguas en el lago de Texcoco, 1.20 m abajo de la esquina sur del palacio		2 237.6
1862	Monumento a Enrico Martínez. El fondo del lago, 2.80 m debajo del piso de la plaza		2 236.0
1876	Ing. Velázquez y Aldásoro. Plano de referencia de la Ciudad, 10 m abajo tangente inferior del Calendario Azteca	+10.00	2 240.4
	Nivel de aguas máximas en el lago	+ 7.10	2 237.5
	Nivel del fondo del lago	+ 5.57	2 235.9
1891	Ing. Roberto Gayol. Banqueta junto a la torre oeste de Catedral	+ 8.35	2 238.8
	Alameda	+ 8.60	2 239.0
	Atzacocalco	+12.35	2 242.75
1966	CHCVM. Cruz del Lago		2 235.3
	Torre oeste de Catedral		2 233.0
	Alameda		2 233.3

* Tangente inferior del calendario Azteca.

** Según nivelación traída de Veracruz en 1913.

VALORES MEDIOS DEL HUNDIMIENTO DEL SUELO EN LA ANTIGUA TRAZA

PERIODO DE NIVELACION	HUNDIMIENTO MEDIO EN EL PERIODO CONSIDERADO m	PERIODO AÑOS	VELOCIDAD MEDIA DE HUNDIMIENTO m/año
1891-1938	2.12	47	0.045
1938-1948	0.76	10	0.076
1948-1950	0.88	2	0.440
1950-1951	0.46	1	0.460
1951-1952	0.15	1	0.150
1952-1953	0.26	1	0.260
1953-1957	0.68	4	0.170
1957-1959	0.24	2	0.120
1959-1963	0.22	4	0.055
1963-1966	0.21	3	0.070
1966-1970	0.28	4	0.070

CAPITULO III

TIPOS DE CIMENTACIÓN.

III.- TIPOS DE CIMENTACION.

Los diferentes tipos de cimentación se pueden clasificar de acuerdo a distintos criterios o a la combinación de ellos:

- Por el tipo de edificación.
- Por la época en que se construyó.
- Por el material empleado.
- Por el lugar donde se construyó.

Este último se encuentra directamente relacionado con el tipo de suelo donde se edificó el inmueble.

En el caso de la Ciudad de México, tenemos que el siglo XVI presenta una situación especial, ya que tenemos construcciones coloniales sobrepuestas a edificaciones prehispánicas, o sea - sobre suelo preconsolidado o consolidado y edificaciones que - mediante el empleo de estacas y rellenos se fueron ganando al lago, un sistema casi idéntico al empleado en las chinampas de Xochimilco y Tláhuac.

Tenemos en esta época cimentaciones sobre estacas y piedraplen con una base de argamasa, así como cimentaciones sobre vigas - de madera colocadas sobre el suelo previamente apisonado con - el objeto de distribuir de manera uniforme las cargas, en muchos casos cuando las construcciones no eran mayores se excava

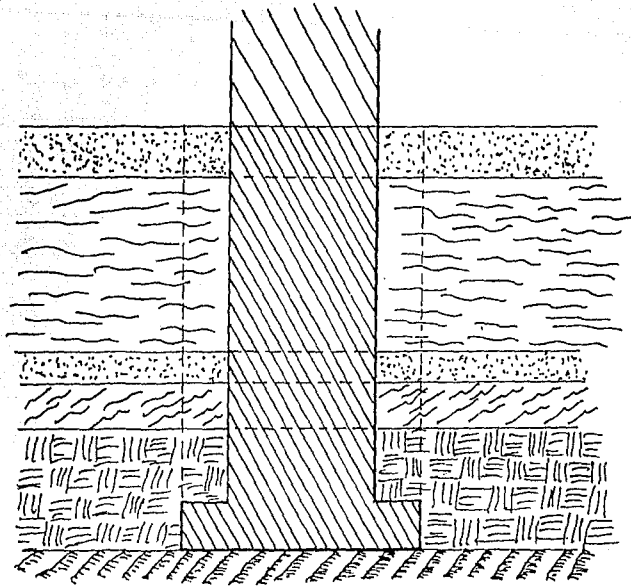
una zanja y prácticamente el cimiento a base de piedra y otros materiales forman con el mismo espesor el propio muro.

A medida que transcurre el tiempo y la ciudad se transforma - abandonando las construcciones de uno a dos niveles por unas - de mayor complejidad, las cimentaciones evolucionan en la misma forma.

En la medida que las técnicas constructivas evolucionan y se emplean nuevos materiales de construcción, los edificios alcanzan mayores alturas, diseños más espectaculares, todo siempre - sobre una buena base: su cimentación.

Para fines del siglo pasado y principios de este tenemos una - gran diversidad de cimentaciones, entre las que tenemos:

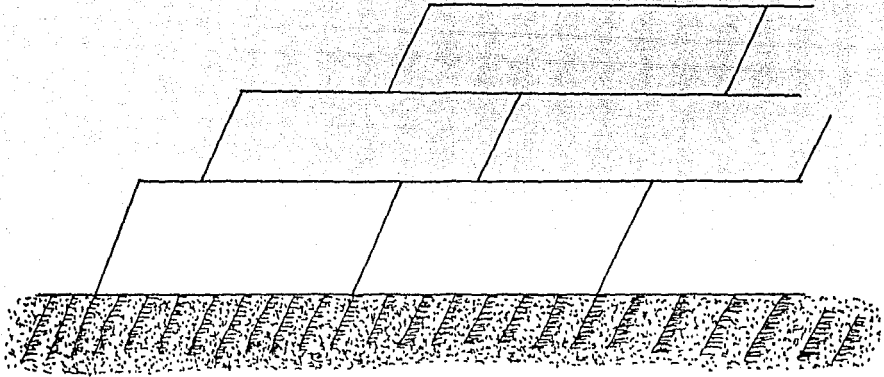
- Cimentación normal: se procede a abrir una zanja que, llena de mampostería constituía la base o asiento de todo el edificio. El ancho de la misma dependía de la naturaleza del suelo que le sostendría. En todo caso no excedía la presión por unidad de suelo de un cierto valor. En la parte inferior - los cimientos presentaban a veces uno o varios ensanches, en particular cuando el suelo obligaba a dar a la base grandes dimensiones comparadas con el ancho que tenían los muros.



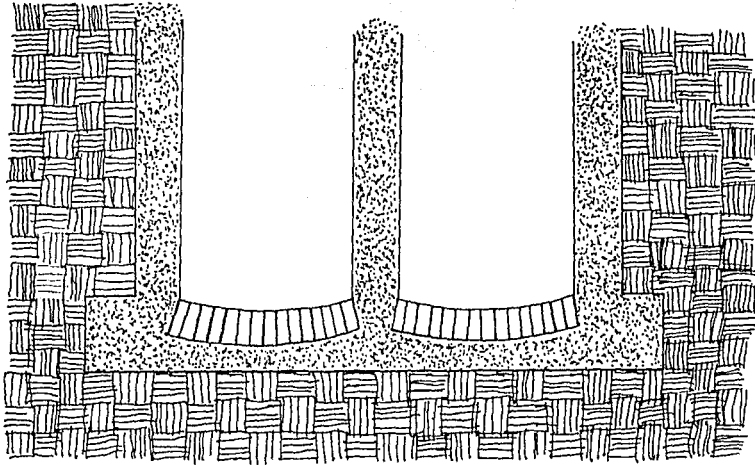
Una vez que se llegaba a suelo firme se continuaba la zanja unos 10 ó 20 cm. dejando el fondo bien apisonado y horizontal, haciendo la hipótesis de que debía recibir un esfuerzo vertical de compresión. Si el esfuerzo fuera inclinado, se procuraba que la superficie de asiento fuera perpendicular a la dirección del esfuerzo.

- Cimentación a base de sillares de concreto: hacia principios de siglo se empleo este tipo de cimentación en Europa, presentaba una cierta ventaja en relación a la mampostería, ya que ésta debía de trabajarse con mucho cuidado. En el caso del concreto no necesitaba mano de obra tan delicada, únicamente se tenía cuidado de que se dispusiera no por capas horizonta

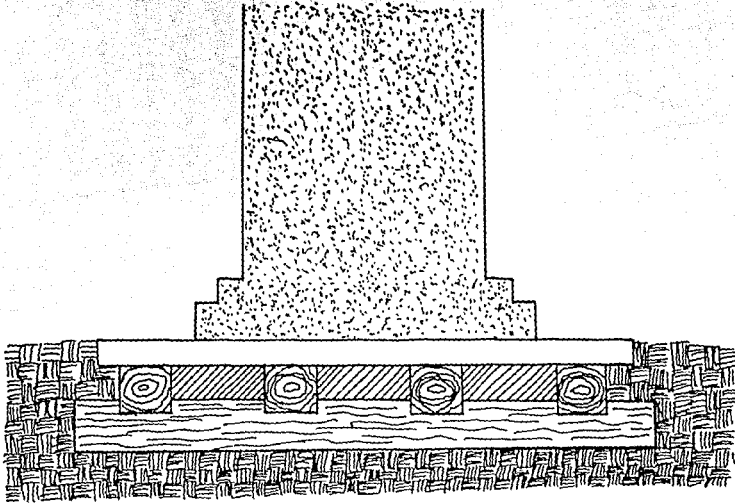
les, sino alternadas, como se indica en la figura siguiente:



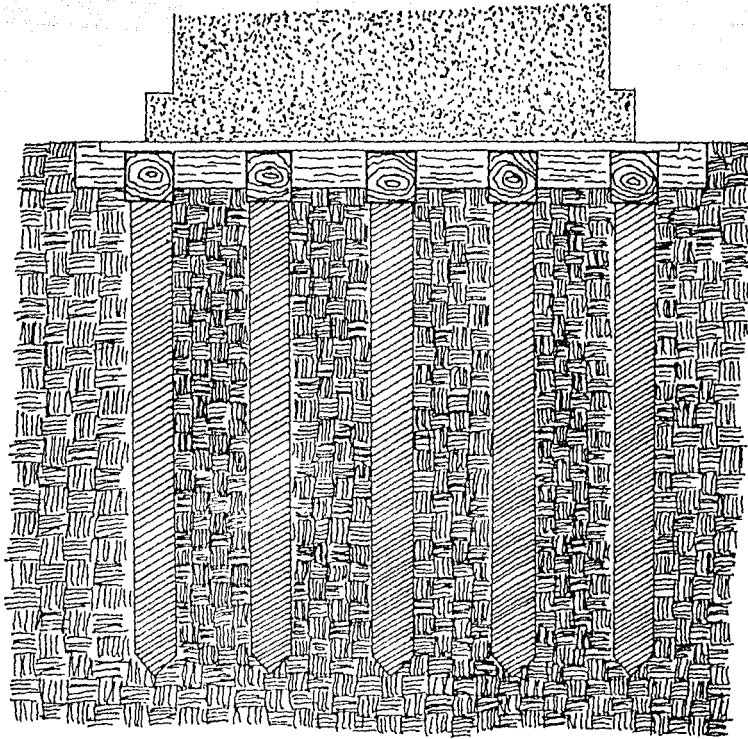
- Cimentación de arcos invertidos: con el fin de aumentar la superficie de contacto de la cimentación se recurría al sistema de arcos invertidos como se señala a continuación:



- *Cimentación sobre vigas:* este procedimiento se continuó empleando para los suelos que no eran permeables y compresibles, las vigas se enterraban formando emparrillados:

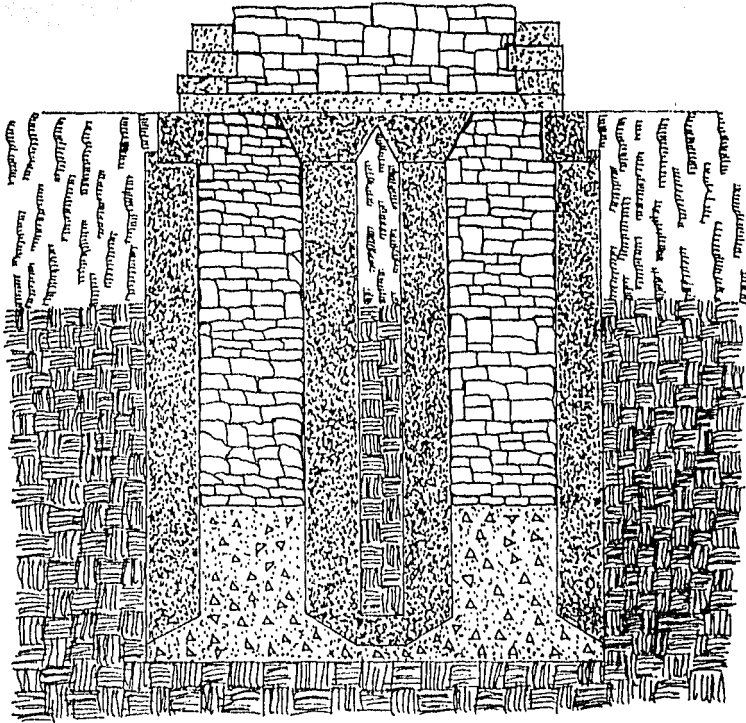


- *Cimentación por pilotes:* cuando el suelo firme sobre el que se pretendía asentar el edificio se encontraba a considerable profundidad, se recurría al empleo de pilotes. Únicamente - que estos pilotes eran de madera con punta metálica para facilitar su introducción, sobre ellos se levantaba un emparrillado o una base que servía para desplantar la construcción, las vigas de madera se clavaban o atornillaban a los pilotes, relleno las mallas que quedaban a base de concreto, tal - como se indica a continuación:



- Cimentación a base de pilares de mampostería: cuando se necesitaba una mayor resistencia se empleaban los pilares de mampostería. Se contaba con dos modos especiales de construirlos. El primero de ellos consistía en construir el pozo que lo alojaba y una vez construido y convenientemente adomado, se procedía a colocar la mampostería, empezando por el fondo y terminando por las capas superiores. Este método se usaba sólo cuando la profundidad no era mucha. El

segundo procedimiento consistía en colocar sobre un anillo de hierro las primeras capas de mampostería de un pozo anular, como el siguiente:



Se cavaba el terreno en el interior del mismo, a medida que se cavaba el suelo, el pozo se hundía paulatinamente, para -- coadyuvar al hundimiento se cargaba con rieles y otros pesos. Una vez que se encontraba suficientemente hundido, se construía un nuevo anillo de mampostería sobre el anterior y así

sucesivamente hasta llegar a la profundidad deseada. Una vez que se realizaba el hundimiento, se procedía a rellenar el pozo. Se tenía el cuidado de no construir un pozo al lado de otro cuando se había construido hacia poco tiempo este último.

Los pilares de mampostería se solían unir mediante arcos de mampostería bien trabajada cuidando de que se rellenaran los huecos que quedaban debajo de los mismos con ladrillería o mampostería.

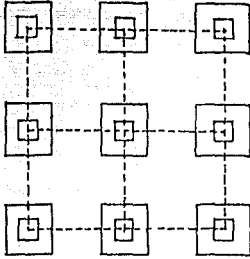
Una innovación trascendental fue el empleo del concreto armado en la construcción, esto ocurre en México en la década de los veinte. A partir de este suceso podemos definir la etapa moderna de las cimentaciones, existiendo diferentes criterios para su clasificación, una de ellas es la siguiente:

En forma general, las cimentaciones pueden agruparse en dos clases: cimentaciones directas o poco profundas, y cimentaciones indirectas o profundas.

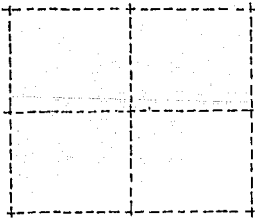
Una cimentación directa es aquella en la cual los elementos verticales de la super-estructura (en el caso de edificios, es aquella parte de la estructura que está formada por losas, trabes, muros, columnas, etc.), se prolongan hasta el terreno de cimentación descansando directamente sobre él mediante

el ensanchamiento de su sección transversal con el fin de reducir el esfuerzo unitario que se transmite al suelo. De este tipo son las zapatas aisladas, las zapatas conectadas, las zapatas ligadas, las cimentaciones por trabes y las losas de cimentación.

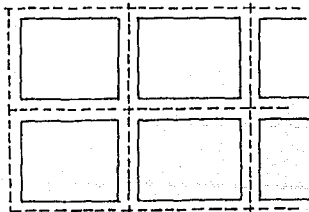
Una cimentación indirecta es aquella que se lleva a cabo por elementos intermedios como los pilotes, cilindros y cajones de cimentación, ya que en este caso el suelo que resiste se encuentra relativamente a gran profundidad.



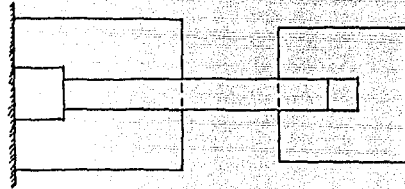
ZAPATAS AISLADAS



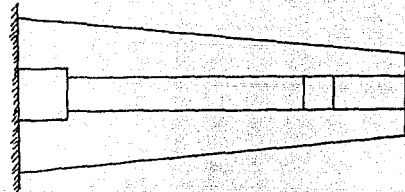
CIMENTACION DE LOSA CONTINUA



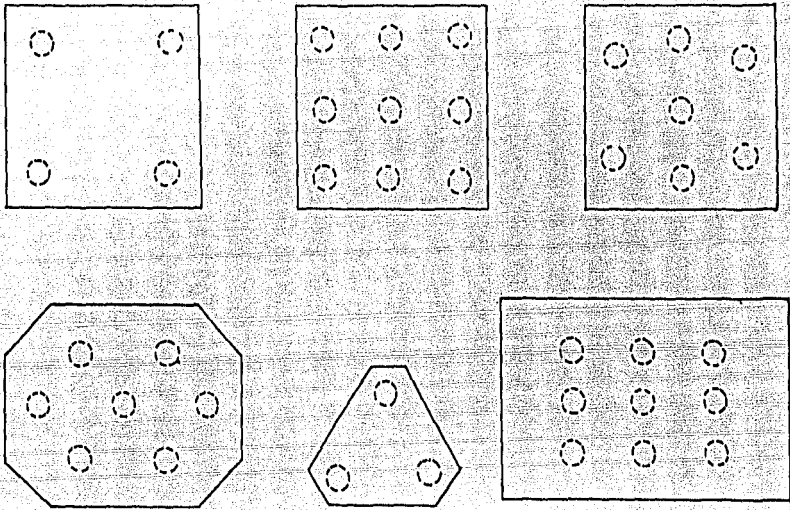
TRABES DE CIMENTACION



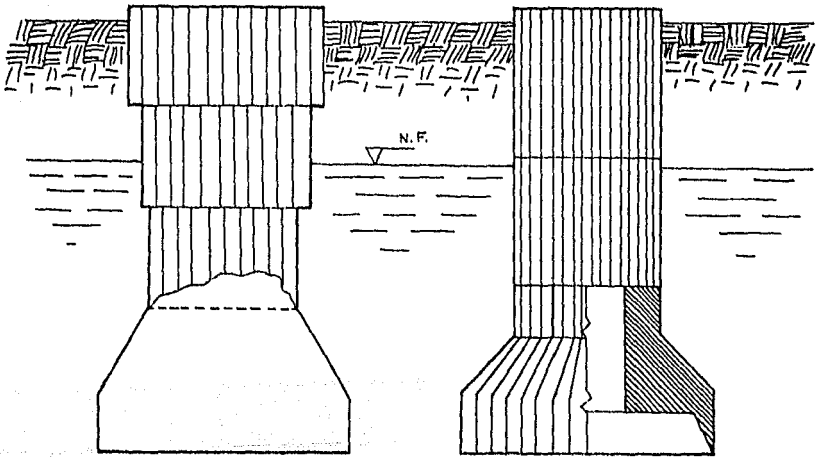
ZAPATAS CONECTADAS



ZAPATAS LIGADAS



CIMENTACION POR PILOTES



CILINDROS DE CIMENTACION

Finalmente a fin de concluir este capítulo, se plantearán algunos criterios para poder elegir lo más acertadamente posible un determinado tipo de cimentación, se recomienda seguir la siguiente secuencia: a) Estudio de cargas y de la compatibilidad entre el tipo de cargas y las características del suelo - (según el tipo de estructura), llevando a cabo análisis cuidadosos y lo más apegados posibles a la realidad; b) Determinación de la capacidad de carga del suelo de cimentación y de los asentamientos probables; c) Preparación de varios anteproyectos de los diferentes tipos posibles de cimentación; d) Selección del tipo de cimentación más adecuado atendiendo a:

- A) Tipo de suelo.
- B) Rapidez en la construcción.
- C) Adaptabilidad.
- D) Economía.

La combinación de estos factores nos determinará la cimentación más adecuada para nuestra construcción.

CAPITULO IV

TIPOS DE REClMENTACION.

IV. -- TIPOS DE RE CIMENTACION.

La preocupación del constructor por el comportamiento de las cimentaciones es, por supuesto, tan antigua como la construcción misma, pero hasta épocas relativamente recientes tal preocupación no se reflejó en intentos de analizar científicamente el comportamiento de las cimentaciones, tratando, de establecer principios generales que sirvieran a la vez de normas tanto para el proyecto, como para la construcción de campo.

Durante muchísimo tiempo, la tecnología de las cimentaciones se estableció solamente bajo bases burdamente empíricas; más que de una técnica en el actual sentido de la palabra, por lo cual, resulta justificado hablar de un "arte de cimentar". El hecho de que con lo que hoy se antojan tan pobres armas, el constructor de antaño fuera capaz de realizar obras magníficas que perduraron hasta los tiempos actuales, más bien habla en favor de la inventiva y capacidad de adaptación de los constructores de otras épocas, que de la técnica que utilizaron. Hoy no resulta razonable seguir usando tan pobres medios y prescindir de los avances recientes en el conocimiento del campo.

La trasmisión de conocimientos puramente experimentales en forma de una auténtica tradición oral, fue, durante largos siglos, el único modo de que disponía un constructor para adquirir el arte de cimentar. Naturalmente, todos los vicios del conocimiento puramente experimental, sin bases científicas generali-

zadoras, estaban presentes en este método.

En el momento en que el ritmo de la construcción aumentó hasta niveles similares a los que hoy se conocen, el método del "arte" se transformó en algo particularmente peligroso, al aumentar el número de constructores, con lo que, necesariamente, el arte de cimentar cayó en manos no siempre muy bien dotadas. Los fracasos que entonces se hicieron notar condujeron al primer intento de racionalizar la construcción de las cimentaciones. Los constructores de alguna determinada ciudad volvieron la vista a sus realizaciones bien logradas y, relacionando la carga soportada con el área del cimiento, trataron de establecer un valor "seguro" del esfuerzo que era posible dar al suelo de aquel lugar particular. Nacieron así las leyes de "Código" o "Reglamento", que en muchas partes perduran en la actualidad. Sin embargo, basta pensar un momento en las complejidades y variaciones del suelo en cualquier lugar del planeta, para darse cuenta que la generalización que se persigue en un código urbano de tal estilo es, por lo menos, muy peligrosa.

Este tipo de cimentaciones es a los que fundamentalmente se enfrenta el "Restaurador de Monumentos".

Las Teorías de Capacidad de Carga, desarrolladas a partir de 1920, proporcionaron una base más o menos científica al estudio de las cimentaciones. Combinadas con el creciente conocimiento de los suelos y sus propiedades mecánicas y con el mejoramiento de las técnicas de medición de campo, han permitido -

en la actualidad el desarrollo de una metodología de proyecto de recimentaciones mucho más racional y avanzada que la que nunca antes poseyerón los restauradores. Tales teorías, auxiliadas por la clasificación y el estudio de los suelos y por mediciones del comportamiento de cimentaciones construidas siglos atrás, permiten clasificarlas y asimilar las experiencias adquiridas, proporcionando una base común, que hace posible el intento de generalizar el conocimiento sobre cimentaciones y sus correspondientes recimentaciones.

Cuando se determina que será necesaria la recimentación de un Monumento, normalmente será preciso buscar terrenos de apoyo más resistente a mayores profundidades, a veces éstos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso utilizar como apoyo terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone, contando con elementos de recimentación que distribuyan la carga en un espesor grande del suelo.

Dentro de la Mecánica de Suelos, la clasificación de este tipo de recimentaciones estaría dentro de las llamadas profundas.

1.- RECIMENTACIONES POCO PROFUNDAS.

Los tipos de recimentaciones poco profundas son las zapatas aisladas, las zapatas corridas, las losas de recimentación, las mallas de trabes y los encajonamientos de cimentaciones ya existentes.

- a) Las zapatas aisladas son elementos estructurales, generalmente cuadrados o rectangulares y raramente circulares, que se construyen bajo las columnas con el objeto de transmitir la carga de éstas al terreno en una mayor área, para lograr una presión apropiada. En ocasiones las zapatas aisladas soportan más de una columna, estas se construyen de concreto reforzado.
- b) Las zapatas corridas son elementos análogos a los anteriores, en los que la longitud supera en mucho al ancho. Soportan varias columnas o un muro y son de concreto reforzado. La zapata corrida es una forma evolucionada de la zapata aislada, en el caso en que el suelo ofrezca una resistencia baja, que obligue al empleo de mayores áreas de repartición o en el caso en que deban transmitirse al suelo grandes cargas.
- c) Cuando la resistencia del terreno sea muy baja o las cargas sean muy altas, las áreas requeridas para apoyo de la cimentación deben aumentarse, llegándose al empleo de verdaderas losas de recimentación, construidas de concreto

reforzado, las que pueden llegar a ocupar toda la superficie construida o inclusive salir de ella.

- d) Tanto las mallas de trabes y los encajonamientos, podemos considerarlos como variedades de los anteriores, pudiéndose llegar a otros tipos diferentes, tratando de sacar del suelo y la estructura el mayor partido posible.

Si aún en el caso de emplear una losa corrida la presión transmitida al subsuelo sobrepasa la capacidad de carga de éste, es evidente que habrá de recurrirse a soportar la estructura en estratos más firmes, que se encuentren a mayores profundidades, llegándose así a las recimentaciones profundas, que analizaremos a continuación.

2.- RECIMENTACIONES PROFUNDAS:

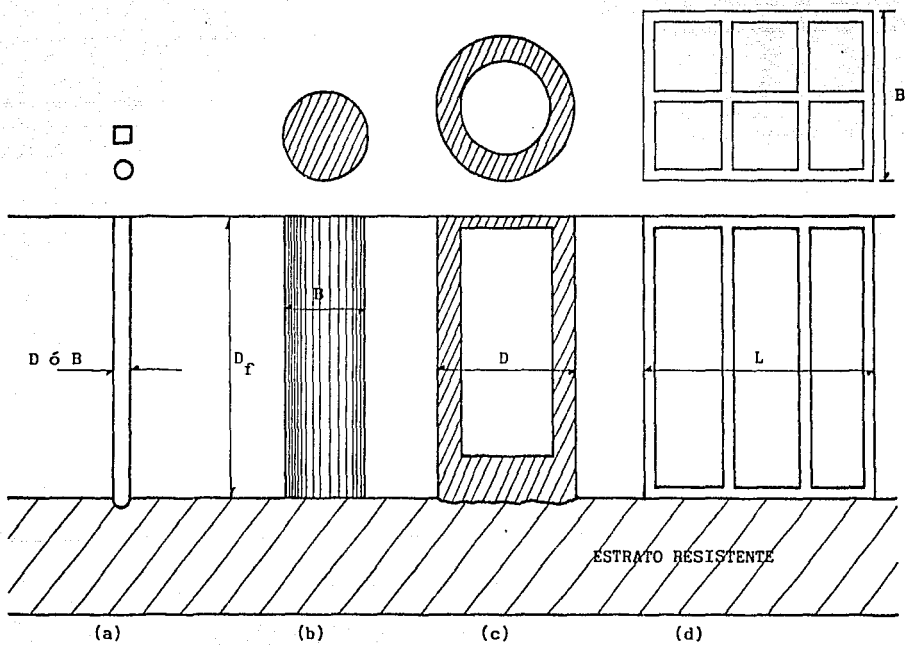
Los elementos que forman las recimentaciones profundas que hoy se utilizan más frecuentemente se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro o lado, según sean de sección recta, circular o rectangular, que son las más comunes.

Los elementos muy esbeltos, con dimensiones transversales del orden entre 0.30m. y 1.0m. se denominan pilotes, pueden ser de madera, concreto y acero. Los elementos cuyo ancho sobrepasa 1.0m. pero no excede del doble de ese valor se llaman pilas. Sin embargo, no se ha establecido hasta hoy una distinción definida entre pilas y pilotes.

Por último, se requieren mucha veces elementos de mayor sección que los anteriores a los que se da el nombre de cilindros, cuando son de esa forma geométrica o cajones, cuando son paralelepípedicos. Los diámetros de los primeros suelen oscilar entre 3.0m. y 6.0m., se construyen huecos para ahorro de materiales y de peso, con un tapón en la punta y siempre se hacen de concreto. Los cajones tienen anchos similares, son huecos por la misma razón y se construyen del mismo material. Estos últimos cuando es necesario que aumenten su peso son susceptibles de llenarse de agua.

a) Generalidades sobre pilotes.

En general, se usan los pilotes como elementos de reci-



TIPOS DE RECIMENTACIONES PROFUNDAS

- a) Pilote
- b) Pila
- c) Cilindro (corte)
- d) Cajón de 6 celdas (corte)

mentación cuando se requiere:

- a.1) Transmitir las cargas de una estructura, a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente, que garantice el apoyo adecuado. La forma de trabajo de estos pilotes podría visualizarse como similar a las columnas de una estructura.
- a.2) Transmitir la carga a un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre el suelo y el pilote.

Desde el punto de vista de su forma de trabajo, los pilotes se clasifican en: de punta, de fricción y mixtos. Los pilotes de punta desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo en un estrato resistente. Los pilotes de fricción desarrollan su resistencia por la fricción lateral que generan contra el suelo que los rodea. Los pilotes mixtos aprovechan a la vez estos dos efectos.

- b) Pilotes colados en el lugar.

Existe una gran variedad de pilotes que se construyen directamente en el lugar en que definitivamente van a cumplir su cometido. Genéricamente se denomina a estos pilotes colados en el lugar o pilotes colados *in situ*.

Estos pilotes se distinguen y clasifican por los procedi

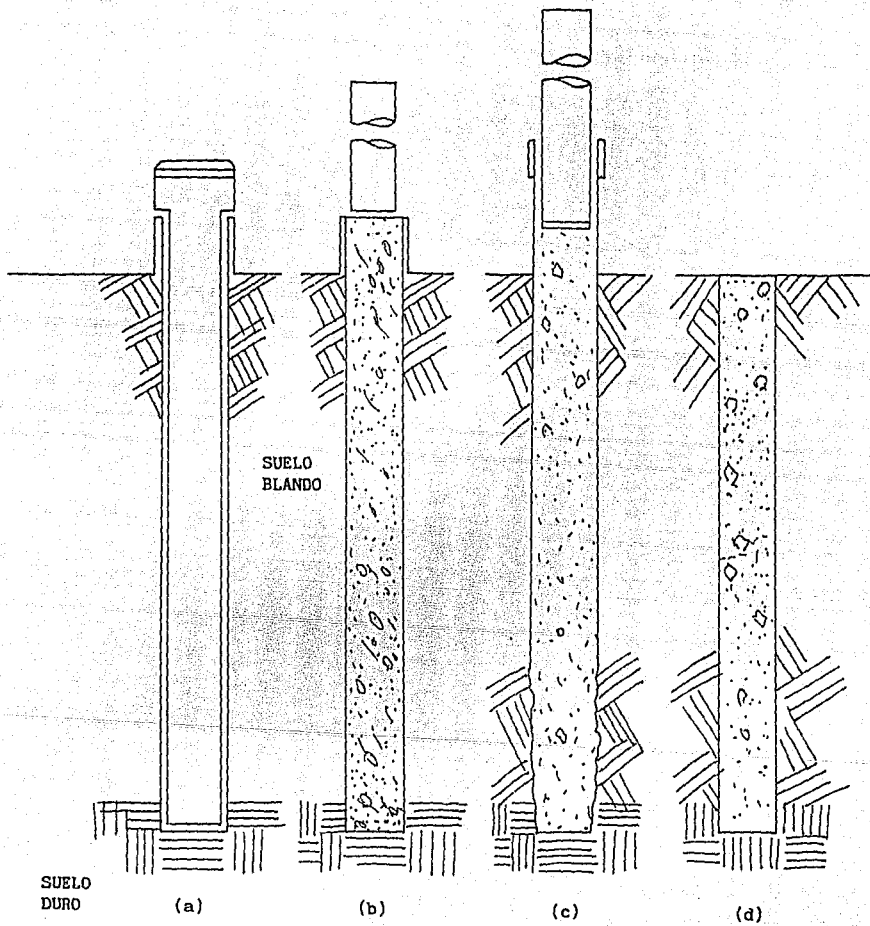
mientos que sirven para construirlos. Estos son sumamente variados y comprenden la excavación de perforaciones, además o no, que después se rellenan de concreto, gatos hidráulicos que hacen penetrar los ademes a presión, chiflones que permiten hacer llegar los trabajos al nivel deseado, además de una serie de actividades adicionales.

Muchos de los tipos de pilotes colados en el lugar de uso normal son patentes comerciales que difieren entre sí relativamente poco; señalaremos brevemente los tipos de pilotes más comunes sin ademe permanente.

b.1) Pilote McArthur de concreto comprimido.

Este pilote puede construirse hasta un diámetro del orden de 60cm. en forma satisfactoria a través de cualquier suelo, siempre que no ceda lateralmente cuando el concreto sea presionado.

El equipo de construcción comprende un ademe tubular y un émbolo que ajusta bastante bien en su interior. El procedimiento de construcción es el siguiente: en primer lugar se hince el ademe circular con el émbolo bajado hasta su parte inferior; logrado el nivel deseado, se retira el émbolo y se rellena el ademe de concreto; enseguida, se extrae el ademe por tracción, asegurando al concreto con el peso del émbolo, para evitar que sea arrastrado hacia afuera.



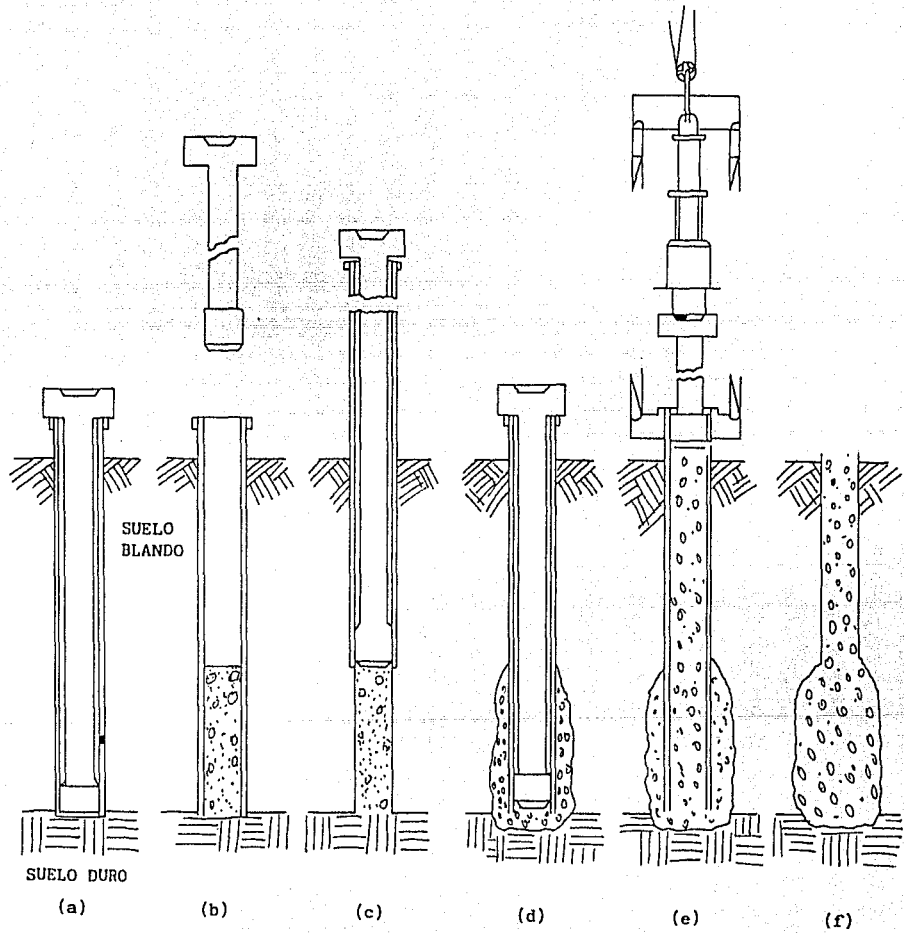
Pilote McArthur

b. 2) Pilotes de concreto comprimido con base ampliada.

Estos pilotes tienen ventaja en lugares en que el estrato resistente es relativamente delgado y no es muy profundo, la base ampliada da menores esfuerzos de contacto haciendo el papel de una zapata. También son útiles para lograr un buen apoyo en estratos de roca muy inclinada.

El equipo utilizado incluye un ademe tubular hueco, con un émbolo interior que ajuste bien con él. La operación para formar el pilote es la siguiente: Se hince el ademe con el émbolo metido hasta el fondo; a continuación se levanta el émbolo hasta retirarlo del ademe y se llena éste hasta una cierta altura, asegurando el concreto con el émbolo y se rehince el ademe, con el émbolo de nuevo llevado hasta el fondo, a través del concreto fresco, con lo que se produce la ampliación de base característica de estos pilotes. Se retira ahora otra vez el émbolo y se rellena de concreto todo el ademe. Finalmente se retira el ademe con presión hacia arriba, a la vez que con el émbolo se da sobre el concreto la suficiente contrapresión hacia abajo para garantizar que el concreto no sea arrastrado y que el pilote resulte bien conformado.

Las operaciones anteriores y la calidad del suelo condicionan la ampliación que se obtenga; formas alargadas --



Pilote de concreto comprimido de base ampliada

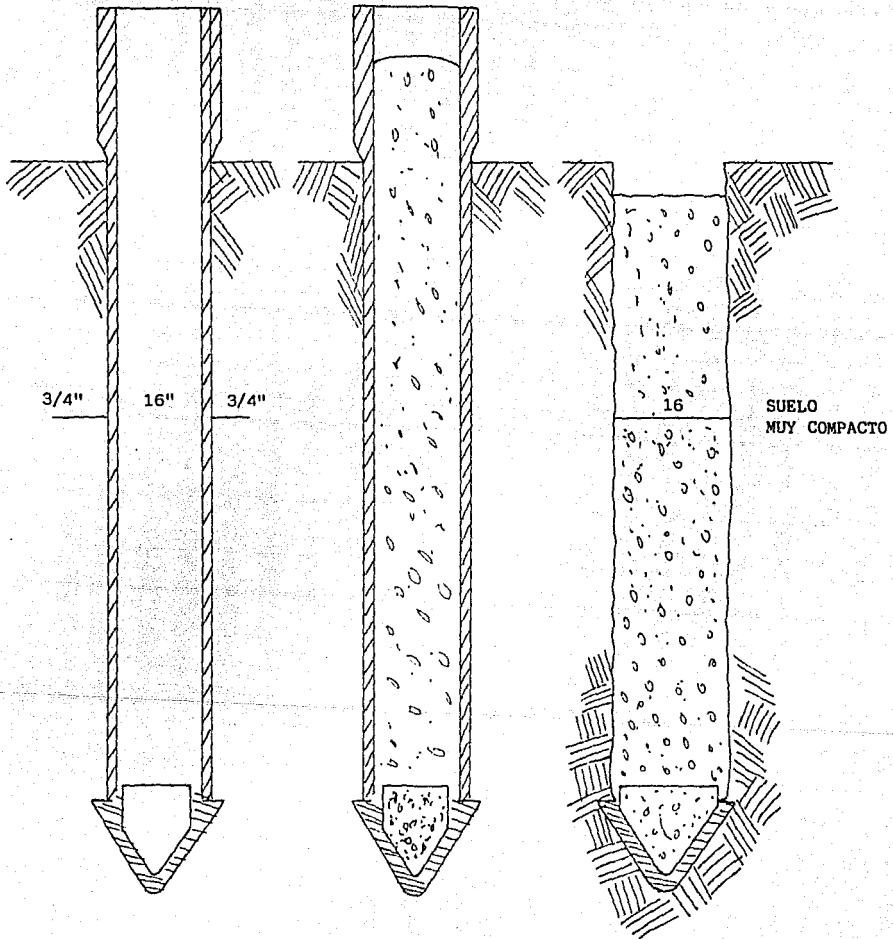
son preferibles si el pilote ha de penetrar algo en un estrato de suelo resistente, formas aplanadas dan buen resultado para apoyo en roca.

b.3) Pilotes Simplex.

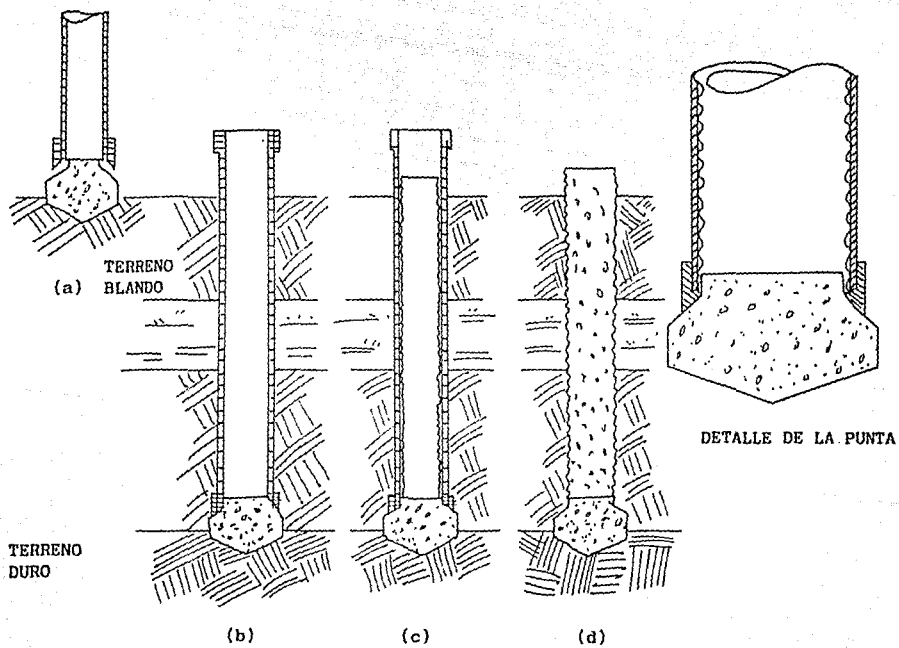
Este tipo de pilotes se puede hincar a través de suelos blandos o relativamente duros. Se requiere que al retirar el ademe quede formado un buen molde para el vaciado del concreto, por lo que deberá colocarse un ademe interior ligero en el caso de que la consistencia del suelo no garantice dicho molde. La punta del dispositivo de hincado se pierde en cada pilote.

b.4) Pilotes Button-Bottom.

