



7  
2ej  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA EL REGISTRO  
DE MOVIMIENTOS VERTICALES DE  
EDIFICACIONES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA

P R E S E N T A :

JHONNY VASQUEZ ROCABADO

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

**METODOLOGIA PARA EL REGISTRO DE  
MOVIMIENTOS VERTICALES DE EDIFICACIONES**

**C O N T E N I D O**

1. INTRODUCCION GENERAL
    - 1.1. Localización Fisiográfica de la Cuenca de México
    - 1.2. Localización Geográfica de la Cuenca de México
  
  2. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS
    - 2.1. Depósitos Geológicos del Subsuelo de la Ciudad de México
    - 2.2. Zonificación Geotécnica
  
  3. METODOLOGIA PARA EL REGISTRO DE MOVIMIENTOS VERTICALES
    - 3.1. Introducción
    - 3.2. Elementos Básicos para la Nivelación
    - 3.3. Etapas de Trabajo de Nivelación
    - 3.4. Desplome
  
  4. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS
    - 4.1. Comportamiento que Registran las Cimentaciones
    - 4.2. Cálculo y Análisis de los Datos de Campo
    - 4.3. Presentación de los Resultados
  
  5. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA**

## CAPITULO 1

### 1. INTRODUCCION GENERAL

Siempre que se realizan obras de Ingeniería Civil en roca, se presentan dos dudas inevitables que es necesario contestar:

1. ¿Alcanzaran los esfuerzos actuantes en la roca, los niveles de esfuerzo tolerables, sin la consiguiente falla local o falla total de la misma?
2. ¿Producirán las cargas aplicadas a la roca, deformaciones que dañen o destruyan a la estructura?

Para resolver la primera incógnita, supongamos que es posible determinar el estado de esfuerzos iniciales en la masa de roca y que se puede predecir el cambio inducido por la construcción y operación de la obra. ¿Como determinar entonces si la roca se fracturará, fluirá, cederá, se flexionará, se licuará, etc.?.

Estas dudas son el motivo común por el cual se realiza el control de nivelación topográfica de precisión, antes, durante y después de la construcción del edificio, proporcionando al Geotecnista las alteraciones que se presentan en este proceso.

Otro motivo extraordinario por el cual se realizan los controles de nivelación son las deformaciones de las estructuras que sobrevienen por factores de : Sismicidad, vibraciones, mal diseño estructural, cargas laterales de estructuras vecinas, hundimientos regionales etc. ya que permiten estimar y cuantificar la magnitud de los desplazamientos provocados por las deformaciones en las estructuras, registrándose además su evolución en el tiempo, convirtiéndose así en apoyo indispensable para el Geotecnista y el Estructurista.

El notable crecimiento de los núcleos urbanos asentados en La Cuenca de México, han propiciado la ocupación de áreas que hasta hace pocos años eran destinados a actividades agropecuarias, cuyo subsuelo es mas conocido que en la que se desarrollo la Ciudad de México, el desconocimiento de su subsuelo dio como resultado que se practicaran cimentaciones arbitrarias y no controladas por lo que poco después fallaron ante el material del subsuelo con su repercusión económica correspondiente, actualmente se llevan a cabo cimentaciones especializadas y costosas.

Otro aspecto que ha llamado la atención y preocupación es el fenómeno del hundimiento general de la ciudad, aunado a esto los sismos que se han registrado desde 1860 a la fecha y particularmente los megasismos del 19 y 20 de septiembre de 1985, han hecho patentes sus efectos en las cimentaciones diseñadas y construidas en la Ciudad de México.

Es importante señalar que no existen materiales de consulta, ni publicaciones en la Ciudad de México que apoyen o reglamenten sobre los métodos a emplear para las nivelaciones de control topográfico de los movimientos verticales, lo que hace que este trabajo, se convierta en experimental, y cuyo objetivo es plantear una metodología para registrar los movimientos o deformaciones, que puedan presentar las edificaciones, tomando como base los controles de nivelación topográfica realizados en una de las ciudades mas problemáticas y complejas para el diseño y construcción de cimentaciones, como es la Ciudad de México.

De esta manera para una mayor comprensión de las causas que pueden originar los movimientos o deformaciones de las edificaciones es necesario conocer: Las características Geológicas y Geotécnicas del suelo sobre la que se edifica y el tipo de cimentación que se empleó. Para el primer caso es necesario localizar la Cuenca de México fisiográfica y geográficamente en la República de México, ya que dentro de ella se localiza la Ciudad de México.

### 1.1. LOCALIZACION FISIOGRAFICA DE LA CUENCA DE MEXICO

De acuerdo con la Dirección General de Geografía, La República Mexicana se divide en 15 provincias Fisiográficas que agrupan áreas de características Geológicas similares fig.1. La provincia fisiográfica del eje neovolcánico es la que alberga a la Cuenca de México.

# MARCO FISIOGRAFICO DE LA <sup>6</sup> REPUBLICA MEXICANA



## PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

- I PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA
- II DESIERTO SONORENSE
- III SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- IV SIERRAS Y LLANOS DEL NORTE
- V SIERRA MADRE ORIENTAL
- VI GRAN LLANURA DE NORTE AMERICA
- VII LLANURA COSTERA DEL PACIFICO
- VIII LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE
- IX MESA DEL CENTRO
- X EJE NEOVOLCANICO
- XI PENINSULA DE YUCATAN
- XII SIERRA MADRE DEL SUR
- XIII LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR
- XIV SIERRAS DE CHIAPAS
- XV CORDILLERA CENTROAMERICANA

DIRECCION GENERAL DE  
GEOGRAFIA DEL TERRITORIO NAL

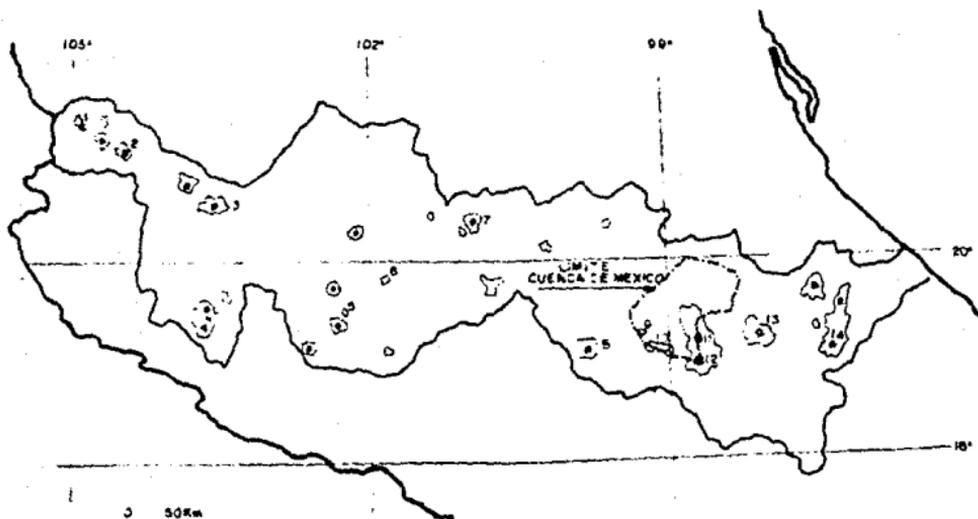
FIG. N° 1

### 1.1.1. EL EJE NEOVOLCANICO

El eje Neovolcánico Transmexicano es una franja irregular de aproximadamente 100 Km. de ancho promedio y 950 Km de largo, que cruza transversalmente la República entre los paralelos 19° a 21° de Latitud Norte fig.2., formado durante el cenozoico superior, está compuesto por una gran variedad de rocas ígneas extrusivas e intermedias que fueron emitidas por numerosos Aparatos Volcánicos, algunos de ellos constituyen las elevaciones mas importantes del país, estos aparatos son del tipo Estrato Volcanes como: El Pico de Orizaba, El Popocatepetl, El Iztaccíhuatl, El Nevado de Toluca y El Nevado de Colima, todos ellos edificados por emisiones alternantes de productos piroclásticos y derrames lávicos.

La actividad volcánica en esta franja ha dado lugar a un gran número de cuencas Endorreicas y Exorreicas con el consiguiente desarrollo de lagos, lo que le da al paisaje Geomorfológico una apariencia muy característica como la cuenca de México, de la cual se estudiará en el siguiente capítulo sus características geológicas y geotécnicas para su mejor comprensión.

## EL EJE NEOVOLCANICO TRASMEXICANO Y LA LOCALIZACION DE LA CUENCA DE MEXICO



### PRINCIPALES APARATOS VOLCANICOS

- |                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| 1 VOLCAN SAN JUAN         | 8 NEVADE DE TOLUCA      |
| 2 VOLCAN CEBORUCO         | 9 XITLE                 |
| 3 CALDERA DE LA PRIMAVERA | 10 SIERRA CHICHINAUTZIN |
| 4 VOLCAN DE COLIMA        | 11 IZTACCINHUATL        |
| 5 VOLCAN PARACUTIN        | 12 POPOCATEPETL         |
| 6 VOLCAN DE CAPAXTIRO     | 13 VOLCAN LA MALINCHE   |
| 7 CERRO DE LA GAVIA       | 14 PICCO DE ORIZABA     |

FUENTE INEGI-UNAM GEOLOGIA DE LA REPUBLICA MEXICANA

FIG. Nº 2

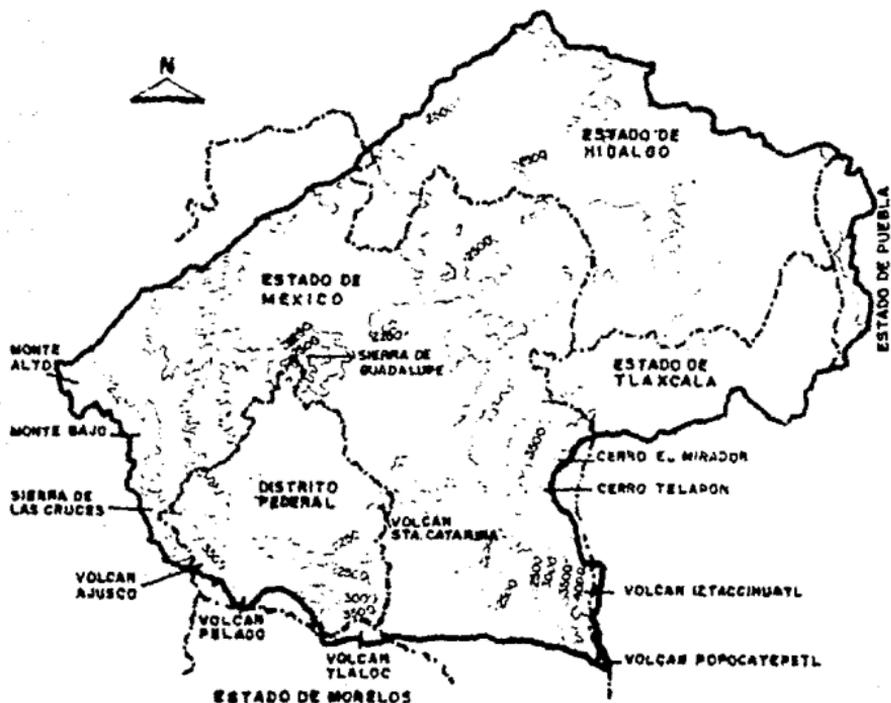
## 1.2. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA CUENCA DE MEXICO

Localizado entre los paralelos 19°01'18" y 20°09'12" de latitud Norte y los Meridianos 98°31'58"y 99°30'52" de longitud al W de Greenwich, con una Superficie de 9,560 Km<sup>2</sup>., de los cuales: 4,800 Km<sup>2</sup>., corresponden al Estado de México, 2,500 Km<sup>2</sup>., al Estado de Hidalgo, 1,320 Km<sup>2</sup>., al Distrito Federal, 840 Km<sup>2</sup>., al Estado de Tlaxcala y 100 Km<sup>2</sup>., al Estado de Puebla fig.3. Esta región rodeada de sierras forma una cuenca cerrada o endorreica, es decir aquella en la que los ríos y arroyos escurren desde las partes altas de dichas sierras a la llanura lacustre sin tener boca o salida, formando así una serie de lagos y lagunas.

Las sierras que delimitan a la cuenca son: Al Norte Las Sierras de Tezóntlalpan, Tepotzotlan y Pachuca, que alcanzan una altura máxima de 3,000 m.sobre el n.m.m., al Sur las Sierras del Ajusco y de Chichinautzin, con una altura de 3,900 m.sobre el n.m.m.; este ultimo; al Este la Sierra Nevada donde sobre salen el Popocatepetl de 5,747 m.sobre el n.m.m., y el Iztaccihuatl con sus 5,286 m.sobre el n.m.m. y al oeste las de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo de hasta 3,600 m.sobre el n.m.m.

Al interior de la cuenca, el relieve es básicamente suave con formas redondeadas y pendientes mínimas, dominando la llanura lacustre de una altitud promedio de 2,240 m.s.n.m.m, y dos Sierras, al Norte la de Guadalupe y al Sureste del Distrito

# EXTENSION DE LA CUENCA DE MEXICO Y LOCALIZACION DEL DISTRITO FEDERAL



ESCALA  
0 100 200 Km

FUENTE: CARTA TOPOGRAFICA 1:250,000 DE LA DIRECCION GENERAL DEL TERRITORIO NACIONAL '38 E

## SIMBOLOGIA

-  LIMITE DE LA CUENCA
-  LIMITE ESTATAL
-  CURVA DE NIVEL

Federal, la de Santa Catarina. Así la ciudad de México se localiza al Suroeste de la Cuenca de México, por lo que una gran parte de su área se encuentra en sitios que antiguamente ocuparon lagos y otra parte en la transición.

C A P I T U L O 22. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS2.1. DEPOSITOS GEOLOGICOS DEL SUBSUELO  
DE LA CIUDAD DE MEXICO

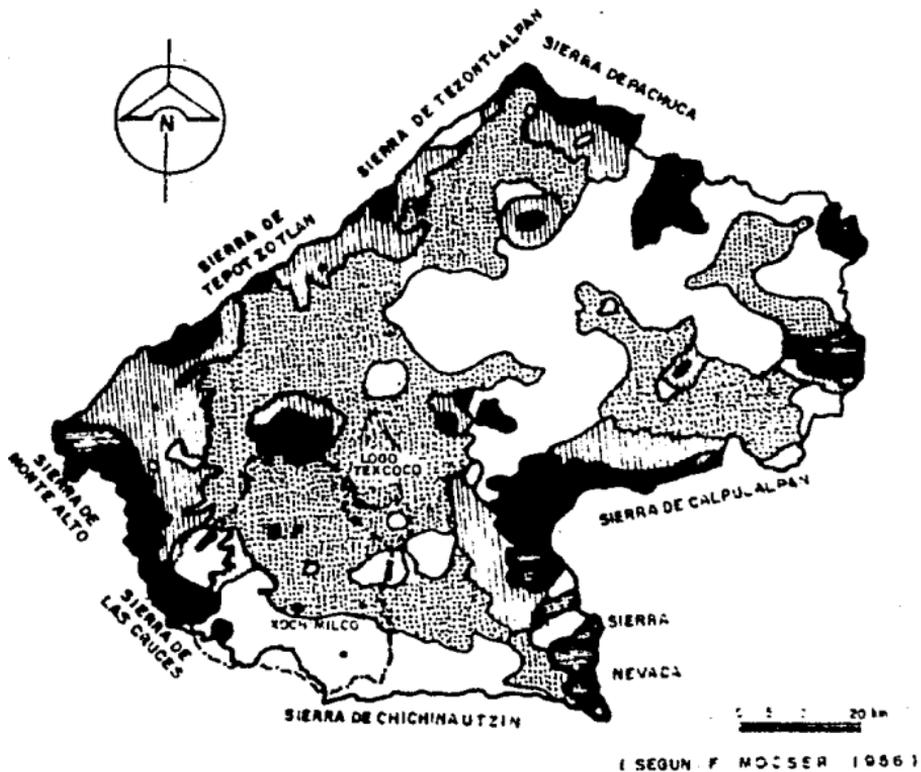
La geología superficial de la Cuenca de México fig.4 proporciona la información de los afloramientos que actualmente se pueden apreciar a gran escala, ya que para comprender la naturaleza geológica de estos afloramientos es necesario considerar los tres marcos de referencia que influyeron en su formación, los cuales son:

## a) EL MARCO GEOLOGICO GENERAL

La Cuenca de México asemeja a una gran presa azolvada, cuya cortina natural es la sierra de Chichinautzin al sur fig.5, y está constituida en su mayor parte por rellenos de arcilla lacustre, aluviones derivados de la acción de los ríos, y cenizas volcánicas, producto de erupciones de volcanes menores y mayores durante los últimos 500,000 años del sistema cuaternario, en el pleistoceno superior y holoceno.

Sobre este complejo relleno ha crecido la ciudad de México, desde la fundación de Tenochtitlan hace 600 años

## GEOLOGIA SUPERFICIAL DE LA CUENCA DE MEXICO



## SIMBOLOGIA

## CUATERNARIO

-  DEPOSITOS ALUVIALES
-  SERIE VOLCANICA BASALTICA

## TERCIARIO

-  FORMACION TARANGO
-  ANDESITAS

FIG. N° 4

aproximadamente, a mediados de este siglo se ha expandido hacia la transición, hasta rebasarla en los últimos años, subiendo hacia los taludes volcánicos de la sierra de las Cruces.

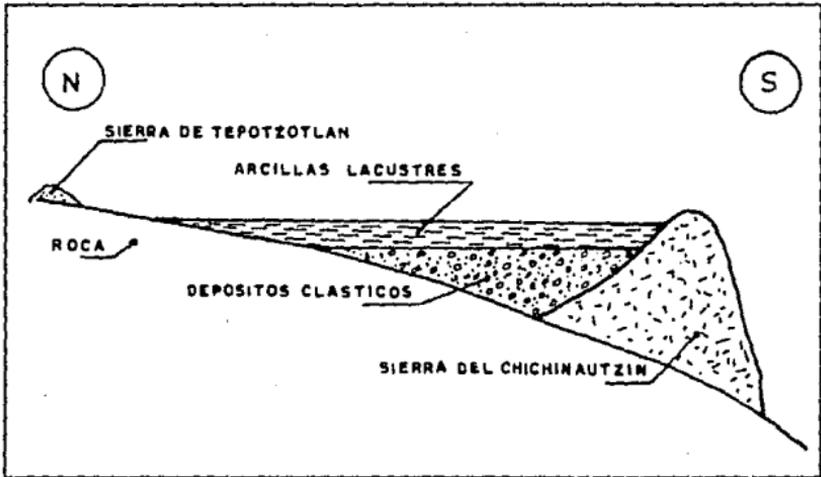


Fig. 5 ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL DEL VALLE

#### b) EL MARCO PALEOCLIMATICO

Después del cierre de la cuenca de México por la sierra Chichinautzin en el plioceno, ocurrieron los grandes cambios climáticos extremos del pleistoceno propios de una cuenca cerrada. Uno de los productos característicos que acompañó a la sedimentación fueron los suelos eólicos, originados por partículas de polvo volcánico llamado loess que fueron acarreados por fuertes vientos, los cuales al depositarse en los lagos se hidrataron formando las conocidas arcillas lacustres

del Valle de México.

### c) EL MARCO VULCANOLOGICO

Cabe señalar que todo material que se encuentra en la Cuenca de México, es directa o indirectamente de origen volcánico. Los de origen directo son: Las lavas de los domos pliocénicos del cerro de Chapultepec y del Tepeyac; las lavas, brechas, tezontles y cenizas del Peñón de Márquez, de la Sierra Santa Catarina y las coladas recientes del pedregal de San Angel; los extensos abanicos volcánicos de la zona de las lomas, formado por la erupción del volcán San Miguel al SW de la ciudad, activo desde fines del plioceno hasta hace unos 100,000 años. Los depósitos volcánicos indirectos formados por el polvo volcánico y las cenizas de estos son: Los que al depositarse en los suelos inmaduros originaron las tobas amarillas o al depositarse en los lagos se transformaron en arcilla y las tobas rojizas arcillosas que forman los taludes de los aparatos volcánicos. Los deshielos también generaron depósitos fluviales formando los abanicos aluviales al pie de las lomas.

De esta manera los depósitos de la cuenca, por el tipo de material que la componen y las características similares de su formación se clasifican de una manera regional en:

#### 2.1.1. DEPOSITOS DEL LAGO

Se conocen así a los depósitos de la planicie del Valle de

México, cuyos suelos arcillosos blandos son consecuencia precisamente de la depositación y alteraciones físico-químicas de los materiales finos, aluviales y cenizas volcánicas.

Durante este proceso se formó una secuencia ordenada de estratos de arcilla blanda separadas por lentes duros de limos y arcillas arenosas, horizontas desecados cubiertos de arenas basálticas o pumíticas fig.6, esto implicó que se consolidaran bajo sus propios pesos, excepto las costras duras que se preconsolidaron por deshidratación o secado solar, en la Epoca Prehispánica esta acción se aceleró con la consolidación inducida ocasionada por: Rellenos que se colocaron para construir pirámides, viviendas y áreas agrícolas; apertura de tajos y túneles para drenajes de aguas pluviales y negras; la extracción de agua del subsuelo; y las construcciones de numerosas estructuras originadas por el crecimiento urbano actual.

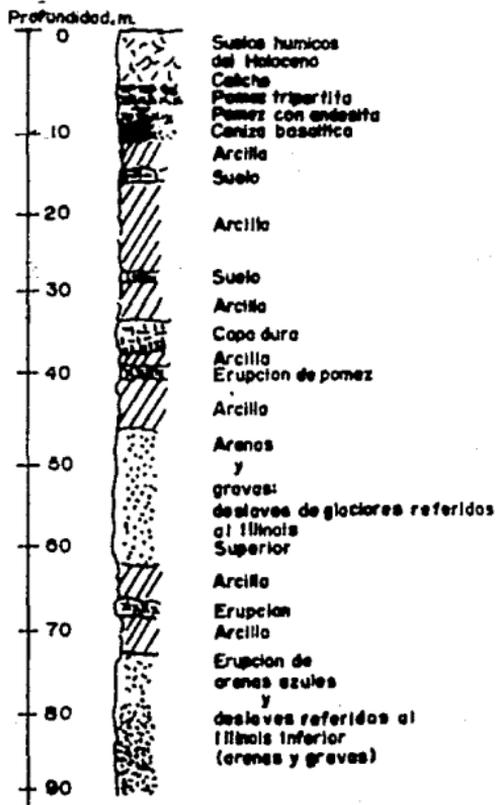
#### 2.1.2. DEPOSITOS DE TRANSICION

Estos depósitos forman una franja que divide los suelos lacustres de las sierras que rodean al valia y de los aparatos volcánicos que sobresalen en ella, por lo que se pueden describir dos tipos de transición:

##### a) INTERESTRATIFICADA DEL PONIENTE

Originados al pie de las barrancas por los acarreos

# ESTRATIGRAFIA DE LA PLANICIE LACUSTRE, CIUDAD DE MEXICO



(SEBUN: F. MOOSER, 1985)

FIG. N° 6

fluviales que descendieron de las lomas a la planicie en forma de deltas, las cuales dependiendo de los cambios de nivel del antiguo lago originaron las intercalaciones de depósitos de arcilla lacustre con arenas y gravas de ríos fig.7, la capa superficial de estas áreas están formadas por suelos negros húmíticos, orgánicos, arenas y limo arenosos del holoceno que se extienden desde el pie de las lomas hasta las riberas del lago, aproximadamente 2 a 3 km.