Este tipo de pilote requiere ademado permanente. Se utilizan cuando se desea un incremento en el área de apoyo del pilote. Se han llevado a profundidades de 30m. con facilidad, soportando cargas del orden de 50 toneladas o mayores. El procedimiento de construcción es el siguiente: Hincado el ademe exterior hasta la profundidad deseada, llevando en su extremo inferior una zapata independiente de concreto precolado que se pierde en cada pilote, se introduce el ademe corrugado permanentemente hasta su fondo, este ademe se fija a la zapata por un dispositivo especial que atornilla ambas partes. Realizada esta operación el ademe se rellena de concreto y se extrae el tubo de hincado sin peligro, gracias a la fija-



Pilote Simplex



Pilote Button-Bottom

ción del ademe interior.

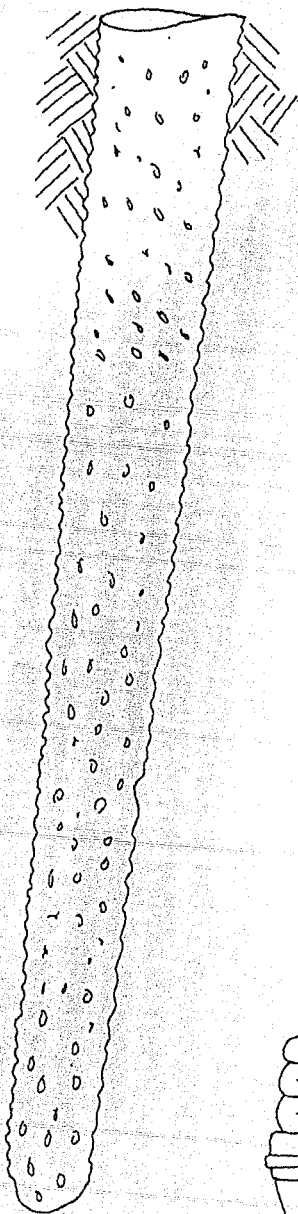
- b.5) *Pilotes Raymond con ademe metálico delgado hincados con mandril.*

Estos pilotes pueden usarse tanto para trabajar por punta como por fricción y en cualquier clase de suelo. El ademe corrugado es hincado por medio de una pieza, denominada mandril, que penetra en su interior, adoptando su forma y que se extrae una vez alcanzada la profundidad deseada.

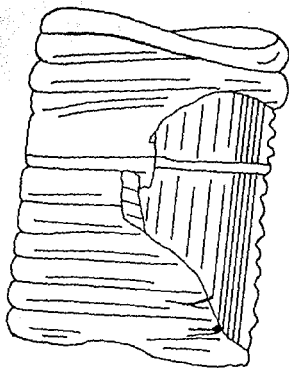
El ademe puede ser inspeccionado una vez colocado y antes de ser rellenado con concreto, que puede ser simple o reforzado.

- c) *Pilotes de control.*

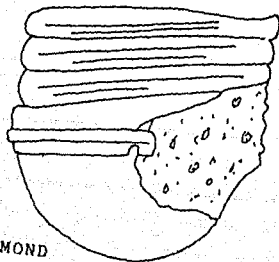
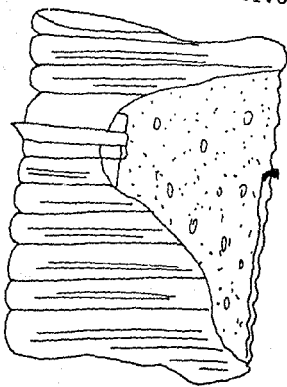
Existe un problema muy común en las recomendaciones piloteadas con pilotes de punta, cuando se presenta una estratigrafía básicamente formada por un cierto espesor compresible, subyacente por el estrato resistente de apoyo y cuando dicho manto compresible tiende a disminuir de espesor por algún proceso de consolidación inducido, este es el caso como se indicó en su oportunidad, de la Ciudad de México, pues en ella existe un estrato de apoyo a profundidades del orden de los 30m. arriba del cual las formaciones arcillosas, muy compresibles, se consoli



TIPO
FRAGMENTADO



DETALLES CONSTRUCTIVOS



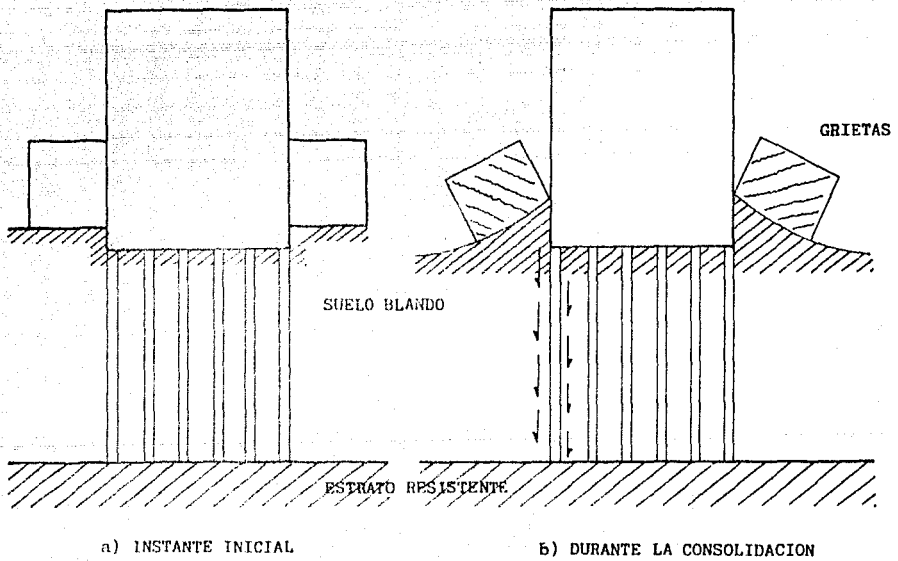
PILOTE RAYMOND

dan por efecto del intenso bombeo de que fue objeto y por la capa asfáltica que impide la recuperación de los estratos acuíferos.

Los pilotes de punta, apoyados en un estrato no consolidable y resistente permanecen comparativamente fijos, respecto a los suelos blandos que se enjutan, tendiendo a bajar a lo largo de su fuste. Esta tendencia induce esfuerzos de fricción en el fuste de los pilotes que, por ser en sentido descendente, sobrecargan a éstos al colgarse materialmente el suelo circunvecino de los pilotes. Si estas cargas no han sido tomadas en cuenta en el diseño, pueden llegar a producir el colapso del pilote por penetración en el estrato resistente. Este es el fenómeno de fricción negativa en los pilotes de punta. En el mejor de los casos, es decir, cuando los pilotes aguantan la sobrecarga, la estructura apoyada sobre los pilotes parece emerger sobre la superficie del terreno, con lo que fácilmente producirá daños a estructuras vecinas.

Aún en el caso en que la fricción negativa no induzca falla y sea resistida, fácil es comprender que su efecto es maléfico, pues ocupa una buena parte de la capacidad de carga del pilote, que está soportando el suelo circunvecino y no carga útil.

Es fácil ver que en una estructura pilotada con pilotes de punta, en la que se tenga el efecto de fricción negativa, un



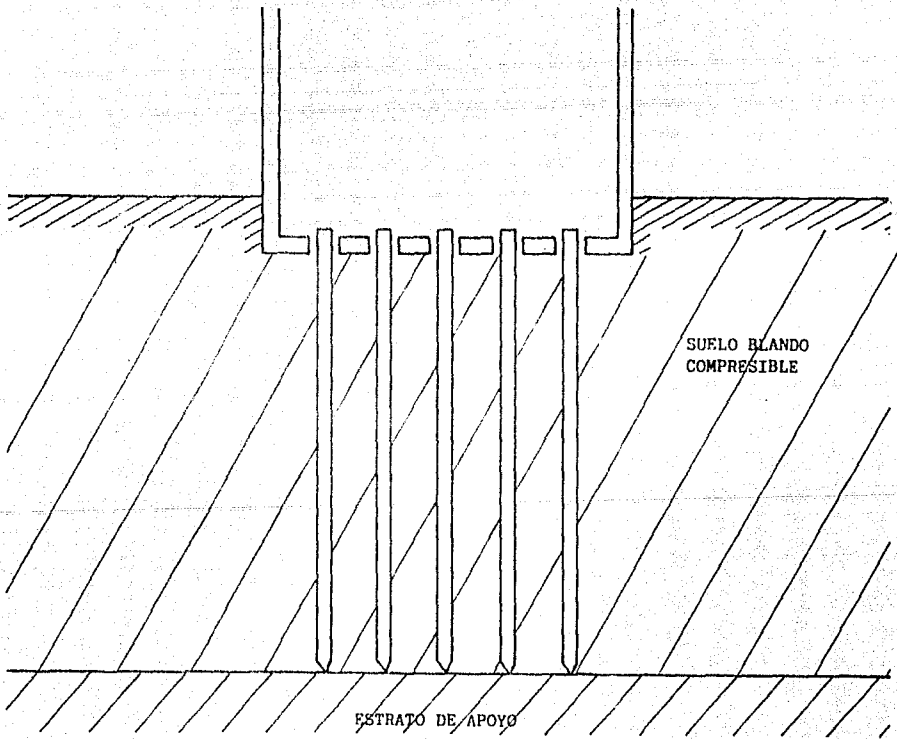
a) INSTANTE INICIAL

b) DURANTE LA CONSOLIDACION

Inducción de la fricción negativa a lo largo del fuste de pilotes de punta
por Consolidación de los estratos blandos

*pilote de una zona interior de recimentación podrá ser sobrecargado con un peso que sea, como máximo, igual al del volumen de arcilla tributario a dicho pilote. En un pilote de borde, sin embargo, la sobrecarga podrá ser mayor, por razones obvias y este efecto puede aún acentuarse más en un pilote de esquina, teniéndose como límite únicamente el valor de la adherencia entre suelo y pilote a lo largo de todo el fuste del mismo. Por ello, si el estrato resistente es susceptible de alguna ceden-
cia, el pilote de esquina será el que más asentamientos pueda presentar, seguido de los de borde, quedando los mínimos hundimientos en las zonas interiores del área piloteada. Esto da lugar a una distribución de asentamientos opuesta a la que se tendría en una recimentación por superficie, flexible, bajo carga uniforme, si la recimentación tiene rigidez y los pilotes están sólidamente unidos a ella en su cabeza, el efecto diferencial de fricción negativa en las esquinas y bordes puede llegar a hacer que los pilotes de esas zonas trabajen a tensión en su parte superior.*

L. Zeevaert ha hecho notar una consecuencia adicional de los efectos de fricción negativa, este efecto consiste en lo siguiente: al colgarse el suelo del pilote por fricción negativa, parte del peso que gravitará en la zona de la punta del pilote sobre el estrato resistente se ha aliviado, si el estrato resistente es de naturaleza friccionante, esta disminución de la presión efectiva conlleva una disminución de la resistencia del esfuerzo cortante y de la capacidad de carga y, por lo tan



Pilotes de punta atravesando libremente la recimentación

to, propicia la penetración del pilote en el estrato de apoyo.

Los efectos dañinos en las estructuras vecinas, la pérdida de capacidad de carga útil por fricción negativa y los peligros que entraña la penetración diferencial de los pilotes en los estratos firmes, han hecho pensar en soluciones que permitan manejar a los pilotes de punta superando estos problemas.

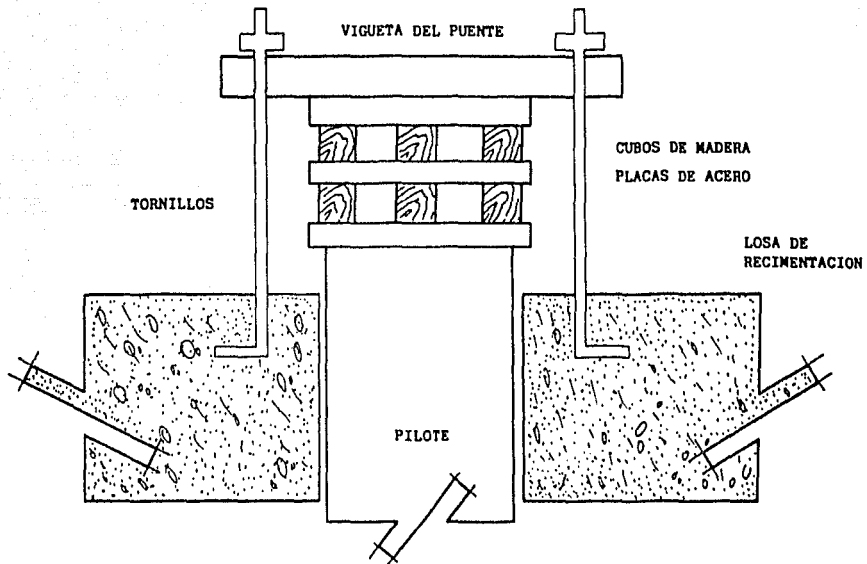
La primera solución que se ocurrió se trata simplemente de construir la recimentación de forma que los pilotes la atraviesen libremente, de modo que no haya ningún contacto a unión entre ambos elementos. La estructura se carga entonces directamente contra el suelo, el cual comenzará a ceder bajo su peso. Esta cedencia hace que el suelo accione sobre los pilotes por un mecanismo de fricción negativa, con lo que éstos toman por lo menos parcialmente la carga de la estructura, con la correspondiente disminución de las presiones efectivas en el suelo blando, así, los pilotes originalmente separados de la recimentación llegan a trabajar con cargas importantes, haciendo además que los asentamientos de la estructura disminuyan grandemente.

La cuantificación de las cargas que tome cada pilote o la predicción de los asentamientos diferenciales de la estructura son difíciles de determinar.

La necesidad de resolver el problema anterior, esto es, de controlar la carga en los pilotes y los asentamientos diferencia-

les y totales de la estructura llevaron al investigador M. González Flores a su idea de los Pilotes de Control. Estos son, en esencia, pilotes de punta del tipo que atraviesa libremente la recimentación, sobre cuya cabeza se coloca un puente unido a la losa de recimentación de la estructura; este puente consiste de una vigueta de acero anclada a la losa con tornillos largos de acero. La unión entre la cabeza del pilote y la vigueta -- del puente se establece con un dispositivo formado por superposiciones sucesivas de placas delgadas de acero y sistemas de cubos pequeños de una madera (Caobilla) con características es fuerzo deformación especiales.

El mecanismo anterior tiene como finalidad hacer trabajar al pilote a la carga que se desea, claro está, siempre inferior a la de falla. Cada cubo de madera tiene una gráfica esfuerzo - deformación con un rango plástico amplio. Cuando se alcanza - su carga de falla plástica previamente determinada, puede garantizarse que el cubo está transmitiendo una cierta carga fija a la cabeza del pilote, para un amplio rango de deformación en el cubo. Conocida la carga que se desea que tome el pilote, bastará dividir ese valor entre la carga de falla del cubo de madera para determinar el número de cubos que han de colocarse por capa, entre dos placas de acero. El sistema está sujeto a deformación, al cabo de un tiempo los cubos llegan al límite - de deformación plástica, momento en que habrá que modificar la posición del puente y cambiar los cubos de madera. El lapso - para estas operaciones puede ampliarse si se colocan varias ca



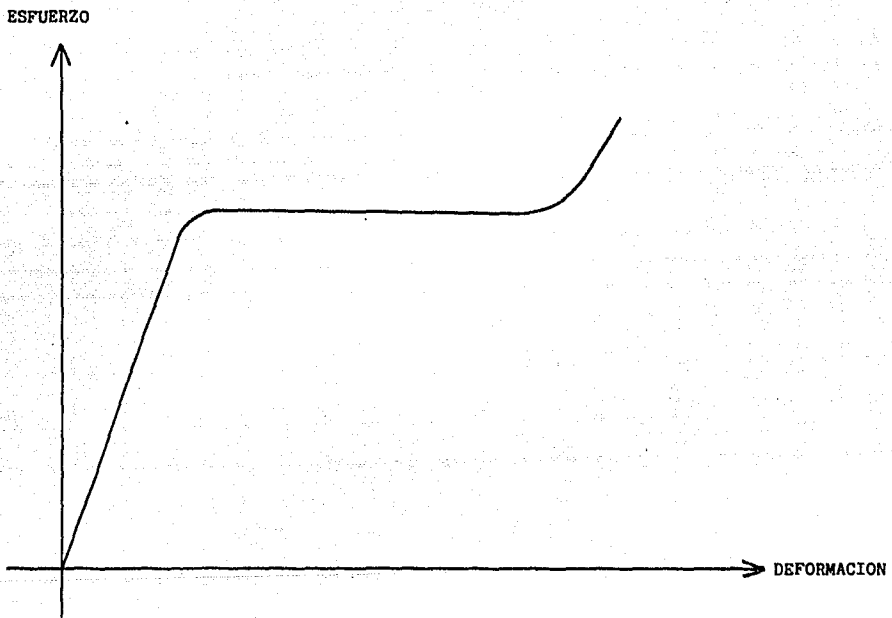
ESQUEMA DE LA CABEZA DE UN PILOTE DE CONTROL

pas de cubos de madera.

El objetivo fundamental de los pilotes de control es lograr -- que la estructura baje simultáneamente con la superficie del -- suelo. La carga transmitida por la estructura es tomada parte por el suelo y parte por los pilotes. Si la estructura tiende a bajar más aprisa de lo que lo hace la superficie del suelo -- (se supone que el suelo está bajando por algun proceso de consolidación independiente, por ejemplo el bombeo en el caso de la Ciudad de México), los pilotes se harán trabajar a mayor -- carga, aumentando el número de cubos por capa, con lo que se -- alivia la parte de carga transmitida directamente al suelo y -- se frena el descenso relativo de la estructura; recíprocamente, si la estructura tiende a emerger respecto al terreno, los pilotes se harán trabajar a menor carga, disminuyendo el número de cubos de madera por capa, de modo que la estructura transmita más carga al suelo, con lo que su asentamiento se verá acelerado.

Si la estructura desciende de un modo no uniforme, con asentamiento diferencial, las técnicas anteriores podrán aplicarse a diferentes zonas del área de recimentación, con lo que es posible igualar los asentamientos.

La aplicación de las técnicas descritas exige, desde luego, un número de pilotes adecuado a la recimentación; con pocos pilotes la estructura se hundirá irremediablemente, ya que los pilotes



GRAFICA ESFUERZO-DEFORMACION EN COMPRESION SIMPLE DE UN CUBO
DE CAOBILLA, UTILIZADA EN LOS PILOTES DE CONTROL

no podrán sobrepasar su carga de falla; por otra parte, si el número de pilotes es excesivo, puede llegar a suceder que la estructura emerja aún cuando en la cabeza de los pilotes no se aplique carga.

3.- RECIMENTACIONES COMPENSADAS.

El principio en que se basan estas recimentaciones es bien sencillo: se trata de desplantar a una profundidad tal que el peso de la tierra excavada iguale al peso de la estructura, de manera que al nivel de desplante el suelo, por así decirlo, no sienta la substitución efectuada, por no llegarle ninguna presión en añadidura a la originalmente existente.

Este tipo de recimentación exige, por supuesto, que las excavaciones efectuadas no se rellenen posteriormente, lo que se logra con losa corrida en toda el área de recimentación o construyendo cajones huecos, que en algunos casos se llenan de agua, según la necesidad.

Las recimentaciones compensadas han sido particularmente utilizadas para evitar asentamientos en suelos altamente comprensibles, pues, técnicamente, los eliminan por no dar al terreno ninguna sobrecarga. Sin embargo, como el proceso de carga no es simultáneo con el de descarga resultado de la excavación, - tienen lugar expansiones en el fondo de ésta, que se traducen en asentamientos cuando, por efecto de la carga de la estructura, dicho fondo regrese a su posición original. Así, los problemas principales de una recimentación compensada emanan de la excavación necesaria, generalmente profunda.

Todo lo anterior se refiere a las recimentaciones de compensación

total, en las que el peso de la estructura es igual al de la tierra excavada. También existe, la tierra excavada compensa únicamente una parte del peso de la estructura, en tanto que el restante se toma con pilotes o descanso sobre el terreno, - si es que la capacidad de carga y la compresibilidad de éste - lo permiten.

4.- LODO BENTONITICO.

Se denomina así a una mezcla de agua con arcilla coloidal, generalmente bentonita, la cual estabiliza las paredes de la perforación, (pilotes, cajones, cilindros, etc.) formando una película plástica e impermeable producida por el depósito de las partículas sólidas del lodo al filtrarse éste en las paredes de la perforación. Esta película llamada también enjarre o costra (cake), permite que se desarrollen las presiones hidrostáticas del propio lodo contra las paredes de la perforación buscando así su estabilización, a la vez impide la pérdida excesiva del agua del mismo lodo y por supuesto el paso del agua hacia el interior de la perforación, lo cual es una de las causas de inestabilidad de las paredes.

En algunos casos de gran inestabilidad, se acostumbra además a la parte superior de la perforación dejando que el lodo bentonítico llene el resto. El análisis de estabilidad, para una perforación inundada con lodo bentonítico, debe compararse por un lado la presión hidrostática producida por el lodo en sí, contra la presión externa debida al agua existente en el subsuelo más la presión activa del suelo.

Cuando el análisis económico lo indica es posible reutilizar el lodo de perforación, para lo cual se requiere de ciertas instalaciones que permitan regenerar sus propiedades.

Un lodo puede perder sus propiedades específicas para perforación cuando se contamina por captación de sólidos indeseables, ya sea arcillas que provoquen un incremento en la viscosidad o arenas de las formaciones atravesadas que causen problemas de sedimentación no controlada.

Cuando se contamina con arcilla, la regeneración del lodo se realiza agregando agua para diluir la mezcla.

Siendo la arena el contaminante más común, se han desarrollado algunas técnicas para separarla del lodo:

- 1.- Empleo de tanques de sedimentación, a los cuales se envía el lodo, dejándolo en reposo para que ocurra la separación.
- 2.- Uso de mallas vibratorias por las que pasa el lodo; el lodo filtrado se recupera en tanques de sedimentación.
- 3.- Aplicación de hidrociclones para la separación de las arenas que no fue posible retener en las mallas.
- 4.- Contrarrestar subpresiones que se presentan por gases, artesianismo, para ello es común la adición de materiales inertes pesados como la barita.

5.- ELECTROSMOSIS.

Métodos modernos comunes para control del flujo de agua hacia excavaciones.- Las excavaciones que requieren las obras de reedificación de monumentos alcanzan frecuentemente profundidades superiores a la del nivel freático. En el caso de que el material excavado sea una arena, limpia y permeable, la presencia del agua dificulta extraordinariamente o imposibilita el progreso de la excavación bajo el nivel freático; según se va removiendo el material, el agua de las masas vecinas fluye hacia la excavación y las fuerzas de filtración que este flujo produce arrastran arena, de manera que el fondo de la excavación se va rellenando en forma continua; así, al tratar de profundizar la excavación bajo el nivel freático sólo se logra en sancharla, pero sin avance práctico en la dirección vertical. Aparte de estas dificultades la presencia del agua anegando la excavación dificulta y encarece extraordinariamente todos los trabajos. Resulta así muy deseable el lograr dejar la excavación en seco para profundizarla o trabajar en ella en forma cómoda y eficiente; esto se logra bajando el nivel freático en toda el área de excavación a una profundidad mayor que la de la excavación misma. En el caso de las arcillas el problema ya no es bajar el nivel freático, que baja por sí solo simultáneamente con el fondo de la excavación, sino controlar el flujo de agua hacia la misma, que aunque no llegue a inundarla por su escaso gasto, producirá todos los problemas señalados.

Los métodos comunes para el abatimiento del nivel freático y/o el control del flujo del agua en excavaciones consisten en pozos de bombeo, de diversos tipos y diseños, en el número suficiente y en el arreglo y profundidad adecuados, para lograr el abatimiento del nivel freático a la profundidad deseada en la zona de excavación o para el debido control del flujo en la zona vecina a la excavación.

Uno de los métodos más populares hoy en día es el de los llamados "pozos punta de captación". Un pozo punta de captación es esencialmente un tubo perforado o un tubo de malla de acero -- inoxidable o de latón, de 5 a 7.5 cm. de diámetro y de 0.30 a 1 m. de longitud. Estos tubos se conectan a la parte inferior de un tubo vertical no perforado a la profundidad deseada. La parte inferior del tubo perforado tiene una cabeza especial para hincarla, con chiflones.

Una instalación de pozos punta consiste en la colocación de estos pozos alrededor de la excavación proyectada, a una profundidad que garantice el abatimiento deseado del nivel freático. Las separaciones de estos pozos suelen variar entre 1 y 4 m. y sus extremos superiores están conectados a una tubería de descarga de 15 a 30 cm. de diámetro. La tubería de descarga va conectada a una bomba que extrae y envía a otro tubo conectado a ella el agua extraída. Este método por lo general es apropiado cuando el nivel por abatir no es mayor de 5 m. En aquellos casos en que la profundidad es mayor ha dado buen resulta

do la instalación de varias hileras de estos pozos de captación a distintos niveles. Estas hileras suelen colocarse en bermas dejadas expofeso en el talud de la excavación a cada 5m. de desnivel. En esta forma se han logrado abatimientos del nivel freático del orden de 20 a 30m. Sin embargo, en estos casos - pudiera resultar más eficiente el uso de "pozos profundos" con bombas de turbina instaladas en su parte inferior. Estos pozos profundos es frecuente combinarlos con pozos punta en muchos casos mucho más prácticos. Los pozos profundos son de mayor diámetro que los pozos punta de captación y son también ampliamente usados para abatir el nivel freático. Son particularmente adecuados cuando la excavación es profunda, los suelos son muy permeables (arenas y gravas arenosas) y siempre que exista una profundidad suficiente bajo el nivel a que se desea bajar el nivel freático, en la cual se mantenga la presencia del material permeable, para poder alojar en ella la parte perforada o de captación del pozo, pues debe recordarse que el abatimiento que un pozo logra, siempre queda algo más alto que el nivel al que debe colocarse el elemento captador de dicho pozo. El sistema tiene la ventaja de poderse instalar fuera de la excavación, de modo que no interfiera con las operaciones de recimentación.

Los espaciamientos entre pozos profundos varían tanto como entre 5 y 50m. dependiendo de la permeabilidad del material en que están instalados, de su profundidad y del abatimiento que se desee para el nivel freático. El diámetro de los pozos su

le oscilar entre 15 y 50cm. y la longitud de su extremo perforado suele estar entre 5 y 20m.

En suelos de baja permeabilidad puede incrementarse la eficiencia de los pozos punta de captación colocando en su parte superior un sello de bentonita entre el tubo y el suelo, lo que permite aplicar un vacío en el interior del pozo, que aumenta el gradiente hidráulico hacia el mismo. La electrósmosis es uno de los mejores métodos modernos para lograr el control del flujo hacia una excavación en el caso de suelos de muy baja permeabilidad, limos plásticos y arcillas como las del Valle de México, a continuación entramos en forma específica a este método.

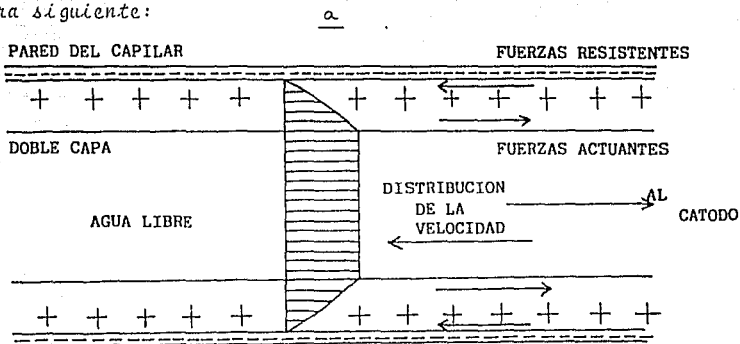
GENERALIDADES. El fenómeno de la electrósmosis fue descubierto por Reuss hace más de 150 años; Reuss observó que si se aplica una corriente eléctrica a una membrana rígida y porosa sumergida en agua, esta última emigra dentro de la membrana -- desde el ánodo (polo positivo) hacia el cátodo (polo negativo). Helmholtz puso por primera vez las bases matemáticas para una explicación racional de este efecto de migración del agua, que constituye la esencia última de las aplicaciones prácticas del fenómeno electrosmótico, estas explicaciones fueron más tarde modificadas por Gouy y otros. Hoy se admite que cuando el agua ocupa un tubo capilar, sus iones positivos están distribuidos de un modo no uniforme, de manera que las mayores concentraciones de ellos se disponen a lo largo de las paredes -

del capilar, en donde existe carga eléctrica negativa; la concentración de iones con carga positiva en el agua disminuye -- hacia las paredes interiores del tubo, siendo mínima a la máxima distancia entre las paredes. La zona de fuerte concentración de iones positivos es la que clásicamente recibió el nombre de "doble capa". Naturalmente que, si por alguna razón, este recubrimiento circunferencial de agua, ligado por fuerzas eléctricas a las paredes del capilar y situado en torno al -- agua libre del interior del tubo se moviese, este movimiento -- arrastraría a toda el agua que ocupa la sección transversal -- del propio tubo. Una diferencia de potencial aplicada externa y suficientemente fuerte puede ser esa razón; si tal diferencia de potencial se aplica, los iones positivos del agua se moverán hacia el cátodo que se haya colocado y con sus movimientos arrastrarán a las moléculas de agua. Si no se estuviere de acuerdo con el sistema de la doble capa y se supusiera una distribución uniforme de los iones positivos dentro de toda la masa del agua en el capilar, el flujo hacia el cátodo como consecuencia de la colocación de una diferencia de potencial suficiente y exterior sería también obvio; pues de cualquier forma el catión migraría, arrastrando con él a la molécula de agua -- con que se relacione.

El gasto que fluye a través de un tubo capilar en las condiciones señaladas es directamente proporcional al gradiente del potencial eléctrico exterior que haya sido aplicado.

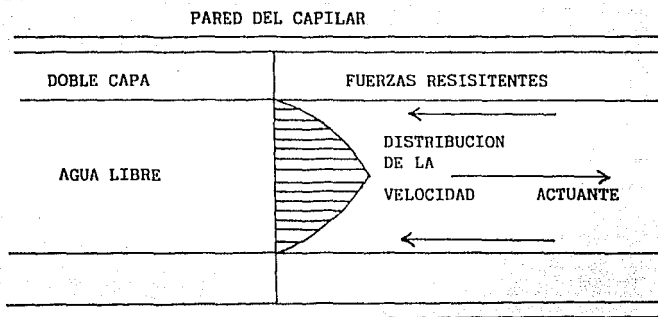
Si el capilar de referencia aún sujeto al campo eléctrico exterior se extrae del agua, pero conservándose lleno, el flujo de iones seguirá produciéndose. En el extremo catódico del capilar se forma un menisco suficientemente fuerte para resistir el flujo del agua en la forma antes expuesta, pero las moléculas de agua circularán dentro del capilar, hacia el cátodo en la zona circunferencial y retornarán al ánodo por la zona central de la sección del capilar. Si ahora se supone que por algún medio este menisco es eliminado, el flujo osmótico se interrumpirá de inmediato. Por esta razón, en los cuerpos rígidos porosos, la electrosmosis sólo producirá una descarga de agua en el cátodo si están sumergidos y si, además, se permite una continua aportación de agua al ánodo. Por esto, los muros húmedos de edificaciones no pueden secarse por electrosmosis, por más que diversas patentes así lo proclamen.

Es muy interesante comparar el flujo electrosmótico en un capilar y el flujo hidráulico común provocado por una carga de agua en el mismo conductor. Esa comparación se hace con la figura siguiente:



Comparación del flujo electrosmótico y del flujo hidráulico normal

b



Comparación del flujo electrosmótico y del flujo hidráulico normal

En el flujo electrosmótico la sección transversal del agua (ver parte a de la figura) se mueve a velocidad prácticamente uniforme, pues la corona que la doble capa representa se está moviendo hacia el cátodo bajo el influjo de las fuerzas eléctricas y está arrastrando al agua libre. El efecto retentivo de las paredes del capilar se manifiesta en este caso sólo en la frontera exterior de la doble capa, que está fuertemente ligada a las paredes por atracciones eléctricas internas. El flujo hidráulico, por el contrario (ver parte b de la figura), - si se admite un régimen del tipo postulado por Hagen y Poiseuille, la distribución de la velocidad en la sección transversal del capilar es mucho menos eficiente; la doble capa no se mueve

ve ahora en absoluto, pues ninguna fuerza eléctrica exterior - contrarresta las atracciones entre cargas opuestas, de manera que el flujo abarca a masas de agua menores, siendo esta diferencia muy apreciable en capilares muy delgados como suelen serlo los de los suelos finos, de esta manera, la doble capa - funciona como pared para efectos de resistencia viscosa y éste es el hecho que rebaja sobre todo la eficiencia del conducto - para efectos de velocidad y gasto. En la práctica se ha visto que, dependiendo del voltaje aplicado y de la separación entre los electrodos, la velocidad del flujo electrosmótico puede -- oscilar entre 100 y 10,000 veces la del flujo hidráulico convencional.

El flujo electrosmótico puede describirse por medio de la - - ecuación:

$$Q = K_e i_e A$$

K_e = es el coeficiente de permeabilidad electrosmótico del - - suelo, definido como la velocidad con que ocurre el flujo electrosmótico bajo un gradiente de potencial unitario.

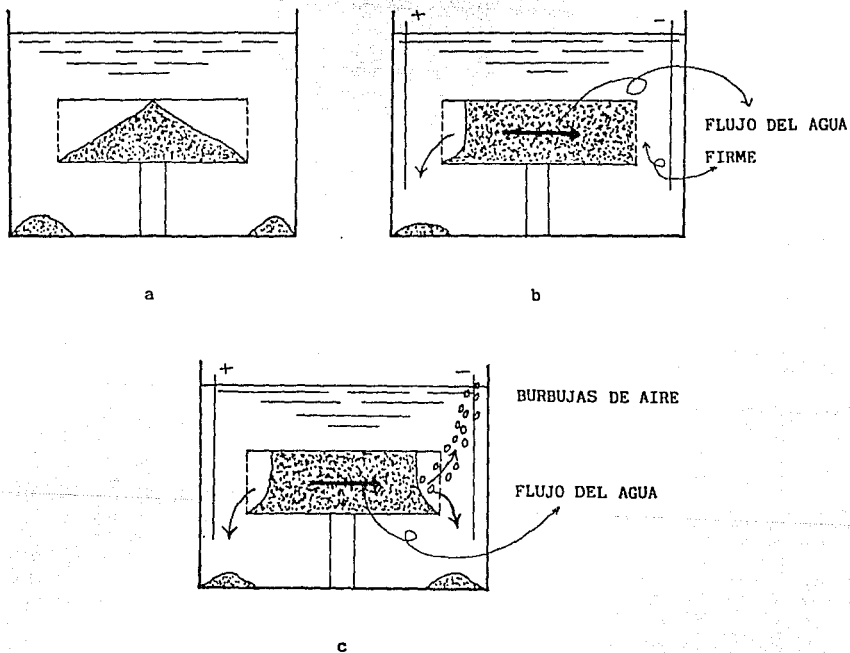
i_e = gradiente de potencial eléctrico aplicado al suelo.

A = tiene el sentido usual de la Ley de Darcy, esto es: A es el área total de la sección transversal.

El valor de K_e , definido, resulta depender únicamente de la po

rosidad del material, pero no de las áreas de las secciones -- transversales de los capilares, a diferencia del coeficiente -- de permeabilidad convencional que sí depende de este último -- concepto. Debido a que la porosidad de la mayoría de los suelos varía entre límites estrechos, no es entonces sorprendente encontrar que el coeficiente de permeabilidad electrosmótico varía poco entre suelos muy diferentes. Casagrande presenta resultados estadísticos que permiten concluir que un valor de 0.5×10^{-4} cm./seg. para un gradiente unitario de 1 volt./cm. es un promedio aceptable, para una primera aproximación del -- coeficiente de permeabilidad electrosmótico de un suelo. Es -- de notar que el valor anterior corresponde a una velocidad 10 veces menor que la que ocurre en un flujo no controlado entre electrodos para el caso de los cationes más frecuentes en los suelos; la diferencia se atribuye a que las moléculas de agua asociadas a los cationes en el suelo y arrastradas, por éstos son de mayor tamaño y se ven detenidas en los estrechamientos de los canalículos y poros del suelo; en los capilares rectos naturalmente no hay este efecto y los cationes empujan libremente a las moléculas de agua en su movimiento. Un efecto adicional de retardamiento que contribuye a explicar la mencionada diferencia de velocidad de circulación, lo constituyen los aniones o partículas con carga negativa, que se mueve hacia el ánodo, contra el sentido general del flujo electrosmótico; estos aniones existen en mucho menor número que los cationes de carga positiva y suelen ser de mucho mayor tamaño.

Las partículas sólidas del suelo pueden también tener carga superficial predominantemente negativa y por ello, al establecerse el campo eléctrico exterior, tienden a dirigirse al ánodo, contra el sentido general del flujo electromótrico del agua. Naturalmente que, por su tamaño, el número de partículas que realmente emigra es reducido, pero al cabo de un tiempo de funcionar el campo eléctrico exterior es común ver que el polo positivo (el mismo ánodo) se recubre de una costra de partículas coloidales del suelo fuertemente adheridas.



Comportamiento de las superficies libres de un suelo cerca de los electrodos

El efecto de un campo exterior sobre un suelo es descrito en la figura anterior.

El suelo al que se refiere la figura citada es un limo no cohesivo, análogo a un polvo de roca, sumergido y colocado en estado saturado en el cilindro abierto que se muestra. En la parte a) de la figura no actúa dentro del depósito ningún campo eléctrico exterior; el limo saturado, que no se sostiene en taludes verticales, empieza a fluir fuera del cilindro, hasta que se llega en él a los taludes de reposo ya estables, en los que se estaciona el fenómeno. En la parte b) de la figura se supone que se ha colocado un campo eléctrico exterior. Su efecto se percibe en el comportamiento de las dos superficies libres del suelo dentro del cilindro abierto; la cara que está más próxima al ánodo se derrumba parcialmente por efecto del movimiento de las partículas con carga negativa del suelo, que tienden a moverse hacia aquel electrodo; dentro del suelo se ha establecido el flujo electrosmótico del agua hacia el cátodo o polo negativo, por efecto del movimiento de los iones positivos contenidos en el agua, que arrastran y empujan las moléculas de esa substancia; las fuerzas de filtración que este flujo origina explican el que el talud de la cara que mira hacia el cátodo, a pesar de que está saliendo el agua, el talud se mantiene vertical porque las partículas minerales del suelo, con carga negativa, tienden a moverse hacia el ánodo, contrarrestándose así el efecto de las fuerzas de filtración y de gravedad. En la parte c) de la figura se ha colocado dentro -

del cilindro limo no cohesivo parcialmente saturado, por lo que las cosas suceden como antes en la cara próxima al ánodo, pero en la cercana al cátodo, las burbujas de aire son arrastradas por el flujo electrosmótico hacia fuera del cilindro y en su recorrido arrastran algunas partículas del suelo, produciendo un derrumbe parcial de la cara, a pesar de la influencia estabilizadora de las cargas negativas de los granos minerales.

A fin de comparar los gastos correspondientes a un flujo electrosmótico y a uno hidráulico común, Casagrande aplicó un gradiente eléctrico a una arcilla sujeta simultáneamente a un gradiente hidráulico que generase un flujo opuesto; para obtener gastos iguales, o sea una situación de equilibrio de flujo, es preciso que el gradiente hidráulico sea de 1000, para un gradiente eléctrico unitario. (Se supone en la relación anterior que el coeficiente de permeabilidad electrosmótica del suelo es del orden de 0.5×10^{-4} cm/seg. y que el coeficiente de permeabilidad es de 5×10^{-6} cm/seg). Lo anterior permite concluir que se precisarán en un caso práctico real gradientes eléctricos bajos y, por tanto, fáciles de lograr, para neutralizar flujos hidráulicos generados por gradientes hidráulicos importantes; en este hecho reside la posibilidad de las aplicaciones de la electrólisis a la recimentación de monumentos.

Formación de Grietas y Fisuras.- Durante el tratamiento electrosmótico es frecuente la formación de grietas y fisuras en

torno al ánodo, las cuales progresan gradualmente hacia el cátodo, a medida que el fenómeno continúa.

Al analizar el fenómeno es necesario considerar la diferencia fundamental entre el flujo debido a una consolidación por carga exterior y el flujo electrosmótico; durante la consolidación, el agua sale por las superficies de drenaje más libre con un gasto que depende del monto de la carga exterior y de la permeabilidad del suelo; en la electrosmosis, toda el agua se mueve instantáneamente al comenzar a actuar el gradiente eléctrico, produciendo un gasto constante.

Al comenzar el flujo hacia el cátodo, el suelo se empieza a contraer cerca del ánodo; en zonas más alejadas de este polo, el suelo aún se ve afectado por el fenómeno, si se exceptúa el flujo a gasto constante al que está sometido, durante el cual el agua perdida se repone con otra que aportan las zonas más próximas al ánodo. Desde el principio, entonces, comienzan a formarse cerca del ánodo grietas perpendiculares al flujo; estas grietas tienden originalmente a una forma circular en torno al ánodo, pero con el tiempo se van desarrollando agrietamientos de otros tipos, que también progresan paulatinamente del ánodo hacia el cátodo. Todos estos sistemas de agrietamiento producen diversos grados de fisuramiento en las arcillas sujetas al fenómeno electrosmótico; estas fisuras servirán como canales para que fluya el agua.

En las cercanías del cátodo se han observado dos fenómenos independientes que también producen grietas. En primer lugar, - en las inmediaciones del cátodo tiende a acumularse agua y ésta, si no se drena, produce aumento de los esfuerzos neutrales que originan grietas normales a la dirección del flujo. Este agrietamiento tiende a evolucionar hacia el ánodo. Además de estas grietas, se producen cerca del cátodo otras. Tan pronto como comienza a circular la corriente se desarrollan en torno al cátodo presiones de poro, debido al flujo de agua en esa dirección y se rompen los meniscos que originalmente se desarrollaron, propiciándose el agrietamiento.

Aplicaciones de la electrósmosis a la recimentación de monumentos.- Uno de los más interesantes fenómenos ligados al flujo electrosmótico es el intercambio de iones monovalentes, como el sodio, por otros con mayor valencia, como el hierro o el aluminio; este intercambio disminuye muy apreciablemente la compresibilidad de la arcilla pero ocurre muy lentamente.

En la Ciudad de México y en otras partes se ha empleado con éxito el drenaje electrosmótico para controlar las expansiones que sufre el fondo de las excavaciones y para evitar la falla de sus taludes perimetrales.

Las instalaciones para un drenaje electrosmótico consisten en series de pozos de bombeo generalmente dispuestos en hilera, a modo de crear una pantalla de captación de flujo. La separa--

ción de estos es variable, pero magnitudes entre 3 y 5m. han trabajado satisfactoriamente; el diámetro de los pozos es del orden de los 20cm. en la Ciudad de México, con un espesor del primer estrato de arcilla algo superior a los 30m. se han llevado hasta 15 ó 20m. de profundidad. Dentro de cada pozo se instala un tubo de hierro ranurado, de unos 10cm. de diámetro, relleniéndose con arena y gravilla el espacio entre el tubo y la perforación, tratando de formar un filtro. En el extremo inferior del tubo metálico se dispone una barra de hierro de 2 ó 3m. de longitud y 2 ó 3cm. de diámetro para formar el cátodo o polo negativo. El ánodo o polo positivo se forma simplemente con barras de hierro de menor longitud que el cátodo (alrededor de 12m.) dispuestas en hileras paralelas a los pozos cátodos.