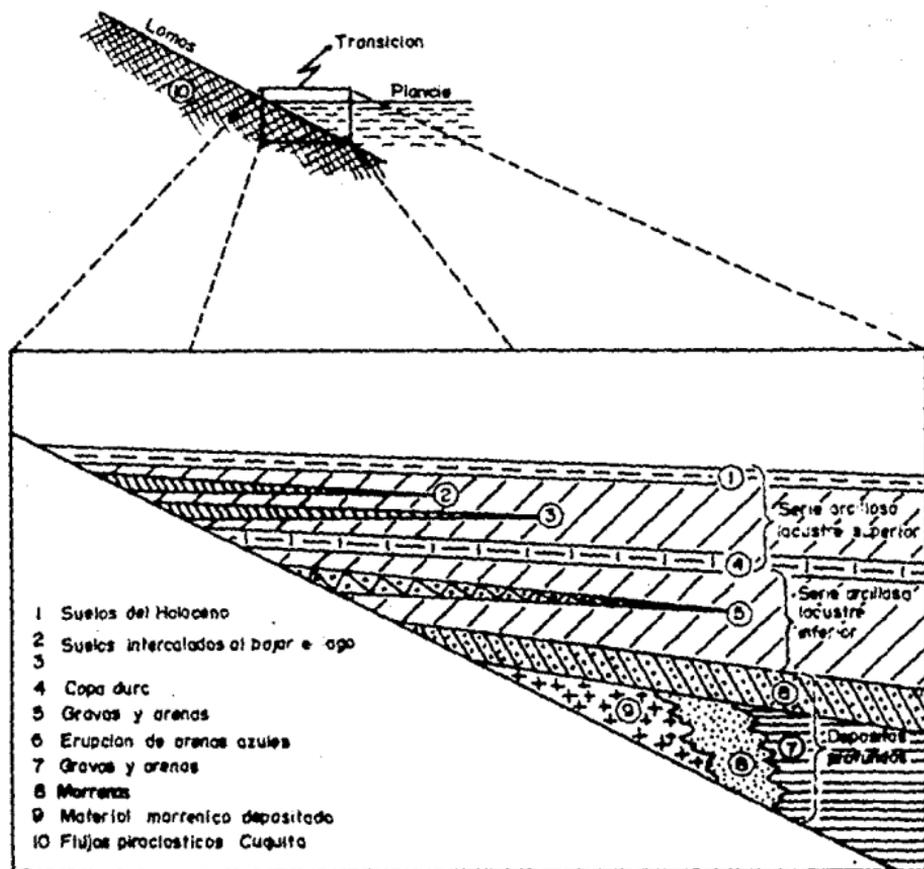
#### b) ABRUPTA CERCANA A LOS CERROS

Es el área entre los rellenos de la cuenca y los cerros que sobresalen a manera de islotes en la llanura lacustre, la estratigrafía típica de estas zonas están integradas por arcillas lacustres interrumpida por numerosos lentes duros de los materiales erosionados de dichos cerros. Los depósitos fluviales no existen, lo que origina un contacto directo de la roca con la arcilla lacustre como es el caso de: el Peñón de los Baños, el Peñón de Márquez, el Cerro de la Estrella y el Cerro de Tepeyac, que se presentan en forma de acúñamientos sedimentarios.

#### 2.1.3. DEPOSITOS DE LAS LOMAS

La zona de las lomas esta formado por las sierra de las Cruces y la de Guadalupe, al poniente y al norte del Distrito Federal respectivamente, y por los derrames de basalto del Xitle al sur-oeste de la Cuenca de México.

## ESTRATIGRAFIA DE LA ZONA DE TRANSICION



FUENTE: MANUAL DE EXPLORACION GEOTECNICA, S.G.O.D.D.F

## a) ZONA PONIENTE

Correspondiente a las sierra de las Cruces que se formó a partir del Plioceno superior y durante el Pleistoceno superior. Esta sierra esta constituida por cumbres lavicas y abanicos volcánicos, caracterizado por la acumulación de materiales piroclásticos producidos en los periodos de actividad explosiva; así las rocas sedimentarias que se observan en esta zona fig.8 son:

- Capas de erupciones puniticas que se depositaron horizontalmente.
- Flujos piroclásticos de grandes volúmenes de gravas, bloques y arenas finas.
- Lahares calientes asociados a erupciones de flujos piroclásticos.
- Depósitos estratificados y suelos que resultaron de las alteraciones de cenizas y acumulaciones de polvos finos.

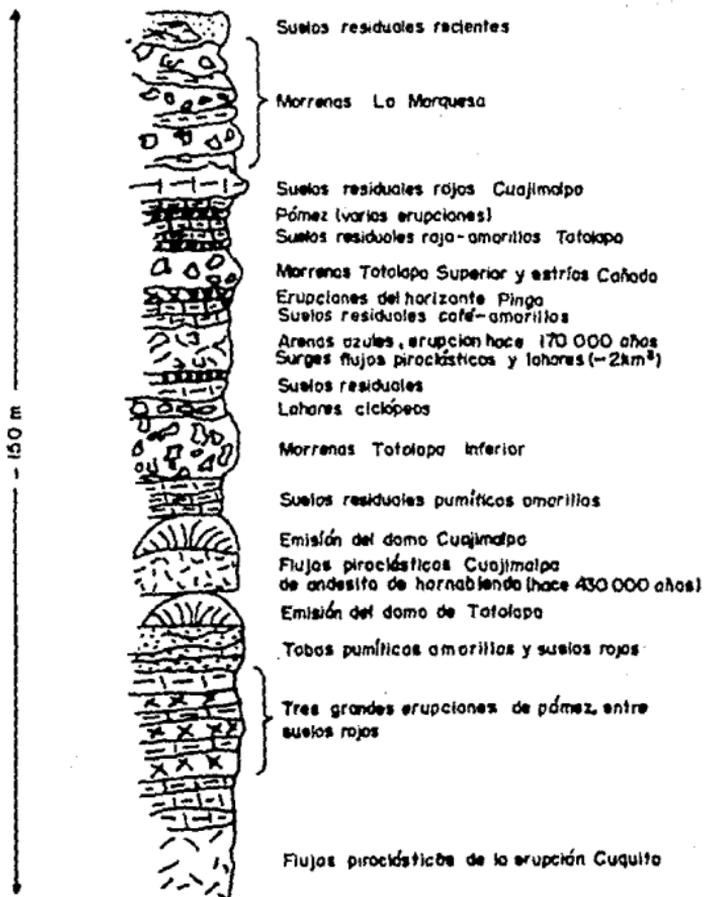
## B) ZONA NORTE

Correspondiente a la sierra de Guadalupe, integrado por rocas volcánicas dacíticas, que se extienden desde el Tepeyac en el SE hacia el llamado zona de Barrientos en el NW del Distrito Federal. Una característica de esta zona son los potentes depósitos de tobas amarillas que cubren los pies de sus numerosas elevaciones en forma de abanicos aluviales.

## C) EL PEDREGAL DEL XITLÉ

Son derrames que descendieron del volcán del Xitle hace unos 2,000 años, esta extensa colada de lavas basálticas cubren

## ESTRATIGRAFIA DE LAS LOMAS



FUENTE: MANUAL DE EXPLORACION GEOTECNICA, S.G.O.D.F.

las lomas del pie del volcán Ajusco y las planicies lacustres de Tlalpan y San Angel. Estas zonas se les conoce como los pedregales de: San Angel, San Francisco, Santa Ursula, Carrasco y Padierna.

## 2.2. ZONIFICACION GEOTECNICA

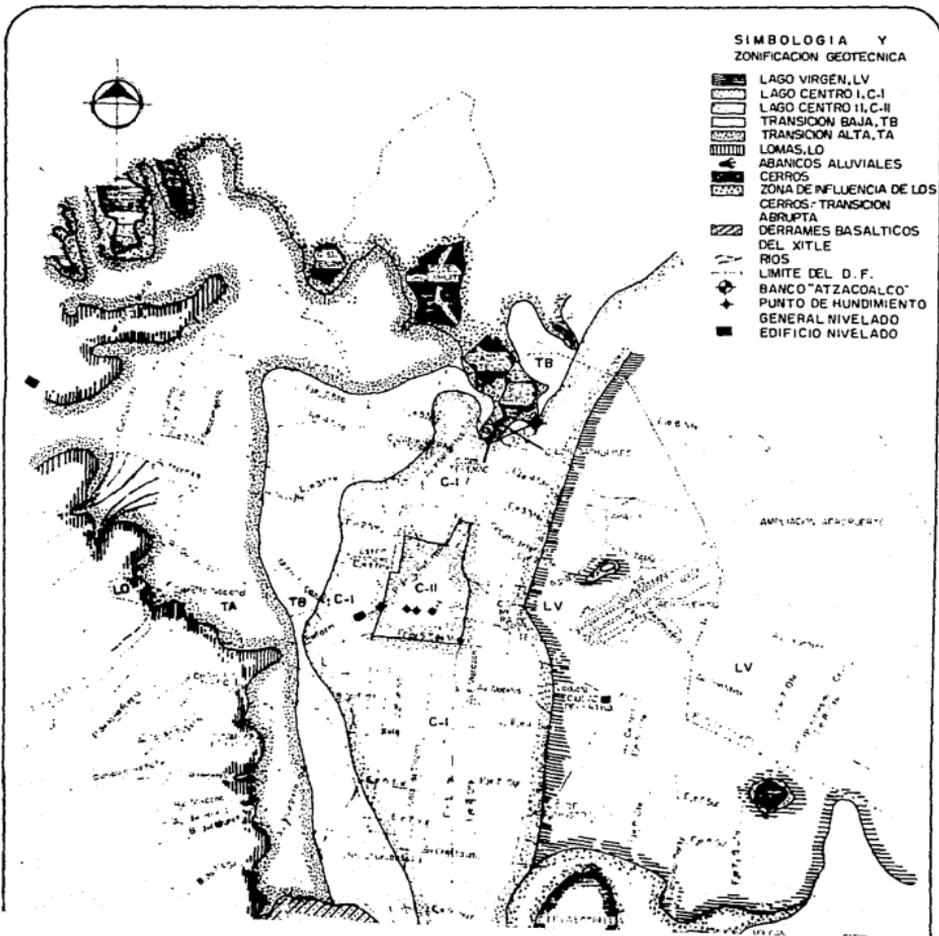
La Geotécnica es una ciencia que estudia a partir de las características topográficas, geológicas e ingenieriles de una zona, las propiedades técnicas de los materiales que la constituyen a fin de establecer los criterios para el cálculo y proyecto de una obra civil. Para este fin la Ciudad de México se ha dividido en zonas geotécnicas, basada en las propiedades de compresibilidad, expansibilidad y resistencia de los depósitos característicos de la cuenca como: Los lacustres, aluviales y los volcánicos. Las propiedades de las rocas mas importantes que se deben considerar son:

- i. Peso Volumétrico ( $\lambda$ )
- ii. Angulo de fricción ( $\phi$ )
- iii. Cohesión ( $c$ )
- iv. Dureza
- v. Movimientos y deformaciones bajo la acción de cargas.
- vi. Resistencia estática y dinámica de las rocas.