El agua que se acumula en los pozos cátodo, como consecuencia del flujo electrosmótico, es eliminada por bombeo.

En el caso de tratar de proteger los taludes, uno de los usos más comunes de la electrosmosis y también de los más exitosos, el cátodo se dispone en la corona del talud y el ánodo en el pie y algo más alejado de la estructura; de esta manera se logra la orientación de las fuerzas de filtración más favorables a la estabilidad, pues éstas dejan de ser un peligro, para bajar, contra el deslizamiento.

El verdadero objeto de una instalación electrosmótica para im-

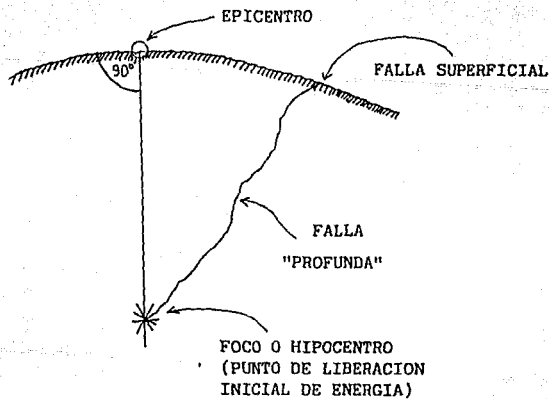
pedir la expansión del fondo de la excavación, no es abatir el nivel freático bajo esa profundidad como se ha dicho con frecuencia. De hecho el nivel freático se abate por sí solo en una excavación practicada en arcilla, algo más abajo del fondo de la excavación realizada y el bombeo correspondiente. De lo que se trata más bien, es de impedir el flujo del agua de las zonas aledañas a la propia excavación, causado por el hecho de que, en esas zonas, el nivel freático se mantiene a su altura original, mayor que el fondo de la excavación realizada. Este flujo hacia la excavación causa la expansión de su fondo y la inestabilidad probable de sus taludes; se neutraliza con la -- pantalla captadora que representa la línea de cátodos y ánodos.

6.- SISMOS.

Los sismos se deben a un deslizamiento en un plano de falla, - a menudo muy abajo de la superficie de la tierra, produciéndose en dicho deslizamiento una gran liberación de energía.

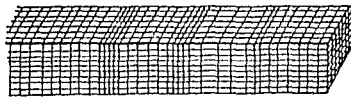
El deslizamiento a lo largo de una línea de falla muy abajo de la superficie de la tierra eventualmente puede producir una "falla superficial", esta falla puede provocar grandes movimientos de tierra, quizá de varios metros, y un edificio situado en una falla superficial es casi seguro que sufra un daño grave sin importar lo bien diseñado que este.

El epicentro es el punto sobre la superficie de la tierra que está directamente encima de donde se inicia la liberación de energía y el movimiento de la falla.

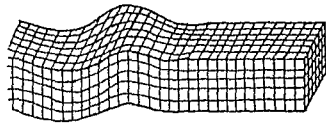


Definiciones utilizadas para describir la localización de un sismo

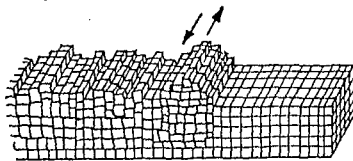
El movimiento del suelo se origina en cuatro tipos de ondas - claramente definidas, creadas por la ruptura de una falla. La primera es la onda "P" o primaria, que es la más rápida y se - desplaza aproximadamente a 8Km/seg. ó 28,800 Km/hora y es la - que arriba primero a una estación de registro, tiene la forma de una onda de sonido que a medida que se propaga empuja y ja - la alternativamente al suelo. El segundo tipo de onda es la - "S" o secundaria, ésta corta a la roca lateralmente en ángulo recto con respecto a la dirección de propagación. El tercer - tipo es una onda superficial denominada onda de "Love", que es similar a una onda secundaria (S) sin desplazamiento vertical, mueve al suelo de un lado a otro horizontalmente paralela a la superficie del suelo, en ángulos rectos respecto a la dirección de propagación, y produce sacudidas horizontales. El cuarto - tipo, también una onda superficial, se le conoce como onda de "Rayleigh", en ésta el suelo se mueve tanto vertical como hori - zontalmente en un plano vertical alineado en la dirección en -- que viajan las ondas.



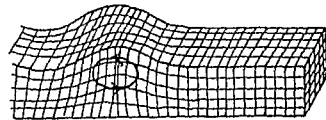
ONDA P



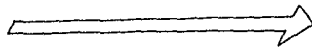
ONDA S



ONDA DE LOVE



ONDA DE RAYLEIGH



DIRECCION DEL MOVIMIENTO DE LA ONDA

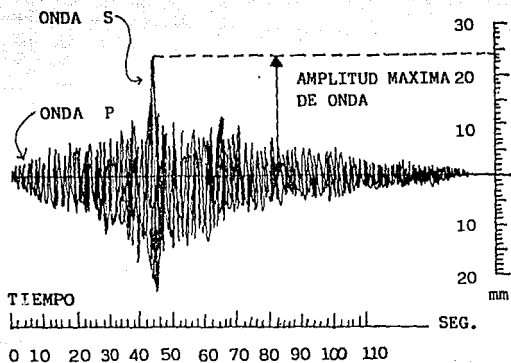
Medida del movimiento del suelo.- El sismógrafo registra el movimiento respecto al tiempo de un péndulo que pende libremente dentro de un marco sujeto al suelo, este instrumento apareció apenas a fines del siglo XIX. En los sismógrafos modernos, el movimiento del péndulo se convierte en señales electrónicas sobre una cinta magnética. Los sismógrafos de movimiento fuerte, denominados acelerómetros o acelerógrafos, se diseñan para registrar directamente movimientos de suelo cercanos y no lejanos, producen un registro denominado acelerograma. Los instrumentos se colocan de tal modo que midan movimientos a lo largo de dos ejes horizontales y uno vertical.

Las medidas más importantes son tres: aceleración, velocidad y desplazamiento. La aceleración, indica el cambio de velocidad, cuando se multiplica por la masa, da la fuerza de inercia que debe resistir un edificio. La aceleración se mide en términos de "g", que es la aceleración de un cuerpo que cae libremente debido a la gravedad de la tierra (aproximadamente 32 -- pies/seg./seg, ó 980cm/seg./seg, ó 980 gals, ó 1.0g). La velocidad se mide en pulgadas o centímetros por segundo, se refiere al cambio de movimiento del suelo. El desplazamiento, medido en pulgadas o centímetros, se refiere a la distancia de una partícula que se mueve de su posición de reposo.

El acelerograma proporciona una imagen del sacudimiento del suelo, en éste, el arribo de la onda "P" inicia el movimiento, a ésta le sigue la onda "S", el tiempo entre las dos permite -

calcular la distancia desde el instrumento hasta el foco del temblor.

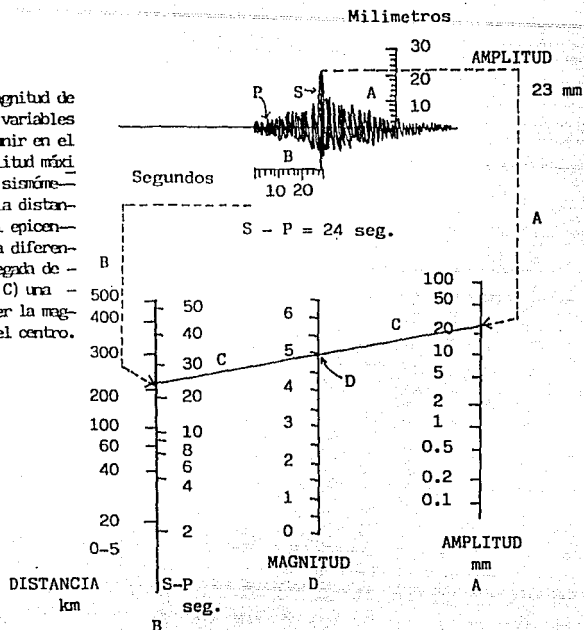
EL ACELEROGRAMA



Una medida más significativa es la aceleración combinada con la duración, esto es la "frecuencia", otro parámetro importante del movimiento del suelo.

Otra medida importante es la "magnitud" del temblor, a menudo se expresa como una magnitud de Richter, basada en la escala establecida por el profesor Charles Richter del Instituto de Tecnología en California, en 1935. La escala de Richter está basada en la amplitud máxima de ciertas ondas sísmicas registradas sobre un sismograma estándar a una distancia de 100 Km. del epicentro del temblor. Nótese que la escala nada dice acerca de la duración o la frecuencia, que pueden tener gran importancia en las causas de daño.

Para determinar la magnitud de Richter a distancias variables desde el epicentro, unir en el diagrama: A) la amplitud máxima registrada por un sismómetro estándar, y B) la distancia del sismómetro al epicentro del temblor (o la diferencia de tiempos de llegada de las ondas P y S) por C) una línea recta, y D) leer la magnitud en la escala del centro.



La escala de Richter no tiene un máximo fijo, pero cerca del 9 es el más alto registrado hasta hoy. Mientras que la escala de Richter cumple con el propósito de posibilitar una comparación objetiva entre distintos temblores, expresa muy poco -- acerca de los efectos locales. Para obtener información directamente relacionada con el sacudimiento local y el daño en edificios, se usan varias escalas de intensidad. Una de las más comunes es la de Mercalli Modificada (M.M.), originalmente propuesta en Europa en 1902 y modificada en 1931 por Wood y Newman. Esta escala esta basada en la observación subjetiva de los -- efectos de los sismos sobre los edificios, suelo y personas. La escala M.M. se ha correlacionado en términos generales con

La aceleración del suelo.

ESCALA DE INTENSIDAD DE MERCALLI MODIFICADA (versión 1956)

- I. No sentido. Efectos marginales y de período largo de sismos grandes.
- II. Sentido por personas que descansan, en pisos altos o situados favorablemente.
- III. Sentido en interiores. Los objetos colgantes oscilan. La vibración es como la del paso de camiones ligeros. Duración estimada. Puede no reconocerse como sismo.
- IV. Los objetos colgantes oscilan. La vibración es como la del paso de camiones pesados; o bien, sensación de una sacudida como la que produce una pelota pesada al golpear los muros. Los automóviles estacionados se mecen. Las ventanas, platos, puertas, hacen ruido. Los vidrios retintinean. La losa entrechoca. En el nivel superior del IV, los muros y los marcos de madera rechinan.
- V. Se siente en el exterior; dirección estimada. Despierta a quien duerme. Se afectan los líquidos, algunos se derraman. Algunos objetos inestables se desplazan o caen. Las puertas oscilan, se abren, se cierran. Las persianas, los cuadros, se mueven. Los relojes de péndulo se detienen, vuelven a moverse, cambian su ritmo.
- VI. Todos lo sienten. Muchos se asustan y corren hacia el exterior. Las personas caminan tambaleándose. Las ventanas, platos, cristalería, se rompen. Los objetos, los libros y otros objetos, se caen de los estantes. Los cuadros se caen de las paredes. Los muebles se desplazan o se vuelcan. El aplanado débil y la mampostería D se agrietan. Las campanas pequeñas suenan (de iglesia, de escuelas). Los árboles y arbustos se mueven notablemente o se oyen crujir.
- VII. Es difícil mantenerse en pie. Los conductores de automóviles lo sienten. Los objetos colgantes se estremecen. Los muebles se rompen. Daños en mampostería D, incluyendo agrietamiento. Las chimeneas débiles se rompen a nivel del techo. Caída de aplanados, así como de ladrillos flojos, piedras, tejas y cornisas, también los parapetos y ornamentos arquitectónicos no contraventeados. Algunas grietas en mampostería C. Se forman olas en los estanques, el agua se enturbia con lodo. Pequeños deslizamientos y cavitación en bancos de arena o grava. Las campanas grandes suenan. Los canales de concreto para irrigación se dañan.
- VIII. Se afecta el control de los automóviles. Daño en mampostería C; colapso parcial. Ciertos daños en mampostería B, ninguno en mampostería A. Se cae el estuco y algunos muros de mampostería. Torcimiento, caída de chimeneas, torres de chimeneas de fábricas, monumentos, torres, tanques elevados. Las casas construidas a base de marcos se mueven sobre sus cimientos si no están atornillados; se desploman los muros de paneles sueltos. Los pilotes deteriorados se rompen. Se rompen las ramas de los árboles. Cambio del

curso o de la temperatura de manantiales o pozos. Grietas en suelo húmedo y en pendientes pronunciadas.

- IX. Pánico general. Se destruye la mampostería D; se daña gravemente la mampostería C, y a veces se colapsa totalmente; la mampostería B se daña gravemente. Daño general en cimentaciones. Las estructuras de marco, si no están atomilladas, se sueltan de la cimentación. Los marcos se deforman. Daños graves en cisternas. La tubería subterránea se rompe. Agrietamiento notable del suelo. En áreas de aluvión, la arena y el lodo son expulsados al exterior creando fuentes sísmicas y cráteres de arena.
- X. La mayor parte de la mampostería y de las estructuras de marco se destruyen junto con sus cimientos. Se destruyen algunas estructuras y puentes de madera bien contruidos. Daños graves en presas, diques, represas. Grandes deslizamientos de tierra. El agua se desborda de canales, ríos y lagos. La arena y el lodo se desplazan en forma horizontal en las playas y en tierra plana. Los rieles se doblan ligeramente.
- XI. Los rieles se doblan en gran medida. Los ductos subterráneos que dan completamente fuera de servicio.
- XII. Daño casi total. Grandes masas rocosas se desplazan. Se distorsionan las líneas de mira y nivel. Los objetos son arrojados al aire.

MAMPOSTERIA A. Mano de obra, mortero y diseño de buena calidad; reforzada sobre todo lateralmente, y pegada usando acero, concreto, etc. diseñada para resistir fuerzas laterales.

MAMPOSTERIA B. Mano de obra y mortero de buena calidad; reforzada, pero no diseñada en detalle para resistir fuerzas laterales.

MAMPOSTERIA C. Mano de obra y mortero ordinarios, sin debilidad extrema como falta de traslape en esquinas, pero no reforzada ni diseñada contra fuerzas horizontales.

MAMPOSTERIA D. Materiales débiles, como adobe; mortero pobre; baja calidad de la mano de obra; débil horizontalmente.

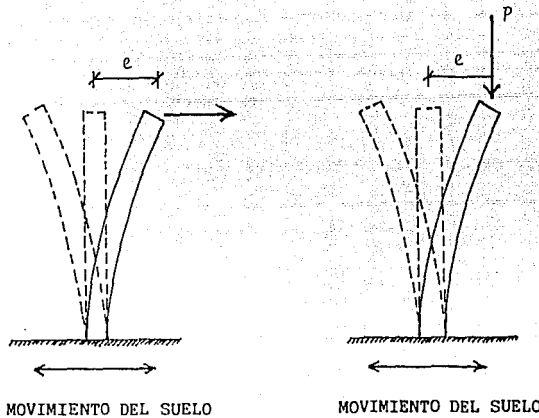
E.U.	U.R.S.S.	JAPON
I	I	I
II	II	
III	III	
IV	IV	II
V	V	III
VI	VI	IV
VII	VII	V
VIII	VIII	
IX	IX	VI
X	X	
XI	XI	VII
XII	XII	

CONVERSIONES APROXIMADAS PARA ESCALAS DE INTENSIDAD
DE UN SISMO.

Reacción del edificio al movimiento del suelo: Fuerzas de inercia.- El movimiento del suelo no daña al edificio por un impacto similar al de una bola de un demoleedor, o por presión aplicada externamente, como la del viento, sino por fuerzas de inercia generadas internamente causadas por la vibración de la masa del edificio. La masa, tamaño y forma del edificio (su configuración determinan parcialmente tanto la naturaleza de estas fuerzas como la manera en que serán resistidas. Las fuerzas de inercia son el producto de la masa por la aceleración ($F = m \times a$, de Newton). La aceleración es el cambio de velocidad (o la velocidad en determinada dirección) en función del tiempo, y es una función de la naturaleza del temblor. La masa es una característica del edificio. Puesto que las fuerzas son de inercia, por lo general un aumento en la masa produce un aumento de fuerza.

Los otros aspectos detrimentales de la masa, además de su participación en el aumento de las cargas laterales, es que la falla de elementos verticales como las columnas o muros, puede presentarse el pandeo, cuando la masa, empujando hacia abajo - debido a la gravedad ejerce su fuerza sobre un miembro flexionado o desplazado lateralmente por fuerzas laterales. Este fenómeno se conoce como el efecto de "P - e" o "P - Δ ". Cuando mayor sea la fuerza vertical, mayor será el momento debido al producto de la fuerza "P" y la excentricidad "e" (o Δ).

El efecto $P-e$.
 Los esfuerzos causados por el momento $P-e$ se ejercen de manera concurrente con los otros esfuerzos inducidos por el sismo y la gravedad. En un caso particular, todos los esfuerzos pueden ser aditivos



La carga vertical es la que casi siempre hace que el edificio colapse; durante un terremoto generalmente los edificios se caen, hacia abajo, no hacia adelante o atrás. Las fuerzas laterales agotan la resistencia de la estructura mediante flexión y esfuerzo cortante en las columnas, vigas y muros, y luego la gravedad atrae la estructura debilitada o distorsionada hacia abajo.

Período y resonancia.- Si se sacude un asta bandera con un objeto pesado en la parte superior con el intento de quebrarla, pronto se aprenderá a sincronizar los empujones y jalones con la tendencia natural del asta a vibrar de un lado a otro con un ritmo determinado, que es su período fundamental. Si tiende a balancearse de un lado a otro un ciclo completo una vez por segundo cuando se jala y se deja vibrar, tendrá un período fundamental de un segundo. Si se puede predecir de manera aproximada la velocidad con que se sacudirá el suelo, lo cual es similar a controlar la velocidad o ritmo con que se sacude

la base del asta, así se podría ajustar el ritmo con que el -
asta vibrará naturalmente, de tal manera que los dos puedan o
no coincidir. Si coinciden, entonces las dimensiones del ba--
lancco se harán más grandes, se dice entonces que el asta en-
tra en resonancia y las cargas sobre ella aumentarán.

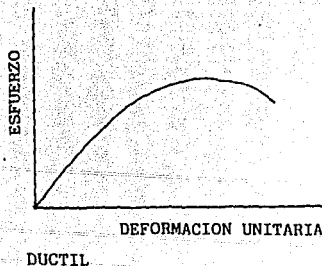
Usualmente, los períodos naturales del suelo son entre 0.5 y 1
segundo, de tal modo que es posible que el edificio y el suelo
tengan el mismo período fundamental. Por lo tanto es importan-
te que con el tipo de recimentación seleccionado se logre un
adecuado anclaje al suelo así como a la estructura del edifi--
cio, con esto se logrará que los períodos fundamentales de --
nuestros monumentos se reduzcan hasta 0.05 segundos.

Amortiguamiento.- Si un edificio resuena en respuesta al movi-
miento del suelo, su aceleración se amplifica del mismo modo -
en que la respuesta de ciertos tipos de suelos pueden amplifi-
car el movimiento del terreno. Estas ampliificaciones pueden -
ser muy grandes, para un péndulo, la ampliificación se puede in-
crementar 50 veces, un aumento que para un edificio, provoca--
ría grandes fuerzas destructivas. Sin embargo, los edificios
no pueden resonar con la libertad de un péndulo porque están -
amortiguados, es decir, son muy ineficientes para vibrar, y -
cuando se ponen en movimiento tienden a regresar rápidamente a
su posición original. El mayor o menor amortiguamiento en un
edificio depende de las conexiones, de los elementos no estruc-
turales y de los materiales empleados en su construcción.

Ductilidad.- La ductilidad esta relacionada en forma directa con los materiales empleados, sobre todo el acero. La falla en estos materiales se presenta cuando una considerable deformación inelástica les impide regresar a su forma original después de la deformación. Sin embargo, los materiales frágiles como el concreto, fallan súbitamente con un mínimo de deformación.

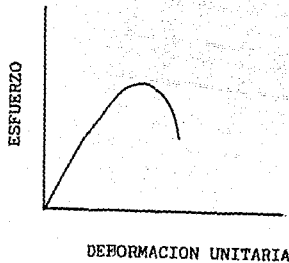
No obstante, nótese que el acero contenido en el concreto reforzado también puede darle una ductilidad considerable. Al deformarse la estructura absorbe energía y difiere la falla absoluta del concreto.

La ductilidad y la reserva de capacidad están estrechamente relacionados, sobrepasando el límite elástico (el punto en el que las cargas causan deformación permanente), los materiales dúctiles pueden soportar mayor carga antes de fracturarse completamente. Además, las proporciones de los miembros, las condiciones de los extremos y los detalles de conexión también pueden afectar la ductilidad. La capacidad de reserva es la aptitud de una estructura completa para resistir sobrecarga, y es dependiente de la ductilidad de sus miembros individuales.



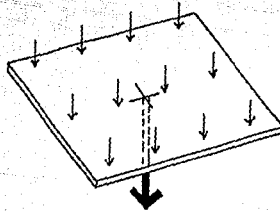
Variaciones de --
ductilidad: La curva
es para el acero.

Variaciones de ductilidad: La curva es para el concreto.

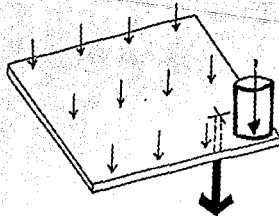


FRAGIL

Torsión.- El centro de masa o centro de gravedad de un objeto es el punto en que se podría equilibrar exactamente sin provocar rotación. La masa uniformemente distribuida produce la coincidencia de un centro geométrico de planta con el centro de masa.



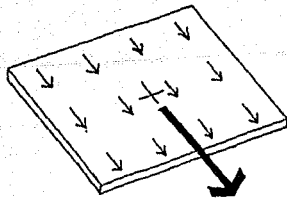
Una distribución excéntrica de la masa sitúa el centro de ésta lejos del centro geométrico.



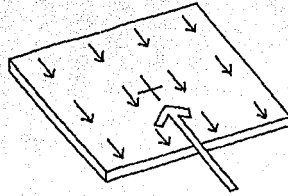
Esto significa que como cada partícula de masa de un objeto es atraída por gravedad hacia el centro de masa de la tierra ("hacia abajo"), la fuerza opuesta ejercida hacia arriba para contrarrestar esta fuerza o "peso", se debe situar precisamente - bajo el centro de masa del objeto para hacer que el objeto se equilibre sin ningún momento resultante.

Cuando las partículas de masa se aceleran en forma horizontal debido a las fuerzas de inercia de un sismo, se aplican los mismos principios de equilibrio o compensación. Los sismos crean fuerzas de inercia que se pueden semejar a un equivalente de la gravedad en dirección horizontal, cada partícula de masa se acelera lateralmente (y a veces también verticalmente).

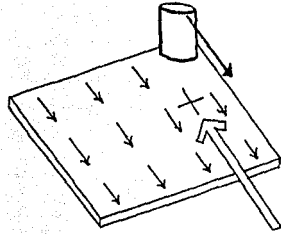
Si la masa dentro de un piso se distribuye de manera uniforme, entonces la fuerza resultante de la aceleración horizontal de todas sus partículas de masa se aplica a través del centro del piso.



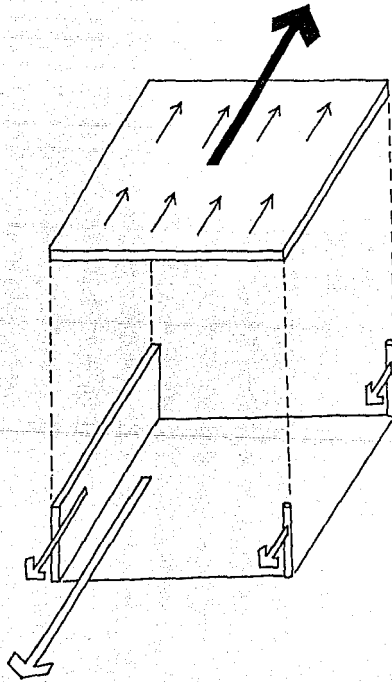
Si la resultante de la resistencia (proporcionada por muros o marcos) pasa a través de este punto, y por tanto coincide con la resultante de las cargas, se mantiene el equilibrio dinámico de translación. De otro modo se produciría rotación horizontal o torsión.



Si la masa está situada excéntricamente, la carga sísmica también será excéntrica, puesto que el sismo sólo genera cargas por la presencia de masas, y la cantidad de carga es directamente proporcional a la cantidad de masa. Si la carga es excéntrica, entonces también la resistencia debe ser excéntrica, de tal modo que la localización del centro de masa y el centro de resistencia horizontal estén en el mismo punto y se evite la torsión.

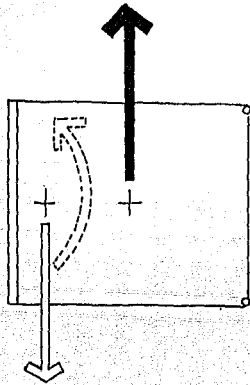


Masa excéntrica-
centrada: La resistencia-
centrada actúa a través
del centro de masa propor-
cionando un equilibrio —
dinámico; no hay torsión.



Torsión en un edificio de
configuración simple.

En la figura siguiente se ve el efecto de torsión creado en una configuración sencilla de edificio. Se presenta torsión debido a que una fuerza lateral uniformemente distribuida no está siendo resistida por una resistencia lateral uniformemente distribuida.



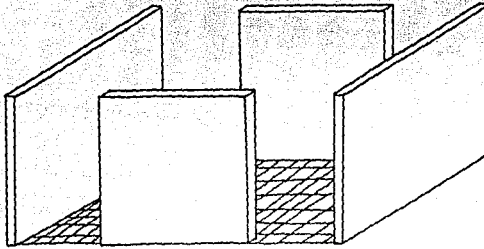
En un edificio en que la masa esté distribuida en planta de una manera más o menos uniforme (lo cual sería típico de una planta simétrica con masas uniformes de piso, muros y columnas) la disposición ideal para los elementos resistentes es colocarlos simétricamente, en todas direcciones, de tal modo que no importe en que dirección sean empujados los pisos, ya que la estructura reaccionará con una rigidez equilibrada que evitará la rotación.

Resistencia y rigidez.- La resistencia y la rigidez son, intuitivamente, dos de las más importantes características de cualquier estructura. Una medida de la rigidez es la deflexión, y para cargas verticales de gravedad es en la mayoría de los casos el único aspecto que importa de la rigidez. En los casos de restructuración de edificios es importante en el dimensionamiento de vigas, rigiendo a menudo la deflexión y no tanto la resistencia. El problema de la resistencia consiste en como resistir una carga dada sin exceder cierto esfuerzo; - el problema de la rigidez o de deflexión horizontal es como prevenir que la estructura se salga del alineamiento más allá de una cantidad dada.

Sistemas resistentes.- Para resistir fuerzas sísmicas, se emplea un número reducido de componentes diferentes que se combinan para formar un sistema resistente completo.

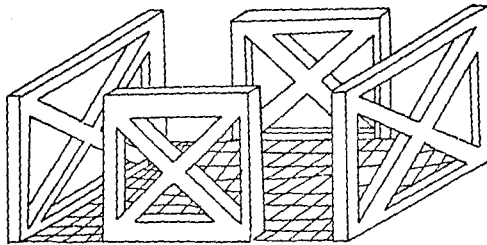
En el plano vertical, tres clases de componentes resisten las

fuerzas laterales: muros resistentes a cortante, marcos contraventeados y marcos resistentes a momento, o sea marcos rígidos. En el plano horizontal se usan diafragmas, formados con frecuencia por los pisos y techo del edificio, o bien, armaduras horizontales.

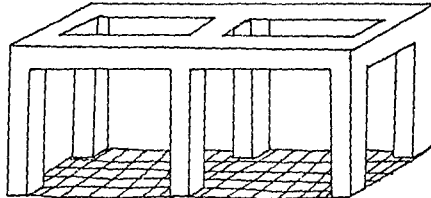


Componentes para
resistencia - -
sísmica.

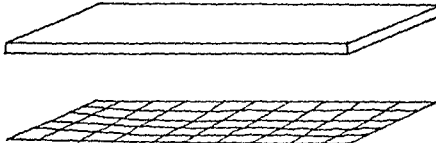
MUROS RESISTENTES AL CORTANTE



MARCOS CONTRAVENTEADOS



MARCOS RESISTENTES A MOMENTO



DIAFRAGMAS

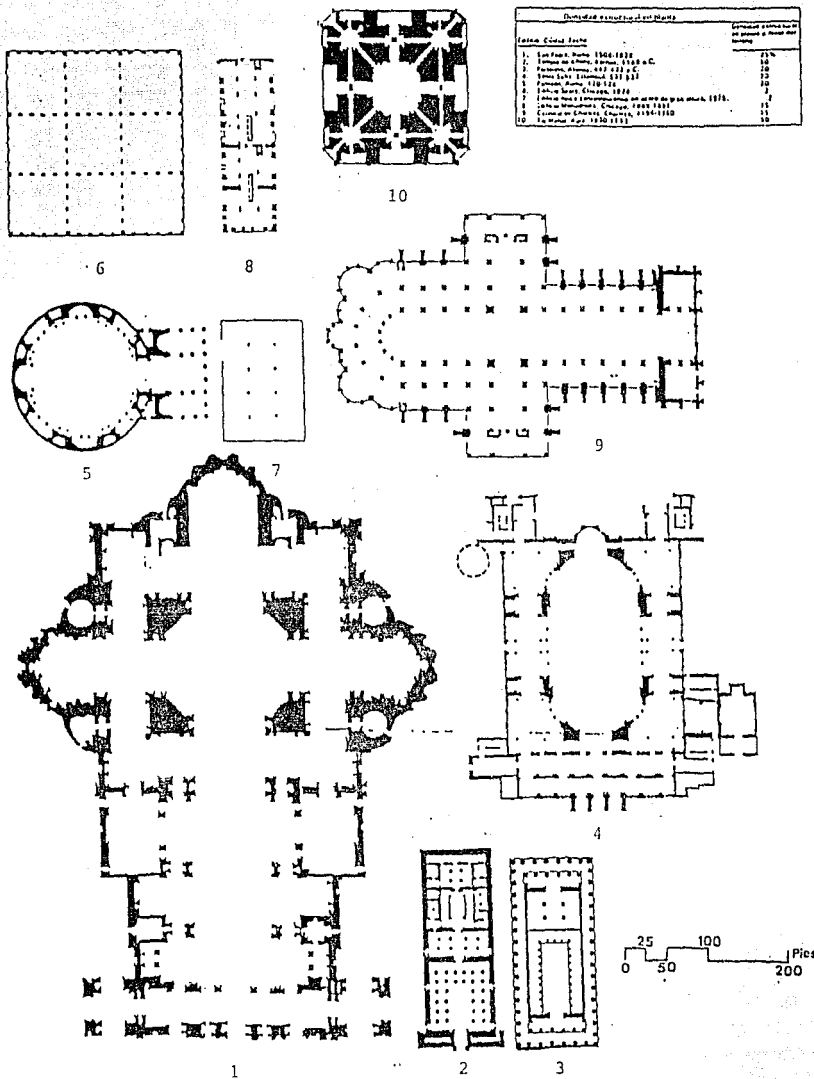
Elementos no estructurales. - Es importante reconocer que elementos no estructurales pueden formar de manera inadvertida, parte del sistema resistente lateral, por ejemplo: los muros de confinamiento o de separación que no se aíslan de la estructura mediante juntas deslizantes, éstos se tienen que diseñar como parte integrante de la estructura, entonces su localización constituye un aspecto estructural. Debido a la enorme rigidez de los muros, en comparación con los marcos, una pequeña porción de muro situada en un lugar equivocado puede redistribuir drásticamente las cargas y cambiar el comportamiento de la estructura. Las distribuciones asimétricas de muros pueden impedir que un conjunto de marcos simétricos responda a las fuerzas laterales de un modo relativamente libre de torsión. Las escaleras, debido a que pueden constituir un contraventeo diagonal, son también muy rígidas y fácilmente desempeñan una función importante, para bien o para mal, a menos que se aíslen respecto a los movimientos laterales.

Densidad de la estructura en planta: El tamaño y la densidad de los elementos estructurales en los edificios de siglos pasados son de manera sorprendente mayores que los de los edificios actuales.

La medida estadística interesante a este respecto es la "densidad de la estructura en planta" a nivel del terreno, definida como el área total de todos los elementos estructurales verticales (columnas, muros, etc.) dividida entre el área bruta del

piso. Las plantas densamente rellenas en edificios de épocas anteriores presentan un sorprendente contraste. La densidad de la estructura en planta a nivel del suelo puede alcanzar -- hasta el 50%, como el caso del templo de Khons en Egipto o el Taj Mahal; la relación para la catedral de San Pedro es de cerca del 25%; para Santa Sofía, el Partenón y el Panteón, el 20%; y para la catedral de Chartres, 15%. El edificio Monadnock, - de 16 pisos, que se construyó un poco antes del surgimiento de los rascacielos con estructura de marcos metálicos, y en el - que se usaron muros de carga exteriores de ladrillo de 1.80m. de espesor a nivel del terreno, tiene una relación del 15%.

Los restauradores se sorprenden por el hecho de que muchos de los edificios antiguos son sísmicamente casi seguros, el factor principal que da a los edificios antiguos su resistencia - sísmica en su configuración, esto es la forma del conjunto del edificio, su tamaño, naturaleza y localización de elementos re sistentes y no estructurales dentro de él.



Análoga a la densidad de estructura en planta es la medida de la extensión de muros en una estructura.

La validez de usar una sencilla relación entre longitud de muro y área de piso depende de dos factores generales: el área de piso se debe correlacionar bien con la masa del edificio y por lo tanto con su carga, y la longitud del muro debe ser un indicador exacto de la resistencia proporcionada por el sistema de contraventeo.

Como referencia, actualmente un edificio normal de 10 a 20 pisos, con marcos de concreto o acero resistentes a momentos, las columnas ocuparán el 1% o menos del área de su planta, y los diseños en que se usa una combinación de marcos-muros de cortante alcanzarán típicamente una densidad de estructuras en planta a nivel del suelo de cerca del 2%, incluso para un edificio de oficinas de muchos pisos, que se apoyen solamente en muros de cortante, probablemente la relación llegará solo al 3%.

Por lo tanto el peso estructural y la densidad del edificio son factores fundamentales que se deben tomar en cuenta para la selección del sistema de recimentación.

7. - RECOMENDACIONES SOBRE RECIMENTACIONES.

A continuación se exponen ciertas normas breves que han de ser tomadas en cuenta para el proyecto y diseño de cualquier recimentación.

Los factores que influyen en la correcta selección de una recimentación, pueden agruparse en tres clases principales:

- 1.- Los relativos a la superestructura, que engloban su función, cargas que transmite al suelo, materiales - que la constituyen, etc.
- 2.- Los relativos al suelo, que se refieren a sus propiedades mecánicas, especialmente a su resistencia y - compresibilidad, a sus condiciones hidráulicas, etc.
- 3.- Los factores económicos, que deben balancear el costo de la recimentación en comparación con la importancia y aún el costo de la superestructura.

De hecho, el balance de los factores anteriores puede hacer - que diferentes restauradores lleguen a soluciones distintas para una recimentación, pues el problema carece de solución única por falta de un criterio "exacto" para efectuar tal balance, que siempre tendrá una parte de apreciación personal.

En general, puede decirse que un balance meditado de los facto

res anteriores permite en un análisis preliminar a un restaurador con experiencia eliminar todos aquellos tipos de recimentación francamente inadecuados para resolver su problema específico, quedando sólo algunos que deberán de ser más cuidadosamente estudiados para elegir entre ellos unas cuantas soluciones que satisfagan todos los requisitos estipulados desde el punto de vista estructural, de suelos, social, etc., para escoger de entre éstos el proyecto final.

Si ha habido éxito en todas las etapas del estudio, la solución final representará un excelente compromiso entre requerimientos estructurales y de costo.

Debe observarse que al balancear los factores, adoptando un punto de vista estrictamente de restauración del "edificio-monumento", debe estudiarse no solo la necesidad de proyectar una recimentación que se sostenga en el suelo disponible sin falla o colapso, sino también que no tenga durante su vida asentamientos o expansiones que interfieran con la función del inmueble. Se llega así a la contribución fundamental de la Mecánica de Suelos al problema de la Recimentación de Monumentos, contribución de doble aspecto que involucra dos problemas de la misma importancia para garantizar el éxito final. Por un lado, abordando un problema de Capacidad de Carga, se trata de conocer el nivel de esfuerzos que la recimentación puede transmitir al suelo sin provocar un colapso o falla brusca, general

mente por esfuerzo contante, por otro lado, será necesario cal
cular los asentamientos o expansiones que el suelo va a sufrir
con tales esfuerzos, cuidando siempre que éstos queden en nivel
es tolerables para el inmueble de que se trate. No puede de-
cirse que uno de los aspectos anteriores tenga mayor importan-
cia que el otro en el proyecto de una recimentación, ambos de-
berán ser tenidos en cuenta simultáneamente y de su justa apre-
ciación dependerá el éxito o fracaso en un caso dado.

CAPITULO V

CASOS DE ESTUDIO.

V.- CASOS DE ESTUDIO.

1.- CÁLCULO.

En este capítulo, en la primera parte, daremos unos ejemplos típicos de los cálculos para diferentes tipos de cimentaciones, con el objetivo de aclarar la metodología que se sigue para cada caso en cuestión.

Los ejemplos seleccionados son de carácter y aplicación general, con el fin de que se puedan aplicar de una manera lógica y sencilla.

Al inicio de cada caso se da una pequeña explicación de la aplicación del mismo.

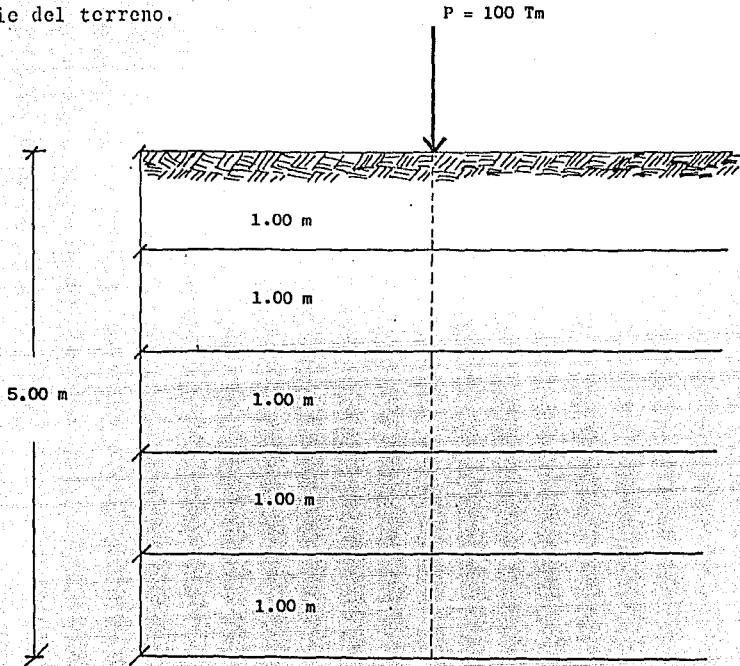
- Distribución de presiones en los suelos.

El caso más sencillo de la distribución de presiones corresponde a una carga concentrada y vertical en la superficie de un terreno considerado homogéneo, elástico e isótropo. El problema matemático fue resuelto por Boussinesq en el año de 1865 mediante la teoría de la elasticidad. Al integrar la ecuación de Boussinesq para una superficie rectangular quedando el punto bajo integración a una profundidad "z".

EJEMPLO:

Determinar la distribución vertical de esfuerzos sobre planos horizontales hasta 5 m, de metro en metro, en la línea de acción de una carga de 100 T m concentrada en la super-

ficie del terreno.



Solución:

El problema se resuelve mediante la fórmula de Boussinesq para cada metro de profundidad.

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{Z^3}{R^5}$$

Como en este caso se piden los esfuerzos directamente bajo la carga, la fórmula se transforma en:

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi \cdot Z^2}$$

Por tanto:

$$\alpha_z = \frac{(3)(100)}{(2) \cdot \pi \cdot z^2} = \frac{300}{6.28 z^2} = \frac{47.78}{z^2}$$

así:

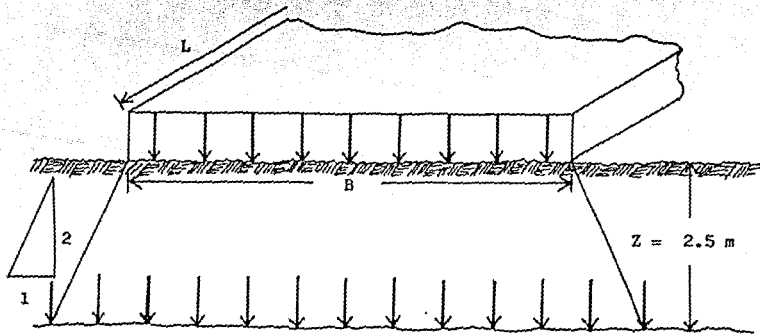
- | | |
|----------------------|--|
| a) Para $Z = 1.0$ m; | $\alpha_z = 47.8 \text{ Tm/m}^2 = 4.78 \text{ Kg/cm}^2$ |
| b) Para $Z = 2.0$ m; | $\alpha_z = 11.9 \text{ Tm/m}^2 = 1.19 \text{ Kg/cm}^2$ |
| c) Para $Z = 3.0$ m; | $\alpha_z = 5.3 \text{ Tm/m}^2 = 0.53 \text{ Kg/cm}^2$ |
| d) Para $Z = 4.0$ m; | $\alpha_z = 2.98 \text{ Tm/m}^2 = 0.298 \text{ Kg/cm}^2$ |
| e) Para $Z = 5.0$ m; | $\alpha_z = 1.9 \text{ Tm/m}^2 = 0.19 \text{ Kg/cm}^2$ |

EJEMPLO:

Mediante el método de 2:1, determinar la presión α_z que una carga de 120 Tm, distribuida en un área de 2.0 m de ancho por 3.0 m de largo produce a 2.50 m de profundidad, bajo su desplante.

Solución:

La presión promedio se encuentra con la ecuación:



$$\alpha_z = \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = \frac{120}{(2+2.5)(3.0+2.5)} = \frac{120}{24.75} = 4.85 \text{ Tm/m}^2 = 0.485 \text{ Kg/cm}^2$$

La presión σ_z anterior es la presión media a la profundidad indicada. La presión máxima aproximada se encuentra multiplicando la presión media por 1.5. Así, la presión máxima en este problema es:

$$\sigma_{z_{máx}} = (4.85) (1.5) = 7.27 \text{ Tm/m}^2 = 0.73 \text{ Kg/cm}^2$$

- *Capacidades de carga en las recimentaciones.*

Es creencia algo generalizada que cualquier terreno puede sostener con eficiencia una construcción liviana y, por tanto, no se requiere un estudio de suelos. Sin embargo, los hechos demuestran lo contrario. Casas residenciales y otras construcciones livianas han sido muy afectadas debido al desconocimiento de las características del subsuelo.

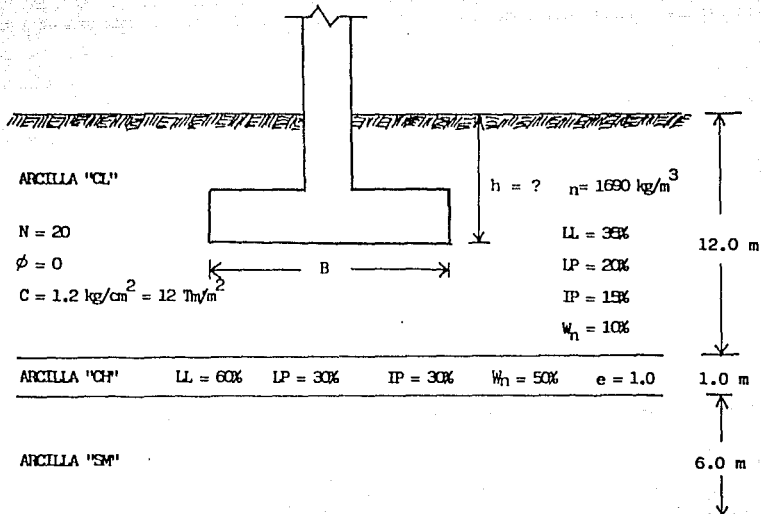
La capacidad de carga admisible en una recimentación es aquella que puede aplicarse sin producir desperfectos en la estructura, teniendo un margen de seguridad dado por el coeficiente de seguridad.

La capacidad de carga depende del tipo de suelo (gravas, arenas, limos, arcillas, o combinaciones de ellas), de las características de la recimentación y de la estructura, y del coeficiente de seguridad adoptado. El conocimiento de la presencia o ausencia del nivel de las aguas freáticas es muy importante

porque cambia las condiciones de resistencia.

EJEMPLO:

Determinar la profundidad de desplante aconsejable para una zapata de 2.0 m de ancho por 3.0 m de largo a fin de que no se produzcan movimientos fuertes en ésta debidos a cambios de humedad, si se desplanta en un suelo tipo Cl del sistema -- unificado de clasificación de suelos, como se indica en la figura.



Solución:

Mediante la ecuación que sigue, se obtiene para los suelos tipo

Cl:

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{[(0.827 - 0.01698IP)IP] - 4}{r_n} = \\
 &= \frac{[(0.827 - 0.01698 \times 15)15] - 4}{1.69} = \\
 &= \frac{[(0.827 - 0.2547)15] - 4}{1.69} = 2.71 \text{ m}
 \end{aligned}$$

EJEMPLO:

En el problema anterior la arcilla es tipo *Cl*; ¿es aconsejable el uso de zapatas aisladas?

Solución:

La arcilla *Cl* del primer estrato presenta un índice de compresión $C_c = 0.009 (35 - 10) = 0.225$; es decir, es de compresibilidad media (está comprendido entre 0.20 y 0.39), lo que indica que es más recomendable, desde el punto de vista del control de los asentamientos diferenciales, emplear zapatas continuas ligando las columnas con vigas de cimentación para darle la rigidez necesaria.

EJEMPLO:

Si en el suelo del problema anterior se construye una zapata continua de un metro de ancho por 20.0 m de largo (por lo general cuando L/B es mayor de 5, se considera como continua), ¿cuál es la capacidad de carga admisible de la zapata con un factor de seguridad de tres?

Solución:

Se aplica la siguiente ecuación de Terzaghi para la capacidad de carga última:

$$q_d = c \cdot N_c + \gamma Z \cdot N_q + 0.5 \gamma B \cdot N_\gamma$$

$$c = 12 \text{ Tn/m}^2$$

$N_c = 5.7$ (para $\phi = 0, N_c = 5.7, N_q = 1$ y $N_\gamma = 0$) según la tabla de

Terzaghi siguiente:

ϕ°	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	2.5
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	22.5	19.7
34	52.6	36.5	35.0
35	57.8	41.4	42.4
40	95.7	81.3	100.4
45	172.3	173.3	297.5
50	347.5	415.1	1153.2

La capacidad de carga última es:

$$q_d = (12) (5.7) + (1.69) (2.71) (1) = 68.4 + 4.58 = 72.98 \text{ Tn/m}^2$$

Con un factor de seguridad de tres, la capacidad de carga

admisible es:

$$q_a = \frac{72.98}{3} = 24.33 \text{ Tn/m}^2 = 2.4 \text{ Kg/cm}^2$$

EJEMPLO:

Un manto de arena de 15 m de espesor servirá para desplantar una estructura por medio de zapatas aisladas. Las zapatas se colocarán a 2.0 m de profundidad, la mayor de ellas - es de 2.0 m de ancho por 3.0 m de largo. La arena es bastante fina y el nivel freático se encuentra a 1.0 m de la superficie del terreno. Se hicieron pruebas de penetración normal a cada metro de profundidad, encontrándose que el menor promedio (entre todos los sondeos hechos) de los valores de N, bajo una -- distancia de 2.0 m bajo el nivel de desplante, fue de 23.

Determinar la capacidad de carga de la recimentación con un factor de seguridad de dos y un asentamiento máximo de 2.54 cm

Solución:

La siguiente expresión de Terzaghi-Peck se aplica para el caso:

$$q_a = 720 (N-3) \left(\frac{1+B}{2B} \right)^L (R) 4.88$$

en la que:

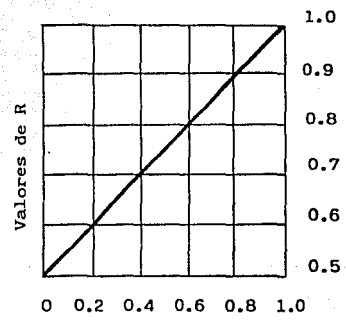
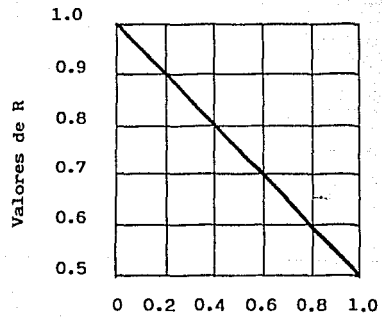
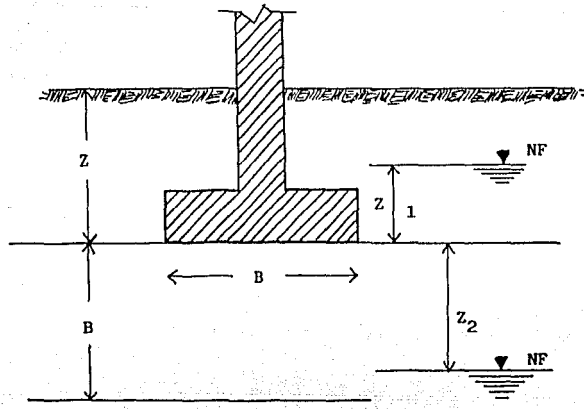
q_a = capacidad de carga admisible en Kg/m^2 (el factor 4.88 es el de cambio de unidades).

N = número de golpes en la prueba de penetración normal, y que, en este caso por ser arena fina sumergida, se modifica así:

$$N' = 15 + 0.5 (N-15) = 15 + 0.5 (8) = 19$$

B = ancho de la zapata, en pies.

R = factor de reducción según condiciones de la figura:



$$\frac{z_1}{Z}$$

$$\frac{z_2}{B}$$

Solución:

$$q_a = 720(19-3) \left(\frac{1 + 6.56}{13.12} \right)^2 (0.75) 4.88 = (11,520) (0.332) (0.75)$$

$$(4.88) = 13,998.18 \text{ Kg/m}^2 = 13.998 \text{ Tm/m}^2 = 1.4 \text{ Kg/cm}^2$$

El valor anterior puede aumentarse multiplicándolo por $(1+Z/B)$ con un valor límite de dos cuando Z/B sea mayor que uno, por tanto:

$$q_a = 13.998 \left(1 + \frac{2}{2} \right) = (13.998) (2) = 28.0 \text{ Tm/m}^2 = 2.8 \text{ Kg/cm}^2$$

EJEMPLO:

En un estrato de arena fina se construye una losa de recimentación. Para la determinación de la capacidad de carga se realizan varios sondeos y determinaciones del valor de N en la prueba de penetración normal. Si el valor promedio de N es de 15, ¿cuál puede ser la capacidad de carga admisible de la arena?

Solución:

Para el caso de losas que se van a construir sobre arenas, se puede determinar la capacidad de carga admisible por medio de la expresión:

$$q_a = \frac{N - 3}{5} = \frac{15 - 3}{5} = 2.4 \text{ Kg/cm}^2$$

- Zapatas de Recimentación.

El tipo de recimentación por medio de zapatas aisladas es aconsejable cuando el suelo es de baja compresibilidad, es decir, que su índice de compresión es menor de 0.20. Cuando el suelo tiene estas características se considera, al usar zapatas aisladas, que los asentamientos diferenciales deben ser controlados, ya sea por la flexibilidad de la estructura que los acepta o por el uso del procedimiento de asentamientos iguales en el cálculo de las áreas de las zapatas. Cuando el suelo es de compresibilidad media, entonces es más aconsejable el uso de zapatas continuas, ligadas por medio de vigas, según sea la intensidad de las cargas que se van a soportar.

EJEMPLO:

Calcular mediante la teoría última del concreto (o teoría plástica como también se le llama) una zapata cuadrada para recimentar una columna de 0.60 m X 0.60 m que transmite al suelo una carga de 160 Tm en su base.

Datos:

$$\sigma_a = 25 \text{ Tm/m}^2 = 2.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2.5 \text{ Tm/m}^3$$

$$f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$$

$$CV = 70 \text{ Tm}$$

$$CM = 90 \text{ Tm}$$

$$P = 160 \text{ Tm}$$

Solución:

a) Cálculo del área de la zapata:

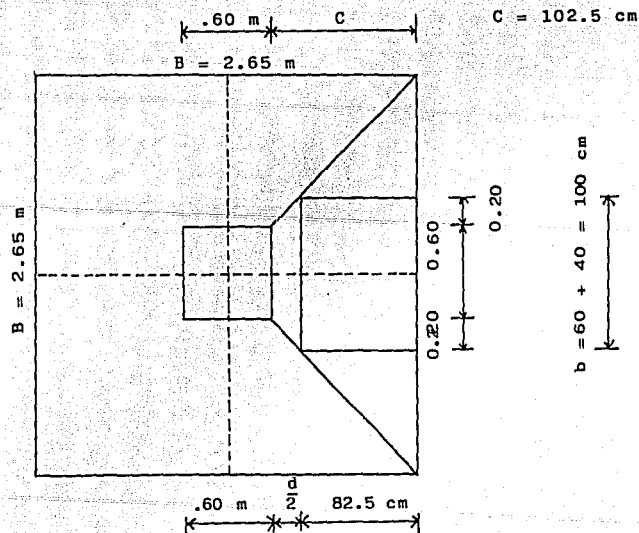
$$A = \frac{P + \frac{1}{2}P}{\sigma_a} = \frac{160 + 16}{25} = 7.04 \text{ m}^2$$

$$B = 7.04 = 2.65329 \text{ m} \doteq 2.65 \text{ m}$$

$$\sigma_n = \frac{P_u}{A} = \frac{(70)(1.7) + (90)(1.4)}{7.04} = \frac{119 + 126}{7.04} = 34.8 \text{ Tm/m}^2$$

b) Cálculo del momento externo = M_u :

$$M_u = \frac{(\sigma_n)(c)^2(B)}{2} = \frac{(3.48)(102.5)^2(265)}{2} = 4,844,431.87 \text{ Kg-cm}$$



c) Cálculo de las cuantías:

$$e_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{2530} = 0.0055$$

$$e_{\max} = 0.75Pb = 0.75 \left(0.85 K_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{6100}{6100 + f_y} \right)$$

Como f'_c es menor que 280 Kg/cm^2 , se usa $K_1 = 0.85$; por tanto:

$$e_{\max} = (0.75) (0.85) (0.85) \left(\frac{175}{2530} \right) \left(\frac{6100}{6100 + 2530} \right) = 0.0265$$

Se toma un valor arbitrario de $e = 0.01$, entre la mínima de 0.0055 y la máxima de 0.0265 .

d) Cálculo del peralte por flexión:

$$d^2 = \frac{M_u}{\phi \cdot e \cdot b \cdot f_y \left(1 - 0.59 e \frac{f_y}{f_c} \right)} =$$

$$= \frac{4,844,431.87}{(0.9)(0.01)(265) \left[2530 \left(1 - 0.59 \times 0.01 \frac{2530}{175} \right) \right]} =$$

$$= \frac{4,844,431.87}{5,519.3636} = 877.72 \text{ cm}^2$$

Por lo que:

$$d = \sqrt{877.72} = 29.63 \text{ cm}$$

Siendo mayor que el mínimo recomendado 15 cm se acepta para estos casos.

Como el valor del peralte efectivo en las zapatas no está regido por el momento sino por el corte, se emplea como primera prueba un $d = 40$ cm

e) Comprobación del peralte de $d = 40$ cm al corte:

El esfuerzo del corte admisible es:

$$V_{ad} = \sqrt{f'_c} = \sqrt{175} = 13.2 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo actuante V_a es:

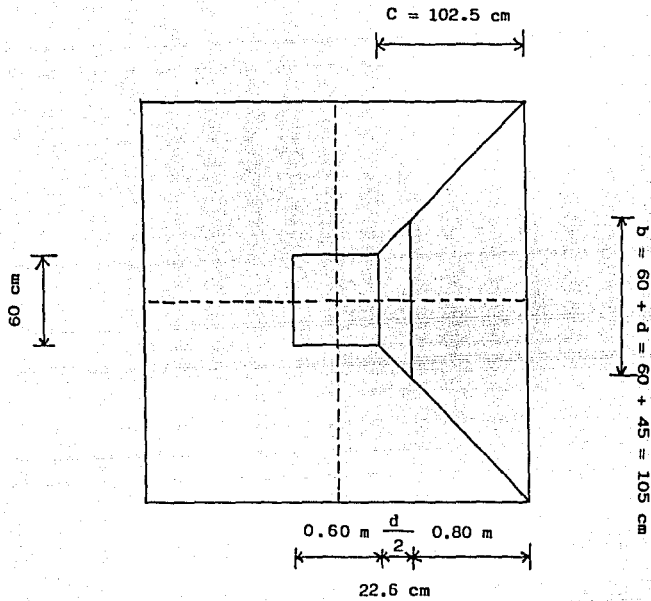
$$V_c = (\sigma_n)(A) = (3.48) \left(\frac{265 + 100}{2} \right) (82.5) = 52,395.75 \text{ Kg}$$

$$V_{ac} = \frac{V_c}{\phi \cdot b \cdot d} = \frac{52,395.75}{(0.85)(100)(40)} = \frac{52,395.75}{3400} = 15.4 \text{ Kg/cm}^2$$

Como el corte actuante resultó mayor que el admisible, se prueba con un d mayor. Se usa un $d = 45$ cm, que es vez y media el d calculado por momento, aproximadamente:

$$V_c = (3.48) \left(\frac{265 + 105}{2} \right) (80) = 51,504 \text{ Kg}$$

$$V_{ac} = \frac{V_c}{\phi \cdot b \cdot d} = \frac{51,504}{(0.85)(105)(45)} = \frac{51504}{4,016.25} = 12.82 \text{ Kg/cm}^2$$



El concreto con $d = 45 \text{ cm}$ resiste el valor del corte actuante, pues éste es menor que el admisible de 13.2 Kg/cm^2 .

El Valor del corte actuante es resistido por el concreto con $d = 45 \text{ cm}$, pues dicho corte es menor que el admisible de 13.2 Kg./cm^2 .

f) Cálculo del refuerzo necesario:

Se supone un valor de α igual a $\frac{1}{10}$ del peralte efectivo -

calculado por momento, como primera prueba, por lo que:

$$a = \frac{d}{10} = \frac{29.63}{10} = 2.963 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} = \frac{4,844,431.87}{(0.85)(2530)(45 - 1.5)} = 51.79 \text{ cm}^2$$

g) Recálculo de a , para comprobar la supuesta:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{(0.85)(f_c)(B)} = \frac{(51.79)(2530)}{(0.85)(175)(165)} = 3.32 \text{ cm}$$

La diferencia de 3.32 cm de a con la supuesta de 3.0 cm es del 10.66%, que está dentro de lo tolerable (10%)

h) Revisión de la cuantía:

$$e_{\min} = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{51.79}{(265)(45)} = 0.00434 \text{ que es menor que el}$$

$e_{\min} = 0.0055$, por lo que se aumenta el acero de refuerzo.

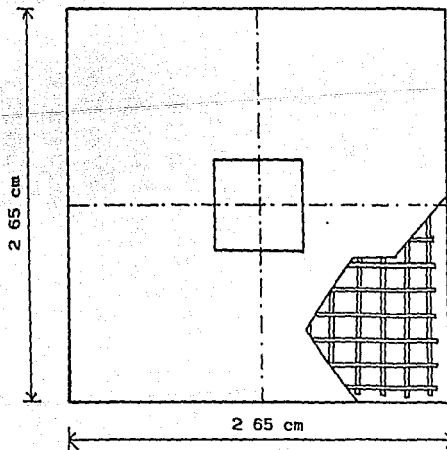
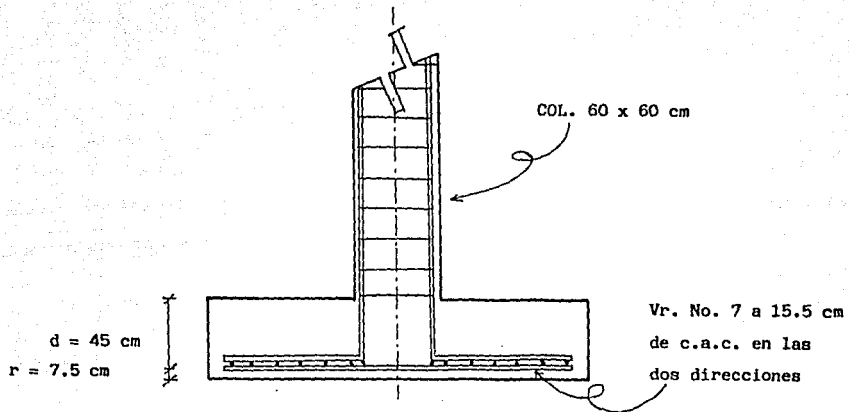
Se usa el mínimo:

$$A_s = (0.0055)(265)(45) = 65.59 \text{ cm}^2$$

Si se emplea varilla del #7, se tiene:

$$\text{Número de varillas} = N = \frac{65.59}{3.87} = 16.948 = 17 \text{ varillas.}$$

Se usan varillas del #7 a 15.5 cm c.a.c. colocando la primera y la última a 8.5 cm del extremo de la zapata. Este refuerzo se coloca en ambos sentidos.



i) Revisión por longitud de desarrollo o adherencia:

Para varillas del #11 o menores, la longitud de desarrollo, debe ser de:

$$l_d = \frac{0.06 A_v \cdot f_y}{\sqrt{f'_c}} = \frac{(0.06)(3.87)(2530)}{\sqrt{175}} = \frac{587.47}{13.23} = 44.40 \text{ cm}$$

$$\text{y mayor que: } 0.0057 (d_v) (f_y) = 32 \text{ cm}$$

Como la longitud de anclaje de la varilla es de $a = 102.5 \text{ cm}$, su longitud de desarrollo es correcta.

EJEMPLO:

Diseñar una zapata continua bajo un muro que, a través de una viga de contra-cimiento como muestra la figura, transmite una carga $P = 13 \text{ Tm}$ por metro de muro. Usar teoría de última resistencia. De las 13 Tm, 5.0 Tm son C.V. y 8.0 Tm son de C.M.

Ancho de la viga de contra-cimiento = 30 cm, capacidad de carga admisible de la cimentación continua = $\sigma_c = 10 \text{ Tm/m}^2$
 $= 1.0 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 1^2$

Peso volumétrico del concreto = $\gamma_c = 2.5 \text{ Tm/m}^3$

$$f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2; f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$$

Solución:

a) Cálculo del área de la zapata:

$$A = \frac{P + \frac{1}{2} P}{\sigma_a} = \frac{13 + 1.3}{10} = \frac{14.3}{10} = 1.43 \text{ m}^2$$

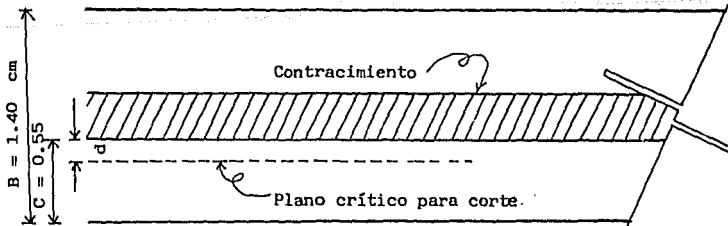
Al considerar una longitud unitaria de muro se tiene:

$$B = \frac{A}{L} = \frac{1.43}{1.0} = 1.43 \text{ m, se usa como } B = 1.40 \text{ m,}$$

con lo que la nueva área $A_n = 1.40 \text{ m}^2$

$$\text{La sigma neta } \sigma_n = \frac{P_u}{A_n} = \frac{(5)(1.7) + (8)(1.4)}{1.40} =$$

$$= \frac{8.5 + 11.2}{1.40} = 14.07 \text{ Tm/m}^2$$



b) Cálculo del momento externo:

$$M_u = \frac{(\sigma_n)(c)^2(1.0)}{2} = \frac{(1.407)(55)^2(100)}{2} =$$

$$= 212,808.75 \text{ Kg-cm}$$

c) Cálculo de las cuantías:

$$e_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{2530} = 0.0055$$

$$e_{\max} = 0.75\rho_b = 0.75 \left(0.85 K_1 \frac{f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{6100}{6100 + f_y} \right)$$

Como f'_c es menor que 280 Kg/cm^2 , se usa $K_1 = 0.85$, por tanto:

$$e_{\max} = (0.75)(0.85)(0.85) \left(\frac{175}{2530} \right) \left(\frac{6100}{6100 + 2530} \right) = 0.0265$$

Se toma arbitrariamente un valor intermedio entre el mínimo y el máximo para suponer a $e = 0.01$

d) Cálculo del peralte por flexión:

$$d^2 = \frac{M_u}{\phi \cdot e \cdot B \cdot f_y \left(1 - 0.59 e \frac{f_y}{f'_c} \right)} =$$

$$= \frac{212,808.75}{(0.9)(0.01)(55) \left[2530 (1 - 0.59)(0.01) \frac{2530}{175} \right]} =$$

$$= \frac{212,808.75}{1144.648} = 185.92 \text{ cm}$$

De donde:

$$d = \sqrt{185.92} = 13.63 \text{ cm}$$

Como el peralte encontrado es menor que el mínimo especificado de 15 cm para estos casos, se usa $d = 15 \text{ cm}$

c) Comprobación del peralte $d = 15 \text{ cm}$ por corte:

El corte admisible vale:

$$V_{ad} = \sqrt{f_c} = \sqrt{175} = 13.2 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo actuante vale:

$$V_c = (\sigma_n)(A) = (1.407)(55-15)(100) = 5,628 \text{ Kg}$$

$$V_{ac} = \frac{V_c}{\phi \cdot b \cdot d} = \frac{5628}{(0.85)(100)(15)} = \frac{5628}{1275} = 4.41 \text{ Kg/cm}^2$$

Como el corte actuante fue menor que el admisible, el peralte $d = 15 \text{ cm}$ es correcto.

f) Cálculo del refuerzo necesario:

Se supone un valor de a aproximadamente igual al peralte por momento dividido entre diez: $a = 1.4 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{212,808.75}{(0.85)(2530)(15-0.7)} = \frac{212,808.75}{30,752.15} \\ &= 6.92 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

g) Recálculo de a para comprobar la supuesta:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{(0.85)(f_c')(B)} = \frac{(6.92)(2530)}{(0.85)(175)(55)} = \frac{17,507.6}{8,181.25} = 2.14 \text{ cm}$$

Como la diferencia entre la a calculada y la a supuesta es mayor del 10%, se supone una a mayor. Ahora se escoge una $a = 2.0$ cm

$$A_s = \frac{212,808.75}{(0.85)(2530)(15-1)} = \frac{212,808.75}{30,107} = 7.07 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{(7.07)(2530)}{(0.85)(175)(55)} = \frac{17,887.10}{8,181.25} = 2.18 \text{ cm}$$

La diferencia de 0.18 con el valor de $a = 2.0$ cm supuesto - representa un 9% por lo que se considera adecuada.

h) Revisión de la cuantía:

$$e = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{7.07}{(55)(15)} = \frac{7.07}{825} = 0.00857 \text{ que está comprendido}$$

entre el mínimo de 0.0055 y el máximo de 0.00265.

Si se emplea varilla del #3, se tiene:

$$N = \frac{7.07}{0.71} = 9.958 \text{ varillas} \approx 10 \text{ varillas \#3}$$

Por lo que se colocan varillas del #3 con la separación de:

$$S = \frac{100}{10} = 10 \text{ cm c.a.c}$$

La primera y la última varilla se colocan a la mitad de la separación - anterior, o sea a 5 cm de la orilla de la zapata.

j) La longitud de desarrollo, en este caso de zapata continua, vale:

$$l_d = \frac{(0.06)(A_v)(f_y)}{f_c} = \frac{(0.06)(0.71)(2530)}{175} = 8.15 \text{ cm y debe}$$

ser mayor que:

$l_d = 0.0057 (d_u)(f_y) = (0.0057)(0.95)(2530) = 13.7 \text{ cm}$ Rige este valor de 13.7 cm, y como es menor que $c = 55 \text{ cm}$, en el ejemplo la longitud de desarrollo disponible es mayor que la necesaria, o sea que es correcta.

k) Acero por temperatura:

Perpendicular al acero de flexión se coloca acero por temperatura en la cantidad de:

$$A_{st} = 0.0018 bd = (0.0018)(240)(15) = 6.12 \text{ cm}^2$$

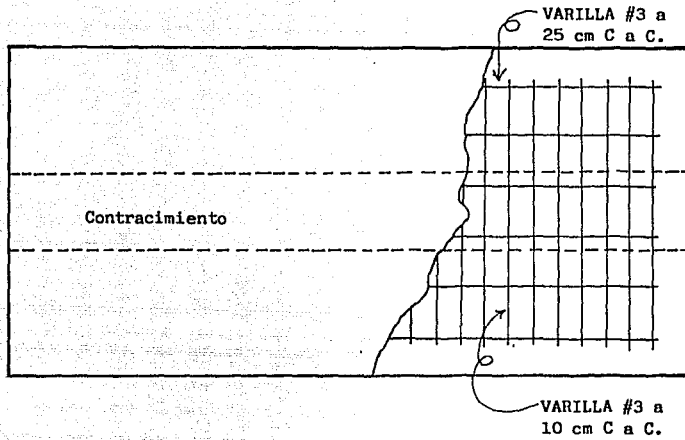
Al emplear también varillas #3 se tiene:

$$N = \frac{6.12}{0.71} = 8.62 \text{ varillas} = 9 \text{ varillas \# 3}$$

Se colocan varillas del #3, por temperatura, a:

$$S = \frac{240}{9} = 26.67 \text{ cm}$$

Se colocan a 25 cm de separación y la primera y la última a 20 cm del extremo de la zapata.



- Pilotes de Recimentación.

El uso de pilotes en una recimentación es recomendable cuando el suelo superficial, en un espesor amplia, no tiene la suficiente resistencia para soportar las cargas de la estructura sin deformaciones exageradas. En estos casos, el efecto de las cargas se lleva a estratos más profundos pero resistentes por medio de pilotes.

Los pilotes también se usan para consolidar terrenos flojos. Hay que considerar las diferentes formas en que los pilotes trabajan y calcular sus asentamientos al someterlos a la acción de las cargas. Aunque el más usual es el pilote de concreto reforzado, trabajando de punta, también puede trabajar sólo -- por fricción cuando el estrato resistente se encuentra a mucha profundidad y es antieconómico apoyarlo en él. Algunas veces se les hace trabajar como pilotes mixtos, trabajando de punta y de fricción.

Cuando los pilotes son de gran diámetro se les llama Pilas y en algunas ocasiones llevan una ampliación o campana en la punta para ayudar a tomar más carga.

EJEMPLO:

La recimentación de una estructura en un terreno como el que se muestra en la figura siguiente, se diseña por medio de pilotes.

La columna más pesada lleva una carga de 120 Tm. Los pilotes

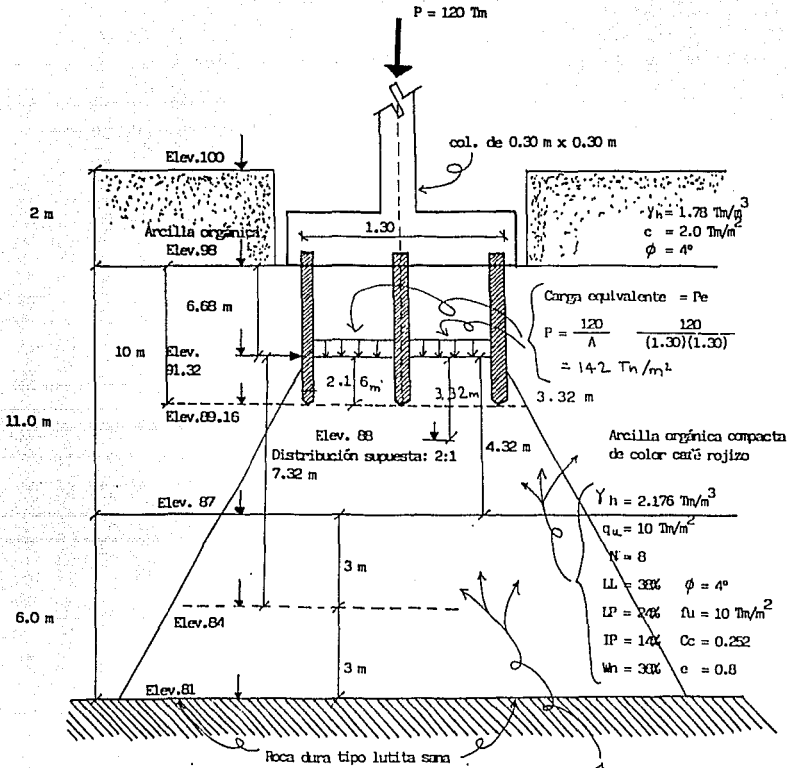
que se van a emplear son de sección cuadrada de 0.30 m por lado, armados con 4 varillas #6 (3/4") y estribos 3/16" separados 8.0 cm de centro a centro en toda su longitud, excepto el primero y el último metro del pilote, en donde los estribos se colocan a la mitad de la anterior separación, o sea, a 4.0 cm uno del otro.

Los pilotes son de 10.0 m de longitud total y se les considera trabajando nada más por fricción lateral.

- a) Se desea saber si los estratos del perfil de suelos mostrados están preconsolidados o normalmente consolidados.
- b) Calcular la capacidad de carga de cada pilote trabajando -- por fricción, en cuanto al suelo se refiere, y como columna corta al trabajar estructuralmente.
- c) Decidir cuál es la capacidad de carga que se va a emplear - para determinar el número de pilotes.
- d) Determinar el número de pilotes y su separación o distribución.
- e) Dimensionar en planta la zapata-cabezal.
- f) Determinar el factor de seguridad del conjunto de pilotes.
- g) Por el método de dos en uno y empleando las presiones medias, calcular los incrementos de presión en las cotas 89.16 y 84.
- h) Calcular el asentamiento total que sufre la zapata.
- i) Calcular estructuralmente la zapata-cabezal

Solución:

- a) Para conocer si los estratos están pre-consolidados o normal



IP = 12%
 Wh = 23%
 Cc = 0.193
 $\omega_u = 2 \text{ Tn/m}^2$
 $\phi = 4^\circ$
 c = 0.7

$h = 1.855 \text{ Tn/m}^2$
 $q = 5.0 \text{ Tn/m}^2$
 N = 4
 LL = 32%
 LP = 20%

mente consolidados, se determina el índice de liquidez. Para el primer estrato se tiene:

$$I_L = \frac{W_n - L_p}{I_p} = \frac{36 - 24}{14} = 0.857; \text{ como este valor está cercano}$$

a 1, se dice que el estrato está normalmente consolidado.

Para el segundo estrato se tiene:

$$I_L = \frac{W_n - L_p}{I_p} = \frac{28 - 20}{12} = 0.67, \text{ se puede considerar también -}$$

normalmente consolidado.

b) Cálculo de la capacidad de carga de un pilote de 10.0 m de longitud trabajando con fricción:

$R_f = (L)(4B)(f_u) = (10)(1.20)(10) = 120 \text{ Tm}$; al emplear un factor de seguridad de tres se tiene:

$$R_a = \frac{120}{3} = 40 \text{ Tm, como capacidad admisible del pilote en cuanto al -}$$

suelo se refiere.

Ahora como columna corta el pilote resistiría:

$$\begin{aligned} R_u \phi (0.85 f'_c A_c + A_s f_y) &= \\ &= 0.7 (0.85)(175)(900 - 11.48) + (2530) = \\ &= 112.85 \text{ Tm} \end{aligned}$$

La resistencia admisible, como columna corta con un factor -

de seguridad de dos, vale:

$$R'_a = \frac{112.85}{2} = 56.42 \text{ Tm}$$

- c) Como el valor de capacidad de carga admisible por fricción - del suelo fue de 40 Tm (menor que 56.42 Tm, como columna), - ése es el valor que rige el diseño: $R_a = 40 \text{ Tm}$

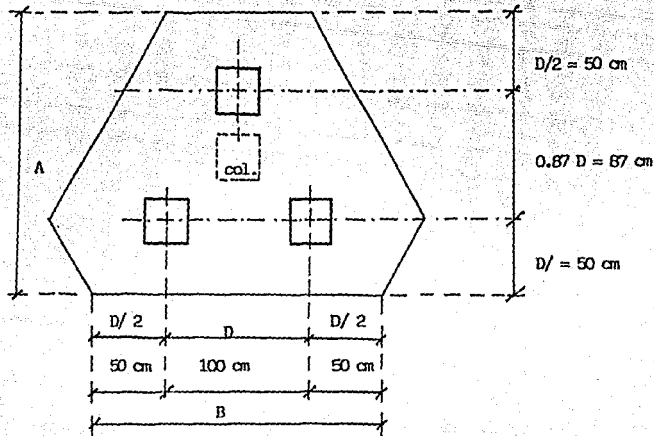
- d) El número de pilotes que se va a emplear es:

$$N = \frac{120}{40} = 3 \text{ pilotes}$$

El peso de la zapata-cabezal se transmite directamente al suelo y se considera resistido por éste, ya que los pilotes trabajan sólo por fricción.

El peso propio de la zapata-cabezal, como los pilotes trabajan sólo por fricción, se considera resistido por el suelo, lo transmite a él directamente.

Mediante una distribución a tresbolillo y con un valor - -
 $\phi = 1.0 \text{ m}$. se distribuye así:



e) Las dimensiones de la zapata-cabezal, según la distribución anterior es de: $A = 1.87 \text{ m}$; $B = 2.00 \text{ m}$

f) El factor de seguridad del conjunto de pilotes es la capacidad de carga del conjunto de pilotes Q_c vale:

$$Q_c = Q_d + (4B)(L)(\tau)$$

en que:

Q_d = Capacidad de carga última de un pilote cuadrado.

$$Q_d = B^2 (1.3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot L \cdot N_g + 0.4 \gamma \cdot B N_w)$$

B = Lado de la periferia del grupo de pilotes.

L = Longitud de hincado de los pilotes.

τ = Promedio de la resistencia unitaria al corte del suelo situado entre la superficie y la longitud L de los pilotes

e igual al:

$$\tau = c + p_d \tan$$

Por lo que:

$$\tau = 2 + (1.78)(2.0)(0.0699) + 5 + (2.176)(10)(0.0699) = 2.25 + 6.52 = 8.77 \text{ Tm/m}^2$$

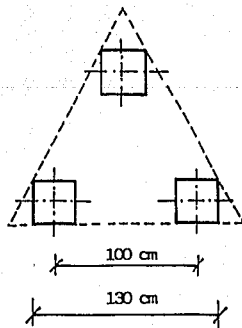
$$Q_d = (1.30)^2(1.3)(5.0)(5.7) + (2.176)(10)(10) = (1.69)(58.81) = 99.39 \text{ Tm}$$

$$Q_c = 99.39 + (4)(1.30)(10)(8.77) = 99.39 + 456.04 = 555.43 \text{ Tm}$$

Por lo que el factor de seguridad del conjunto de pilotes a la falla es:

$$F.S. = \frac{555.43}{120} = 4.63$$

Es mayor de tres, por lo que el conjunto de los tres pilotes trabajará bien.



- g) Los asentamientos y los incrementos de presión σ_z en las cotas 89.67 y 84, según el método de dos en uno se calculan suponiendo que la arcilla comprendida entre las cabezas de los pilotes y el punto que marca su tercio inferior es incomprensible y que la carga se aplica al suelo en dicho punto.

Por tanto la carga en el tercio inferior es:

$$\text{Carga equivalente} = \frac{120}{\Lambda} = \frac{120}{0.5(1.3)(1.3)} = 142 \text{ Tm/m}^2$$

La presión en el punto de elevación 89.16 a 2.16 m del punto de aplicación de la carga es:

$$\sigma_{z1} = \frac{P_e}{\Lambda_1}; \text{ donde } \Lambda_1 = \frac{(1.30 + 2.16)(1.30 + 2.16)}{2} = 5.98 \text{ m}^2$$

ya que es un triángulo de base (1.30 + 2.16) y de altura (1.3 + 2.16) de donde:

$$\sigma_{z1} = \frac{P_e}{\Lambda_1} = \frac{142}{5.98} = 23.74 \text{ Tm/m}^2 = 2.374 \text{ Kg/cm}^2$$

Para la cota 84.00 se tiene:

$$\sigma_{z2} = \frac{P_e}{\Lambda_2}, \text{ en la que:}$$

$$\Lambda_2 = \frac{(1.30 + 7.32)(1.30 + 7.32)}{2} = 37.15 \text{ m}^2, \text{ por tanto:}$$

$$\sigma_{z1} = \frac{142}{37.15} = 3.82 \text{ Tm/m}^2 = 0.382 \text{ Kg/cm}^2$$

h) Cálculo del asentamiento de la zapata:

Las presiones intergranulares para la elevación 89.16 y 84.00, son:

Para la elevación 84.00:

$$p_i = (1.78)(2) + (2.176)(11) + (1.855)(3) = 33.06 \text{ Tm/m}^2 = 3.311 \text{ Kg/cm}^2$$

Por tanto:

Asentamiento del primer estrato cuyo punto medio corresponde a la cota 89.16:

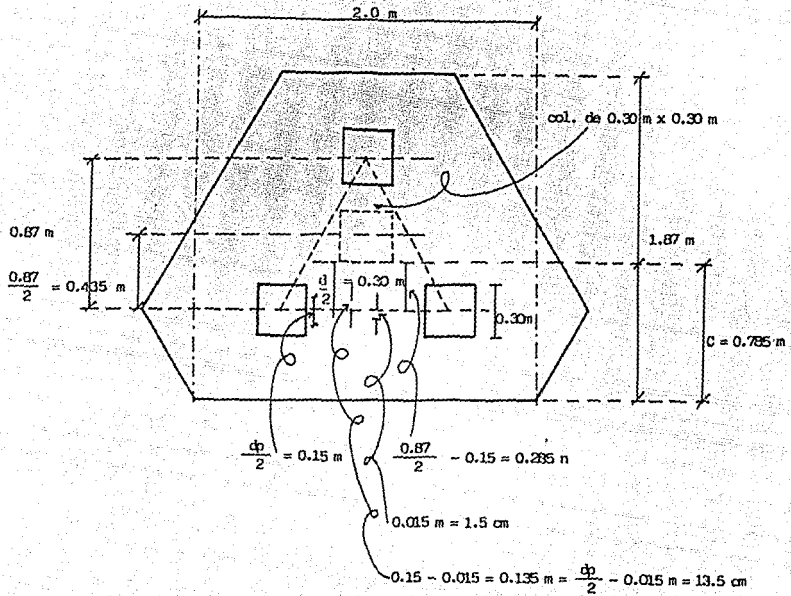
$$S_1 = \left(\frac{0.252}{1.8} \right) \left(\log_{10} \frac{2.28 + 2.37}{2.28} \right) (432) = 17.54 \text{ cm}$$

Asentamiento del segundo estrato cuyo punto medio corresponde a la cota 84:

$$S_2 = \left(\frac{0.198}{1.7} \right) \left(\log_{10} \frac{3.31 + 0.382}{3.31} \right) (600) = 3.31 \text{ cm}$$

$$\text{Asentamiento total de la zapata: } S = S_1 + S_2 = 17.54 + 3.31 = 20.85 \text{ cm}$$

i) Cálculo estructural de la zapata-cabezal:



Para el análisis estructural se supone que la carga de 120 Tm está formada por 50 Tm de C.V. y 70 Tm de C.M. Así, la carga neta por pilote es:

$$P_n = \frac{(50)(1.7) + (70)(1.4)}{3} = \frac{85 + 98}{3} = 61 \text{ Tm}$$

Cálculo del momento externo M_u :

$$M_u = 2(61)(0.285) = 34.77 \text{ Tm} \cdot \text{m} = 34\,770 \text{ Kg}\cdot\text{m} = 3,477\,000 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

Cálculo de las cuantías:

$$e_{\text{mín}} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{2530} = 0.0055$$

$$e_{\text{máx}} = 0.75 p_b = (0.75)(0.85)(K_1) \left(\frac{175}{2530} \right) \left(\frac{6100}{6100 + 2530} \right)$$

Al emplear el valor $K_1 = 0.85$, porque f'_c es menor que 280 Kg/cm^2 se tiene:

$$e_{\text{máx}} = (0.75)(0.85)(0.85) \left(\frac{175}{2530} \right) \left(\frac{6100}{6100 + 2530} \right) = 0.0265$$

Se toma como cuantía un valor intermedio entre el valor mínimo y el máximo: $= 0.01$.

Cálculo del peralte efectivo de la zapata-cabezal:

$$d^2 = \frac{M_u}{\phi \cdot \rho \cdot B \cdot f_y (1 - 0.59 e \left(\frac{f_y}{f_c} \right))} = \frac{3,477,000}{(0.85)(0.01)(200)(2530)}$$

$$= 885.85 \text{ cm}^2$$

$$(1) - (0.59)(0.01)(14.46)$$

$$d = \sqrt{885.85} = 29.73 \approx 30 \text{ cm}$$

Este peralte efectivo es aceptable, ya que es el mínimo especificado para las zapatas-cabezales de pilotes.

Como el peralte por corte es mayor que el de flexión, se usa un peralte $d = 60$ cm

El valor del corte admisible es:

$$V_{ad} = \sqrt{f'_c} = \sqrt{175} = 13.2 \text{ Kg/cm}^2$$

El valor del corte actuante es:

$$V_c = \frac{\alpha}{b} \cdot N \cdot R_n = \left(\frac{13.5}{30} \right) (2) (61) = 54.90 \text{ Tm} = 54,900 \text{ Kg}$$

$$V_{act} = \frac{V_c}{\phi \cdot b \cdot d} = \frac{54900}{(0.85)(30 + d)(d)} = \frac{54900}{(0.85)(90)(60)} = 11.96 \text{ Kg/cm}^2$$

El peralte efectivo de 60 cm es adecuado, ya que el corte actuante de 11.96 Kg/cm^2 es menor al que acepta el concreto: 13.2 Kg/cm^2

Ahora se calcula el acero para la zapata-cabezal.