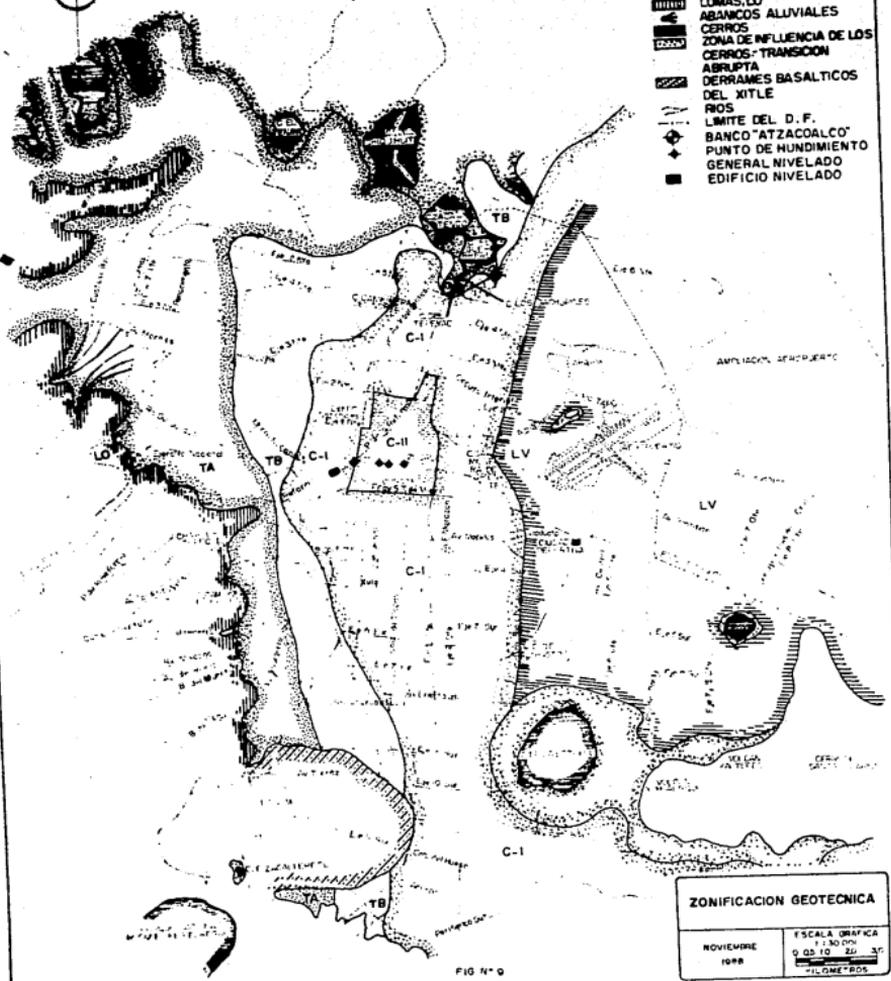
En la fig.9 se presenta una Zonificación actualizada que sigue los lineamientos de Marsal y Mazari de 1959.

**SIMBOLOGIA Y ZONIFICACION GEOTECNICA**

-  LAGO VIRGEN, LV
-  LAGO CENTRO I, C-I
-  LAGO CENTRO II, C-II
-  TRANSICION BAJA, TB
-  TRANSICION ALTA, TA
-  LOMAS, LO
-  ABANCOS ALUVIALES
-  CERROS
-  ZONA DE INFLUENCIA DE LOS CERROS - TRANSICION
-  ABRUPTA
-  DERRAMES BASALTICOS
-  DEL XITLE
-  RIOS
-  LIMITE DEL D. F.
-  BANCO "ATZACOALCO"
-  PUNTO DE HUNDIMIENTO
-  EDIFICIO NIVELADO



-  LOMAS, LD
-  ABANICOS ALUVIALES
-  CERROS
-  ZONA DE INFLUENCIA DE LOS CERROS-TRANSICION
-  ABRUPTA
-  DERRAMES BASALTICOS
-  RIOS
-  LIMITE DEL D. F.
-  BANCO "ATZACALCO"
-  PUNTO DE HUNDIMIENTO
-  GENERAL NIVELADO
-  EDIFICIO NIVELADO



## 2.2.1. CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LA CORTEZA SUPERFICIAL

Los depósitos firmes (basamento) profundos se encuentran entre los 70 m y 100 m bajo la superficie del terreno dependiendo de la zona geotécnica, los estratos que interesan a la ingeniería de cimentaciones son los que se hallan sobre dichos depósitos tabla.2, y estos son: La costra superficial; Serie arcillosa superior; Capa dura; Serie arcillosa inferior y suelos blandos.

### a) LA COSTRA SUPERFICIAL

Esta integrado por tres substratos:

- El relleno artificial, compuesto por restos de construcciones y rellenos arqueológicos.
- El suelo blando que se compone de una serie de depósitos aluviales blandos con lentes de material de grano fino intercalados.
- Sedimentos desecados, formado como consecuencia de la pérdida de agua por exposición a los rayos solares.

### b) LA SERIE ARCILLOSA LACUSTRE SUPERIOR

Se identifican cuatro unidades principales:

- Arcilla preconsolidada superficial que por consolidación normal y efectos de las sobre-cargas se mutaron en arcillas preconsolidadas.

ESTRATIGRAFIA TIPICA DE  
LA CUENCA DE MEXICO

SUBZONA	E S T R A T O	ESPESOR (m)	P.V.S. $\lambda$ (T/m)	C.A. c(T/m)	A.F. $\phi$ (g°)
LAGO VIRGEN	Costra superficial	1.5-2.5	1.4	1.0	20
	Serie arcillosa superior	38-40	1.15	0.5-1.0	--
	Capa dura	1-2	--	0-10	25-36
	Serie arcillosa inferior	15-30	1.25	3-4	--
LAGO CENTRO I	Costra superficial	4-6	1.6	4	25
	Serie arcillosa superior	20-30	1.2	1-2	--
	Capa dura	3-5	1.5-1.6	0-10	25-36
	Serie arcillosa inferior	8-10	1.3-1.35	5-8	--
LAGO CENTRO II	Costra superficial	6-10	1.7	4	25
	Serie arcillosa superior	20-25	1.3	3	--
	Capa dura	3-5	1.5-1.6	0-10	25-36
	Serie arcillosa inferior	6-8	1.3-1.4	6-12	--
TRAN- SICION ALTA	Costra superficial	8-10	1.6	10	20
	Suelos blandos	4-6	1.3	5	0

NOTAS: P.V.S. = Peso Volumétrico del Suelo, ( $\lambda$ )

C.A. = Cohesión Aparente, (c)

A.F. = Angulo de Fricción, ( $\phi$ )

FUENTE : Manual de Exploración Geotécnica D.D.F.

- Arcilla normalmente consolidada localizada entre los afectados por sobre cargas superficiales y los suelos preconsolidados.
- Arcilla preconsolidada profunda generada por el sobrebombeo de aguas para el consumo de la ciudad.
- Lentes duros , parte componente de las arcillas en forma de costra de secado solar: arenas o vidrio y pómez volcánico.

#### c) CAPA DURA

Es un depósito constituido por limos y arenas, con lentes de arcilla y ocasionales gravas, presenta cementantes aislados de carbonato de calcio.

#### d) SERIE ARCILLOSA LACUSTRE INFERIOR

Es una secuencia de estratos de arcilla separado por lentes duros, en un arreglo semejante al de la serie arcillosa superior.

#### e) DEPOSITOS PROFUNDOS

Arenas, gravas aluviales limosas, cementadas con arcillas duras y carbonatos de calcio.

### 2.2.2. ZONA GEOTECNICA DEL LAGO

Esta zona se caracteriza por los grandes espesores de arcillas blandas de alta compresibilidad fig.6, que subyacen a

una costra endurecida superficial que varia de espesor dependiendo de la historia de cargas. De acuerdo al espesor, y propiedades de la costra superficial y la consolidación inducida se divide en tres subzonas.

a) LAGO VIRGEN

Correspondiente al sector oriente de la ciudad, cuyos suelos prácticamente han mantenido sus propiedades mecánicas desde su formación.

b) LAGO CENTRO I

Se encuentra asociado al sector no colonial de la ciudad, que se desarrollo desde principios de siglo y que están sujetos a sobrecargas generadas por construcciones pequeñas y medianas.

c) LAGO CENTRO II

Correspondiente a la antigua traza de la ciudad donde la historia de cargas aplicadas en la superficie ha originado: Arcillas fuertemente consolidados por efecto de rellenos y grandes sobrecargas de construcciones aztecas y coloniales; arcillas blandas asociadas a lugares que antiguamente ocupaban, plazas y jardines; y arcillas muy blandas ubicadas en los antiguos canales.

### 2.2.3. ZONA GEOTECNICA DE TRANSICION

Por el tipo de estratigrafía que las componen se divide en

dos subzonas:

a) INTERESTRATIFICADA DEL PONIENTE

Es la franja comprendida entre las zonas del lago y las lomas, contienen depósitos alternados de estratos de arcilla con suelos gruesos de origen aluvial dependiendo de los cambios de nivel que experimentaba el antiguo lago, en función de la cercanía a las lomas estas pueden ser:

i. TRANSICION ALTA

La mas próxima a las lomas, presenta irregularidades estratificadas, producto de depósitos aluviales cruzados, tabla.2, bajo estos materiales se encuentran estratos arcillosos que sobreyacen a los depósitos propios de las lomas.

ii. TRANSICION BAJA PROXIMO AL LAGO

La serie arcillosa superior se encuentra con intercalaciones de estratos limo-arenosos de origen aluvial que se depositaron durante los cambios de nivel del lago, por lo que las características estratigráficas de la parte superior son similares a la subzona de lago centro I Y II, teniendo en cuenta que: La costra superficial esta formada por depósitos aluviales de capacidad de carga no uniforme; los materiales compresibles forman un horizonte de 0.0 a 20 m de profundidad; Existen interestratificaciones de arcillas y suelos limoarenosos;

y se presentan mantos colgados.

b) ABRUPTA CERCANA A LOS CERROS

Es la transición entre las zonas del lago y cerros aislados como el Peñón de los Baños, donde las arcillas lacustres están intercaladas con numerosos lentes de materiales erosionados de los mismos cerros.

2.2.4. ZONA GEOTECNICA DE LAS LOMAS

En esta zona se observa la siguiente litología, producto de erupciones andesíticas de los grandes volcanes como la sierra de las Cruces, estos están constituidos por: Capas de cenizas volcánicas; capas de erupciones pumíticas; lahares; depósitos fluviales; suelos; etc. Todos estos materiales presentan condiciones heterogeneas de compacidad y cementación como:

- Las tobas y lahares fracturados, con fracturas en direcciones concurrentes generando bloques potencialmente inestables, que pueden activarse por la acción de un sismo o por humedecimiento no controlado. Así existen tobas resistentes al intemperismo y otras degradables o erosionables.
- Los depósitos de arenas pumíticas y lahares de arenas azules, que se hallan en estado semicompacto y se mantienen en taludes verticales, debido principalmente

a la cohesión aparente generada por la tensión superficial asociado al bajo contenido de agua.