Se supone un valor de a de 2.5 cm y se calcula el área de acero:

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} = \frac{3,477,000}{(0.85)(2530)(60 - 1.25)} \\ &= \frac{3,477,000}{126,341.87} = 27.52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Recálculo de a :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{(0.85)(f'_c)(b)} = \frac{(27.52)(2530)}{(0.85)(175)(200)} = \frac{69,625.6}{29,750} = 2.34 \text{ cm}$$

Como la diferencia entre la a supuesta y la a calculada es menor de un 10%, se acepta.

Revisión de la cuantía del acero.

$$e = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{27.52}{(200)(60)} = \frac{27.52}{12,000} = 0.00229$$

Como la cuantía 0.00229 es menor a la mínima de 0.0055, se usa la mínima cuantía.

$$\text{Usar un } A_s = (0.0055)(200)(60) = 66.0 \text{ cm}^2$$

Si se usan varillas de #8 cuya $A_v = 5.07 \text{ cm}^2$, se necesitan:

$$N = \frac{66}{5.07} = 13 \text{ varillas.}$$

Se usan varillas de #8 a 15 cm de separación.

La primera y la última varilla se colocan a 10 cm de la orilla de la zapata-cabezal. Este refuerzo se usa en las dos direcciones.

La longitud de desarrollo necesaria es de:

$$l_d = \frac{0.06 A_y \cdot f_y}{\sqrt{f_c}} = \frac{(0.06)(5.07)(2530)}{13.23} = 58.17 \text{ cm, y mayor}$$

que:

$$l_d = (0.0057)(d_v)(f_y) = 0.0057(2.54)(2530) = 36.63 \text{ cm}$$

En el ejemplo c = 0.785 m, por lo que es correcto.

- Recimentaciones Compensadas.

Cuando en la superficie se encuentran estratos de suelos de alta o de muy alta compresibilidad (C_c mayor de 0.39), con baja capacidad de carga, y es necesario recimentar cargas muy pesadas, se aconseja usar las recimentaciones compensadas, total o parcialmente, requiriendo del uso de una caja monolítica de recimentación que debe quedar vacía. La compensación total requiere de la extracción de un peso de terreno igual al peso de la estructura, mientras que en la compensación parcial se aprovecha algo de la capacidad de carga del subsuelo.

EJEMPLO:

Conocidas las características físicas de un estrato de gran espesor de arcilla blanda:

Calcular la profundidad de desplante Z de la recimentación de un edificio cuya carga total (carga viva + carga muerta) es de 25,000 Tm, mediante compensación total. La recimentación se realiza por medio de una losa de 36.00 metros de ancho por 60.00 metros de largo.

Solución:

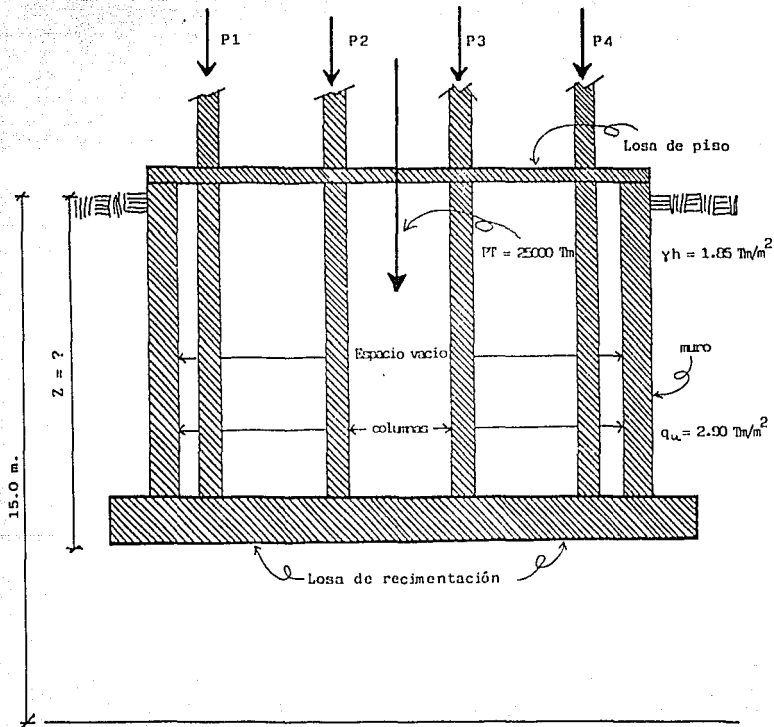
La presión que transmite la losa al suelo según la carga y su área es de:

$$q = \frac{P}{A} = \frac{25,000}{2,160} = 11.57 \text{ Tm/m}^2$$

Como se necesita compensación total:

$$\gamma \cdot Z = q; (1.85)(Z) = 11.57; Z = \frac{11.57}{1.85} = 6.254 \text{ m}$$

No olvidar que para una compensación total de peso de suelo - por peso de estructura se necesita que el cajón quede vacío, - como se muestra en la figura.



2.- EJEMPLO.

*La segunda parte de este capítulo comprende un ejemplo, para -
ello fue seleccionado el caso más espectacular de restauración,
desde el punto de vista de una recimentación en México, este -
ejemplo es el del conjunto que forman la Catedral y el Sagra-
rio Metropolitanos.*

INTRODUCCION.

La Catedral y el Sagrario Metropolitanos, son sin duda, dos de las obras arquitectónicas más importantes y valiosas construidas durante el Virreinato en México.

En el año de 1972, La Secretaría del Patrimonio Nacional da principio a los estudios preliminares que llevarán a los proyectos de solución, haciendo uso de una de las facultades que en ese entonces era la de restaurar y conservar los bienes inmuebles de propiedad Federal. Los trabajos se inician en el año de 1974. El programa incluye la realización del proyecto completo de recimentación para la Catedral, el Sagrario y varios proyectos que comprenden la restauración de elementos arquitectónicos de la superestructura como balaustradas, pincuclos y mecheros; la restauración de seis pinturas, de grandes dimensiones, de Cristóbal de Villalpando y Juan Correa junto con dos pequeños murales anónimos en la Sacristía de la Catedral y la reconstrucción y restauración de los órganos monumentales y de sus retablos. Además de los proyectos anteriores, el programa abarcó el diseño completo y la realización parcial de la instalación eléctrica, concluida en lo que se refiere a tendido de ductos, construcción de registros, preparaciones para luminarias y tableros.

Desde las primeras calas de exploración realizadas y como labor cotidiana y sistemática, se llevo a cabo un control estricto

to del material arqueológico hallado, contándose con la colaboración de personal del I.N.A.H., a partir de 1976

ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Sobre las ruinas de la ciudad lacustre, en el corazón mismo de lo que fue el centro ceremonial azteca, Hernán Cortés ordena la construcción de un cuadrángulo de grandes dimensiones. Al norte de esta enorme plaza, el conquistador señala veinticinco solares para que en ellos se construya la Iglesia Mayor y sus dependencias.

Maese Martín de Sepulveda, Maestro de Obras y Alarife de la Ciudad de México, es quien por disposición de Cortés, construye entre 1524 y 1532 la primera Iglesia Mayor. Esta primitiva iglesia, localizada casi a la mitad del cuadrángulo, no era otra cosa que un modesto templo de planta basilical y tres naves, para cuyos cimientos y bases se usaron monolitos de los templos aztecas.

Esta pequeña iglesia, con sus pilares octogonales y detalles mudéjares revelaba el gusto andaluz de sus constructores. Considerada desde siempre como pequeña, modesta e incoherente con la creciente opulencia y poder de la capital de la Nueva España, fue derribada en 1626, cuando la Catedral definitiva se encontraba ya en construcción. Coincidiendo con la Contrarreforma católica y con el esplendor y caída del Imperio Español, la

planeación y construcción de la Catedral no fueron ajenas a -- ellos.

En el año de 1562, se traza y se inicia la construcción de lo que se pensaba sería la Catedral definitiva. Siguiendo la misma orientación de la Catedral vieja, con el ábside hacia el palacio virreinal y las puertas principales hacia el poniente, a la placeta del Marqués; esta gran iglesia sería de siete naves como la de Sevilla según las ideas del Arzobispo Montúfar.

Muy probablemente estos cimientos fueron terminados entre 1562 y 1565 y abandonados después por muy diversas razones. Para -- 1570 son rectificadas los trazos de la Catedral, reorientándose en dirección Norte Sur, con una traza de Claudio de Arcinie -- ga.

La construcción de los cimientos nuevos da principio en el año de 1571, mismo año del establecimiento de la Inquisición en -- México.

Es importante anotar que son varios los documentos que regis -- tran las dificultades en la construcción, debidas a la natura -- leza del subsuelo. Este problema, el primero de este tipo al que se enfrentaron los constructores, retrazó sobre todo la -- construcción de los cimientos que se terminaron hacia 1581.

Era obrero mayor de la fábrica el capitán Melchor Davila hasta 1584, año en que murió. Y maestro mayor Claudio de Arciniega. En 1585 se trabajaba ya en la construcción de las capillas y --

para 1615 todos los muros tienen ya más de la mitad de su altura y ocho bóvedas han sido cerradas.

Por la inundación de 1629 las obras se interrumpen e incluso se piensa en abandonar por completo la idea, si tal como se planeaba, la capital se mudaría a un lugar más conveniente. Nada de esto sucede: se eleva el nivel del terreno para evitar otra inundación y se continúan las obras.

Siendo arquitecto de la obra desde siete años atrás: Luis Gómez de Trasmonte como maestro mayor y Rodrigo Díaz de Aguilera aparejador mayor y veedor, se concluyó en 1667 el interior de la Catedral. En enero de 1787 se comenzaron las obras de las torres, con el proyecto y la dirección de Damián Ortiz, terminándose las dos en 1791.

La construcción de la Catedral, termina con los trabajos de Manuel Tolsá, quien modifica la cúpula central, demasiado pobre e insignificante con respecto al conjunto, ya terminadas las torres. De una extraordinaria elegancia, la cúpula, armoniza perfectamente con todo el conjunto lo mismo que la balaustrada usada por él en todo sitio donde fue posible, otorgándole al conjunto una indiscutible ligereza. Tolsá interviene también en la fachada y construye el cubo del reloj rematado por tres obras maestras suyas: La Fé, La Esperanza y la Caridad.

La construcción de la Catedral termina con el Virreinato, su historia es la de ella. Al colocar Tolsá sus esculturas sobre las virtudes teológicas, uno de los últimos detalles, miles de mexicanos luchan por su liberación del Imperio Español.

La parroquia del Sagrario, fue concebida por Lorenzo Rodríguez. La primera piedra es colocada en 1749 y la dedicación solemne se lleva a cabo en 1768. Con singular habilidad este edificio desde su traza forma un todo armónico con Catedral, sin perder independencia formal y funcional. De una planta cuadrada con una cruz griega inscrita, se levanta un edificio barroco, único en la historia del arte. Este churrigueresco mexicano que cierra nuestro arte virreinal, es el que remata también cronológicamente la obra de la Catedral y el Sagrario.

ESTUDIOS PRELIMINARES.

Estudios del Subsuelo.

a).- Exploración.

Para conocer los materiales que forman el subsuelo, se realizaron cuatro sondeos con procedimiento mixto hasta las profundidades de 40 a 40.5 m. En cada uno de los sondeos se determinó: la profundidad del nivel freático, el espesor del relleno superficial y la profundidad del manto resistente. Con el propósito de observar la evolución de las presiones hidrostáticas en el subsuelo, se instalaron cuatro estaciones piezométricas aprovechando las per-

foraciones de los sondeos.

Los reconocimientos del subsuelo efectuados en años anteriores tenían por objeto conocer la clase de cimentación utilizada en los edificios; la profundidad y los materiales empleados en ella. En el año de 1940, se efectuó un sondeo a cielo abierto en la zona de la Sacristía, encontrando el nivel freático a 4 m. bajo el piso, y el terreno de relleno, compuesto por: pedacería de tezontle, piedra, ladrillo, guijarros, huesos, etc. Además, del sondeo mencionado, en ese año efectuaron otros hasta 45 m. de profundidad, que mostraron un espesor hasta de 8 m. en los rellenos, y la primera capa dura a 38 m. de profundidad.

b).- Consolidación.

Sobre muestras inalteradas obtenidas a diferentes profundidades, se efectuaron los ensayos de consolidación, aplicando incrementos de carga en intervalos de un día, descargándose posteriormente en intervalos de tiempo mucho menores. Con los datos obtenidos, se elaboraron los registros en los que se muestran las relaciones entre vacíos y presiones aplicadas.

c).- Expansiones por descarga.

Al efectuar las excavaciones para alojar el Sistema de Transporte Colectivo, las presiones en el subsuelo se alteraron por las fuertes descargas sufridas. Estas descargas se compensaron en parte por el peso propio del túnel y las instalaciones. En estas condiciones y considerando

una sobrecompensación de 2 Ton/m^2 , se estimaron las expansiones que podrían ocurrir y los problemas que se tendrían en el futuro.

De acuerdo con los resultados de los ensayos de expansividad por descarga, los estratos arcillosos localizados entre -14.00 m. y -13.00 m. , al sufrir una descarga equivalente a 2 Ton/m^2 presentaron expansiones del orden 0.03% .

Estos valores obtenidos demuestran una expansividad por descarga prácticamente nula, por lo cual se recomendó no tomar en cuenta este tipo de efecto en el proyecto estructural.

d).- Capacidad de carga de los pilotes de punta.

Por tener buenas características de compacidad y espesor, se eligió la cota -38.00 m. como nivel de apoyo y en estas condiciones se determinó la capacidad admisible, tomando en cuenta la presión efectiva que se tiene a esa profundidad.

A continuación se indican las capacidades de diferentes pilotes de sección circular.

DIAMETRO DEL PILOTE	CARGA ADMISIBLE
35 cm	50 Ton.
40 cm	72 Ton
45 cm	90 Ton

NIVELACIONES.

a).- Con el objeto de conocer los movimientos de las estructuras de la Catedral de México y el Sagrario, se efectuaron nivelaciones periódicas de puntos localizados tanto en el interior como exterior de los monumentos, referidos éstas a un banco de nivel profundo que se apoya en la primera - capa resistente a 40 m. de profundidad y al cual se le - asignó la cota + 100.000.

b).- Datos antiguos.

La Secretaría del Patrimonio Nacional proporcionó a la - Compañía Consultora, los planos con las nivelaciones de - fachadas y de los puntos señalados y marcados en las bases de las columnas de Catedral, efectuadas en junio de 1934. Con base en estos datos, se determinaron los movimientos diferenciales existentes en esa fecha (junio de 1934); - estos valores expresados gráficamente mostraron las ele- - vaciones relativas entre las columnas pertenecientes a un mismo eje.

c).- Nivelación diferencial.

Con el fin de evaluar los asentamientos diferenciales to- - tales que habían sufrido las estructuras de la Catedral y el Sagrario, se llevaron a cabo en Enero de 1972, nivela- - ciones interiores en cada monumento nivelando los puntos que por su posición, debieron ser construídos en un plano horizontal. Igualmente se realizó la nivelación en los pisos para determinar los desniveles existentes. Con los

valores así obtenidos, se trazaron las curvas de igual -- hundimiento respecto del punto más alto, tanto de la estructura como del piso en cada uno de los monumentos.

d).- Comparación de movimientos.

Las nivelaciones efectuadas en el interior de la Catedral de México, tanto en 1934 como en 1973, indicaron que los asentamientos mayores sufridos por la estructura se presentaban en la esquina Sur-Oeste del edificio, en la zona localizada en la intersección de los ejes "C" con "4".

La columna con menores asentamientos en 1934 se localizaba en la intersección de los ejes "C" con "15" y para 1973 correspondió a la columna localizada en la intersección de los ejes "D" con "15".

Comparando los asentamientos diferenciales de las columnas, registradas en los años de 1934 y 1973, se observa que los desniveles existentes en cada eje, considerando las columnas, se incrementaron notablemente durante esos 39 años, excepto en el eje "15" en el cual se registraron asentamientos con tendencias a lograr nuevamente su antigua posición horizontal.

A continuación se indican los valores de los asentamientos diferenciales máximos registrados en estas dos épocas y su variación total durante estos 39 años.

EJE	VALOR DIFERENCIAL MAXIMO EN		VARIACION EN
	1934	1973	
			3.9 años
C	1710 mm.	2327 mm	+ 617 mm
D	1546 mm.	2094 mm	+ 548 mm
E	1042 mm.	1428 mm	+ 386 mm
F	745 mm.	1236 mm	+ 491 mm
4	682 mm.	941 mm	+ 259 mm
5	693 mm.	967 mm	+ 274 mm
11	443 mm.	683 mm	+ 240 mm
12	34 mm.	244 mm	+ 210 mm
15	283 mm.	151 mm	- 132 mm

Al comparar los hundimientos relativos registrados en estos años, se observa lo siguiente:

Fachada Poniente de Catedral.

Los mayores asentamientos se localizan en la parte Sur de esta fachada o sea hacia la esquina Sur-Oeste del Edificio. El desnivel entre el punto más bajo denominado con el No. 105 y el punto No. 102 fue en 1934 de 877 mm.; y para 1973, este desnivel alcanzó un valor de 1235 mm.; siendo el incremento de 359 mm. durante este período.

Fachada Sur de Catedral.

Los mayores asentamientos que presenta esta fachada se dan al Poniente, o sea hacia la esquina Sur-Oeste del edificio. Consi

derando el punto más alto con el No. 112, vemos que el desnivel en 1934 era de 1215 mm. y para 1973 fue de 1480 mm., o sea que su fue un incremento de 265 mm. en 39 años.

Fachada Sur del Sagrario.

Esta fachada presentó los mayores asentamientos en su lado -- Oriente o sea hacia la esquina Sur-Este del edificio, notándose además un cambio brusco en la pendiente a la altura de los puntos 114 y 115 debido a los asentamientos diferenciales, ocasionando una grieta importante en el muro. Tomando los puntos extremos No. 113 más alto y No. 124 más abajo, vemos que en 1934 el desnivel valía 669 mm. y para 1973 este desnivel alcanzaba un valor de 847 mm., habiéndose presentado un incremento de 178 mm.

Fachada Oriente del Sagrario.

Los mayores asentamientos se presentaron en la zona Sur de la fachada, hacia la esquina Sur-Este del Edificio. El desnivel entre los puntos No. 134, más alto y el más bajo señalado con el No. 125, fue de 684 mm. en el año de 1934 y en 1973 de 915 mm. o sea que sufrió un incremento de 231 mm.

a).- Evolución de los asentamientos entre Julio de 1972 y Septiembre de 1973

Catedral de México.

De acuerdo con los registros de las nivelaciones los asentamientos

tos máximo y mínimo que sufrió la Catedral de México durante este lapso, fueron de 20 a 6 mm. respectivamente. Siendo el valor del asentamiento promedio de 15 mm.

Al considerar por separado los grupos de columnas que forman cada uno de los ejes longitudinales (ejes letras), se observaron los siguientes movimientos:

Eje "C" Todas las columnas sufrieron movimientos descendentes del orden de 15 mm. en promedio, siendo el asentamiento diferencial máximo de 12 mm.

Eje "D" Todas las columnas sufrieron asentamientos del orden de 14 mm. en promedio, siendo el valor diferencial máximo de 10 mm.

Eje "E" Todas las columnas sufrieron asentamientos del orden de 12 mm. su promedio, siendo el valor diferencial máximo de 10 mm.

Eje "F" En este eje las columnas sufrieron movimientos descendentes del orden de 12 mm. en promedio, siendo el hundimiento diferencial máximo de 11 mm.

Fachada Sur (principal).- El asentamiento promedio fue de 18 mm. y el valor diferencial máximo de 6 mm.

Fachada Poniente.- El asentamiento promedio fue de 17 mm. y el diferencial máximo de 8 mm.

Sagrario Metropolitano.

Durante este período, las columnas en el interior del Sagrario, registraron un asentamiento promedio de aproximadamente 19 mm., este asentamiento resultó un poco mayor que el hundimiento promedio de la Catedral. El valor diferencial máximo fue 8 mm. y se presentó entre las columnas J-1 y M-6, las cuales sufrieron asentamientos de 14 y 22 mm., respectivamente.

Todos los puntos en los que todo nivel, tanto en el interior - como exterior del Sagrario sufrieron movimientos descendentes, los cuales, se presentaron en cada eje, de la siguiente manera:

Eje	"I"	Asentamiento promedio	= 19.5 mm
		Valor diferencial máximo	= 5 mm
Eje	"J"	Asentamiento promedio	= 17 mm
		Valor diferencial máximo	= 6 mm
Eje	"K"	Asentamiento promedio	= 18 mm
		Valor diferencial máximo	= 3 mm
Eje	"L"	Asentamiento promedio	= 18.6 mm
		Valor diferencial máximo	= 2 mm

Eje	"M"	Asentamiento promedio	= 21 mm
		Valor diferencial máximo	= 1 mm

Los puntos de registros de nivel en el exterior del Sagrario - sufrieron asentamientos del orden de 12.5 mm. en promedio, - - siendo el asentamiento diferencial máximo de 6 mm.

ESTADO DE LA CATEDRAL Y EL SAGRARIO.

a).- Desniveles.

La Catedral de México como se ha visto, presentaba fuertes desniveles, tanto en su estructura como en los pisos. El desnivel máximo alcanzó en 1973, aproximadamente 225 cm. entre la zona más baja localizada en la parte Sur-Oeste del edificio y la más alta, junto al altar de los Reyes. El incremento observado en este desnivel, durante el año de nivelaciones continuas, fue de 1.3 cm. aproximadamente.

En el Sagrario, los desniveles alcanzan un valor máximo de aproximadamente 90 cm. localizándose la zona más baja en la esquina Sur-Este del edificio y la más alta en la intersección de los ejes "J" con "6". El incremento observado en este desnivel entre Julio de 1972 y Julio de 1973 fue de 6 mm. aproximadamente.

En la Catedral de México se tenían a la vista muy pocas grietas, las cuales no denotaban peligro inmediato. Estas grietas se encontraban principalmente en las zonas próximas a los ventana

les, localizados en el eje "C" entre los ejes 4-5 y 14-15, en el eje "D" entre los ejes 2-4, en el eje "F" entre los ejes 4-5 y 10-11 y en el eje 15 entre los ejes E-F.

Para detectar cualquier movimiento en las grietas, se instalaron testigos metálicos, no registrándose ningún cambio en el año de observaciones.

En cuanto al Sagrario Metropolitano, éste presentaba demasiadas cuarteaduras, algunas muy grandes y aparatosas. Las principales grietas se localizaban en las bóvedas, en los muros exteriores, y una en el piso, la cual corre a lo largo del eje "J", causando algunos daños a las columnas del mismo eje. Los testigos metálicos colocados en las grietas de los muros indican que durante este período de observaciones se presentaron movimientos que ocasionaron aumentos en el tamaño y longitud de las grietas.

b).- Desplomes.

Como consecuencia de los asentamientos diferenciales que habían sufrido la Catedral y el Sagrario, las columnas y muros presentaban fuertes desplomes. Algunos de los cuales se midieron.

En la Catedral, estos desplomes alcanzaban valores de 28.5 cm. de altura de aproximadamente 14.0 m., mientras que en el Sagrario estos desplomes máximos llegaban a valer 25.2 cm. en aproximadamente la misma altura.

c).- Centro de gravedad.

Con el fin de determinar en forma aproximada la ubicación del centro de gravedad de las descargas en Catedral, el edificio - se dividió por zonas y se evaluaron los pesos de los diferentes elementos en cada una de dichas zonas (muros, columnas, bóvedas, etc.), considerando estos pesos como fuerzas concentradas localizadas en los centros de gravedad de cada área de contacto.

Tomando momentos respecto a un eje de referencia ubicado en el paño interior de la fachada principal y dividiendo este valor entre la suma de descargas se encontró que el centro de gravedad se localizaba a una distancia de 44.6 m., de dicho eje considerando que en el otro sentido del edificio es prácticamente simétrico, se determinó el centro de gravedad precisamente sobre el eje de simetría a una distancia de 44.6 m. del paño interior de la fachada principal.

RESTAURACION DE BOVEDAS.

Como consecuencia de los asentamientos diferenciales, la superestructura de la Catedral y del Sagrario Metropolitano, manifestaba desperfectos que afectaban tanto elementos estructurales - Bóvedas y Muros - como ornamentales, - pretilos, pinculos, balaustradas -. Estos últimos también dañados por la alta concentración en la atmósfera, de sustancias que dañan la piedra.

La profundidad de los daños manifiestos en los elementos estructurales - desplomes, grietas - comprometía a tal grado la integridad del monumento, que se decidió restaurar los muros y bóvedas, tanto de la Catedral como del Sagrario, antes de emprender la recimentación de ambos edificios, a sabiendas de que al trabajar en la subestructura ocurrirían movimientos que harían aparecer nuevas fisuras.

Para proceder a la reestructuración de las bóvedas, se localizaron las fisuras aparentes tanto en el intradós como en el extradós, siguiendo su trayectoria y asentando su ubicación, dirección y magnitud. Algunas fisuras evidentes al interior no trascendían claramente hasta el enladrillado, y solo se pudieron evaluar cuando esta membrana fue retirada.

El enladrillado se había deteriorado no solo por los desajustes de la estructura, también lo habían dañado los anclajes pa

na instalaciones de iluminación, la aplicación de impermeabilizantes bituminosos, la presencia de elementos metálicos bajo el manto, etc. Este deterioro permitía el paso del agua al interior de las bóvedas.

Para evaluar la magnitud de la parte dañada, se detectaron - acústicamente las zonas en las que el ladrillo estaba firme, - percutiendo por el exterior. Las zonas detectadas se delimitaron con pintura de cal para evaluar el porcentaje por reponer que resultó de 70%. Se procedió a levantar el ladrillo en una zona al Sur de la nave principal que serviría como modelo experimental. Aquí se vió que al levantar la membrana en la zona floja, se aflojaba también la zona contigua, que al iniciar la operación estaba firme, a pesar de proceder con extremo cuidado golpeando siempre lateralmente con el cincel tendiendo a la horizontal para no lastimar más las bóvedas. Asimismo se hizo evidente que ciertas zonas de enladrillado firme estaban unidas con mezcla de cemento que no es compatible con el relleno (entortado) subyacente de tezontle y cal.

Por las razones anteriores se determinó reponer el enladrillado en su totalidad, procediendo previamente a la consecución de un material de dimensiones y características semejantes a las del ladrillo por substituir. Se encontró que el ladrillo de Tarimoro, Gto., fabricado con procedimientos tradicionales se ceñía a las especificaciones requeridas en cuanto a dimensiones, permeabilidad, color, etc. Al levantar el ladrillo, -

se dejaron muestras con el fin de preservar el perfil original de las bóvedas.

Retirado el ladrillo se encontró un relleno o entortado de tezontle y cal que fue eliminado para acceder a las bóvedas y corregir las fallas en la mampostería. Descubiertas las fisuras se sondeaban cuidadosamente, limpiandolas del material suelto, si la grieta llegaba al intradós, se preparaba por el interior, sellando la cara interna para evitar el desprendimiento de material, auxiliandose para esto con andamios y torres desmontables, que en algunos casos servían para inyectar desde el intradós.

Para restablecer la continuidad en las bóvedas, se obturaron las fisuras inyectando mortero a presión de acuerdo con el siguiente procedimiento: inicialmente se sondeaba la grieta, eliminando el material suelto y los rastros de intervenciones anteriores (si las había), realizadas con morteros de cemento. A continuación se sopleteaba con aire comprimido para quitar el polvo; hecho esto se sellaba la grieta enrasando en los bordes, dejando previamente unos tubos de 1" de diámetro a guisa de boquillas de inyección, estos tubos con una longitud de 40 cm., se espaciaban a cada 60 cm. en las grietas de ancho menor de 5 cm. y a cada 30 cm., en las que superaban este ancho. En cuanto fraguaba el mortero del enrase se procedía a inyectar lechada compuesta por cemento cal, arena y aditivo estabilizador de volumen.

Cuando la grieta daba de lado a lado de la bóveda, se dejaban al intradós preparaciones semejantes a las del exterior, que servían como testigos cuando se llenaba la fisura y como protección permitiendo la salida de aire si la presión tendía a romper el enrase.

La inyección se efectuó colocando el mortero en una marmita de presión, con tapa hermética, a la que se aplica una presión de 3 a 5 K por cm^2 por medio de un compresor; la marmita está provista de manómetro y válvula de seguridad, y del fondo cónico sale una compuerta o válvula conectada a una manguera que se inserta a las boquillas de inyección. La válvula de seguridad y el manómetro se probaban a cada 4 cargas, limpiando el interior del recipiente para evitar explosiones.

Al terminar la reparación de las bóvedas en una zona, se procedió a reponer el entortado de tezontle siguiendo el perfil de las muestras que para el efecto se dejaron, uniéndolas entre sí para formar fajas a guisa de reglas. Donde por necesidades de organización de obra las bóvedas debían permanecer expuestas a la intemperie, se cubrían con una membrana plástica para protegerlas de la lluvia y simultáneamente evitar la pérdida de agua en sus componentes.

El ladrillo se tendió en petatillo, partiendo de la cúspide de cada bóveda, los ajustes de piezas se hicieron en las líneas de cambio de curvatura, tal como estaba originalmente, esto se pu

do controlar estrictamente gracias al material fotográfico que para el efecto se recabó.

Al retirar el enladrillado se descubrieron vestigios de intervenciones anteriores, realizadas con distintos procedimientos que van de las cuñas de madera y la obturación de grietas con material pétreo a las grapas y los tensores metálicos, estos últimos elementos se localizaron en planos, se limpiaron de la herrumbre protegiéndolos con pintura anticorrosiva epóxica; -- las grapas aunque no colaboran en el trabajo estructural de la bóveda, se dejaron en su lugar y se cubrieron con el enladri-- llado, pues son evidencias de la continuidad en el mantenimien-- to del monumento y documentan el criterio estructural de una -- época pasada.

Tal como en las bóvedas, la trayectoria de las fisuras en los muros seguían sensiblemente la misma pendiente normal a la dirección del máximo hundimiento. La forma y dimensión variaba notablemente de una a otra fisura, por lo que se hubo de analizar caso por caso antes de proceder a la oclusión. La separación entre los bordes de las fisuras reparadas varía de 0.05 a 0.25 m. y las longitudes van de 1.00 a 13.00 m.

En general, el trabajo de reparación de fisuras se iniciaba -- con una limpieza exploratoria, en la que se retiraba el mate-- rial flojo; posteriormente se soplaba al interior con una man-- guera de aire comprimido, a continuación se fijaban las boqui--

llas de inyección de 20 cm. de profundidad (tubos de plástico) a cada 60 cm., se enrasaba al exterior obturando la grieta con mortero de cemento-cal y arena, cuando este fraguaba se procedía a introducir la lechada a una presión de 2 Kg. por cm^2 con un inyector accionado neumáticamente, comenzando a partir de la boquilla más baja para evitar la formación de cavernas de aire. En las grietas cuya amplitud lo permitía, se introducían fragmentos de la misma piedra de la mampostería, troqueando las dos caras interiores. Los huecos entre estas piezas se llenaron al inyectar el mortero, esto se hizo con objeto de conservar en lo posible la homogeneidad del muro.

Cuando la fisura aparecía en un muro recubierto de cantera o tezontle, antes de proceder a la reestructuración se desmontaban las piezas sueltas o faltas de anclaje del recubrimiento o molduración que se reinstalarían más tarde en la misma posición que guardaban antes de la restauración.

Donde la fisura separó definitivamente los sillares o las piezas de ornamentación escultórica de la fachada (como aconteció en el Sagrario), se inyectó la fisura para dar continuidad estructural al muro, pero no se desmontó la fachada ni se intentó introducir piezas de ajuste que falsearían las proporciones de los elementos aumentando su sección.

Cuando las grietas traspasaban el muro de uno a otro lado, se dejaban preparaciones interiores y exteriores, alternando la -

inyección de una parte a la otra, procediendo de abajo hacia arriba. Para evitar escurrimientos o salpicaduras durante la inyección, que podían dañar el mobiliario, pintura, etc., se protegieron estos elementos con membranas, tapiales y tendidos según cada caso; es testimonio de la eficiencia de estas protecciones el que los retablos y pinturas quedaron indemnes después de los trabajos aquí relacionados.

En todas las fisuras significativas se instalaron testigos compuestos por dos hojas de lámina de cobre ancladas independientemente, una a cada lado de la fisura, superpuestas en un 50%, marcadas con dos líneas perpendiculares entre sí, que pasan de una a otra pieza, con estos elementos se puede detectar el más mínimo desplazamiento en todas direcciones. En cada pieza se imprimió la fecha de colocación para evaluar periódicamente los desplazamientos.

RECIMENTACION

DATOS TECNICOS:

- Catedral
- Sagrario

516 Pilotes de Control
 383 En la Catedral
 133 En el Sagrario
 6500 m³ de concreto
 900 toneladas de acero
 29642 m³ de tierra removida

- CIMENTACIÓN.

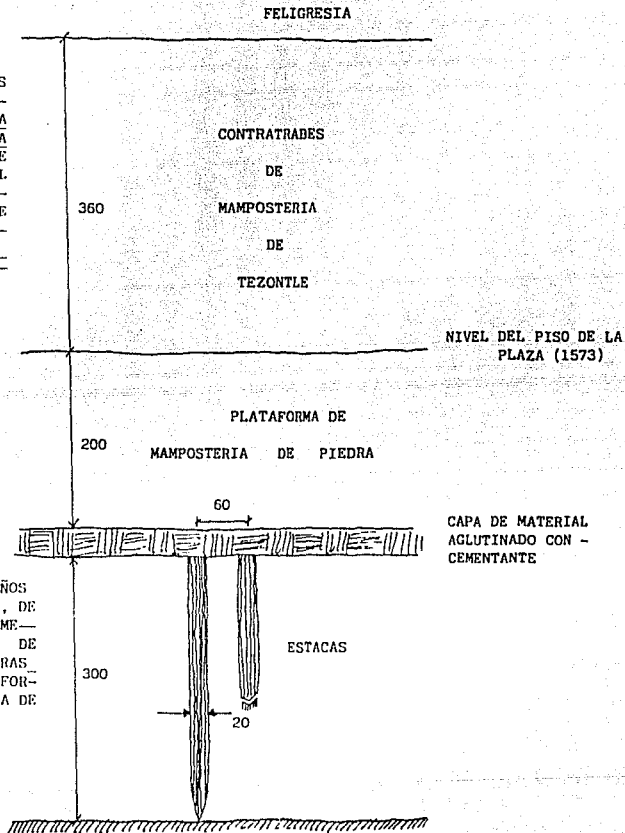
Los constructores de la Catedral, solucionaron el problema de la cimentación hincando estacas de 3 m. de largo a cada 60 cm. aproximadamente. El diámetro de estas estacas es variable, -- con un mínimo de 20 y un máximo de 30 cm. Después de clavar las estacas, se niveló el terreno quemando las cabezas de los troncos que sobresalían. Sobre esta empalizada se colocó una plantilla de pedacería que sirvió de base a un pedraplen de tres metros de espesor construido con piedras grandes aglutinadas con mortero. Sobre este pedraplen descansa la retícula de contratraves de mampostería, también de 3 m. de altura, que recibe las columnas. Esta retícula forma una sola pieza prácticamente monolítica con el pedraplen.

La cimentación del Sagrario, si bien fue construida siguiendo el mismo criterio, se realizó extrañamente de muy pobre manera; es por esto que los mayores daños por hundimiento diferenciales se encontraban ahí.

Las obras realizadas en la Catedral en 1943, aliviaron a la cimentación del relleno que colmaba la retícula de las contratraves, para la utilización del espacio en la construcción de -- criptas. Se construyeron losas de concreto de techo y piso en ese nivel y se forraron las contratraves de mampostería con muros de concreto.

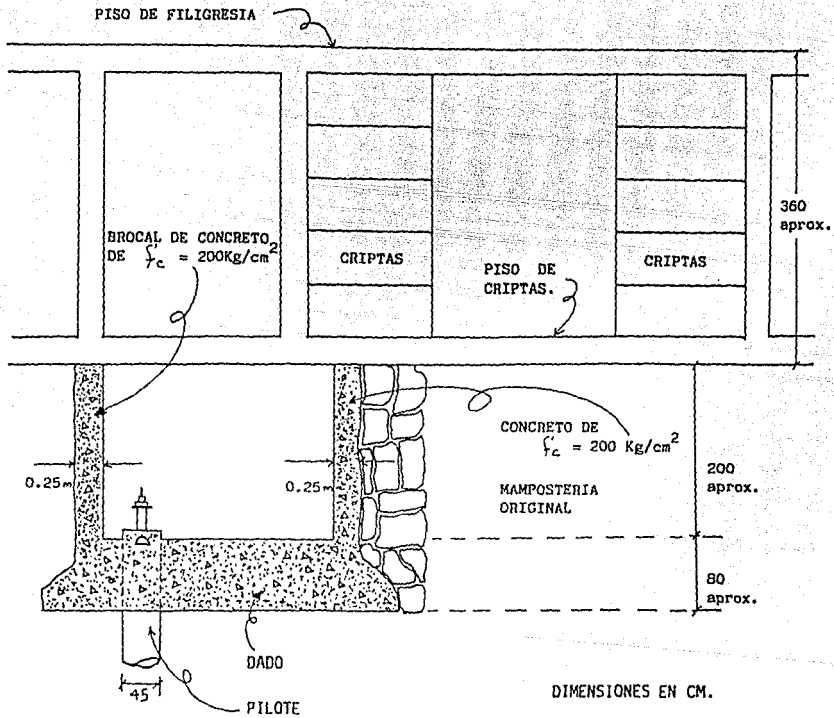
DE ACUERDO CON LOS DATOS SOBRE LA CIMENTACION DE LA CATEDRAL METROPOLITANA, CUIDADOSAMENTE RECOPIADOS POR EL SR. ARQUITECTO JUAN FERNANDEZ DE LA VEGA, DICHA CIMENTACION SE HIZO EN LA SIGUIENTE FORMA.

SE HINCARON PEQUEÑOS PILOTES DE MADERA, DE UNOS 20 CM DE DIAMETRO POR 2.5 A 3 M DE LONGITUD, EN HILERAS ORTOGONALES, QUE FORMAN UNA CUADRICULA DE 60 CM DE LADO.



Una vez tomada la decisión de recimentar los monumentos y en base a los estudios del subsuelo y del comportamiento de las estructuras, se revisaron innumerables posibilidades en cuanto a la colocación de los pilotes y a los procedimientos constructivos más adecuados. Tomando en cuenta que entre el nivel de piso de Catedral y su cimentación se encontraba un nivel de criptas y considerando los problemas que se suscitarían al remover los restos; las soluciones se orientaron hacia procedimientos constructivos que no afectarían los espacios ocupados por los nichos. La solución definitiva, consistió en la utilización de los espacios huecos que la construcción de las criptas habían dejado alrededor de las columnas. Esta localización fue aprobada por ser idónea para transmitir los esfuerzos del pilote a la estructura, así como por facilitar la construcción de los dados sin intervenir para nada en la zona de nichos, accediendo desde el nivel de feligresía.

La reconstrucción aliviara aproximadamente en un 25% el trabajo de la cimentación, apoyando esta carga en un manto resistente localizado entre 38 y 40 metros de profundidad. Los pilotes utilizados permitirán controlar el descenso de los edificios con respecto al terreno circundante y los hundimientos diferenciales dentro de las mismas estructuras. Las cargas se transmiten de los pilotes a la estructura por medio de dados diseñados cada uno independientemente según su situación, construyéndose trabes de liga en algunos casos, sobre todo en los frentes adosados a los muros perimetrales. El criterio para



BAJO EL PISO DE FELIGRESIA, LA COMISION DE ORDEN Y DECORO EXTRAJO EL MATERIAL QUE EXISTIA ENTRE DICHO PISO Y LA LOSA DE MAMPOSTERIA QUE SE HA DESCRITO. EL ESPACIO ASI GANADO SE DESTINO A LAS - - CRIPTAS QUE HOY EXISTEN.

la reestructuración, consistió en la completa utilización de la cimentación original, aprovechando las modificaciones realizadas en 1943. La utilización de un sistema de pilotes de control fue aprobado además, porque el procedimiento de hincado se realiza con prensa hidráulica, evitando así la vibración de las estructuras y permitiendo el trabajo en espacios de altura reducida. Por otra parte durante el hincado se usan las anclas del dispositivo de control, probándose durante el desarrollo de la operación con 110 toneladas (10% más sobre la carga de trabajo) la totalidad del sistema dado-pilote.

En lo que respecta al Sagrario, la reestructuración consistió en un paralelepípedo hueco y rígido de concreto armado que se construyó bajo el pedraplen, con objeto de transmitir la carga a una losa de cimentación y a los pilotes. Este paralelepípedo está dividido en pequeñas celdas por medio de muros de concreto, reduciendo los claros de trabajo. Los trabajos en el Sagrario resultaron mucho más complicados debido a la mala calidad de la cimentación original, las intervenciones parciales posteriores y a las grandes variaciones en las condiciones del subsuelo y por la localización de construcciones prehispánicas. A pesar de haber realizado con anterioridad numerosas calas de exploración, el diseño fue constantemente ajustado a las condiciones específicas de cada zona.

Es importante anotar aquí que el comportamiento de las estructuras fue controlado durante todo el proceso de los trabajos.

Para cumplir con esta necesidad, los primeros trabajos consistieron en la consolidación de la superestructura, colocando testigos que permitieron registrar el menor movimiento.

El objetivo fundamental de los trabajos de recimentación de la Catedral y el Sagrario Metropolitanos consistió en detener los hundimientos diferenciales que desde su construcción venían presentándose en las estructuras, y controlar el descenso general de los monumentos en relación con el terreno circundante.

Como se indicó, se hincaron 516 pilotes de control, 383 de ellos en la Catedral y 133 en el Sagrario. Estos pilotes, apoyados en una capa resistente localizada entre 38 y 40 mts. de profundidad, aliviaron el trabajo de la cimentación original, tomando aproximadamente la cuarta parte del peso total.

El dispositivo de control mencionado, es una aportación mexicana a la tecnología de las cimentaciones. Estos pilotes, usados por décadas, se caracterizan por su capacidad para variar los esfuerzos a que se someten, deteniendo a corto plazo los hundimientos diferenciales y permitiendo renivelaciones a largo plazo.

- ELECTRICIDAD.

La instalación eléctrica de la Catedral y el Sagrario Metropolitanos, se encontró en un estado deplorable al iniciarse los estudios previos a la restauración. Gran parte de la instalación interior, era visible en su recorrido por el edificio y los conductores que no estaban remendados, habían perdido parte de su recubrimiento aislante, con grave riesgo de accidentes, como el que en 1967, destruyó el altar del Perdón y gran parte de los órganos y sus retablos.

La instalación para la iluminación exterior, se encontró también en malas condiciones, con los alambres sin aislamiento en muchas de sus conexiones y empalmes. Además de que los anclajes de lámparas y reflectores fueron colocados de tan infortunada manera que dañaron algunos elementos de piedra y colaboraron al deterioro de la cubierta.

Para contribuir a la confusión, la corriente se suministraba de la red municipal por varias acometidas, intercomunicadas entre sí, arbitrariamente; esto dificultaba las labores de operación y control del sistema. El problema de mantenimiento por todo esto, se complicaba además extraordinariamente al no contar con un plano, ni siquiera esquemático de la instalación.

Por todas las consideraciones anteriores, se emprendió la tarea de diseñar una instalación enteramente nueva, coherente con las

características y necesidades de los monumentos y congruente con el avance tecnológico en esta materia.

El diseño del sistema comprende la localización de una subestación alimentada por una sola acometida. Situada en la zona jardinería que se encuentra al norte del Sagrario y al oriente de la Catedral.

Uno de los problemas contemporáneos más interesantes en materia de iluminación, consiste precisamente en el alumbrado artificial de las obras arquitectónicas que fueron construidas con anterioridad al uso de la electricidad. Solucionar este problema con corrección, supone un estudio detallado de los efectos que diferentes tipos de luminarias y diversas ubicaciones pueden dar, de tal manera que las formas y las texturas de los recintos y los elementos que lo conforman, aparezcan con su verdadero valor relativo. En otras palabras, es un problema que tiene que ver más con la calidad que con la cantidad de luz.

Para la iluminación interior de la Catedral, se usaron tres tipos diferentes de unidades de iluminación: incandescentes, iodo-cuarzo y vapor de mercurio. Se emplearon distintos tipos de fuentes luminosas, en razón a los diferentes ambientes y objetos a ser iluminados, usándolas combinadas en donde sea importante conservar inmutables los colores, corrigiendo por mezcla, la distorsión en la apariencia, que daría el uso de un solo ti

po de luminaria.

Es así, como cada una de las capillas laterales, se usaron unidades especiales de tipo incandescente, que iluminaron los retablos y cuya iluminación será complementada por candiles centrales de las capillas, compuestos por pequeños focos incandescentes. Con el mismo criterio, se iluminó los retablos correspondientes al Altar de los Reyes y la Capilla de la Providencia. La superficie interior de las bóvedas, se iluminó mediante reflectores de tipo incandescente, colocados en los candiles de los pasillos laterales. La bóveda central, iluminó por unidades de alumbrado incandescente, localizadas sobre las cornisas que la circundan. Ubicados en la cornisa superior de la cúpula principal, están las unidades que la iluminan y son del tipo iodo-cuarzo. En esta misma cornisa están montadas las unidades de iodo-cuarzo, que iluminan el altar de oficios. La iluminación para los retablos de los órganos monumentales, se logró con reflectores de tipo incandescente colocados en los candiles que están ubicados en esa zona. La luz ambiente que complementa el interior de la Catedral, se obtuvo de los pequeños focos incandescentes que componen los candiles. Para la circulación en pasillos, se instalaron unidades especiales del tipo incandescente, en la parte inferior de los candiles existentes. El control de la misma es alternado, para que la mitad de ellas pueda servir como "veladoras" en la noche.

El interior del Sagrario se ilumina por candiles de luces in-

candescentes. Los altares más importantes están iluminados por reflectores, también incandescentes, montados en dichos candiles. La iluminación para el altar principal, se llevó a cabo con reflectores especiales a prueba de agua, de dos diferentes tipos: iodo-cuarzo y vapor de mercurio.

El criterio general para el estudio y desarrollo del proyecto de la iluminación exterior de los monumentos, fue el de colocar las fuerzas luminosas fuera de las fachadas a ser iluminadas.

- RESTAURACION DE BALAUSTRADAS.

El deterioro de las Balaustradas que rematan los paramentos de fachadas de la Catedral, se debió más a la erosión y a la acidez de la atmósfera que a los desajustes de la estructura; aunque en algunos tramos se manifestaban desalinamientos y desplomes causados por los asentamientos que hacían temer un colapso.

Los balaustres afectados por el mal de la piedra que se desintegran o pierden materia con solo tocarlos, en muchos casos se habían reducido de sección alterando el perfil original y comprometiendo la estabilidad del conjunto al no soportar el peso del pasamanos.

Para determinar las piezas que debían reponerse, las que admitían reparación y las que podían conservarse intactas; se procedió a numerar todas las piezas, identificándolas en tablas y planos, con el propósito de ubicarlas en el mismo sitio. Posteriormente, se colocaron andamios por ambos lados de las balaustradas, con protecciones a todo lo largo, para seguridad de los trabajadores, facilitar el desmontaje y proteger las piezas contra caídas accidentales.

A continuación, se procedió a desmontar la balaustrada por tramos, clasificando las piezas que serían recolocadas. Al encontrar piezas cuya restauración era factible, se procedía a limpiarlas cuidadosamente, reconstruyéndolas con pegamentos espe-

cíficamente elaborados para estos casos. Gracias a estos métodos, se logró conservar un 20% de las piezas del nivel superior que era precisamente el más deteriorado.

Para las piezas inexistentes o sumamente deterioradas, se elaboraron escantillones para que fueran talladas en obra.

Análisis de laboratorio practicados en piezas originales, permitieron localizar en los Remedios, Estado de México, los bancos de extracción de la cantera utilizada por Tolsá. La cantera para el tallado de las nuevas piezas fue extraída de esos mismos bancos, pero de un nuevo manto de mejor calidad, 10 ó 12 metros más abajo del manto original.

De esta manera, se obtuvo una cantera de reposición, que presenta una mayor resistencia a la intemperie. Conociendo los puntos que presentaban mayor posibilidad de falla, y con la intención de respetar procedimientos originales, se colocaron, en las bases superior e inferior de las balaustradas, anclas de acero ahogadas en plomo. Estos elementos penetran en perforaciones correspondientes tanto en el pasamanos como en el zoclo, a los que se fijan también con plomo. El sistema permite absorber dilataciones por cambios de temperatura en los materiales.

Para prevenir el riesgo de desplome, se diseñó un sistema de postensado que garantizará su estabilidad. Este sistema, con-

siste en cajas de registro y perforaciones abiertas en los pilares y muros en que se apoyan los extremos de los pasamanos; a través de las perforaciones se introduce el tensor, cuya punta pasa en la caja de registro a través de una placa y una tuerca que sirve para regular la tensión, a una presión promedio de 18 kilogramos que garantiza la estabilidad de la balaustrada.

En los pasamanos se abrió a todo lo largo un cajillo para alojar el tensor y se le hicieron pequeñas perforaciones en la parte superior para el vaciado del mortero que consolidó la unión del tensor, el pasamanos y el ancla.

- RESTAURACION DE PINTURAS.

La Sacristía de la Catedral Metropolitana está decorada por -- seis grandes pinturas que por sus dimensiones, por su calidad artística, interés histórico y prestigio de sus autores, constituyen el que probablemente sea el conjunto de pintura colonial más importante de América.

Cuatro de ellas fueron realizadas por Cristóbal de Villalpando y las dos restantes por Juan Correa "El Viejo" quien desarrolla el tema de "la Ascención de la Virgen" en una tela bisecionada de 7.66 X 8.98 mts. de altura y el de "La Entrada Triunfal a Jerusalem" en seis secciones y que miden en total 7.63 X 9.16 mts.

Por su parte Villalpando realizó: "La Oración de San Miguel - Arcángel", de 7.65 X 9.29 en tres secciones: "Alegoría sobre la Iglesia" en siete partes y dimensiones de 7.61 X 8.94 mts.; "El Apocalipsis" realizado en una sola tela con medidas de -- 7.65 X 8.78 mts.; y por último "El Triunfo de la Iglesia" en siete secciones y 7.66 X 8.89 mts. en medida total.

Al ser necesario retirar de su sitio dichas pinturas para realizar la inyección de los muros en que se encuentran colocadas, se observó que ello no era posible sin una intervención técnica de restauración, pues lo impedía el mal estado de sus bastidores y telas, pudiéndose notar que por la acción del tiempo,

accidentes y desafortunadas intervenciones, las pinturas se encontraban seriamente dañadas.

Para cada una se realizaron minuciosos estudios para identificar los daños y sus causas a fin de determinar el procedimiento de restauración a seguir.

Las causas principales del deterioro de las obras fueron: el mal estado de los bastidores por la acción de la polilla y del tiempo, el deterioro de las telas y las reparaciones efectuadas en el pasado.

Los bastidores rotos y frágiles provocaban arrugas y distorsiones en las telas, lo cual a su vez traía como consecuencia desprendimientos en la capa pictórica. En lo que respecta a las condiciones ambientales las habían hecho inconsistentes en grandes áreas.

En términos generales el proceso de restauración consistió en:

- 1.- Desprendimiento de las obras del sitio en que se encontraban colocadas. Esta operación fue sumamente delicada dadas las dimensiones de las pinturas y la fragilidad de sus bastidores.
- 2.- Protección y consolidación de la capa pictórica.
- 3.- Consolidación o reposición parcial o total de los bastidores, según su estado.

- 4.- Limpieza del reverso de las telas.
- 5.- Reentelado parcial o total.
- 6.- Tensado de las telas.
- 7.- Limpieza de barnices afectados, así como de repintes antiguos, utilizando los solventes apropiados a cada caso.
- 8.- Resane de la superficie pictórica.
- 9.- Reposición minuciosa de los pigmentos faltantes sin afectar las capas originales.
- 10.- Barnizado final.
- 11.- Traslado y colocación de las pinturas en su lugar de origen.

Por medio de esta labor se consiguió una larga y estable duración de estas magníficas obras.

- CONTROL ARQUEOLÓGICO.

Desde el inicio de las obras, se llevo a cabo un control estricto del material arqueológico hallado en pozos y túneles. El sistema constructivo empleado en la reestructuración de la cimentación, requirió de escavaciones que descubrieron numerosos e importantes restos arqueológicos. El propósito fundamental del sistema del control, consistió en registrar con precisión todo tipo de materiales arqueológicos, tanto de la época prehispánica como de la colonial y determinar el nivel estratigráfico en que fueron encontrados.

El registro del material se efectuó, según el caso, por medio de levantamientos arquitectónicos en planos, registro tridimensional y toma de fotografías. Posteriormente, al ser rescatado el material, éste era marcado, clasificado e inventariado.

En cuanto a los restos de estructuras arquitectónicas descubiertos, se detectaron y clasificaron valiosos elementos entre los que destacan los basamentos piramidales prehispánicos ubicados bajo la torre poniente, los encontrados bajo el Sagrario y otro situado casi en el eje de acceso oriente a la Catedral, cuyo nivel de desplante y coronamiento es muy superficial.

Bajo el Sagrario fueron localizados tres glifos solares sobre el talud de la última superposición, conservándose uno de ellos "in situ".

Otros elementos arquitectónicos relevantes descubiertos fueron secciones aisladas de un acueducto y fragmentos de pisos a diferentes niveles.

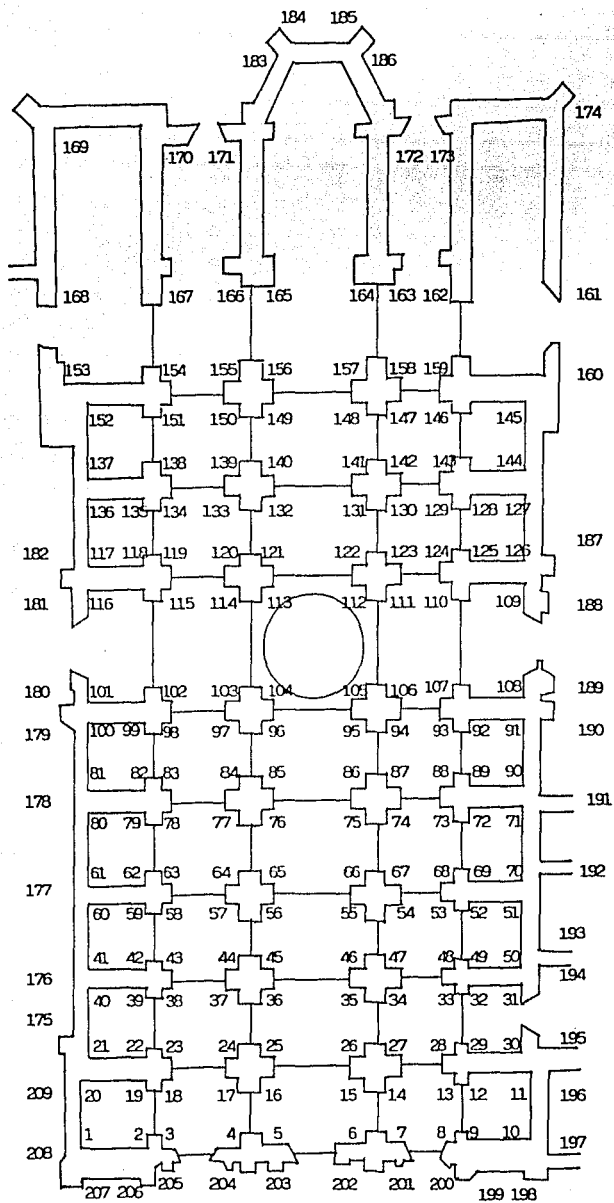
Además del material arqueológico, se encontraron diversas piezas escultóricas y de cerámica así como un conjunto importante de tiestos, material lítico, restos óseos humanos y de animales y materiales de escala menor de tipo orgánico que fueron debidamente clasificados. Ejemplos sobresalientes de escultura prehispánica son: una pieza incompleta de piedra representando un caracol marino y tres cabezas de vibora y un portaestandarte.

Pertenecientes a la época colonial, fueron hallados también: restos de cerámica, ofrendas, monedas, restos de telas, pedazos de cuero labrado, pelotas de madera, discos de piedra, etc.

RESUMEN TÉCNICO DE LA RECIMENTACION DEL CONJUNTO DE LA CATEDRAL Y EL SAGRARIO METROPOLITANOS.

Los pilotes de concreto usados en la recimentación de la Catedral tienen su extremo inferior apoyado en una capa dura de limo arenoso, sensiblemente horizontal, que se encuentra a unos 38 m. debajo del piso del atrio. Al trabajar como pilotes de control deben permanecer fijos, es el resto de la cimentación la que se desplaza verticalmente a medida que el terreno de la zona sufre movimientos de descenso por enjutamiento al perder agua y bajo la acción de las cargas.

Fueron construidas en la recimentación de la Catedral 166 estructuras de concreto reforzado o "dados" para poder transmitir al suelo, estrato resistente 38,300 toneladas por medio de 383 pilotes instalados distribuidos en 209 frentes. El número de pilotes por dado varía de 1 a 4, según su ubicación aunque los más frecuentes son de 2 y 3. Los dados son losas de concreto reforzado de 0.80 m. de espesor, algunos, recibidos por trabes de concreto, ya sea en sus bordes o de liga entre los propios dados. Estos fueron construidos de tal modo que el lecho inferior de la losa estuviera a un nivel aproximado del de la superficie inferior del pedraplén (de cal y canto de 1.5 m. a 2.5 m. de espesor), que en forma continua es parte de la cimentación original de Catedral. Para ello, en la localización de cada "dado" se perforo el pedraplén con herramienta neumática (todas las excavaciones exteriores del edificio se hicieron



con equipo rotatorio que evitó la extracción de agua del subsuelo), para sustituirlo por el concreto reforzado del dado. Todas las superficies de contacto entre las estructuras de concreto y el pedraplén, al ser roto éste durante la recimentación, fueron rebajadas en planos con una inclinación de 30° respecto a la vertical, para asegurar la cuña entre el dado y el pedraplén para garantizar el trabajo de los pilotes.

La liga entre el extremo superior de cada pilote con el dado de concreto se hace mediante tres lechos de cubos de madera (con la veta horizontal) hasta un "puente" de acero estructural de 0.90 m. de longitud y 0.31 m. de peralte, formado por perfiles de acero. Los anclajes del puente distan entre sí 0.75 m., éstos son tornillos con tuerca $\emptyset 2$ " que se fijan cada uno a una pieza metálica denominada "araña", ahogada en la losa del dado, por donde se transmite a los pilotes el peso que se va a recibir del edificio.

Las tres capas de madera en cubos de 5 cm. de lado suman 15.5 cm. de altura, incluida en esta cifra el espesor de tres láminas de acero galvanizadas colocadas debajo de cada lecho de madera.

Debajo del Sagrario Metropolitano fue construída una estructura formada por losas y contratraves de concreto reforzado, formando celdas de forma rectangular o trapezoidal. Se hincaron 133 pilotes de control, distribuidos en 45 frentes. Algunos no llegaron a la capa dura limo arenosa, sino que su hincado se

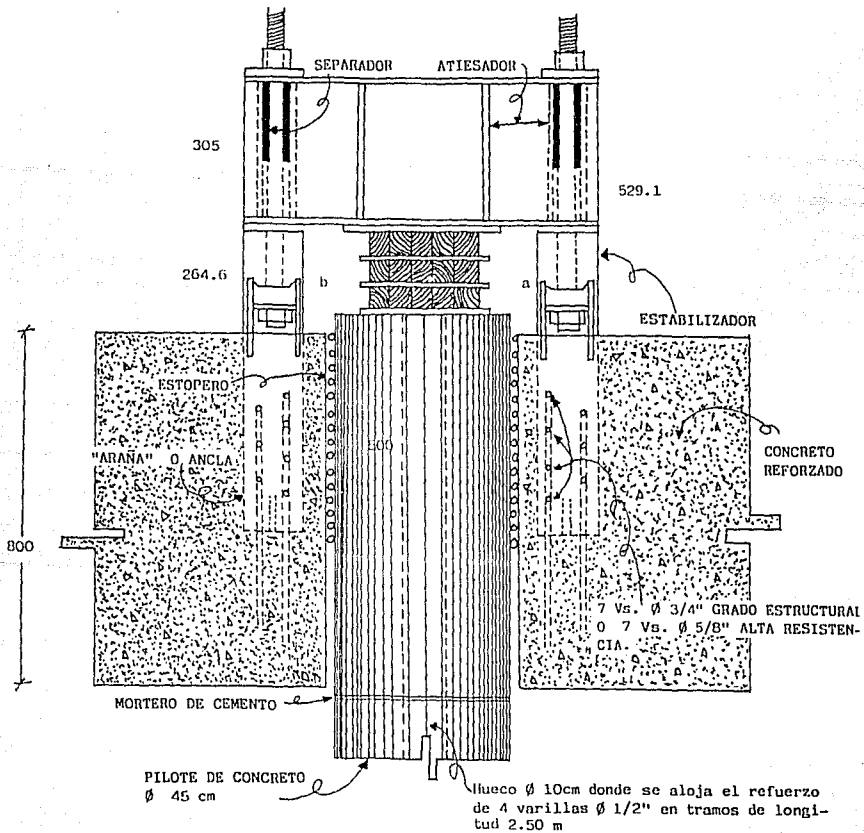
CORTE VERTICAL DEL DADO, PILOTE Y CONTROL

NOTAS:

LOS CUBOS DE MADERA SE COLOCAN CON LA VETA HORIZONTAL.
EL HINCADO DEL PILOTE ES CONTINUO Y SE SUSPENDE CUANDO EL MANOMETRO DEL GATO INDICA 100 TON. DE CARGA.

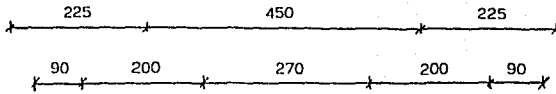
- a - Lamina galvanizada del no. 16
b - Cubos de madera de caabilla de 5x5x5 cm

Dimensiones en cm.



PLANTA DEL CONTROL

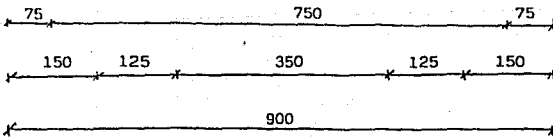
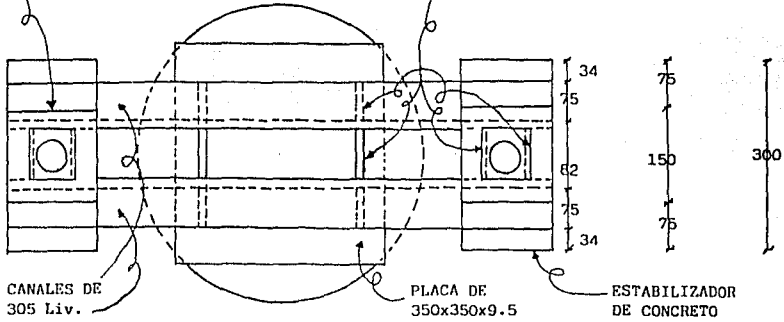
NOTAS: LOS ATIESADORES SE SUELDAN A LAS CANALES CON CORDON CORRIDO BISELANDO EN AQUELLOS LAS CARAS DE CONTACTO.

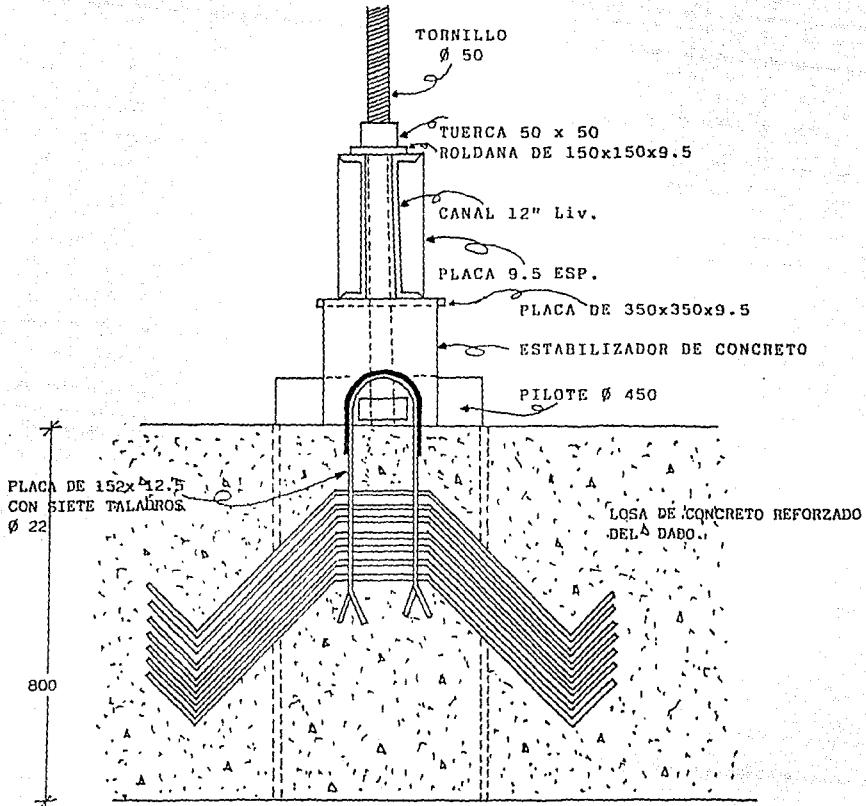


LAS DIMENSIONES ESTAN EN MM.

ARANDELA DE 150 x 150 x 9.5

ATIESADORES DE PLACA DE 9.5





NOTAS:
 LOS CONCRETOS DE LA LOSA, DEL
 PILOTE Y DEL ESTABILIZADOR -
 SON DE $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

LAS DIMENSIONES ESTAN EN mm

suspensión (con profundidades variables entre 2 m. y 12 m.) al marcar el manómetro del gato 100 toneladas. Lo anterior se debe a que bajo el Sagrario hay restos de edificaciones prehispánicas, cuyos elementos pétreos ofrecieron la resistencia necesaria para apoyar en ellos los pilotes. Los controles en la parte superior de cada pilote son idénticos a los de Catedral.

Cada cubo de madera tiene una capacidad de carga a la compresión de tres toneladas, a partir de la cual principia su deformación paulatina. Los 15.5 cm. pueden reducirse con trabajo correcto de la madera cerca del 70% del total, pero es conveniente no dejarlos deformar más allá de cuanto ha quedado reducida su altura a 9 cm. Es entonces necesario hacer el ajuste entre la cabeza del pilote y el puente metálico, retirar la madera deformada y sustituirla por cubos nuevos. Esta sustitución debe hacerse en el menor tiempo posible, por lo que deben tenerse preparadas las herramientas y los materiales necesarios. Una vez cambiados los cubos, es necesario que entre desde luego en acción, para no darles mayor carga a los pilotes vecinos del mismo "dado". Esta operación se hará con un gato de menor altura al que se empleó durante la construcción, aunque debe ser de la misma capacidad de carga. El apoyo inferior del gato menor se colocará en el puente normal de control, mientras el superior se pone en un puente provisional ligado a los tornillos fijos de cada lado mediante unople metálico y un tramo de tornillos con tuerca, todo ello también provisional.

La deformación que se dará en total a las tres capas de cubos

de madera sea entre 0,5 y 1 cm., hasta transmitir de nuevo -- una carga total de 100 toneladas a cada pilote.

Durante la construcción, a pesar de haberse colocado estopa al quitranada en el espacio anular entre pilotes y dados, no se -- logró un cierre hermético. Por consiguiente, el agua freática tendrá siempre inundados algunos frentes, sobre todo en el -- área sur-poniente de Catedral, agua que será necesario retirar antes de la revisión y ajuste de los controles.

Antes de finalizar con las obras de recimentación, en octubre de 1976, se hizo la revisión de los controles en cada pilote -- de todos los dados y se procedió a cambiar, la madera de algunos, como el del pilote único del frente interior No. 24 de Ca -- tedral, donde la reducción del espesor de la madera por defor -- mación varió de 15.5 cm. a 8 cm.

Se consideró conveniente hacer cuando menos una revisión bimes -- tral de todos los controles y ajustar aquellos que proceda, -- así como llevar un registro minucioso del comportamiento de la cimentación. También se combinó que, después de la inyección de las grietas, en hacer una revisión bimestral de muros y bó -- vedas del edificio restaurado y proseguir con nivelaciones pe -- riodicas, para relacionar todos los resultados del conjunto mo -- numental. El número de cubos que caben por lecho son 36 o un número tal que resista una carga de 108 toneladas por pilote. Durante el período de construcción fueron colocados en toda la

recimentación por pilote, lechos de 25 cubos de madera. Si se pretende dar menor trabajo a los pilotes de la zona norte y oriente de la Catedral y consecuentemente incrementar los de la zona sur y poniente, los técnicos encargados de la supervisión periódica de la obra decidirán en que grado modificar el número de cubos, siendo el rango en no menos de 20 ni más de 30 piezas por capa en cualquier caso. Para distribuir las cargas entre todos los cubos de madera, se requerirá el empleo de placas de acero de las dimensiones adecuadas.

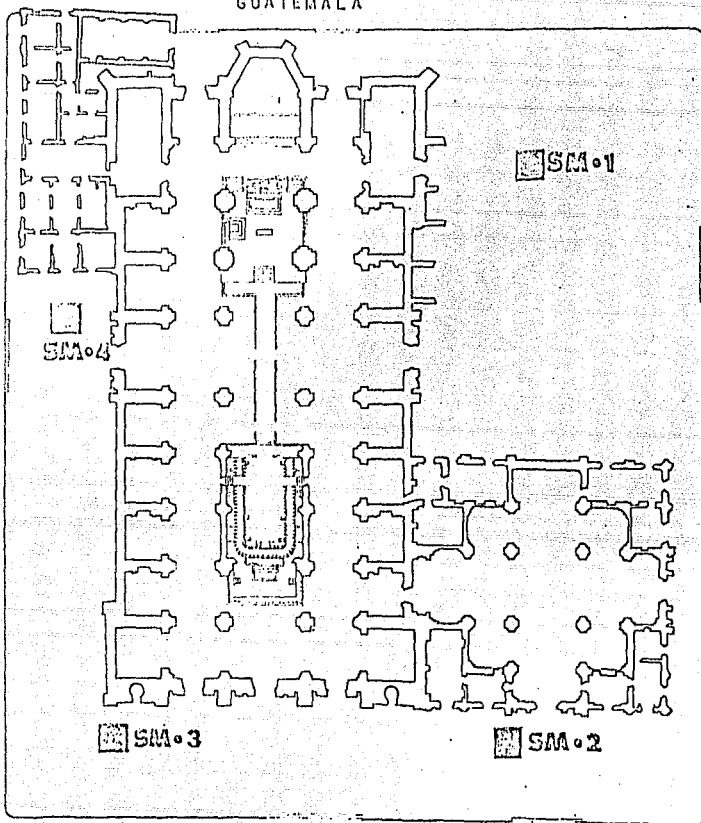
En un principio se realizó una supervisión sistemática dentro de los plazos establecidos (bimestral), posteriormente estos plazos se fueron haciendo cada vez más amplios y aleatorios, después de los terremotos de septiembre de 1985 se verificó el conjunto formado por la Catedral y el Sagrario Metropolitanos por la SEDUE; sin embargo, actualmente estas supervisiones se están haciendo en periodos irregulares siendo estos cada vez mayores.

En tal virtud, es importante definir nuevamente los plazos de verificación, aunque estos sean más amplios de los originales programados, realizar nuevas nivelaciones, inspeccionar muros y bóvedas, para finalmente integrar una adecuada Bitácora del mantenimiento y conservación del conjunto, que nos permita decidir las obras de restauración necesarias, en una forma oportuna y previa a cualquier acción que se tenga que tomar por urgencia, como consecuencia de que el conjunto monumental se encuentre en peligro.

LOCALIZACION DE SONDEOS.

GUATEMALA

MONTE DE PIEDAD



PL. DE LA CONSTITUCION

LOCALIZACION DE SONDEOS

SPN SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
DIRECCION GENERAL DE TRABAJO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**RESUMEN DE ENSAYOS
SONDEO M-1**

RESUMEN DE ENSAYOS.
SONDEO M-2

RESUMEN DE ENSAYOS,
SONDEO M-3

RESUMEN DE ENSAYOS.

SONDEO M-4

REGUMEN DE PROPIEDADES INDICE													CONTRATO		LUGAR			
PLAZA	N.	CL.	SE.	ES.	IS.	A.	S.	TE.	TA.	T.	CA.	C.	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
46																		
47																		
48																		
49																		
50																		
51																		
52																		
53																		
54																		
55																		
56																		
57																		
58																		
59																		
60																		
61																		
62																		
63																		
64																		
65																		
66																		
67																		
68																		
69																		
70																		
71																		
72																		
73																		
74																		
75																		
76																		
77																		
78																		
79																		
80																		
81																		
82																		
83																		
84																		
85																		
86																		
87																		
88																		
89																		
90																		
91																		
92																		
93																		
94																		
95																		
96																		
97																		
98																		
99																		
100																		

a Cantidad de muestra en g. b Densidad de muestra c Peso promedio de agua
 d Volumen de muestra en ml e Coeficiente de absorción f Absorbancia de la muestra en g/l
 g Índice de refracción h Índice de refracción de agua i Índice de refracción
 j Coeficiente de absorción k Peso promedio de muestra en g/l

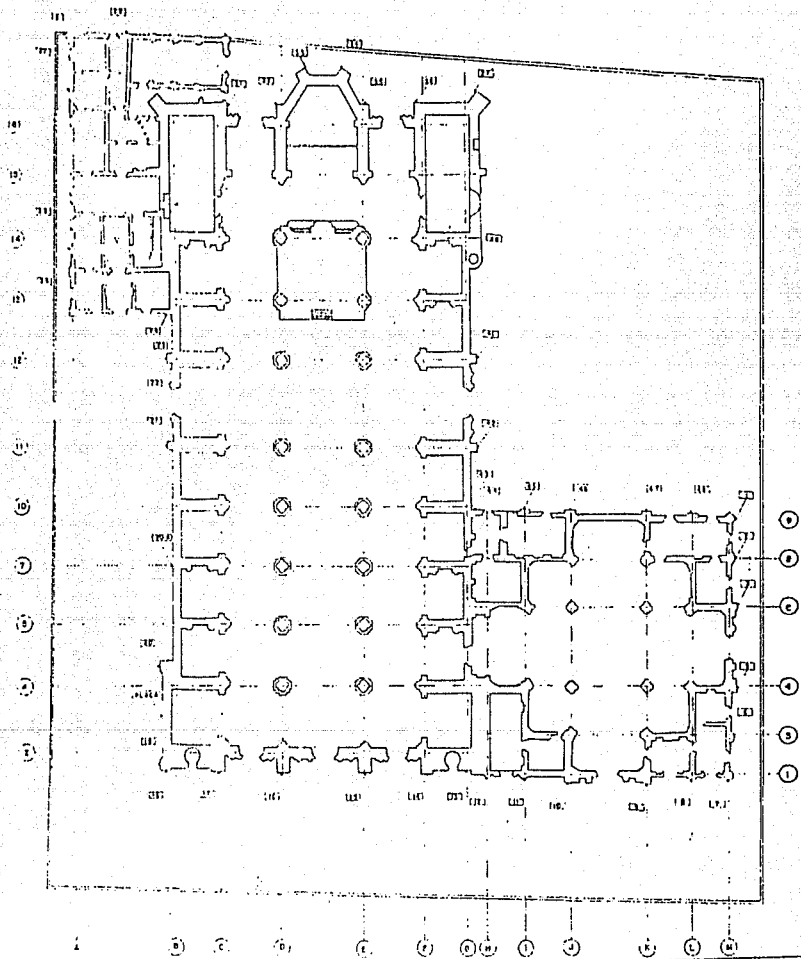
ESTRATIGRAFIA

1.00 - 1.10: Lodo café, café oscuro a negro con hilos de lignina y lig. caulis. (Sedimento)
 1.10 - 1.20: Lodo gris y rojo poco grueso con hilos de arena pulvulosa
 1.20 - 1.30: Lodo gris rojizo de tipo gila caulis
 1.30 - 1.40: Lodo rojizo café, rojo y negro de alta plasticidad con hilos de arena negra.
 1.40 - 1.50: Lodo gris
 1.50 - 1.60: Lodo rojizo café, rojo y negro de alta plasticidad con hilos de arena negra.
 1.60 - 1.70: Lodo gris
 1.70 - 1.80: Lodo rojizo café, rojo y negro de alta plasticidad con hilos de arena negra.
 1.80 - 1.90: Lodo gris
 1.90 - 2.00: Lodo rojizo café, rojo y negro de alta plasticidad con hilos de arena negra.

SPN SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
 DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

RESUMEN DE ENSAYOS

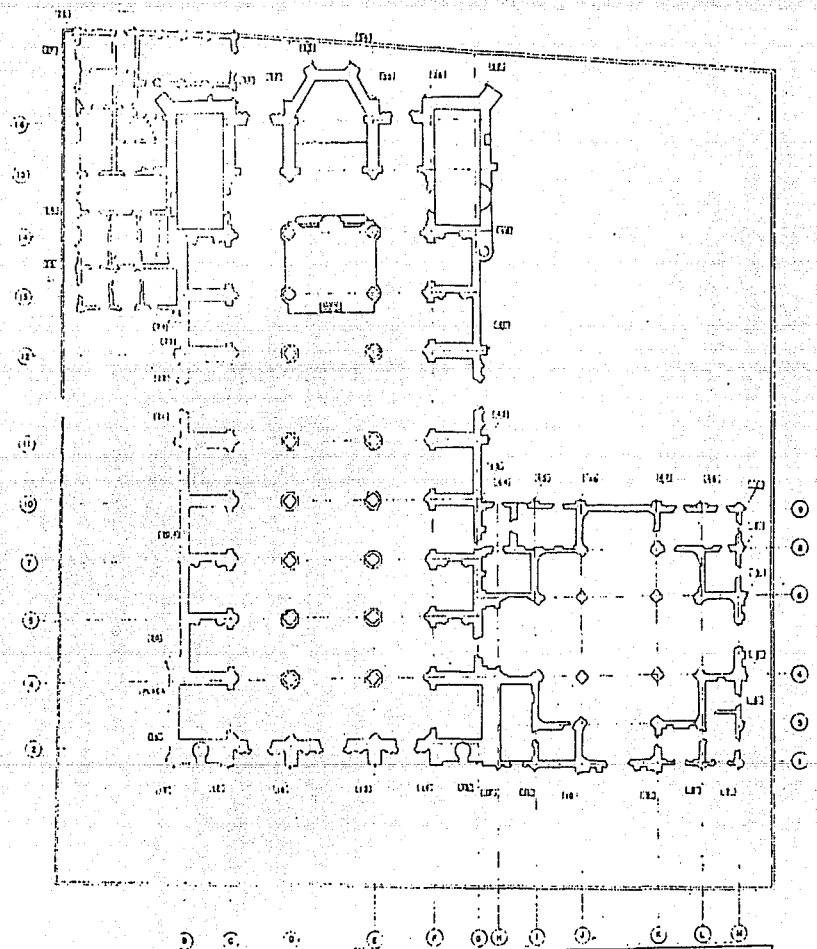
PLANTA GENERAL DE CATEDRAL
DE MEXICO Y SAGRARIO
NIVELACION TOPOGRAFICA 1.



SPN

SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
 DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

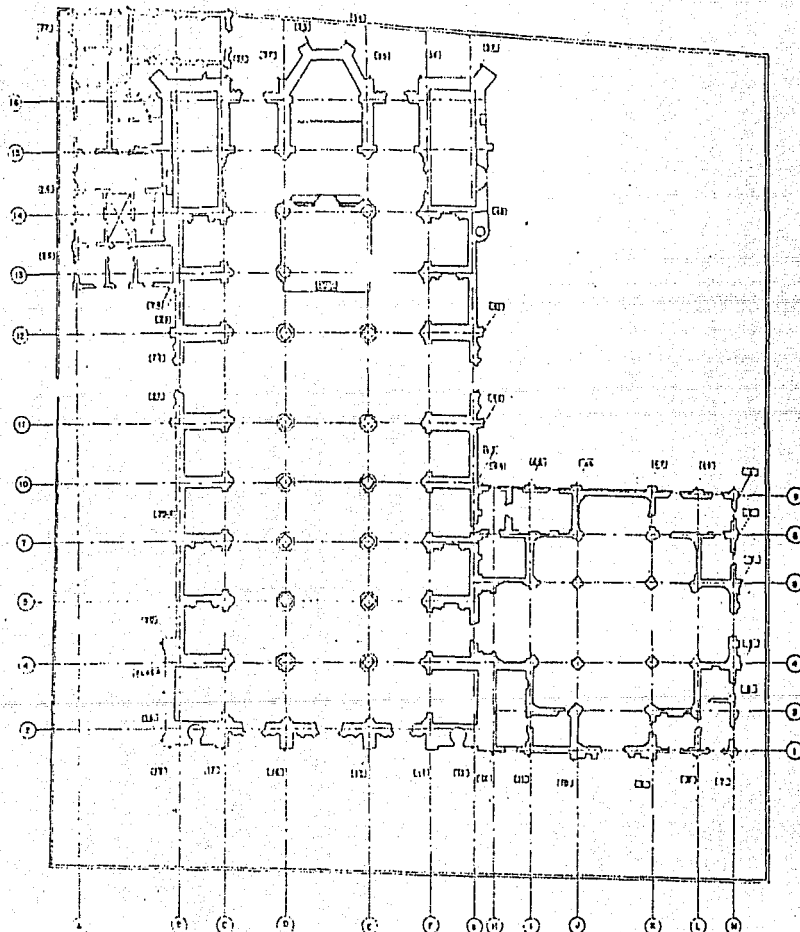
PLANTA GENERAL DE CATEDRAL
 DE MEXICO Y SAGRARIO
 NIVELACTIVO TOPOGRAFICA



PLANTA GENERAL DE CATEDRAL
 DE MEXICO Y SAGRARIO
 NIVELACION TOPOGRAFICA

SPN SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
 DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PLANTA GENERAL DE CATEDRAL
DE MÉXICO Y SAGRARIO
NIVELACION TOPOGRAFICA 3.



SPN

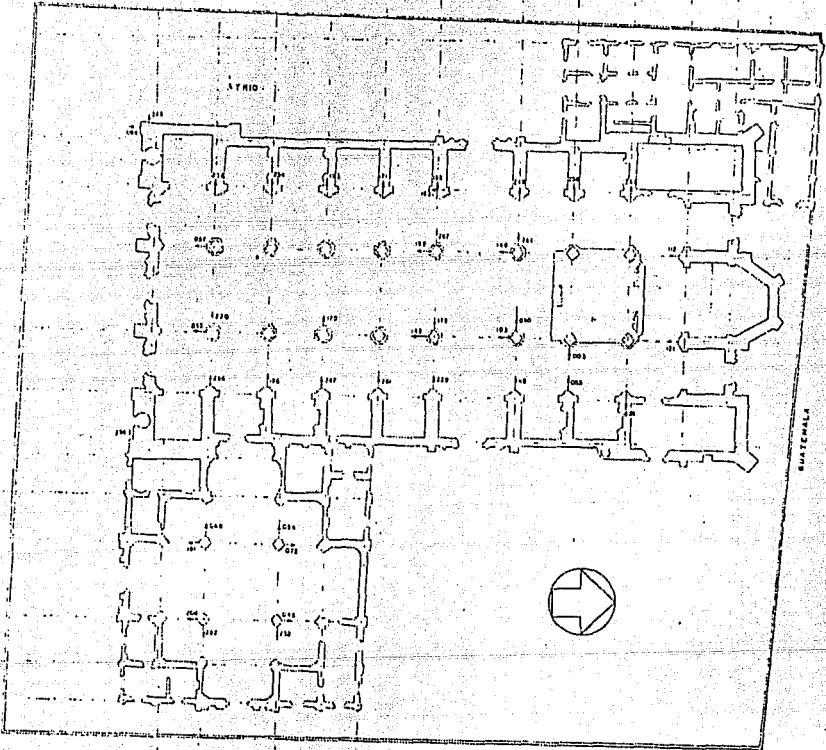
SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
 DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PLANTA GENERAL DE CATEDRAL
 DE MEXICO Y SAGRARIO.
 NIVELACION TOPOGRAFICA.