- Los lahares poco compactos , de compactación y cementación muy heterogenea por lo que la erosión progresiva de origen eolico y fluvial tienden a generar depósitos de talud creciente, y
  
- Los basaltos generados por las coladas lávicas del Xitle cuya estabilidad en las excavaciones debe ser cuidadosa y en función de los planos centrales de fracturamiento.

C A P I T U L O 33. METODOLOGIA PARA EL REGISTRO DE  
MOVIMIENTOS VERTICALES

## 3.1. INTRODUCCION

En ciudades o regiones como la Ciudad de México, donde se encuentran depósitos lacustres altamente compresibles, las características mecánicas de los estratos, el fenómeno del hundimiento y la sismicidad son los tres factores que influyen en el diseño de las estructuras y sus correspondientes cimentaciones.

En el capítulo anterior se analizó las diferentes características de los estratos en los depósitos de la Ciudad de México, con ello se puede formar un criterio sencillo sobre la resistencia de la corteza superficial y la estabilidad de una edificación.

3.1.1. EL HUNDIMIENTO GENERAL DE  
LA CIUDAD DE MEXICO

La Ciudad de México experimenta asentamientos importantes desde la fundación de Tenochtitlan, originadas por sobrecargas

de construcciones pequeñas y por sobre-explotación de los mantos acuíferos del subsuelo.

Son innumerables las muestras del hundimiento general de la Ciudad de México, principalmente por asentamiento de edificios en la zona urbana. La fig.9 muestra varios puntos que se nivelaron, cuya gráfica se observa en la fig.10 a partir de 1898; notese el desarrollo prácticamente lineal entre 1900 y 1930, el incremento considerable de 1940 a 1955 y la tendencia a disminuir de 6 a 10 cm/año a partir de 1955, acumulándose a la fecha 6 a 8 m de asentamiento; este registro fue posible por las nivelaciones realizadas por Roberto Gayol quien refirió al Banco "Atzacolco" fig.9 , perteneciente a la Comisión de Aguas del Valle de México, organismo que en la actualidad realiza las nivelaciones periódicas desde 1953.

Como consecuencia de este fenómeno se ha originado el agrietamiento del terreno desde hace 45 años, con profundidades de hasta 4.5 m, esta situación se observa en las zonas de transición fig.11. Las implicaciones que el fenómeno tiene en la estabilidad de cimentaciones pueden ser significativas en la zona lacustre y transición, de continuar el sobrebombec puede extenderse hacia los derrames basálticos del sur-oeste de la Ciudad.

Por otro lado el efecto de los sismos ha causado asentamientos bruscos como los registrados después de los

## CURVAS HUNDIMIENTO-TIEMPO DE VARIOS SITIOS DE LA CIUDAD DE MEXICO

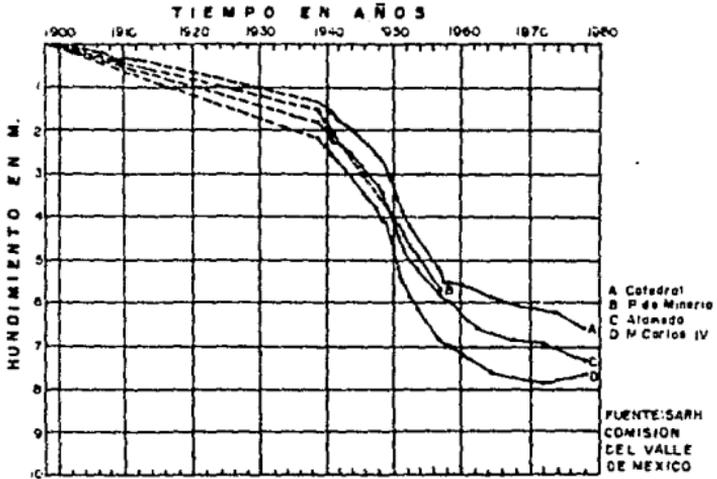


Fig. 10

## MECANISMO DE FISURACION EN LA ZONA DE TRANSICION

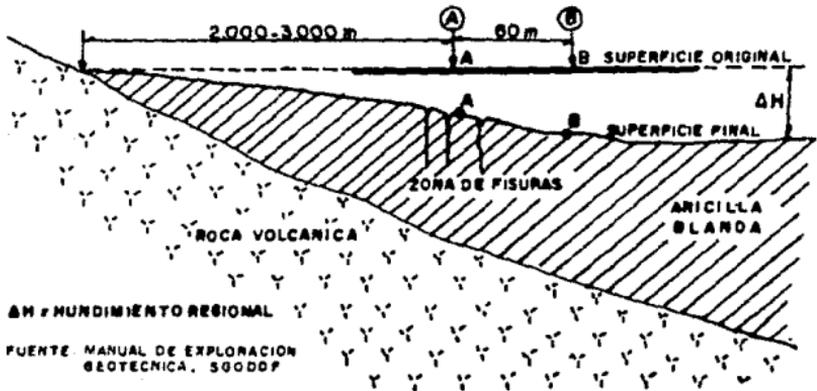


Fig. 11

temblores de 1985, esto ha propiciado que se estudien diferentes tipos de cimentación y su comportamiento en las diferentes condiciones naturales que prevalecen en la Ciudad de México; el resultado de estos estudios indican actualmente el uso de cimentaciones compensadas con o sin pilotes de fricción, para reducir el problema del hundimiento y obtener mayor estabilidad para contrarrestar el efecto sísmico, ya que las cimentaciones sobre pilotes de punta, apoyados en estratos profundos ha provocado que estas emerjan de la superficie del suelo provocando deterioros principalmente en los accesos a los edificios y en las estructuras vecinas.

Así en el diseño y construcción de cimentaciones compensadas se toma en cuenta su comportamiento futuro, que depende exclusivamente del cambio de esfuerzos efectivos que se permiten durante la excavación, construcción y colocación del edificio, estos son:

- La estructura de cimentación se coloca a cierta profundidad de la superficie del suelo para obtener mayor estabilidad y capacidad de carga. El cambio de esfuerzos efectivos debido a la excavación, debe conservarse en un mínimo para reducir los desplazamientos verticales de a la colocación del edificio.
- La cimentación se diseña para satisfacer los hundimientos permisibles totales y diferenciales del edificio y construcciones adyacentes.

Para que estas consideraciones sean tomadas en cuenta en el diseño de cimentaciones para las edificaciones en el Distrito federal, el Departamento del D.F. a expedido el Reglamento de Construcciones y las Normas Técnicas Complementarias.

### 3.1.2. EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION

Después de los sismos de Septiembre de 1985, se ha tenido la necesidad de revisar y actualizar las normas de diseño estructural y además vigilar aún más sobre el uso que se dan a las edificaciones, para este fin se ha expedido el Nuevo Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, de la cual el Título Sexto referente a la seguridad estructural de las construcciones, es la que señala los trabajos de Control de movimientos Verticales que se deben realizar en los edificios.

El Título Sexto de este reglamento señala que:

*"Toda solicitud de construcción debe incluir los siguientes documentos: Levantamiento del estado actual del predio, planta de conjunto, localización y uso de las partes a edificar; áreas exteriores; el proyecto estructural de la obra y de su cimentación. Estos planos serán acompañados de la memoria de cálculo y estudio de mecánica de suelos".(Arts. 172 y 56)*

*"Las construcciones se han clasificado en dos grupos de importancia: Las del grupo A, aquellas cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas ó pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altos o que son un peligro para contener sustancias tóxicas o explosivas ó construcciones que son útiles para casos de emergencias como: hospitales, templos, escuelas, hoteles, teatros, gasolineras, terminales, subestaciones eléctricas y centrales telefónicas y de telecomunicaciones; las del subgrupo B1 aquellas de más de 30 m de altura o con más de 6,000 m<sup>2</sup> de área total construida ubicadas en las Zonas Guie I y II ( equivalente a las subzonas de: lomas, transición alta y baja fig. 9) y aquellas de mas de*

15 m de altura ó 3,000 m<sup>2</sup> de Área total construida, en la zona geotécnica III"( equivalente a las subzonas de: lagos I,II y virgen fig.9 ).( Art. 174)

"Los requisitos de diseño estructural son: Tener seguridad contra la aparición de todo estado límite de falla, esto es el agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus partes inclusive la cimentación; no rebasar ningún estado límite de servicio, como deformaciones, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten a la construcción".(Arts. 182 a 184)

"Existen tres acciones que obran sobre las estructuras y estas son: Las permanentes como, la carga muerta, el empuje estático de tierras y de líquidos y las deformaciones y desplazamientos; Las variables como, los sismos, vientos, cargas vivas, vibraciones, y otros fenómenos".(Art. 186)

"Una de las principales causas por las que algunas edificaciones registran movimientos verticales, es por el tipo de cimentación que las sostienen, la cual debe ser la apropiada en todas las construcciones, los requisitos para el diseño y construcción de las cimentaciones se fijan en las Normas Técnicas Complementarias (N.T.C) de este reglamento".(Art. 217).

Para efectos de este Titulo el Distrito Federal se ha dividido en tres Zonas Geotécnicas, en el capitulo anterior se analizó esta zonificación actualizada fig.9, y las equivalencias con los del reglamento son las siguientes:

Zona I : Comprende la Zona de las Lomas.

Zona II : Comprende la Zona de Transición con sus respectivas subzonas ; Interestratificada del poniente y abrupta cercana a los cerros.

Zona III: Comprende la Zona del lago y las subzonas de:  
Lago centro I y II; y lago virgen.

La investigación para definir a que zona pertenece un predio deberá ser confiable como para decidir el tipo de cimentación a diseñar, además de proporcionar la estratigrafía del lugar y los factores que pueden originar los asentamientos

diferenciales. En los casos de edificaciones de los grupos A y B1 deberá realizarse una investigación del hundimiento regional por observaciones directas, mediante piezómetros y Bancos de Nivel Profundos, colocados antes del inicio de obra. La Nivelación será obligatoria, después de la construcción, cada mes, durante seis meses y cada seis meses durante un mínimo de cinco años, para verificar el comportamiento previsto de las cimentaciones y sus alrededores, posterior a este período se realizarán las mediciones cada cinco años ó cuando ocurra un sismo. (Arts. 219 a 222)

La seguridad de las cimentaciones se revisará mediante comparaciones de la resistencia y deformaciones inducidas por las acciones de diseño. Los dos estados límite para el diseño de cimentaciones son:

- I. DE F A L L A: Como: La flotación, el desplazamiento local o general del subsuelo bajo la cimentación y la falla estructural, de pilotes, pila u otros elementos de la cimentación.
- II. DE SERVICIO: Como: El movimiento vertical medio, el asentamiento o la emersión con respecto al nivel del terreno circundante, la inclinación media y la deformación diferencial.

La revisión de la cimentación ante estados límite de servicio se indica en la tabla. 3.

*\*Aquellas construcciones en las que se requieran llevar un registro de posibles movimientos verticales, ya sea por conveniencia del director responsable de obra o por órdenes del Departamento del D. F., se instalarán referencias o bancos de nivel superficiales, suficientemente alejadas de la cimentación o estructura, para no ser afectados por los movimientos de las mismas o de otras cargas cercanas y se referirán a estos las nivelaciones que se hagan. En los planos de cimentación se*

deberán indicar si se requiere el registro de movimientos verticales y las características y periodicidad de las nivelaciones". (Art.261)

LIMITES MAXIMOS PARA MOVIMIENTOS  
ORIGINADOS EN LA CIMENTACION

A. MOVIMIENTOS VERTICALES (Hundimiento o emersión)		
CONCEPTO	LIMITE	
Valor medio en el predio	-Construcciones aisladas	30 cm
	-Idem colindantes	15 cm
	* Asentamiento	15 cm
	* Emersión	30 cm
Velocidad del componente diferido	1 cm / semana	
B. INCLINACION MEDIA		
TIPO DE DAÑO	LIMITE	OBSERVACIONES
Inclinación visible	$100/(100+3h)$ ...por ciento	h= Altura de la construcción (m)
Mal funcionamiento de grúas viajeras	0.3 ...por ciento	En dirección longitudinal

Fuente: Normas Técnicas Complementarias del R.C. del D.D.F.