DESPLOME DE COLUMNAS:

PLAZA DE LA CONSTITUCION

MONTE DE PIEDAD



DESPLOMES EN COLUMNAS

SEMINARIO
Sede de los Estudios de Maestría
en Arquitectura

SPN SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO-9
DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

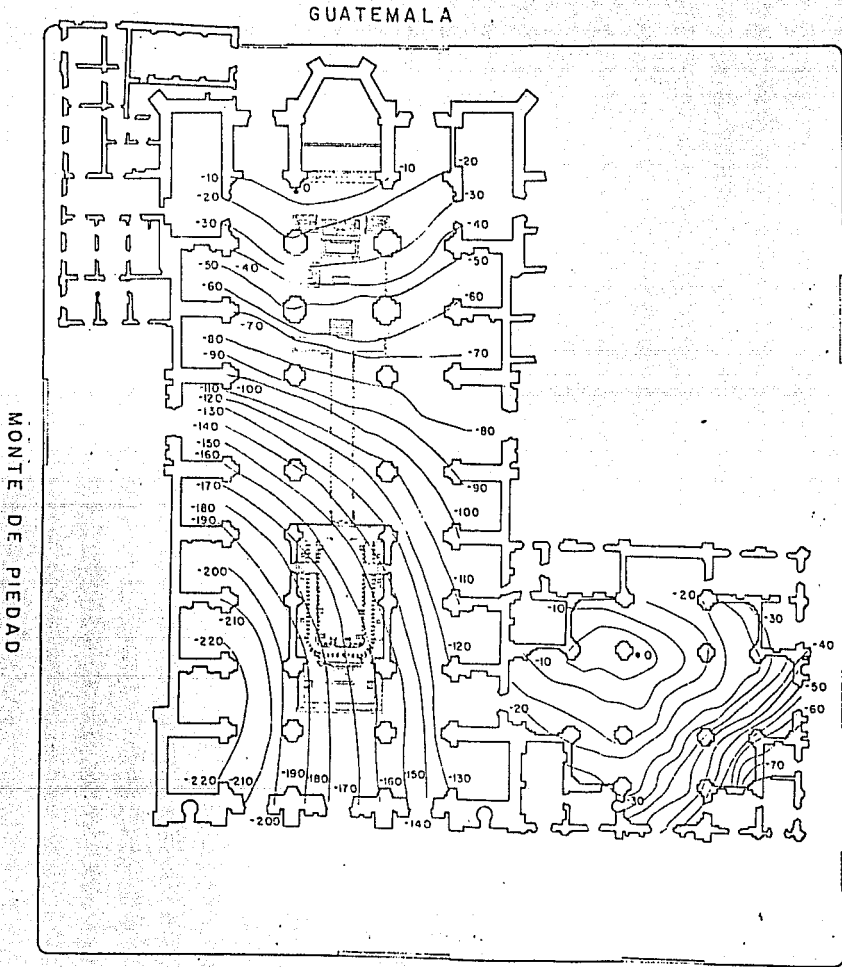
DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

NIVELACIONES TOPOGRAFICAS -
DIFERENCIALES EN ESTRUCTURAS.

NIVELACIONES TOPOGRAFICAS
DIFERENCIALES EN ESTRUCTU
RAS

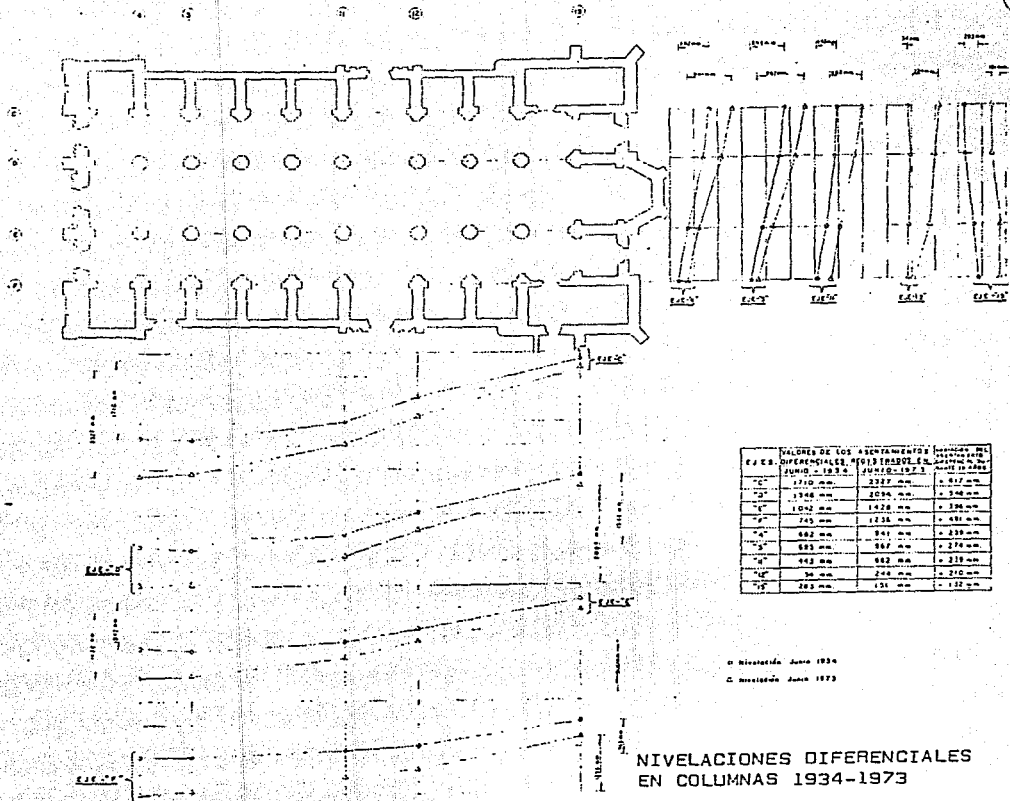
SPN

SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
D. DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA



PL. DE LA CONSTITUCION

NIVELACIONES DIFERENCIALES
EN COLUMNAS 1934 - 1973.



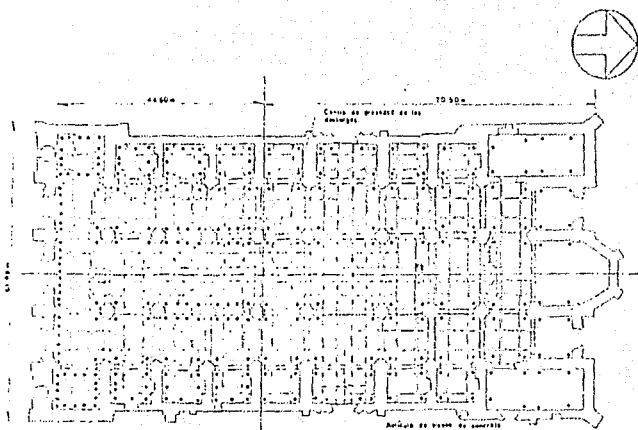
© Nivelación: Junio 1934
 © Nivelación: Junio 1973

NIVELACIONES DIFERENCIALES EN COLUMNAS 1934-1973

NIVELACIONES DIFERENCIALES E'
FACHADAS,
TABULACIONES Y PERFILES.

NIVELACIONES EFECTUADAS
DURANTE LA CONSTRUCCION
DEL METRO.

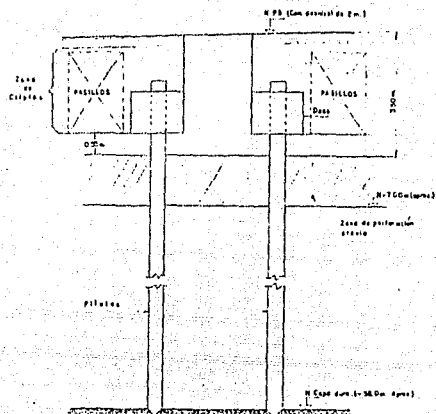
IDEAS GENERALES PARA
LA RECIMENTACION.



PLANTA ESQUEMATICA DE LA CATEDRAL DE MEXICO

DAIOS CALCULADOS

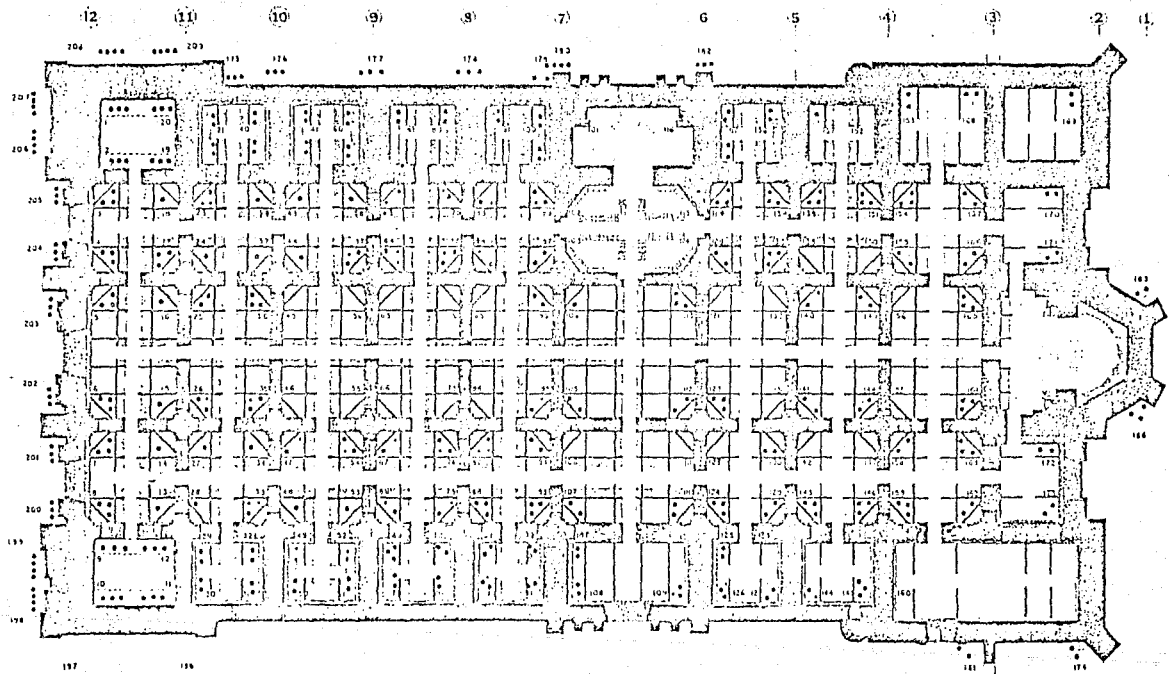
Piso de Subestructura	75,140 Ton
Piso de Constitución	26,130 Ton
Area total de Edificio	7,140 m ²



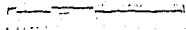
- + Los pilotes serán apoyados en el primer nivel con un 38m² de perforación.
- + El tamaño de estos pilotes se dará.
- + Sección general de apoyo de la estructura y sobre sus columnas se darán los pilotes para dar una estructura que sea adecuada para el mismo.
- + Los pilotes se darán en un momento de apoyo de 360m de altura.

IDEAS GENERALES PARA LA RECIMENTACION.

**DIMENSIONES DE PILOTES DE
LA RECIMENTACION.**



SIMBOLOGIA	

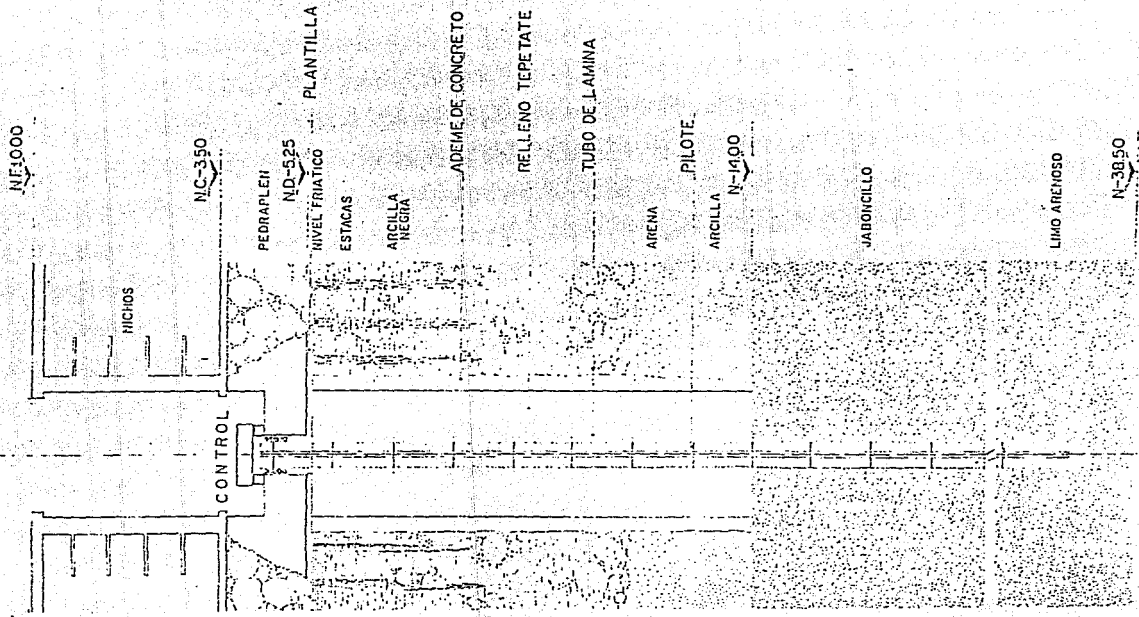


- PLOTEO A 40 CMS
- PLOTEO A 45 CMS
- PLOTEO PREPARACION A 45 CMS.
- PREPARACION FUTURA

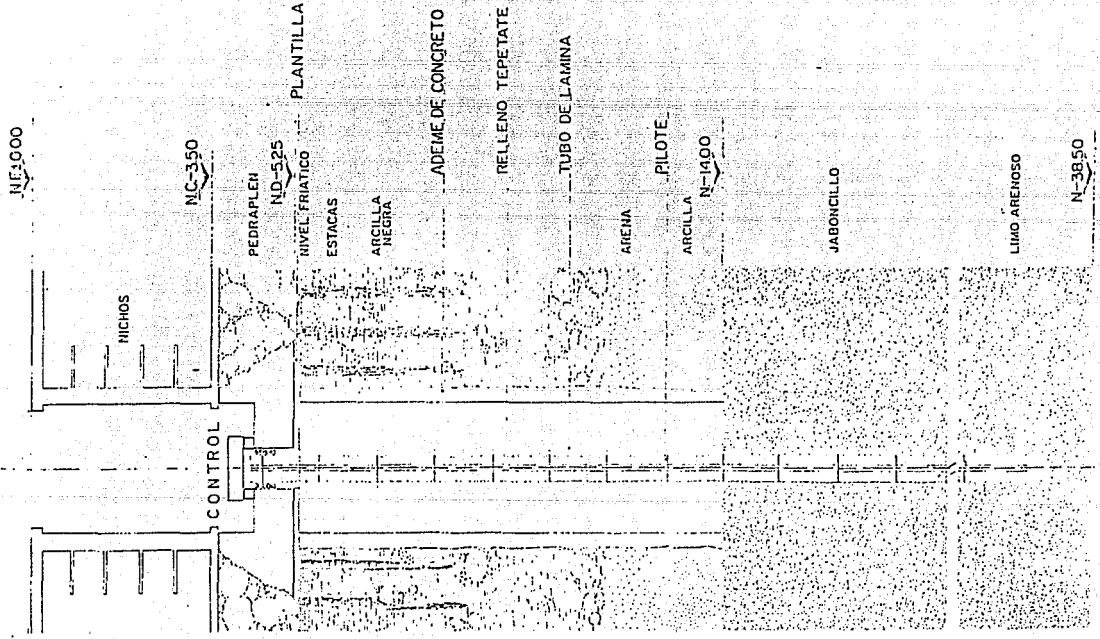


SPN SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
 DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PILOTE DE CONTROL.
CORTE 1



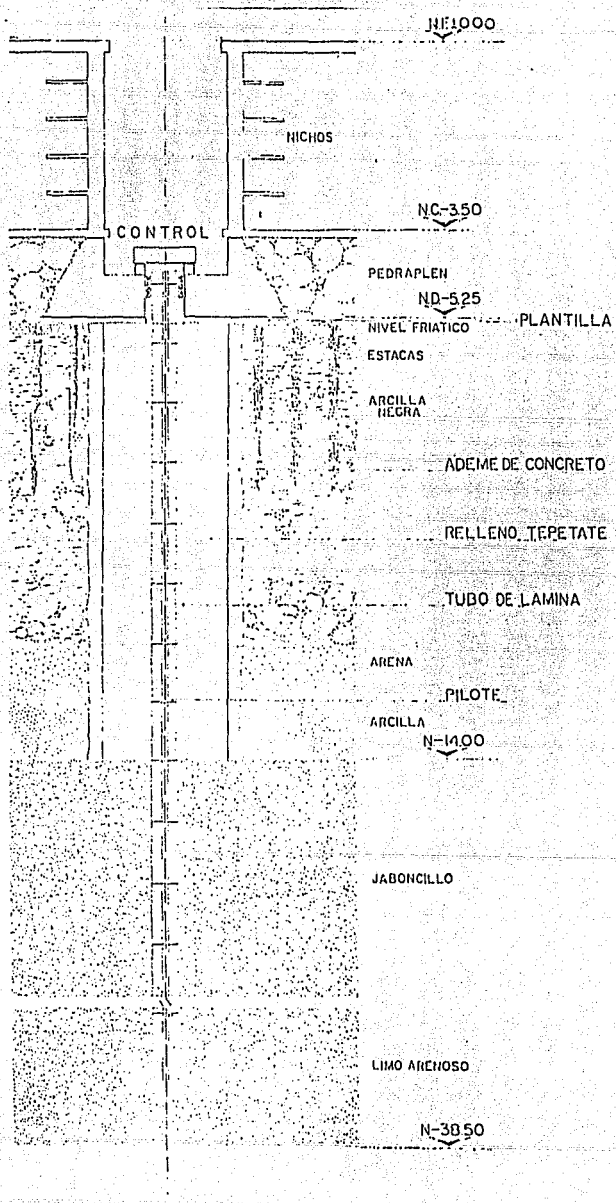
SPN SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
 DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA



SPN SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
 DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PILOTE DE CONTROL.

CORTE 2.



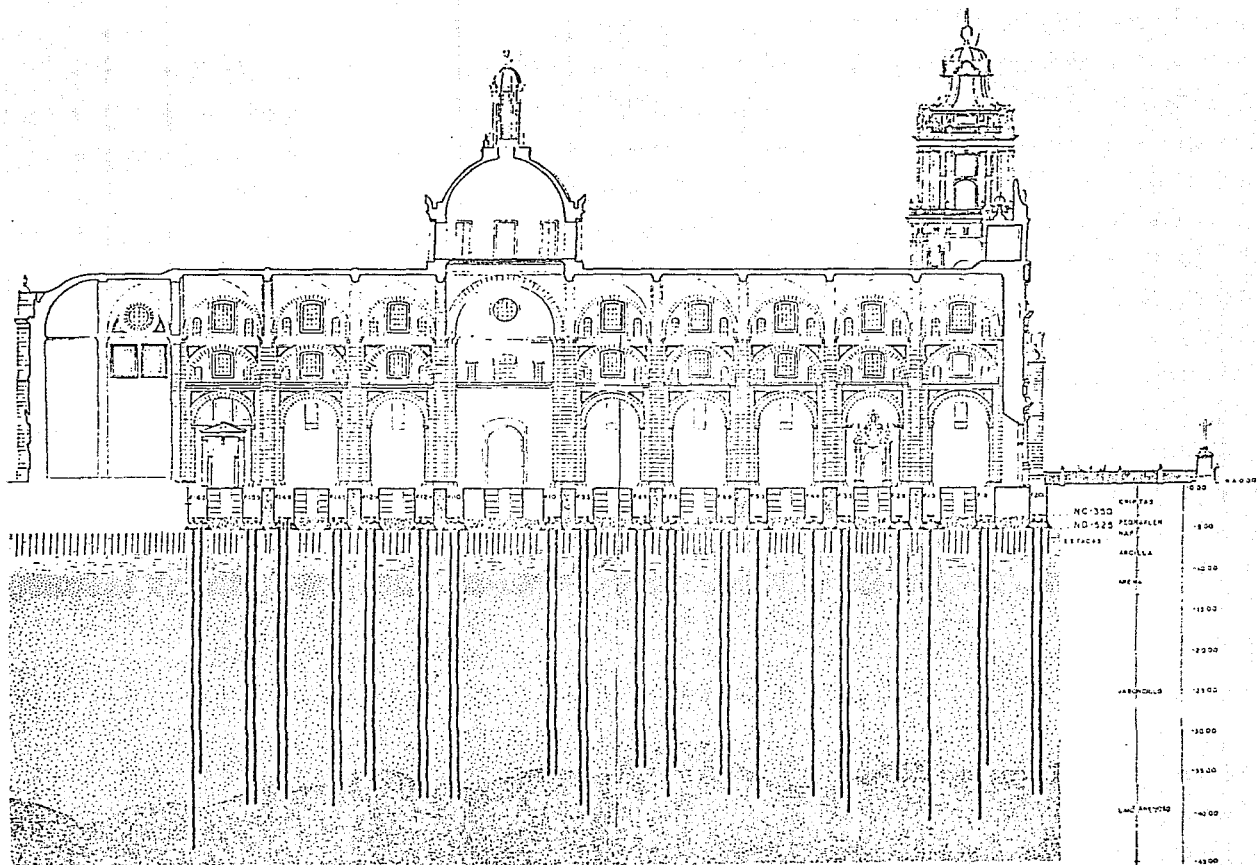
SPN
 SUBSECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y DE URBANISMO
 DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO AEREO Y AERONÁUTICA

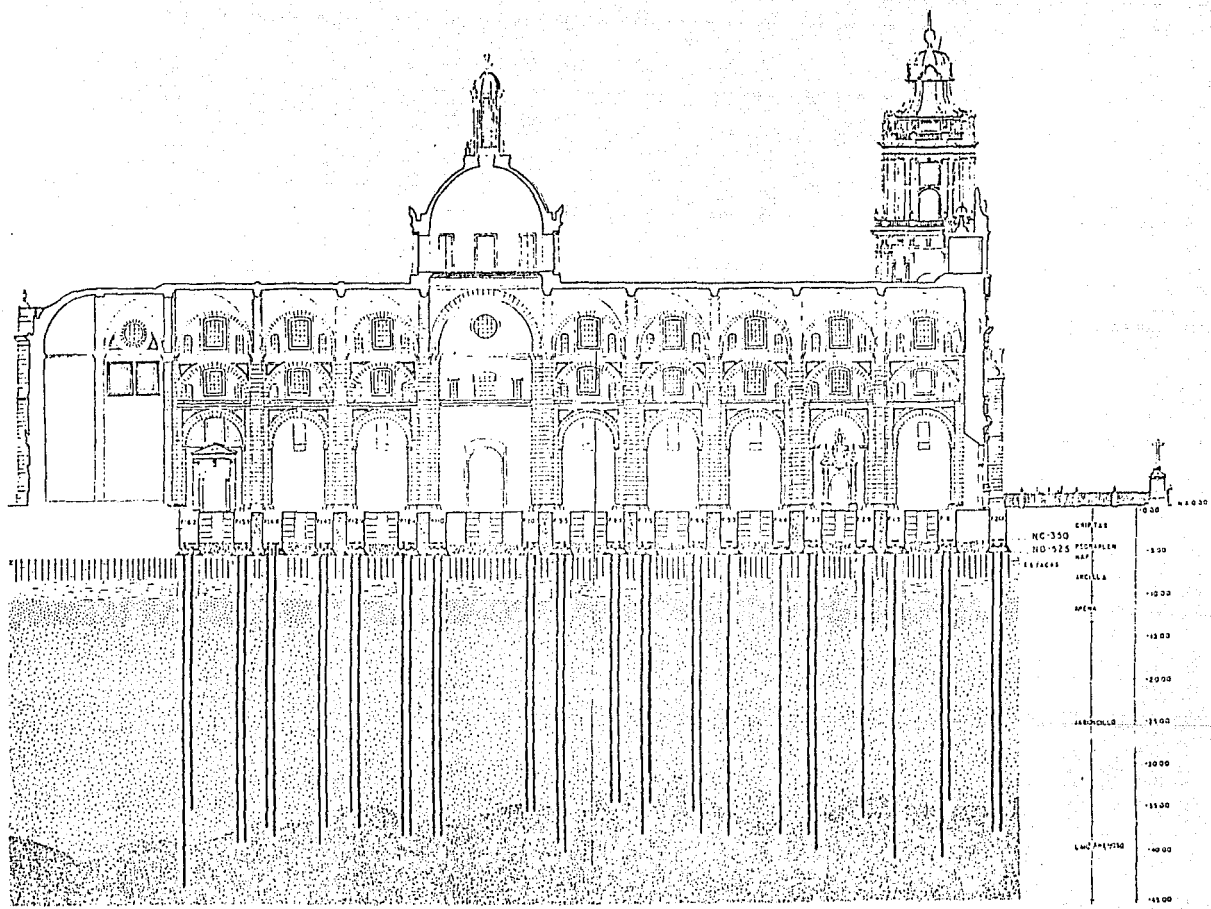
PILOTE DE CONTROL.
CORTE 3

CATEDRAL METROPOLITANA.

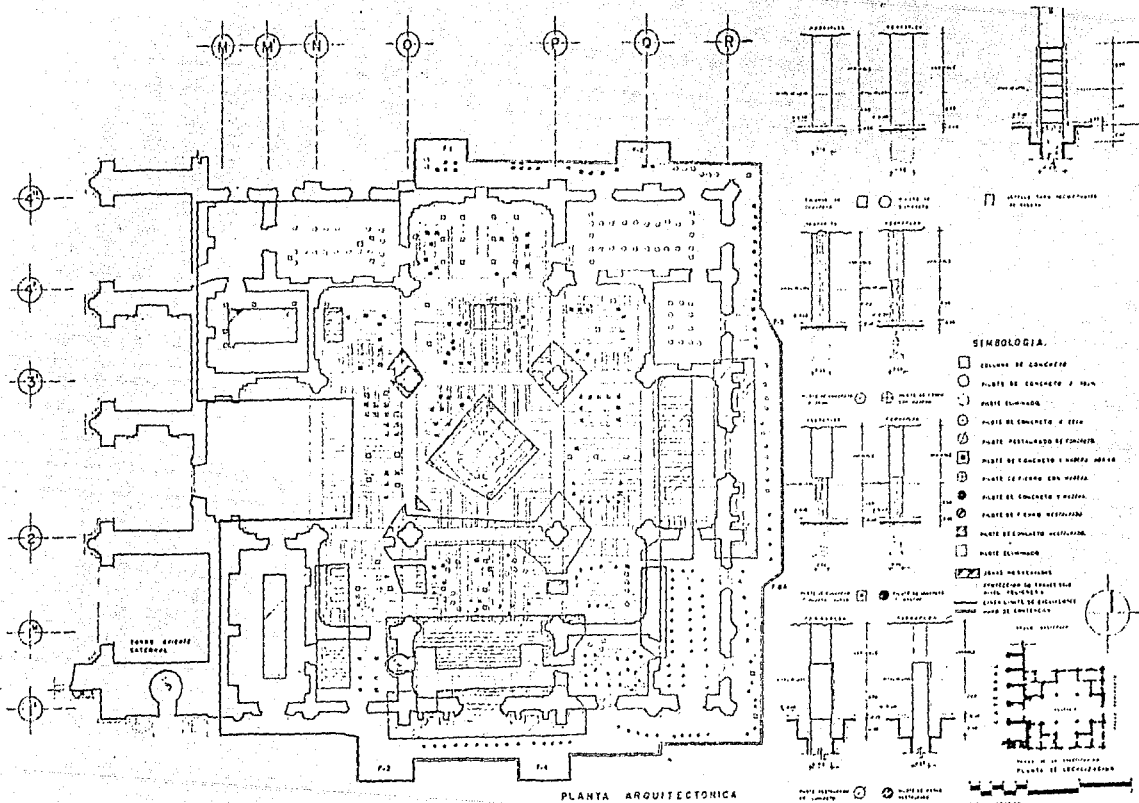
RECIMENTACION.

CORTE.





EXCAVACIONES Y LOCALIZACION
DE PILOTES UTILIZADOS EN -
RECIMENTACIONES PARCIALES -
ANTERIORES,
SAGRARIO METROPOLITANO,
PLANTA.



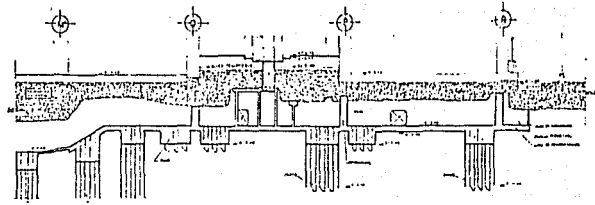
PLANTA ARQUITECTONICA

PLANO DE EXCAVACIONES Y LOCALIZACION DE PILOTES
UTILIZADOS EN RECIMENTACIONES PARCIALES ANTERIORES.

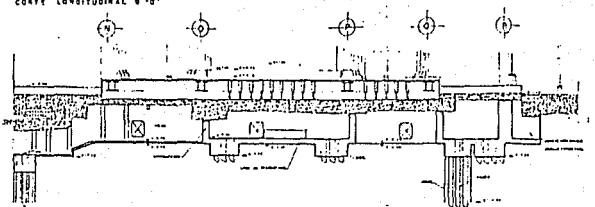
SPN	
INVESTIGACION EN MATERIA DE OBRAS	
INFORMACION TECNICA DE LA OBRA: 1. NOMBRE DE LA OBRA: 2. LOCALIDAD: 3. TIPO DE OBRA: 4. FECHA DE EJECUCION: 5. AUTOR: 6. DISEÑADOR: 7. EJECUTOR: 8. OBSERVACIONES:	
EXCAVACIONES GENERALES	
1. DESCRIPCION DE LA OBRA: 2. LOCALIDAD: 3. TIPO DE OBRA: 4. FECHA DE EJECUCION: 5. AUTOR: 6. DISEÑADOR: 7. EJECUTOR: 8. OBSERVACIONES:	

TRABES Y LOSAS DE
RECIMENTACION,
SAGRARIO METROPOLITANOS,
PLANTA.

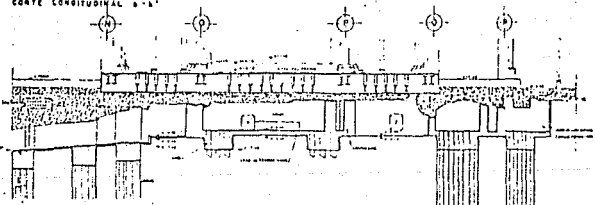
DETALLE DE PILOTES DE
RECIMENTACION,
SAGRARIO METROPOLITANO,
CORTES.



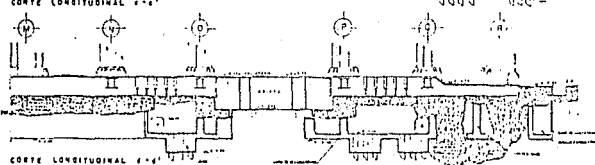
CORTE LONGITUDINAL 0-0'



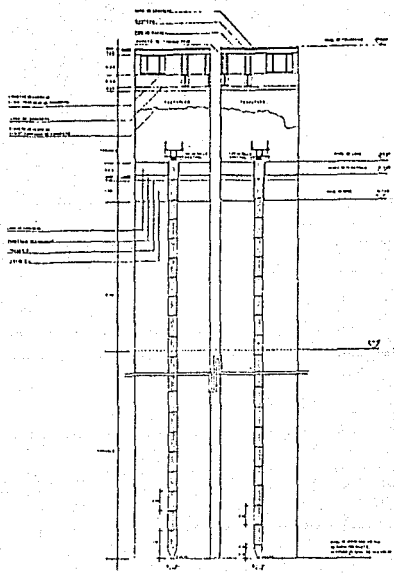
CORTE LONGITUDINAL 1-1'



CORTE LONGITUDINAL 2-2'

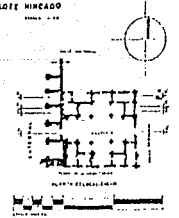


CORTE LONGITUDINAL 3-3'



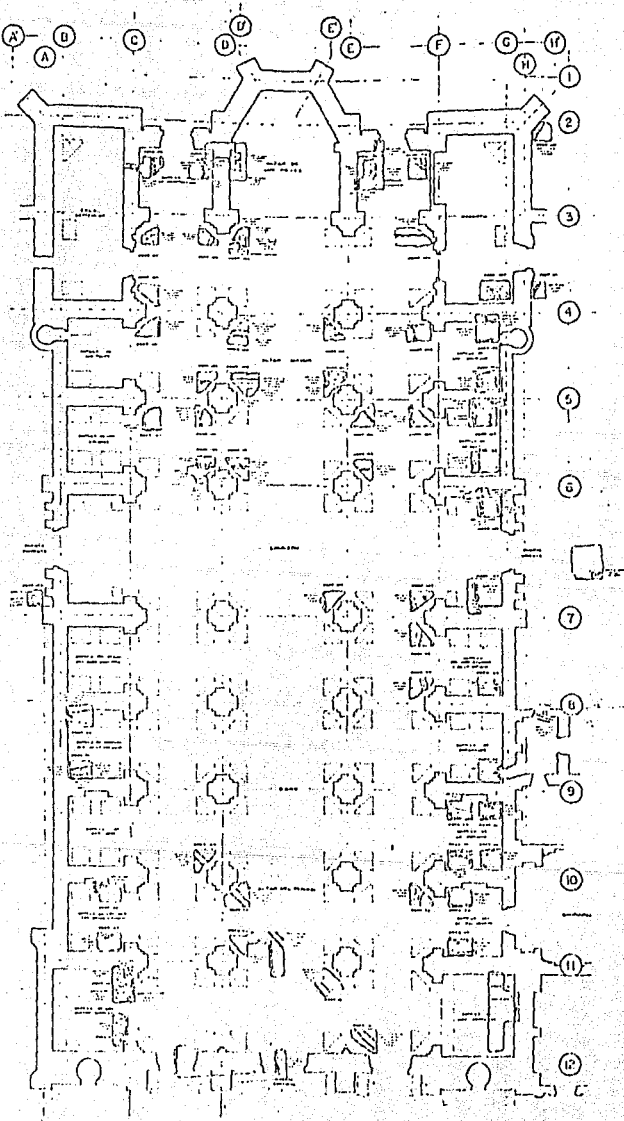
DETALLE DE UN PLEGEE HINGADO

- NOTAS GENERALES
1. Verificar en el plano de la obra.
 2. Verificar en el plano de la obra.
 3. Verificar en el plano de la obra.
 4. Verificar en el plano de la obra.
 5. Verificar en el plano de la obra.
 6. Verificar en el plano de la obra.
 7. Verificar en el plano de la obra.
 8. Verificar en el plano de la obra.



SPN	
SERVICIO NACIONAL DE PLANEACION Y PROGRAMACION	
DIRECCION NACIONAL DE OBRAS Y SERVICIOS URBANOS	
CALLE 100 N. OFICINA 100	
BOGOTA, COLOMBIA	
CORTES LONGITUDINALES	
PROYECTO	...
FECHA	...
ELABORADO POR	...
REVISADO POR	...
APROBADO POR	...

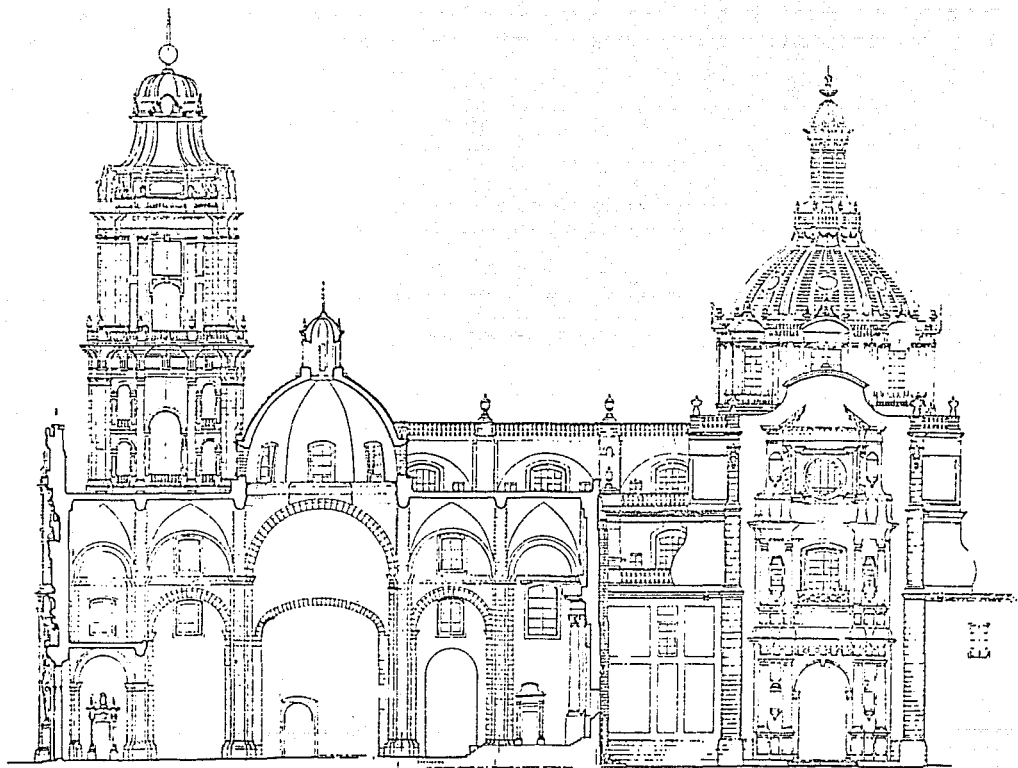
ESTRUCTURAS PREHISPANICAS
CATEDRAL METROPOLITANA,
PLANTA.



CATERPILLAR PLANT FLOOR PLAN

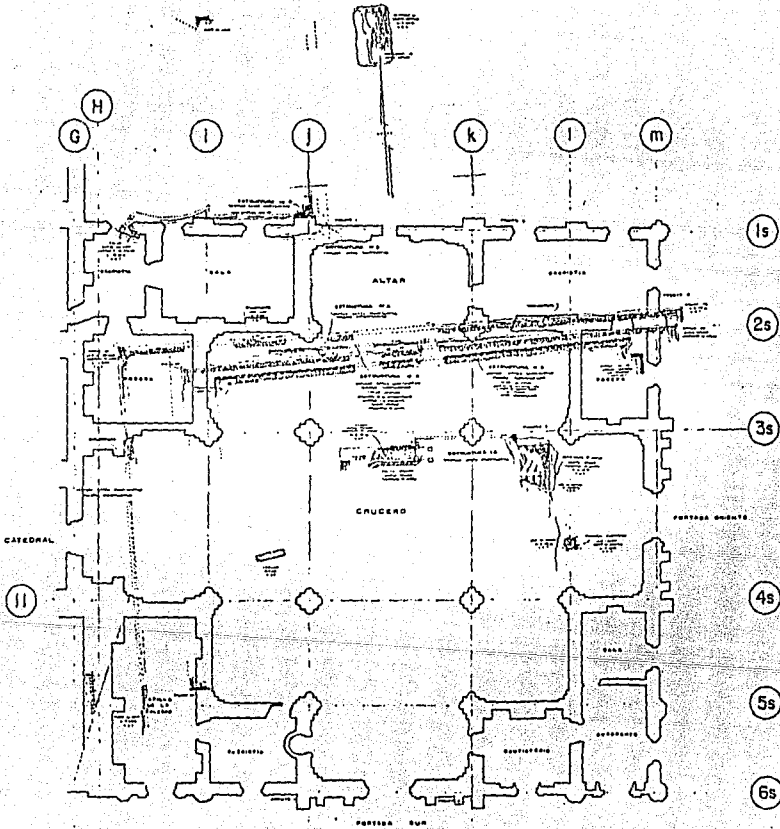
Sfrl
PLANT CATERPILLAR
NO. 1
DATE
SCALE
BY
CHECKED
APPROVED

ESTRUCTURAS PREHISPANICAS.
CORTE EN EL EJE 1,
DEL SAGRARIO METROPOLITANO.



3s 2s 1s

SPN	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS
<small>CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS AV. DE LA INVESTIGACIÓN 2800, MONTECARMELI, CIUDAD DE MEXICO, D.F. TEL. 56 23 40 00</small>	
CORTE EN EJE I DE SAGRADO	
<small>PROYECTO: ... ESCALA: ... FECHA: ...</small>	

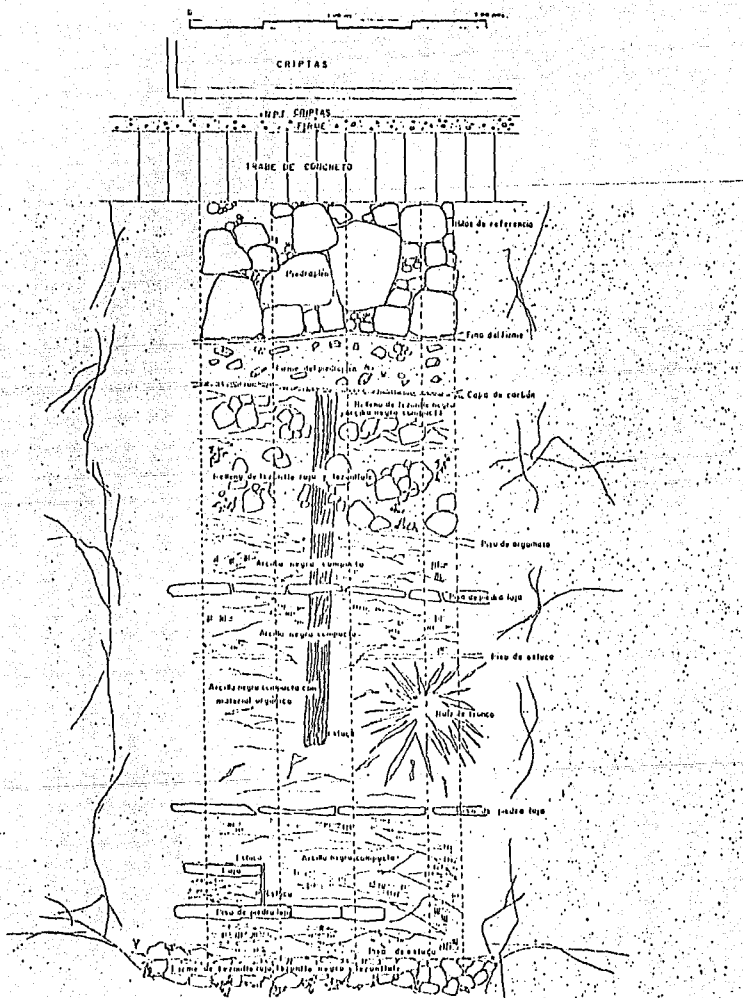


SAGRARIO METROPOLITANO

11100

SPN	
SERVICIO NACIONAL DE PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL	
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO	
DIRECCION DE PROYECTOS Y ESTUDIOS	
PLANTA SAGRARIO 2	
PROYECTADO POR	ING. CARLOS GONZALEZ
REVISADO POR	ING. CARLOS GONZALEZ
APROBADO POR	ING. CARLOS GONZALEZ
FECHA	1953

CONTROL ARQUEOLOGICO,
CORTE ESTRATIGRAFICO
POZO 144.

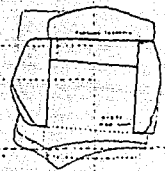
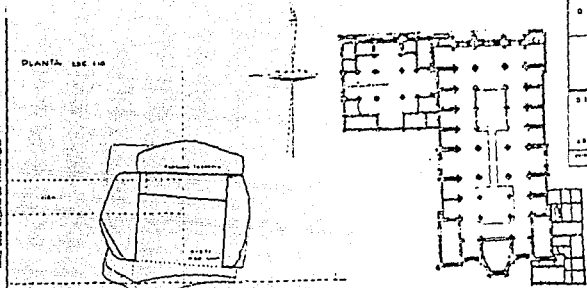


SPN SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO
 DIRECCION GENERAL DE URBANISMO INGENIERIA Y ARQUITECTURA

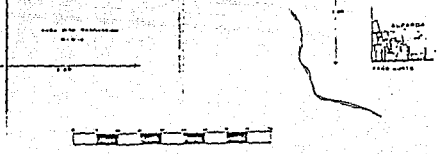
CORTE ESTRATIGRAFICO
 POZO 144

SPN		SUBSECRETARÍA DE BIENES INMUEBLES Y DE URBANISMO	
DIRECCIÓN GENERAL DE URBANISMO INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
D E P A R T A M E N T O DE DOCUMENTACIÓN, RESTAURACIÓN, FOLIO Y RESTAURACIÓN DE LA CATEDRAL Y PARAJE METROPOLITANOS			
OFRENDA prehispánica		plano 04	
DIRECTOR GENERAL	ADMINISTRADOR DE I.M.U. Y P.D.		
	ING. J. M. CATE LAJOL		
	JEFE DE CONTROL ARQUEOLÓGICO		
	PROF. JOSÉ OLIVERA HERNÁNDEZ		

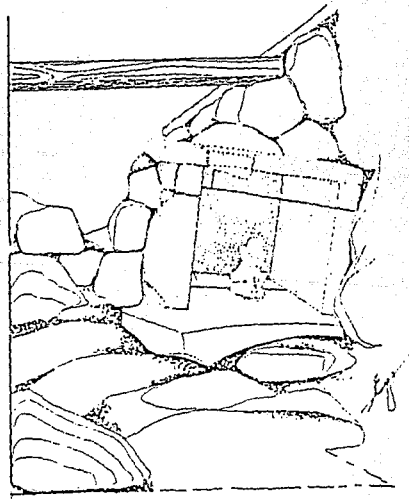
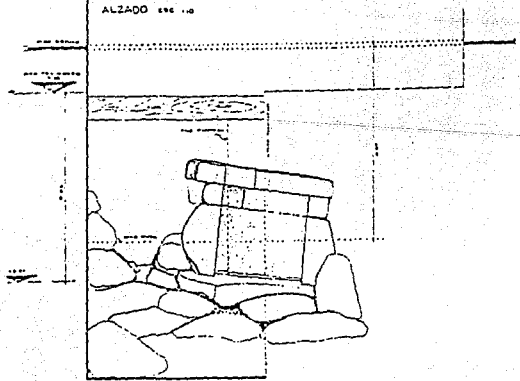
PLANTA Esc 1:40



ALZADO Esc 1:40



ALZADO Esc 1:40



PRINCIPALES RESTAURADORES DEL CONJUNTO MONUMENTAL
INTEGRADO POR LA CATEDRAL Y EL SAGRARIO METROPOLITANOS

- AÑO DE 1934.

Anq. Manuel Ortiz Monasterio
Anq. Bernardo Calderón y Caso
Anq. Luis Avila Alva
Anq. Antonio Muñoz García

- AÑO DE 1972.

Coordinador General de la Obra.
Anq. Jaime Ortiz Lajous

Residente en Jefe de la Catedral.
Anq. Agustín Salgado Aguilar

Residente en Jefe del Sagrario.
Ing. Manuel Fernández Sánchez

Supervisores de Obra.
Anq. J. Armando Hidalgo y Rivera
Anq. Fernando Rodríguez Lazcano
Anq. Luis Miguel Ocampo Hernández
Anq. José Alberto Díaz Guerrero
Ing. Jorge Arredondo Vega

Control Arqueológico.
Arq. Jorge Olvera Hernández
Arq. Eduardo Noguera

Asesores Técnicos de la Recimentación.

Ing. Manuel González Flores
Ing. Miguel Rivero Carranza
Ing. José Marcos Aguilar
Ing. Vicente Guerrero y Gama
Ing. Jorge Rubio Palacios
Ing. Javier Silva S.
Ing. Alfredo Silva Silva

Asesores.

Arq. Salvador Aceves García
Arq. Salvador Enrique Lacroix

NOTA : Únicamente se incluye a los principales restauradores, que participaron en la - recimentación de la Catedral y el Sagrario Metropolitano en 1934 y 1972.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES.

Pensar sobre lo que pudo haber sido y no fue, es una tentación que difícilmente logra resistirse cuando se juzga cualquier -- acontecimiento histórico. Por ejemplo, ante la actual crisis de la restauración de monumentos cabría preguntar, que debió -- hacerse para evitar que los monumentos llegaran en muchos casos a la deplorable situación en que ahora se encuentran.

Al respecto, la comparación entre la forma en que se desarro-- llaron los acontecimientos en nuestro país y lo que ocurrió en otras partes resulta especialmente esclarecedora. En muchos -- otros países, en efecto, se presentaron circunstancias y fenó-- menos que plantearon retos equivalentes a los que aquí se de-- bieron confrontar por los restauradores.

Hubo casos en que las circunstancias fueron enfrentadas exito-- samente, saliendo los monumentos debidamente restaurados y con un uso social más amplio y vigoroso. Esto demuestra que la -- restauración aún con graves problemas, sobre todo de índole -- económico ha salido adelante, en base a la decisión, la imagi-- nación y en última instancia a la acción de los restauradores.

Un examen atento y minucioso de la evolución reciente de la restau-- ración en los distintos países del mundo, revela que la condición fundamental para el avance o estancamiento de esta actividad profun-- damente humanista, es la actitud adoptada por los Gobiernos, -- Instituciones Internacionales y la Sociedad en general.

La incuria o la ignorancia, sin embargo, provocaron que en muchos casos la restauración como acción, se perdiera en cuestiones jurídicas y administrativas, que solo podían ser afrontadas con una visión de conjunto y desde el más alto nivel.

Por lo tanto, un síntoma inequívoco de la cultura de un país es el estado que guarda su tesoro monumental, bastará con visitarlos y apreciar la forma en que los conserva, mantiene y utiliza, para advertir el grado en que se encuentra dicha cultura. Hoy y siempre, los países más cultos se distinguen por tener un cuidado especial de sus monumentos, (en la medida de sus posibilidades, sobre todo, las económicas) lo que no debe extrañar tras considerar que el abandono de éstos, son indicio seguro de sociedades en crisis y por consiguiente en decadencia.

Esta conclusión, considerando la contundente inmediatez de los problemas que hoy se padecen en la restauración, pudiera resultar un tanto vaga y distante, pues pareciera remitir las causas de esta problemática a fenómenos que desafortunadamente (económicos) se encuentran fuera del alcance de la acción de los restauradores, condenando a estos a un resignado y paciente conformismo, que únicamente podrá romperse con una acción renovadora en la cual participe la sociedad en su conjunto, y dentro de ella, el restaurador asuma el liderazgo de la misma.

Una vez comentado el importantísimo aspecto socio-cultural por

el que actualmente atraviesa la restauración, pasemos al no -- menos importante aspecto técnico de la misma, que es donde se encuadra fundamentalmente el presente trabajo.

Recimentar un monumento es solo una parte del proceso de la -- restauración, que junto con la restructuración forman etapas -- definitivas mediante las cuales se podrá garantizar la perma-- nencia del edificio en forma integral, tanto desde el punto de vista de su espacio arquitectónico, así como obra de arte.

Ocupa un lugar preponderante en una restauración el "diagⁿósti-- co" del estado del monumento, ya que dependiendo de que éste -- sea el más adecuado y fundamentado técnicamente, dependerá que de las alternativas de solución sea seleccionado el proyecto -- más viable.

Así por ejemplo, en el caso de la restauración de un inmueble cabe hacer la semejanza con la curación de un cuerpo humano en la cual, cuando este se encuentra accidentado es fundamental -- "diagnosticar" en primera instancia el estado que guarda su -- osamenta, que es el sustento del mismo y posteriormente su as-- pecto exterior, en el caso de un inmueble lo primero es el -- "diagⁿóstico" del estado que guarda su cimentación, estructura, muros, bóvedas, etc, (Esto se realizará mediante Estudios de Me-- cánica de Suelos, de Estructuras, Resistencia de Materiales, en -- tre otros), para posteriormente pasar a su aspecto ornamental.

Recordemos, que en la mayoría de los casos de la arquitectura religiosa, los retablos, altares y demás decorados fueron concebidos por el artista desde el proyecto inicial de su construcción.

Esto mismo ocurre, para la arquitectura civil, en la cual se incluía desde los anteproyectos arquitectónicos, los bienes muebles que contendría el inmueble.

En tal virtud, el proyecto de restauración deberá ser integral, esto es, como se señaló, debe incluir el aspecto estructural y ornamental del monumento, tomando en cuenta los bienes muebles que contiene, que son parte del mismo y forman un conjunto armónico determinando ambos, el espacio arquitectónico del monumento.

Actualmente, conservar lo existente se ha convertido en una necesidad para la humanidad, la obra de nuestros antepasados, -- desde la época prehispánica hasta nuestros días, es tan importante, que dicha conservación es una responsabilidad que no podemos soslayar, como señala el maestro José Luis Calderón Cabrera, "la piqueta del demolidor destruye más y de manera absoluta, que cualquier otra causa, lo que fue destruido por ella no podrá ser nuevamente contemplado."

Por lo tanto, debemos de concientizar a las nuevas generaciones y aún a las actuales acerca del respeto y admiración hacia nu--

estos monumentos, los cuales forman nuestro mayor tesoro cultural material de México.

Cuando realicemos una restauración, desde su anteproyecto, proyecto y cuando nos encontremos ejecutando la obra misma, recordemos que no estamos frente a un inmueble común y corriente, - sino frente a la historia misma de nuestro país, tendremos la obligación y responsabilidad de emplear las técnicas más modernas; los materiales más adecuados, cuidando siempre de sustituirlos por mejores o por lo menos equivalentes, pero nunca de menor calidad a los originales; - los equipos de construcción más sofisticados, en muchos casos desarrollados para una obra específica, y todo esto lo tendremos que hacer con el mayor cuidado, respeto y amor al monumento.

Si logramos lo anterior, les aseguro lo siguiente: el concepto de John Ruskin señalado en la Introducción de este trabajo y - que a la letra dice: "todavía más de una generación nacerá y desaparecerá a la sombra de sus muros", será superado, efectivamente, los muros de viejos y nuevos monumentos, bajo los cuales se escribió, escribe y escribirá la Historia de México, de los mexicanos, esto es, nuestra historia, estarán esperando a pie firme el futuro promisorio de nuestro país, y no solamente una generación de mexicanos, sino muchas, nacerán y desaparecerán bajo la sombra de sus muros.

*La Sociedad no son Los hombres,
sino la unión de Los hombres.*

Montesquieu.

CAPITULO VII

1.- BREVE CRONOLOGIA SOBRE LA LEGISLACION RELATIVA A LA DEFENSA DEL
PATRIMONIO CULTURAL DE MEXICO

FECHA	DOCUMENTO.
28 de octubre de 1835.	Circular de la Secretaría de Relaciones indicando que se verifique el cumplimiento de la prohibición de extraer Monumentos y Antigüedades Mexicanas.
12 de julio de 1859.	Se promulga la "Ley Juárez", en su Artículo primero indica "Entran a dominio de la Nación todos los bienes que el Clero secular y regular ha estado administrando con diversos títulos, sea cual fuere la clase de predios, derechos y acciones en que consistan, el nombre y la aplicación que hayan tenido". Autorizaba el funcionamiento de los Conventos de religiosas y ordenaba se dejara a dichas instituciones capital suficiente para que con

13 de julio de 1859.

sus réditos "se atiende a -
la reparación de fábricas".

24 de noviembre de 1864.

Reglamento de la "Ley Ju -
rez" determina que ser an -
las Jefaturas Superiores de
Hacienda quienes ocupar an
los bienes que al tenor de
la Ley entrar an al dominio
de la Nación.

Leyes y Decretos del Estado
de Yucatán en que se proh -
be que se hagan excavaciones
en los Monumentos Antiguos
de la Península y que se to-
men de ellos partes por pe-
que as que sean.

3 de junio de 1896.

Decreto que faculta al Eje-
cutivo Federal para conceder
permiso a personas particu-
lares para hacer exploracio-
nes Arqueológicas.

11 de mayo de 1897.

Decreto que reafirma la pro-
piedad de la Nación sobre -

Los Monumentos Arqueológicos.

18 de diciembre de 1902

Ley sobre "Clasificación y régimen de los bienes Inmuebles Federales".

"Artículo 4º Son bienes de dominio público o de uso común dependientes de la Federación los siguientes: ...

XIII.- Los monumentos artísticos o conmemorativos y las construcciones levantadas - en los lugares públicos para ornato de estos o comodidad de los transeuntes;

XIV.- Los edificios o ruinas arqueológicos o históricos".

"Artículo 38.- Los templos y sus dependencias, que se hayan al servicio del culto, y que están a cargo del clero, en todo lo que se relaciona con su uso, conservación y mejora, quedan bajo la vigilancia del Gobierno, sin cuyo permiso, dado por la Secretaría de Hacienda,

no se podrán ejecutar en -
ellos obras materiales sus-
ceptibles de afectar la so-
lidez del edificio o sus mé-
ritos artísticos e históri-
cos"

6 de abril de 1914.

Ley sobre conservación de -
Monumentos Históricos y An-
tísticos y Bellezas Natura-
les.

6 de abril de 1916.

Ley sobre conservación de -
Monumentos, Edificios, Tem-
plos y Objetos Históricos o
Artísticos

5 de febrero de 1917.

Constitución Política de --
los Estados Unidos Mexica--
nos.- Artículo 27, fracción
II: "Los templos destinados
al culto público son de pro-
piedad de la Nación, repre-
sentada por el Gobierno Fe-
deral ..., (así como) los --
obispos, casas curales, se-
minarios, asilos o colegios

de asociaciones religiosas, conventos o cualquier otro edificio que hubiere sido - construido o destinado a la administración, propaganda o enseñanza de un culto religioso...."

Artículo 73, "El Congreso - tiene facultad:....

Fracción XXV.-para legislar sobre monumentos arqueológicos, artísticos e - históricos, cuya conserva-- ción sea de interés nacio-- nal;"

Artículo 134, "Los recursos económicos de que dispongan el Gobierno Federal y el Go bierno de Distrito Federal, así como sus respectivas ad ministraciones públicas pa raestatales, se administra rán con eficiencia, eficacia y honradez para satisfacer los objetivos a los que es tén destinados.

Las adquisiciones, arrenda--

mientos y enajenaciones de todo tipo de bienes, prestación de servicios de cualquier naturaleza y la contratación de obra que realicen, se adjudicarán o llevarán a cabo a través de licitaciones públicas mediante convocatoria pública para que libremente se presenten proposiciones solventes en sobre cerrado, que será abierto públicamente, a fin de asegurar al Estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad y demás circunstancias pertinentes.

Cuando las licitaciones a que hace referencia el párrafo anterior no sean idóneas para asegurar dichas condiciones, las leyes establecerán las bases, procedimientos, reglas, requisitos y demás elementos para acredi-

tar la economía, eficacia, eficiencia, imparcialidad y honradez que aseguren las mejores condiciones para el Estado.

El manejo de recursos económicos federales se sujetará a las bases de este artículo.

Los servidores públicos serán responsables del cumplimiento de estas bases en los términos del título cuarto de esta Constitución"

9 de julio de 1929.

Circular 30-4-228 en su punto 10.- señala: "Las personas que destruyan, menoscaben o causen perjuicios a los templos serán castigadas con la pena de uno a dos años de prisión y quedarán sujetas a la responsabilidad civil en que incurran".

31 de enero de 1930. (DOF)

Ley sobre Protección y conservación de Monumentos y -

Bellezas Naturales.

19 de enero de 1934. (DOF)

Ley sobre protección y conservación de Monumentos Arqueológicos e Históricos, - Poblaciones Típicas y Lugares de Belleza Natural.

7 de abril de 1934. (DOF)

Reglamento de la Ley sobre protección y Conservación - de Monumentos Arqueológicos e Históricos, Poblaciones - Típicas y Lugares de Belleza Natural.

3 de enero de 1966. (DOF)

Decreto por el que se adiciona la Fracción XXV del - Artículo 73 de la Constitución General de la República.

30 de enero de 1969. (DOF)

Ley General de Bienes Nacionales.

Artículo 2º fracción VI.-...

"los monumentos arqueológicos, históricos y artísticos, muebles e inmuebles de pro-

propiedad federal son bienes -
del dominio público corres-
pondiendo a la Secretaría -
del Patrimonio Nacional la
representación del Gobierno
Federal en el ... otorga-
miento de ... permisos o -
autorizaciones para el uso,
... conservación ... de -
los bienes inmuebles federales.

Artículo 31, párrafo terce-
ro. "Tratándose de Inmuebles
de Propiedad Federal que -
tengan valor arqueológico, -
histórico o artístico, la -
Secretaría del Patrimonio -
Nacional de acuerdo con el
dictamen de la Secretaría -
de Educación Pública dispon-
drá que las obras y trabajos
a que se refiere este precep-
to se sujeten a las condi-
ciones y requisitos técnicos
que dicha Secretaría señale
para proteger y conservar -
ese valor". Semejante dis-

posición aparece en el párrafo tercero del Artículo 34, "Cuando los templos hayan sido declarados monumentos".

16 de diciembre de 1970. (DOF)

Ley Federal del Patrimonio Cultural de la Nación.

6 de mayo de 1972. (DOF)

Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. (Vigente)

8 de diciembre de 1975. (DOF)

Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. (Vigente)

La Ley vigente declaró de interés social y nacional su objeto y de orden público sus disposiciones, dando el carácter de utilidad pública a la investigación, protección, conservación, -- restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, -- artísticos e históricos, e introduce un concepto que amplía los conceptos anteriores al considerar las "Zonas de monumentos".

Estas pueden definirse según se trate de "área que comprende -- varios monumentos arqueológicos inmuebles, o que se presuma su

existencia", o de la que "comprende varios monumentos artísticos asociados entre sí, con espacios abiertos o elementos topográficos, cuyo conjunto revista valor estético en forma relevante", o bien la que incluya "varios monumentos históricos relacionados con un suceso nacional o que se encuentra vinculada a hechos pretéritos de relevancia para el país".

Además, define claramente en el Capítulo V la competencia del IMH y del INBA, señalando:

Artículo 44, "El Instituto Nacional de Antropología e Historia es competente en materia de monumentos y zonas de monumentos - arqueológicos e históricos".

Artículo 45, "El Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura es competente en materia de monumentos y zonas de monumentos artísticos".

Artículo 46, "En caso de duda sobre la competencia de los Institutos para conocer un asunto determinado, el Secretario de Educación Pública resolverá a cuál corresponde el despacho del mismo.

Para los efectos de competencia, el carácter arqueológico de un bien tiene prioridad sobre el carácter histórico, y éste a su vez sobre el carácter artístico".

El reglamento vigente entre otras disposiciones señala el procedimiento para hacer las declaratorias de zonas y monumentos artísticos e históricos las que deberán publicarse para tener

validez oficial en el "Diario Oficial de la Federación", señalando que "determinarán específicamente, las características - de éstas y, en su caso, las condiciones a que deberán sujetarse las construcciones que se hagan en dichas zonas".

31 de diciembre de 1984.

Ley de Obras Públicas.

13 de febrero de 1985.

Reglamento de la Ley de - -
Obras Públicas.

Acorde con esto, el Ejecutivo ya ha hecho las declaratorias de los Centros Históricos y Lugares de las siguientes ciudades:

10 de marzo de 1976.

Oaxaca, Oax.

18 de noviembre de 1977.

Puebla, Pue.

4 de diciembre de 1979.

Ayoxxtla de Zapata, Pue.

11 de abril de 1980.

México, D.F.

30 de marzo de 1981.

Querétaro, Qro.

27 de junio de 1982.

Dolores Hidalgo, Gto.

27 de junio de 1982.

Pozos, Gto.

28 de junio de 1982.

Guanajuato, Gto.

28 de junio de 1982.

San Miguel Allende, Gto.

13 de agosto de 1982.

Durango, Dgo.

18 de octubre de 1982.

Mérida, Yuc.

12 de noviembre de 1984.

Huamantla, Tlax.

25 de enero de 1985.

Orizaba, Ver.

1 de abril de 1986.

San Felipe Ixtacuixtla, Tlax.

4 de abril de 1986.

San Pablo Apetatitlan, Tlax.

9 de abril de 1986.

Tlaxco, Tlax.

11 de abril de 1986.	Tlaxcala, Tlax.
13 de abril de 1986.	Calpulalpan, Tlax.
17 de agosto de 1986.	Teposcolula, Oax.
3 de diciembre de 1986.	San Juan del Rio, Qro.
4 de diciembre de 1986.	San Cristobal de las Casa, Chis.
4 de diciembre de 1986.	Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta, D.F.
5 de diciembre de 1986.	Tlalpan D.F.
5 de diciembre de 1986.	Santa Rosalía, B. C. S.
8 de diciembre de 1986.	Mexcaltitán, Nay.
9 de diciembre de 1986.	Azcapotzalco, D.F.
10 de diciembre de 1986.	Tlacotalpan, Ver.
10 de diciembre de 1986.	Campeche, Camp.
11 de diciembre de 1986.	San Angel, D.F.

CONVENCIÓNES INTERNACIONALES SOBRE LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS.

México es signatario y obligado solidario de varias convenciones internacionales en la materia, siendo las más importantes:

11 de diciembre de 1962.

Conferencia general de la UNESCO.

Recomendación relativa a la protección de la belleza y del carácter de los lugares y paisajes.

1964.

Carta de Venecia.

7 al 11 de julio de 1969.

Coloquio - ICOMOS

Resoluciones sobre la conservación, preservación y valorización de monumentos y sitios en función del desarrollo del turismo cultural.

agosto de 1971.

ICOMOS

Resolución sobre la protección de monumentos de la arquitectura popular y sus conjuntos.

17 de noviembre de 1972.

Convención para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.

APROVECHAMIENTO DE MONUMENTOS DE PROPIEDAD FEDERAL.

Conforme a las principales recomendaciones de la decimoséptima reunión de la UNESCO, los monumentos:

- 1.- Se han de considerar en su conjunto como un todo homogéneo.
- 2.- No deberán ser disociados del medio que los rodea.
- 3.- Deberán ser devueltos a la función que antes tenían o ser destinados a una función más apropiada, siempre que no disminuya su valor cultural.
- 4.- En la medida en que no se modifiquen las disposiciones características, se harán las transformaciones interiores necesarias, destinadas a dotar a los edificios de las comodidades actuales para el bienestar de las personas que los ocupen.

2.-PROGRAMA GENERAL DE DESARROLLO URBANO DEL DISTRITO FEDERAL

1987 - 1988

TESIS BASICAS.

- 1.- *Controlar y Ordenar el Crecimiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.*

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México comprende 53 Municipios del Estado de México, uno del Estado de Hidalgo y al Distrito Federal, con una superficie de 786,000 hectáreas.

- 2.- *Límite de Crecimiento.*

Las áreas baldías en el Distrito Federal, que son de 7,981 hectáreas, no podrán absorber un crecimiento mayor de 197 habitantes por hectárea, para el año 2000.

- 3.- *Reconstruir la Zona Central de la Ciudad de México.*

La Reconstrucción de la Zona Central, en las delegaciones Gustavo A. Madero, Benito Juárez, Venustiano Carranza y -- Cuauhtémoc, será mediante una nueva zonificación de acuerdo al riesgo sísmico, limitando las alturas de los edificios, por lo que se reducirán las densidades e intensidades permitidas, creando más espacios abiertos para refugio en casos de desastre.

- 4.- *Reordenación Urbana.*

Ante la situación que vive la Ciudad de México, se hace indispensable su reordenación física, económica y de servicios. La reordenación urbana estará estructurada en 8 sectores que contendrán a los Centros, Subcentros y Corredores Urbanos y Zonas Especiales de Desarrollo Controlado, - además del Centro Histórico.

5.- Conservación del Medio Ambiente.

Área de Conservación Ecológica. En esta área deberá desalentarse todo proceso de urbanización, donde el equipamiento y los servicios se basen en normas especiales, adicionalmente no deberá regularizarse la tenencia de la tierra en asentamientos irregulares e invasiones fuera de los límites que establecen los Programas de cada poblado.

Área de Desarrollo Urbano. Se deberá mejorar las condiciones ecológicas del área urbana, mediante acciones de consolidación de Parques Urbanos, la creación de pequeños jardines o plazuelas, la arborización de camellones y banquetas, así como el rescate y forestación de las barrancas del poniente y de las sierras del norte y oriente de la ciudad.

6.- Desarrollar Los Instrumentos de Planeación.

Concretar las tesis básicas en que se sustenta este Programa, hace necesario un marco jurídico acorde a sus propósitos. Para ello, es indispensable ajustar las siguientes disposiciones en vigor: Ley del Desarrollo Urbano del Dis

trito Federal, Reglamentos y Programas Parciales, además -
de la revitalización del Centro Histórico.

CENTRO HISTORICO.

La problemática actual del Centro Histórico está relacionada -
con los problemas del cambio de uso, de la renta congelada y -
consiste en: la subutilización de edificios deshabitados total
o parcialmente, la vialidad saturada por el paso de vehículos,
comercio ambulante, estacionamiento en la vía pública, la car-
ga y descarga de mercancía y la contaminación ambiental, que -
destruye paulatinamente el patrimonio cultural.

Dentro del Programa General así como en los Programas Parciales
Delegacionales y en particular para el Centro Histórico, el ob-
jetivo principal a lograr a través de la estrategia planteada,
es su revitalización a fin de conseguir su reactivación econó-
mica perdida, sobre todo por los efectos de los sismos, así co-
mo el rescate y arraigo de su función comercial y social, y la
salvaguarda de su valor patrimonial.

Las acciones concretas que se deriven de los Programas Parcia-
les y Sectoriales, se orientarán hacia la promoción y consoli-
dación de la población residente. Este objetivo se pretende -
lograr a través de programas integrales de vivienda en benefi-
cio de la población afectada por los sismos y que forma parte
del Centro Histórico. Asimismo, por medio de las propuestas -
para la racionalización de la vialidad y el transporte, a fin

de reducir el uso del automóvil particular creando corredores peatonales, sobre todo a lo largo de las calles y avenidas que concentran un gran acervo patrimonial, generando fuentes de empleo, tanto a su interior como en su periferia inmediata, para rescatar y reforzar su papel económico.

Se orientará la inversión privada aplicando incentivos diferenciales que impulsen el desarrollo y consolidación del Centro Histórico, a través de la aplicación de programas en predios expropiados y la promoción para el reuso de edificaciones abandonadas y deterioradas, con un valor que se integre a propuestas que satisfagan las demandas poblacionales, asimismo estableciendo los mecanismos más operativos para el control de la contaminación y la dotación de servicios básicos.

Se propiciará y fomentará el arraigo de la industria del vestido y sus actividades complementarias, como una función no contaminante que permita la reactivación del Centro Histórico, a través de una distribución más equilibrada de los usos del suelo, una reglamentación actualizada para la definición de la intensidad de construcción y de instrumentos que aseguren su puesta en marcha a fin de garantizar la estabilidad y óptima ocupación de las edificaciones.

Se instrumentarán políticas para conservar, proteger e incrementar el patrimonio urbano-arquitectónico y el carácter social del Centro Histórico, modificando las actuales tendencias, re-

tomando experiencias de los movimientos sísmicos y estableciendo las condiciones de vida deseables para sus habitantes.

PROGRAMA PARCIAL DE DESARROLLO URBANO.

- Delegación Alvaro Obregón.

Proteger y conservar la autenticidad e identidad de la zona típica de San Ángel, respetando el carácter arquitectónico de su entorno, así como los rasgos de su traza y estilo de las zonas de Chimalistac, Tlacopac, Pueblo de Tizapán, Pueblo de Santa Lucía, Pueblo de Santa Fe, Pueblo de Texelpan, así como San Bartolo Ameyalco y Santa Rosa Xochiac.

- Delegación Azcapotzalco.

Preservar el patrimonio cultural en el Centro Urbano Azcapotzalco y en poblados tradicionales como San Andrés y Aquiles Serdán. Quedando además dentro del patrimonio arquitectónico las siguientes zonas: San Pedro Xalpa, Santa María Maniscalco, Santa Bárbara, San Martín Inés, Santa Catarina, Santo Domingo, Santa Lucía, San Miguel Amantla, Santiago Ahuizotla y Xochinahuac.

- Delegación Benito Juárez.

Dentro de la Delegación se encuentran las siguientes zonas: Mexicalzingo, La Asunción, San Miguel, Flores Magón de la Cruz, una zona dentro de Tlacoquemecatl y Ayotla, Xoco, una parte de la Colonia San Juan y el Parque Hundido y parte de

la Colonia Insurgentes Mixcoac y dos zonas en la Colonia Insurgentes Mixcoac y dos zonas en la Colonia San Pedro de los Pinos.

- Delegación Coyoacán.

Proteger las zonas históricas del antiguo Centro de Coyoacán y de los poblados precortesianos de Los Reyes, La Candelaria, San Pablo Tepetlapa, Santa Ursula Coapa y San Francisco Culhuacán, restringiendo los usos incompatibles con este carácter. Además tenemos San Pablo Tepetlapa, San Diego Churubusco, Parque San Andrés y Ciudad Universitaria.

- Delegación Cuajimalpa.

Preservar y conservar el paisaje natural y las áreas verdes de la delegación.

Se definieron las siguientes zonas patrimoniales:

Cuajimalpa, Contadero, San Lorenzo Acopilco, San Mateo Tlalatenango y San Pablo Chimalpa.

- Delegación Cuauhtémoc.

Preservar y dar mantenimiento al patrimonio cultural e histórico de las Colonias Condesa, Roma y Juárez. Impulsar la revitalización del Centro Histórico de la Ciudad.

Además se identificaron las siguientes zonas:

Atlampa, Santa María la Ribera, San Rafael, Cuauhtémoc, Roma Norte, Hipódromo, Buenavista, Guerrero, Morelos, así como los

ejes patrimoniales Atzacotalco y Tacuba.

- Delegación Gustavo A. Madero.

Preservar el patrimonio cultural en el Centro Urbano Tepeyac, en el corredor urbano Insurgentes Norte, el Parque San Juan de Aragón y el Instituto Politécnico Nacional. Identificándose además las siguientes zonas patrimoniales:

Cuautepec El Alto, Acueducto de Guadalupe, Santiago Atepetrac, Ticomán, Purísima Ticomán, San José Ticomán, San Pedro Zacatenco, Santa Isabel Tola, Santiago Atzacotalco, San Bartolo Atepehuacán, La Cruz, Tepeyac, Calzada de los Misterios, Magdalena de las Salinas, San Juan de Aragón y Héroe de Nacozari.

- Delegación Iztacalco.

Es importante destacar la Zona de Barrios, Santa Anita y Santiago, cuyas características de traza e imagen urbana es necesario preservar como parte del patrimonio cultural de la delegación.

- Delegación Iztapalapa.

Destacan los siete Barrios tradicionales de Iztapalapa, así como los antiguos poblados de Santa Martha Acatitla, Santiago Acahualtepec, Santa María Aztahuacán, Santa Cruz Meyehualco, Culhuacán y Mexicaltzingo.

- Delegación Magdalena Contreras.

En esta Delegación tenemos las zonas de San Jerónimo Lídice, San Bernabé Ocotépec, Cerro del Judío y la Concepción.

- Delegación Miguel Hidalgo.

Controlar y proteger el patrimonio histórico y aprovechar el potencial de la zona de Polanco. Además, los Centros Urbanos Tacuba y Tacubaya, la primera Sección del Bosque de Chapultepec, La Colonia Lomas de Chapultepec, Pensil Mexicano, incluyendo también la Calzada México - Tacuba, Mariano Escobedo y Circuito Interior cuyas características de traza e imagen urbana son necesarias preservar como parte del patrimonio cultural de la delegación.

- Delegación Milpa Alta.

Preservar el patrimonio cultural del Centro Histórico de Milpa Alta.

- Delegación Tláhuac.

Tenemos las siguientes zonas patrimoniales: Santiago Zapotitlán, San Francisco Tlaltenco, San Pedro Tlahuac, San Andrés Mixquic y San Nicolás Tetelco.

- Delegación Tlalpan.

Se identifican las siguientes zonas: El Centro de Tlalpan, San Pedro Martín, Universidad Pedagógica, y en el Área de

Conservación Ecológica los siguientes poblados rurales:

San Andrés Totoltepec, San Miguel Xicalco, San Miguel Topilejo, Parrés el Guarda, San Miguel Ajusco, Santo Tomás Ajusco y Magdalena Petlacalco.

- Delegación Venustiano Carranza.

Sobresalen las siguientes Zonas Patrimoniales: El Cerro del Peñon, Magdalena Mixhuca, Colonia Merced Balbuena y el Perímetro "B" del Centro Histórico.

- Delegación Xochimilco.

Es objetivo fundamental, preservar el patrimonio histórico y cultural del Centro de Xochimilco, regenerar las zonas de chinampas y el sistema de lagunas y canales. Así como, preservar y conservar el paisaje natural y las áreas verdes de la delegación. También se cuenta con la zona del casco antiguo de los poblados ubicados en el Área de Conservación Ecológica como: San Lucas Xochimanco, San Francisco Tlalnepantla, Santa Cecilia Tepetlapa, San Andrés Ahuayucan, San Mateo Xalpa y San Lorenzo Atemoaya, así como la Zona de Chinampas y Tepepan.

El Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 1987 - 1988 y el Programa Parcial de Desarrollo Urbano fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el día 16 de julio de 1987.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA.

B I B L I O G R A F I A

Autor y Tema.

ARNOLD, C. y REITHERMAN R.
Configuración y Diseño Sísmico de Edificios.

BENITEZ, F.
La Ciudad de México.

BENITEZ, F.
Historia de la Ciudad de México.

BATAILLON, C. y RIVIER'E, D. ARC. H.
La Ciudad de México.

CALDERON CABRERA, B.
Evolución de la Construcción en México.

CALDERON CABRERA, B.
 CALDERON CABRERA, J.L.
Reestructuración de Monumentos.

CALDERON CABRERA, J.L.
Reestructuración y Consolidación de Monumentos.
 - Ejemplos Típicos -

CALNEK. E.E., BORAH W., MORENO TOSCANO A., DAVIES K.A. Y
 UNIKEL L.
Ensayos Sobre el Desarrollo Urbano de México.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
Manual de Diseño de Obras Civiles.

CRESPO VILLALAZ C.
Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

CHANFON OLMOS C.
Restauración - Problemas Técnicos

CHINOY, ELY
La Sociedad.

DE LA MAZA F.
La Ciudad de México en el Siglo XVII.

DEL MORAL E.
Defensa y Conservación de las Ciudades y Conjuntos Urbanos Monumentales.

DIARIO OFICIAL - DEL 19 DE OCTUBRE DE 1987.
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

FLETCHER, G.A. Y SMOOTS, V.A.
Biblioteca del Ingeniero Civil.
- Tomos V y VI -

GAMIO, M.
Arqueología e Indigenismo.

GARCIA QUINTANA, J. y ROMERO GALVAN, J.R.
México Tenochtitlán y su Problemática Lacustre.

GERTZ MANERO, A.
La Defensa Jurídica y Social del Patrimonio Cultural.

GONZALEZ APARICIO, L.
Plano Reconstructivo de la Región de Tenochtitlán.

GONZALEZ FLORES, M.
Enderezado de Dos Edificios; Un metro en el caso más Desfavorable.

GUERRERO Y GAMA, V.
Algunos Cálculos Relativos a la Recimentación de la Catedral Metropolitana.

JUAREZ BADILLO, E. y RICO RODRIGUEZ, A.
Mecánica de Suelos.
- Tomos I, II y III.

JIMENEZ SALAS, J.A.
Mecánica del Suelo.

MAYOR GONZALEZ, G.
Materiales de Construcción.

MARSAL R.J. y MAZARI M.
El Subsuelo de la Ciudad de México.

MORENO TOSCANO, A.
Ciudad de México, Ensayo de Construcción de una Historia.

OROZCO Y BERRA M.
Memoria para la Carta Hidrográfica del Valle de México.

ORTIZ MACEDO, L.
El Arte del México Virreinal.

ORTIZ MACEDO, L.
40 Siglos de Arte Mexicano.
- El Siglo XVIII o un Nuevo Estilo de Vida -

PUIG DE LA PARRA, J.B.
Apuntes de Geología Aplicada.

RAMIREZ, FERNANDO J.
Memoria Acerca de las Obras e Inundaciones en la Ciudad de México.

RIVERA CAMBAS, M.
México Pintoresco, Artístico y Monumental.

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS.
Vocabulario Arquitectónico.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
Construcción de Puentes en México.

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA.
Especificaciones Generales de Restauración.

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS.
El Palacio Nacional.

SECRETARIA DEL PATRIMONIO NACIONAL.
Catalogo de Bienes Inmuebles de Propiedad Federal.

SECRETARIA DEL PATRIMONIO NACIONAL
{ Consulta Directa de Memorias y Planos }
Archivo General de la Nación.
Obras de Restauración 1972 - 1976.
- Catedral y Sagrario Metropolitanos -

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.
Instructivo para Ensaye de Suelos.

SERRANO DE GASCA, M. (Coordinadora Arqueología)
Atlas Cultura de México.
- Monumentos Históricos -

SIMPOSIUM INTERAMERICANO DE CONSERVACION DEL PATRIMONIO CULTU
RAL.
Presentación: M. en Arquitectura Bernardo Calderón Cabrera
Ponentes: Generación 1976 - 1978 de la Maestría en Arquitectu
tura con Especialidad en Restauración de Monumentos.
Proyecto de Ordenanzas para la Restauración Conservación y -
Mantenimiento de los Monumentos y Sitios Históricos.

TAYLOR, D.W.
Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

TIMOSHENKO, S.
Resistencia de Materiales.
- Tomo I y II -

TIMOSHENKO, S. y YOUNG, D.H.
Elemento de Resistencia de Materiales

TERZAGHI, K. y PECK, R.B.
Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica.

TOVAR DE TERESA, G. y ORTIZ LAJOUS J.
Catedral de México.
- Retablo de Los Reyes -

TSCHEBOTARIOFF, GREGORY P.
Mecánica del Suelo, Cimientos y Estructuras de Tierra.

VILLAGRAN GARCIA, J.
Arquitectura y Restauración de Monumentos.

B I B L I O G R A F I A

Tema y Autor

ALGUNOS CALCULOS RELATIVOS A LA RECIMENTACION DE LA
CATEDRAL METROPOLITANA

V. Guerrero y Gama.

APUNTES DE GEOLOGIA APLICADA.

J.B. Puig de la Parra.

ATLAS CULTURAL DE MEXICO.

- Monumentos Históricos -

M. Serrano de Gasca. (Coordinadora Arqueología)

ARQUEOLOGIA E INDIGENISMO.

M. Gamio.

ARQUITECTURA Y RESTAURACION DE MONUMENTOS.

J. Villagran Garcia.

BIBLIOTECA DEL INGENIERO CIVIL

- Tomos V y VI -

G.A. Fletcher y V.A. Smoots.

CATALOGO DE BIENES INMUEBLES DE PROPIEDAD FEDERAL.

Secretaría del Patrimonio Nacional.

CATEDRAL DE MEXICO.

- Retablo de los Reyes -

G. Tovar de Teresa y J. Ortiz Lajous.

CIUDAD DE MEXICO, ENSAYO DE CONSTRUCCION DE UNA HISTORIA.

A. Moreno Toscano.

CONFIGURACION Y DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS.

C. Arnold y R. Reitheman.

CONSTRUCCION DE PUENTES EN MEXICO.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

DEFENSA Y CONSERVACION DE LAS CIUDADES Y CONJUNTOS
URBANOS MONUMENTALES.

E. del Moral.

EL ARTE DEL MEXICO VIRREINAL.
L. Ortiz Macedo.

EL PALACIO NACIONAL.
Secretaría de Obras Públicas.

EL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MEXICO.
R. J. Marsal y M. Mazari.

ELEMENTO DE RESISTENCIA DE MATERIALES.
S. Timoshenko y D. H. Young.

ENDEREZADO DE DOS EDIFICIOS; UN METRO EN EL CASO MAS
DESFAVORABLE.
M. González Flores.

ENSAYOS SOBRE EL DESARROLLO URBANO DE MEXICO.
E. E. Calnek, W. Borah, A. Moreno Toscano, K. A. Davies y L.
Unikel.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE RESTAURACION.
Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

EVOLUCION DE LA CONSTRUCCION EN MEXICO.
B. Calderón Cabrera.

FUNDAMENTOS DE LA MECANICA DE SUELOS.
D. W. Taylor.

HISTORIA DE LA CIUDAD DE MEXICO.
F. Benítez

INSTRUCTIVO PARA ENSAYE DE SUELOS.
Secretaría de Recursos Hidráulicos.

LA DEFENSA JURIDICA Y SOCIAL DEL PATRIMONIO CULTURAL.
A. Gertz Manero.

LA CIUDAD DE MEXICO.

C. Bataillon y H. Rivier'e D'Arc.

LA CIUDAD DE MEXICO.

F. Benítez

LA CIUDAD DE MEXICO EN EL SIGLO XVII.

F. de la Maza.

LA SOCIEDAD.

Ely Chinoy.

MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES.

Comisión Federal de Electricidad.

MATERIALES DE CONSTRUCCION.

G. Mayor González.

MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA.

K. Terzaghi y R.B. Peck.

MECANICA DEL SUELO.

J. A. Jiménez Salas.

MECANICA DE SUELOS.

- Tomos I, II y III.
E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez.

MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES.

C. Crespo Villalaz.

MECANICA DEL SUELO, CIMENTOS Y ESTRUCTURAS DE TIERRA

Gregory P. Tschobotarioff.

MEMORIA ACERCA DE LAS OBRAS E INUNDACIONES EN EL CIUDAD DE MEXICO.

J. Fernando Ramírez.

MEMORIA PARA LA CARTA HIDROGRAFICA DEL VALLE DE MEXICO.

M. Orozco y Berra.

MEXICO PINTORESICO, ARTISTICO Y MONUMENTAL.

M. Rivera Cambas.

MEXICO TENOCHTITLAN Y SU PROBLEMATICA LACUSTRE.

J. Garcia Quintana y J. R. Romero Galván.

OBRAS DE RESTAURACION 1972 - 1976.

- Catedral y Sagrario Metropolitanos.

Secretaría del Patrimonio Nacional.

(Consulta Directa de Memorias y Planos.- Archivo General de la Nación).

PLANO RECONSTRUCTIVO DE LA REGION DE TENOCHTITLAN.

L. González Aparicio.

PROYECTO DE ORDENANZAS PARA LA RESTAURACION CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE LOS MONUMENTOS Y SITIOS HISTORICOS.

Simposium Interamericano de Conservación del Patrimonio Cultural.

Presentación: M. en Arquitectura Bernardo Calderón Cabrera

Ponentes: Generación 1976 - 1978 de la Maestría en Arquitectura con Especialidad en Restauración de Monumentos.

REESTRUCTURACION DE MONUMENTOS.

B. Calderón Cabrera.

J.L. Calderón Cabrera.

REESTRUCTURACION Y CONSOLIDACION DE MONUMENTOS.

- Ejemplos Típicos.

J. L. Calderón Cabrera.

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL.

Diario Oficial - Del 19 de octubre de 1987.

RESTAURACION.- PROBLEMAS TEORICOS.

C. Changón Olmos

RESISTENCIA DE MATERIALES.

- Tomo I y II.
- S. *Timoshenko*.

40 SIGLOS DE ARTE MEXICANO.

- El siglo XVIII o un Nuevo Estilo de Vida.
- L. *Ortiz Macedo*.

VOCABULARIO ARQUITECTONICO.

- Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.*