TABLA. 3

3.1.3. TIPOS DE CIMENTACION EN LA CIUDAD DE MEXICO

El registro de movimientos verticales se realiza para determinar las magnitudes absolutas y relativas de las deformaciones de cimentaciones, compararlos con los estudios geotécnicos de deformaciones teóricas y tomar medidas oportunas

cuando superen las tolerancias que el reglamento de construcción establece.

Lo que hace indispensable el conocimiento del tipo de cimentación que sostiene al edificio, así como la carga total que soporta de la misma. En la actualidad existen cuatro tipos de cimentación que se practica en la Ciudad de México, las cuales son:

a) CIMENTACIONES SOMERAS (ZAPATAS Y LOSAS)

Utilizadas hasta mediados de este siglo en la zona del lago y muy frecuentes en la actualidad en la zona de las lomas. Como su nombre indica son construcciones en forma de una plancha en la base de cada columna y unidas por cadenas entre sí, en el caso de zapatas y en losas son estructuras en forma de una plancha monolítica fig.12 y 13.

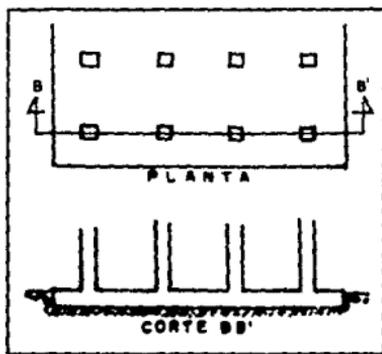
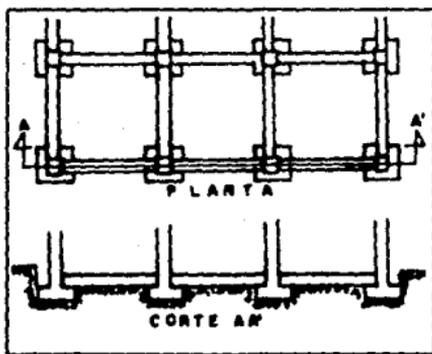


Fig.12 CIMENTACION TIPO ZAPATA

Fig. 13 CIMENTACION TIPO LOSA

### b) CIMENTACIONES COMPENSADAS DE CAJA

Se entiende por cimentaciones compensadas aquellas en las que se buscan minimizar el incremento de carga aplicada al subsuelo mediante excavación del terreno y uso de un cajón desplantado a cierta profundidad fig.14, esto és, el volumen de material excavado debe ser proporcional a la carga ejercida.

### c) CIMENTACIONES COMPENSADAS CON PILOTES DE FRICCIÓN

Son aquellos que transmiten cargas al suelo principalmente a lo largo de su superficie lateral, usados para reducir asentamientos transfiriendo parte de la carga de la cimentación a estratos mas profundos fig.15.

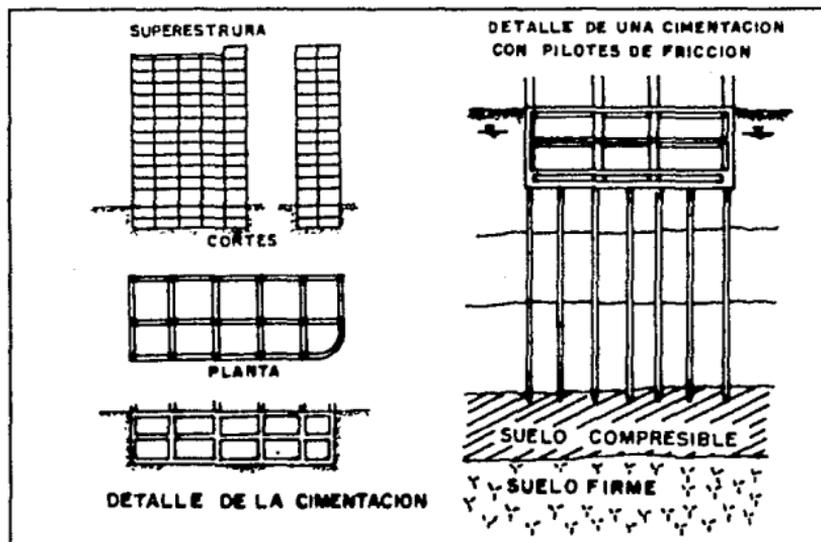


Fig.14 y15 CIMENTACIONES COMPENSADAS SIN Y CON PILOTES DE FRICCIÓN

#### d) CIMENTACIONES CON PILOTES DE PUNTA O PILAS

Los pilotes de punta son los que transmiten la mayor parte de la carga a un estrato resistente por medio de su punta. Generalmente se llaman pilas a los elementos de mas de 80 cm de diámetro colados en perforación previa. En la fig.15 se observan los pilotes incados hasta suelo compresible, en este caso se hincan hasta el suelo firme.

#### 3.1.4. LEVANTAMIENTO DE EDIFICACIONES

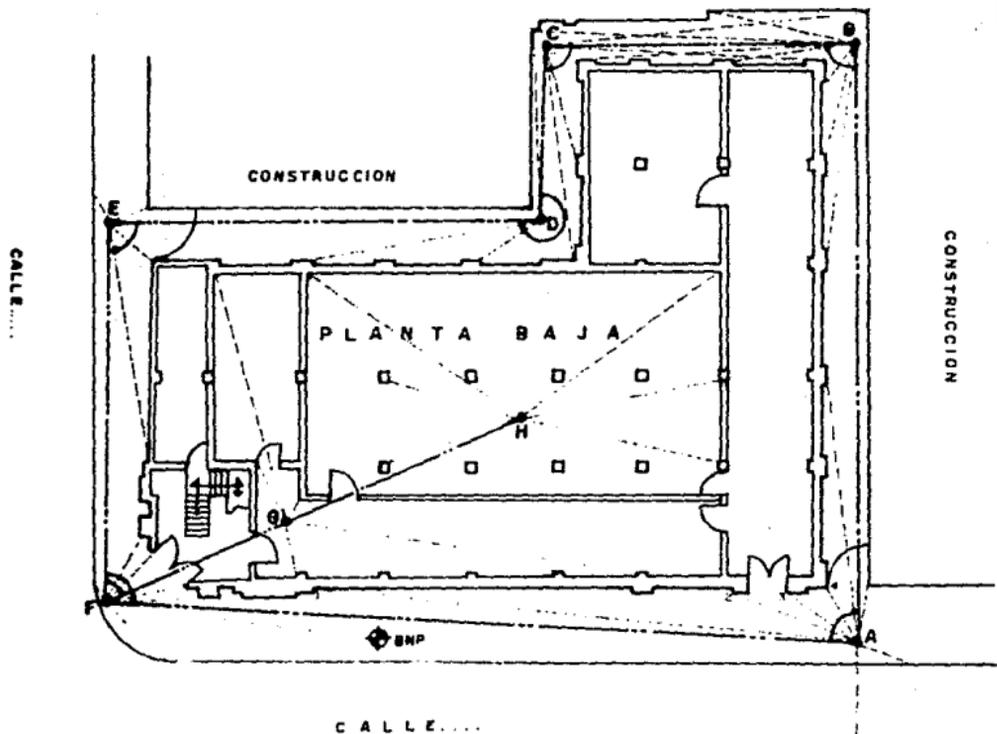
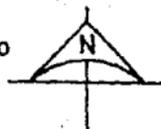
Para cuantificar las cargas que soporta una cimentación, se realiza un levantamiento que contemple las dimensiones de los elementos que forman un edificio. Este tipo de levantamientos es de gran utilidad para hacer o actualizar planos de edificaciones existentes, con el fin de conocer dimensiones de las estructuras, localizar maquinarias, calcular asentamientos en placas, calcular el peso de la construcción, etc. El procedimiento a seguir se resume en los siguientes puntos:

a) Formar una poligonal envolvente de acuerdo a la accesibilidad del edificio y la posibilidad para radiar todos los puntos obligados tales como las aristas, columnas, accesos y elementos visibles del paramento fig.16.

b) Hacer un plan de trabajo consistente en:

i) Localizar las columnas y determinar los ejes de construcción, elaborar un croquis de las columnas y luego

ESQUEMA PRELIMINAR A UN LEVANTAMIENTO DE EDIFICIO



42

FIG. 10

medir las distancias entre los ejes de las columnas, para elaborar un plano a escala conveniente para poder vaciar en ella las dimensiones que posteriormente se obtendrán, de este plano se obtienen fotostáticas para los diferentes levantamientos tales como: muros, instalaciones, etc. y para los diferentes niveles del edificio, incluyendo sótanos y azoteas.

ii) En las fotostáticas se definen el tipo de levantamiento y el nivel que le corresponde, se complementan con los diferentes elementos estructurales tales como columnas, puertas, muros, etc. y vacían las distancias entre ejes de construcción y columnas, muros, instalaciones, etc. Se deben medir todas las construcciones posibles que puedan servir de comprobación, lo mismo que espesores de muro, anchos de puertas, ventanas, etc. fig.17.

iii) Deberán realizarse croquis de cortes en los lugares donde la planta es confusa y tomar medidas directas de distancias verticales sobre los muros en los diferentes niveles, espesores de losas, peraltes de trabes, etc.

iv) Se realizará una nivelación a partir del banco de nivel a todos los pisos, se obtendrán cotas de nivel piso terminado en las esquinas y lugares con desniveles apreciables tales como: bases de maquinarias, baños, etc.



v) El equipo empleado podrá ser un teodolito de minuto, cintas de acero, plomadas, nivel de ingeniero, mira, niveletas y demás accesorios.

vi) Los cálculos deben ser lo más precisos y el dibujo hacerse a las escalas acostumbradas en dibujo arquitectónico.

vii) para el proyecto de control de nivelaciones se elabora un plano a escala reducida de todos y cada uno de las columnas existentes en la cimentación del edificio, esto podría ser en el sótano o la planta baja dependiendo del tipo de cimentación.

### 3.2. ELEMENTOS BASICOS PARA LA NIVELACION

Para poder registrar movimientos verticales del orden de 1 o 2 mm, en un período de 7, 15 o 30 días, será necesario elegir métodos y equipos de nivelación de precisión.

La precisión de las nivelaciones depende, en primer lugar, de la precisión de las lecturas de mira y de la exactitud con que se coloca horizontal el eje de colimación. Por consiguiente deberá emplearse aparatos bien contruidos y perfeccionados, tanto con referencia al aumento del anteojo como a la bondad del nivel tabla.4.

## NIVELES DE ALTA PRECISION

T I P O	NA 2	N 3	Ni 2	Ni 1	GK 23
Aumento Anteojo	37 X	42 X	32 X	40 X	30 X
Abertura Objetivo	40 mm	50 mm	40 mm	50 mm	45 mm
Dist.min.enfoque	2 m	2.5 m	3.3 m	1.4 m	1.8 m
Nivel esférico	8' A	---	10' A	5' A	6'
Nivel tubular	---	10" C	---	---	18" C
Error km	1.5 mm	---	0.7 mm	---	1.2mm
Error km con placa p. paralela	0.4 mm	0.2 mm	0.3 mm	0.2 mm	0.5mm
Peso Instrumento	2.9 kg	3.5 kg	2.1 kg	5.2 kg	1.7kg
Peso trípode	4.5 kg	4.5 kg	4 kg	4.5 kg	4.5kg
F I R M A	W I L D		ZEISS (RFA)		KERN

NOTAS: C= Nivel de coincidencia; A= Nivel automático

TABLA. 4

Se ha establecido que en una visual se cometen los siguientes errores accidentales:

## a) ERROR DE HORIZONTALIDAD

Es la precisión para poner la burbuja del nivel horizontal y esto es un tercio de la sensibilidad del nivel, lo cual la determina el radio de curvatura que se le da en el esmerilado. A mayor radio corresponde mayor sencibilidad de la burbuja, y esto se mide en segundos de arco.

$$E_h = \frac{1}{3} S \dots \text{donde } S = \text{Sensibilidad del nivel}$$

(1)

## b) ERROR DE PUNTERIA

Es la precisión con que se puede observar la mira teniendo en cuenta la percepción visual, la retícula y los aumentos del anteojo del nivel.

$$E_p = \frac{50''}{A} \left(1 + 4 \frac{A}{100}\right) \dots \text{donde } A = \text{Aumentos del anteojo} \quad (2)$$

Siendo el error total por nivelada:

$$E_c = \sqrt{(E_h^2 + E_p^2)} \dots \text{ en segundos de arco} \quad (3)$$

Y el error de desnivel en una distancia será:

$$E_L = E_c \cdot L \cdot \sin 1'' \dots \text{ en mm de desnivel} \quad (4)$$

Como puede observarse el error es proporcional a la distancia L, lo que obliga a niveladas cortas, aun a cambio de incrementar el trabajo en campo y gabinete.

EJEMPLO: Aumento del anteojo = 42 X

Sensibilidad del nivel = 10"

Distancia entre el nivel y el estadal = 50 m

El error por km será:

$$E_h = \frac{10''}{3} = 3'' .33 \quad (5)$$

$$E_p = \frac{50''}{42} \left(1 + 4 \frac{42}{100}\right) = 3 .19 \quad (6)$$

$$E_c = \sqrt{(3.33^2 + 3.19^2)} = 1.90 \quad (7)$$

$$E_L = \frac{1.90}{206.265} \cdot 50 = 0.46 \text{ mm} \quad (8)$$

$$\text{Número de niveladas en u nKm} - \frac{1000}{50} - 20 \quad (9)$$

$$E_{Km} - 0.46\sqrt{20} - 2.06\text{mm} \quad (10)$$

Este error actualmente se ha mejorado considerablemente con la utilización del niveles de coincidencia y automáticos, así como con nuevas retículas y aditamentos de lectura. Se hace hincapié en los niveles automáticos por la utilización de este, en la realización de esta tesis.

### c) ERROR DE LECTURA

Es el error que se comete al leer la mira y el micrómetro, ocasionadas por equivocaciones de números, estimaciones, etc. Estos errores solo se pueden controlar por métodos y procedimientos de nivelación.

### 3.2.1. NIVELES AUTOMATICOS

#### CARACTERISTICAS TECNICAS DEL WILD NAK-2

Error medio para un km de doble nivelación	± 1.5mm
Idem. con micrómetro	± 0.4mm
<b>ANTEOJO:</b>	
Aumento	30 X
Diámetro del objetivo	45 mm
Distancia mínima de enfoque	2.0 m
Angulo de incidencia del compensador	± 10'
Precisión de balanceo del compensador	± 0.3"
Sensibilidad del nivel esférico	8"/2mm
Peso del instrumento sin placa plano paralela	3.1 kg

#### MICROMETRO DE PLACA PLANO PARALELA (con escala de cristal)

ALCANCE	INTERVALO	ESTIMA
10 mm	0.1 mm	0.01 mm
5 mm	0.05 mm	0.01 mm

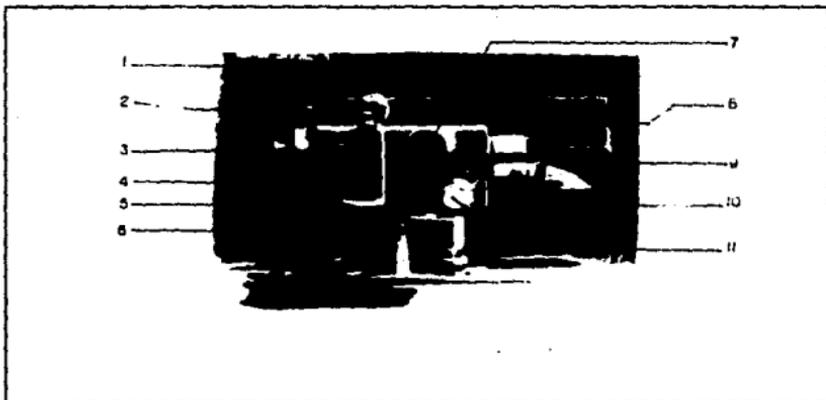


Fig.18 NIVEL WILD NAK-2 CON PLACA PLANO PARALELA

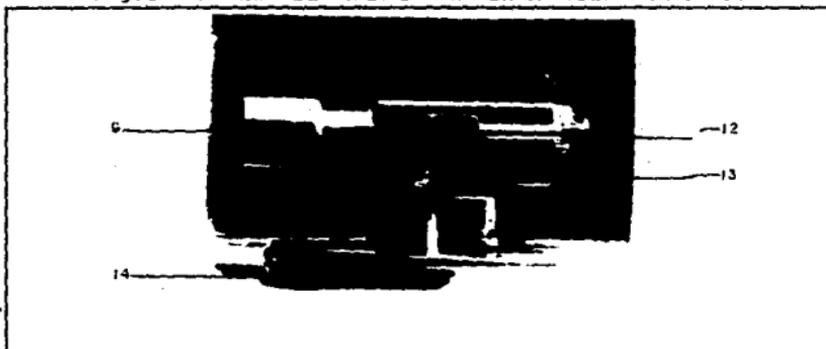


Fig.19 NIVEL WILD NAK-2 CON PLANO PLACA PARALELA

1 Tornillo del micrómetro p.p.p.

2 Ocular idem.

3 Ocular del anteojo

4 Prisma de la burbuja esférica

5 Boton del automático

6 Burbuja esférica

7 Tornillo de enfoque

8 Caja de prismas del micrómetro p.p.p.

9 Caja de la placa plano paralela

10 tornillo de abrazadera de la p.p.p.

11 Tornillo tangencial derecho

12 Ócular del limbo

13 Tornillo tangencial izquierdo

14 Base de caja de transporte

Para minimizar el error de horizontalidad los niveles automáticos están a la vanguardia, se sabe que para una alta precisión en operaciones de nivelación lleva implícito el centrado de la burbuja de un nivel muy sensible, esta operación es tanto mas difícil cuanto mayor sea la sensibilidad del nivel, llegando a ser virtualmente imposible con sensibilidades menores a 5" y solamente la aparición de los niveles de burbuja de coincidencia permiten abordar la cuestión con una considerable pérdida de tiempo en el empleo, motivo más para considerar el uso de los niveles automáticos de precisión para las observaciones de los movimientos verticales, dado que en cada puesta de aparato se observan un considerable número de puntos de control.

Los niveles automáticos fueron desarrollados por la casa Zeiss, su principio de aplicación es empleado en la actualidad por cualquier firma de importancia, básicamente consiste en lo siguiente:

En la fig.20, se observa el anteojo en posición

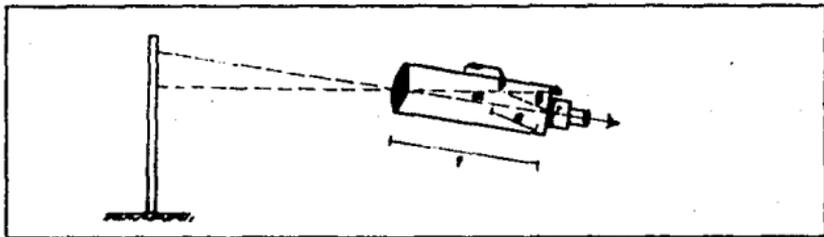


Fig. 20 PRINCIPIO DE APLICACION DEL NIVEL AUTOMATICO

telescópica, con un error de inclinación  $\alpha$ , dando lugar a que la lectura de la retícula sea errónea, cometiéndose un error igual a  $hr$ .

Si de alguna manera el rayo rigurosamente horizontal pudiera quebrarse en P, siguiendo el camino Pr con cierto ángulo  $\beta$  con la horizontal, es claro que el error quedaría corregido. Entonces se podría escribir:

$$hr = fa = \beta d \quad \text{..donde: } \beta = (f/d) \alpha$$

Si P es fijo entonces  $f$  y  $d$  son constantes resultando proporcionales  $\alpha$  y  $\beta$ .

Esta concepción se soluciona en la práctica con distintas modalidades, entre ellas la original de Zeiss ( la que posee la Wild NAK-2 ) fig. 21, que emplea un espejo suspendido, M3, del tubo del telescopio, T, en su parte interior por medio de tirantes iguales articulados, dando lugar a un trapecio deformable.

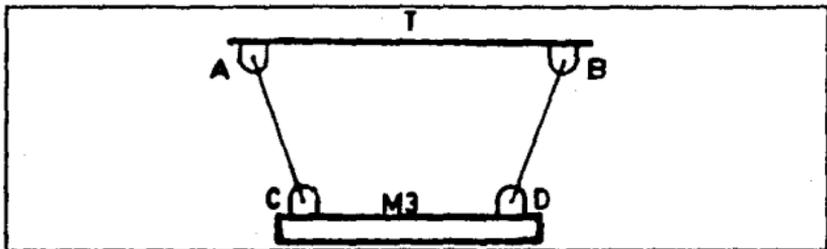


Fig. 21 EL TRAPECIO DE ZEISS

Con esta construcción, si suponemos fig.22 el trapecio ABCD en su posición horizontal, las prolongaciones de AC y BD se cortan en O, punto fijo situado en la mediatriz OH de AB y para pequeños desplazamientos de CD por ejemplo la posición ABC'D' ) puede considerarse AO perpendicular a CC'; BO perpendicular a DD' y en consecuencia CC' y DD' forman un arco de circunferencia de centro O y radio  $OC = OD$ .

CC'DD' son concíclicos ( para pequeños desplazamientos) y CD, C'D', cuerda de longitud fija, será siempre tangente a la circunferencia de centro O y radio  $ON = ON'$ .

Al inclinar AB se forma un ángulo  $\alpha$  fig.23 y el espejo CD se inclina un ángulo  $\epsilon$  proporcional a  $\alpha$ , así la condición de equilibrio para una inclinación  $\alpha$  exigirá la concurrencia del vector peso P y los vectores tracción F1 y F2 en cada barra.

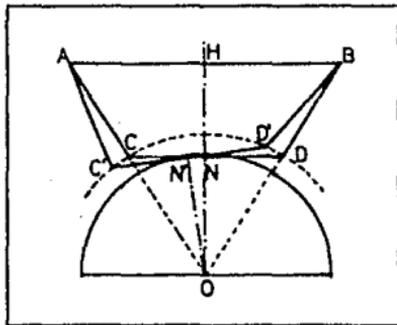


Fig. 22

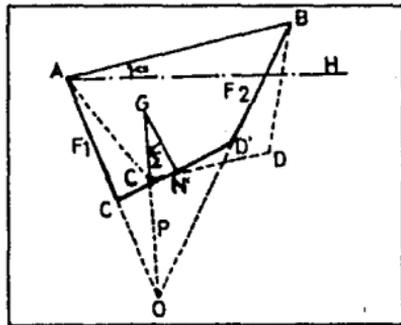


Fig.23

Para los fines de esta tesis, no es preciso averiguar la

expresión exacta que liga a las inclinaciones  $\alpha$  y  $\Sigma$  bastará con considerar que obviamente:

$$\Sigma = F(\alpha)$$

Desarrollando en serie por Mac Laurin ( $F(0)=0$ )

$$\Sigma = \frac{\alpha}{1!} F'(0) + \frac{\alpha^2}{2!} F''(0) \dots \quad (11)$$

Y en primera aproximación:

$$\Sigma = \alpha F'(0) = a \cdot cte \quad \text{Como se quería justificar.} \quad (12)$$

Así bastará un centrado aproximado con un nivel esférico para disponer de una colimación horizontal compensada.

### 3.2.2. EL RETICULO DE CUÑA , LA PLACA PLANO PARALELA Y LA MIRA

Actualmente el error de puntería se ha minimizado con la utilización de retículos de cuña o cono fig.24 y el micrómetro de placa plano paralela fig.25, todo ello con el complemento

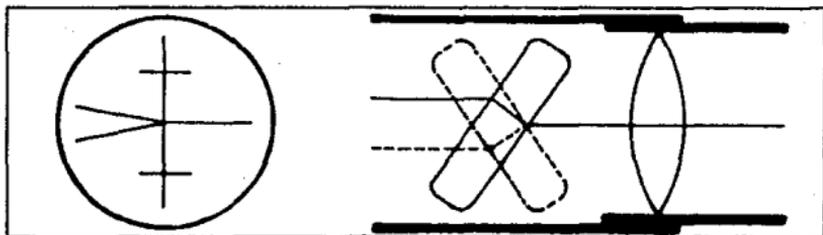


Fig.24 y 25 RETICULA DE CUÑA Y PLACA PLANO PARALELA

necesario de una mira de precisión fig.26 ( miras que se utilizaron en la realización de esta tesis ), como la Wild GPR3

con divisiones tipo ajedrez cada centímetro y la Fennel telescópica de 1 m a 5 m con división milimétrica y lectura inversa.

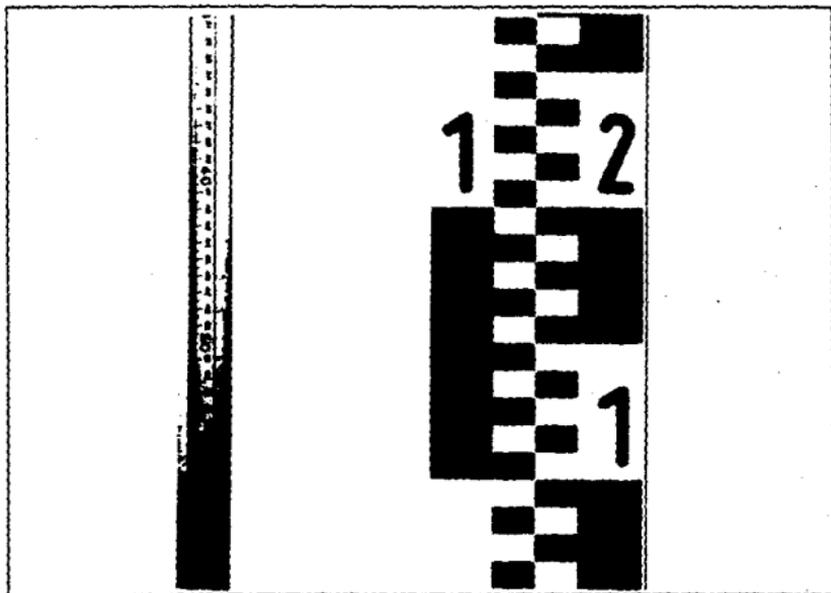


Fig.26

Utilizado junto con un instrumento de suficiente calidad, puede dar lugar a las mas elevadas precisiones hasta el momento alcanzables. para operar solo se necesita llevar la reticula a hacer coincidencia a la división exacta de centímetro, hacia arriba o hacia abajo, donde lo permita el tornillo de coincidencia de la placa plano paralela, en la mira se lee los centímetros y en el micrómetro se lee directamente la décima de milímetro o apreciar la centésima de milímetro.

Con todo esto el error de puntería queda reducida a:

$$E_p = \frac{10}{A} \left(1 - \frac{4A}{100}\right) \quad (13)$$

Si se cuenta con un nivel de coincidencia o burbuja partida, cuya sensibilidad es mayor y el centrado de la burbuja mas precisa, la exactitud con que se puede centrar la burbuja es de una vigésima parte de su sensibilidad, esto es:  $1/20 S$ , en lugar de los  $1/3 S$  anteriores. Así, en el ejemplo anterior se tendrá:

Nivel Wild N 3	
Aumento/Anteojo	42 X
Sensibilidad	10"
Longitud de cada nivelada	50 m

$$E_h = \frac{10}{20} = 0.5 \quad \text{(precisión de balanceo de los niveles automaticos)} \quad (14)$$

$$E_p = \frac{10}{42} \left(1 - \frac{4 \cdot 42}{100}\right) = 0.64 \quad (15)$$

$$E_c = \sqrt{(0.5^2 - 0.64^2)} = 0.81 \quad (16)$$

$$E_L = 0.81 \cdot 50 = 0.2mm \quad (17)$$

Puestas de aparato por km = 20

$$E_{Km} = 0.20 \cdot 20 = 0.59mm \quad (18)$$

Estos avances mejoraron considerablemente el error de horizontalidad y de puntería. El error que se comete en la lectura solo se puede controlar por los métodos de nivelación, si se toma en cuenta que: En todas las nivelaciones de precisión

en vez de hacer una simple nivelada de atrás y adelante, se hacen dos en ambos sentido, pudiendo eliminar así por lo menos una parte de las pequeñas variaciones que pueden producirse en la posición del aparato y los errores de lectura, si además se realiza un circuito partiendo y cerrando en un Banco de Nivel de referencia se obtendrá el error de cierre.

### 3.3. ETAPAS DE TRABAJO DE NIVELACION

El registro de los diferentes casos que en esta tesis se presentan, se realizó empleando un nivel automático, el Wild NAK 2, al que se puede montar en el tubo del objetivo, la placa plano paralela con escala de cristal ( Wild GPM1 ) y el penta prisma para observar desplomes. También se emplearon dos tipos de mira : La Wild GPL3 para nivelar la red de puntos de liga y bancos superficiales; y la Fennel telescópico de 1 m a 5 m, para observar los puntos de control utilizando el primer tramo.

Todo el trabajo se apoya fundamentalmente en las nivelaciones de campo y el cálculo en gabinete, pero para conocer los efectos de las deformaciones que presenta un edificio es necesario el conocimiento previo de: El estado actual, sus instalaciones, los edificios vecino y las características geotecnicas sobre la que esta edificada. La metodología que se siguió en este caso es la siguiente:

### 3.3.1. ANALISIS DE INFORMACION E INSTALACIONES PREVIAS

En esta primera etapa se estudia los requisitos que el geotecnista solicita para la nivelación del edificio como son: La precisión de la nivelación de 1 o 2 mm, el período de las nivelaciones consecutivas, los Bancos de Referencia a los que se desea ligar o la instalación de un Banco de Nivel Profundo, la instalación de los Bancos Superficiales y los puntos de control a instalar. La carencia de información a este respecto origina muchas veces que estas nivelaciones se conviertan en experimentos de acuerdo a los conocimientos y conceptos que poseán el Geotecnista o el Topógrafo.

También en esta etapa se localizan los sitios del edificio donde presenten: Grietas en uniones de columnas, muros y losas; emersión o hundimiento visibles respecto a la superficie del terreno o la banquetta; la inclinación visible; etc. Con estos elementos básicos se localizan zonas del edificio con mayores muestras de deformación, donde imprescindiblemente se tendrán que instalar puntos de control.

#### a) EL BANCO DE NIVEL PROFUNDO ( BNP )

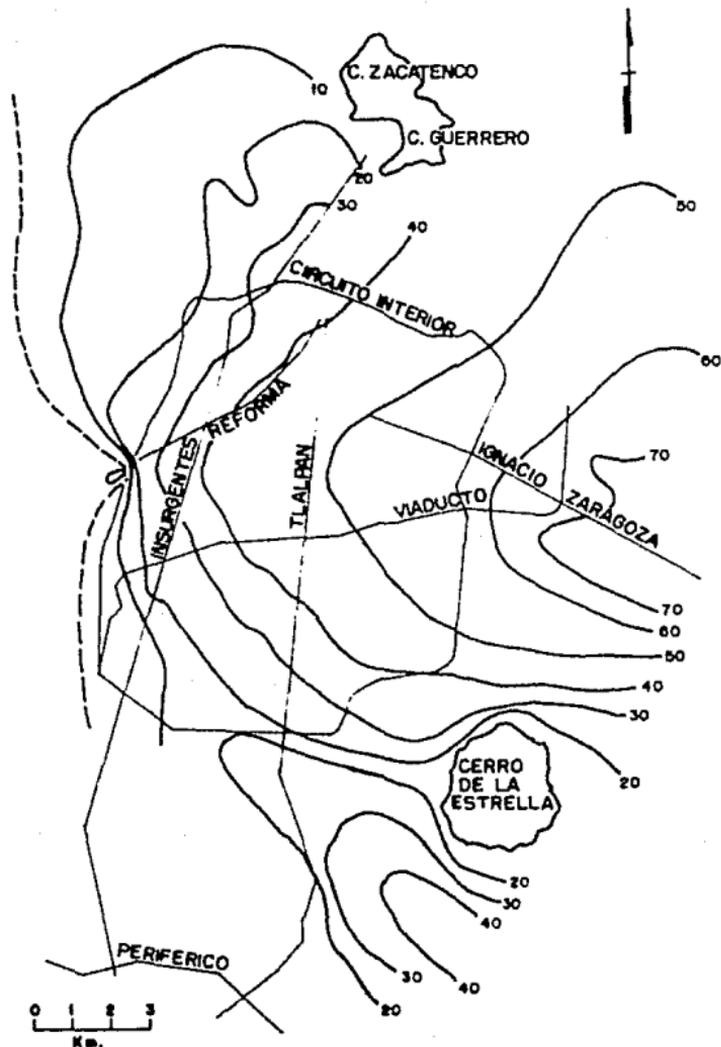
Los lugares donde se instalen los BNP deben tener un acceso cómodo para la nivelación, junto al BNP no debe haber líneas subterráneas de comunicación, movimientos intensos de

maquinarias o de transporte. La longitud del BNP depende de la profundidad de los depósitos firmes y la localización del edificio en la Ciudad fig.27, la proximidad del BNP respecto al edificio se establece de preferencia fuera de zona de propagación de presión ejercida por el edificio o los edificios vecinos con mayor carga.

La instalación se realiza por medio de una perforación, en la cual se hace llegar hasta el estrato resistente dos tubos de diferentes diámetros y tamaños: El de diámetro mayor generalmente de 76 mm, sirve como edeme para evitar derrumbes, con una longitud de un medio de la profundidad a la que se halla el estrato resistente fig.28, la cual depende de la localización del edificio en el mapa de las zonas geotecnicas; y el diámetro menor de 25 mm es propiamente el BNP y se hace llegar hasta el estrato resistente. Estos bancos se protegen construyendo un registro con tapa metálica, la profundidad h a la que se debe cortar el tubo de BNP se rige por el hundimiento promedio anual de la ciudad para evitar cortes y renivalaciones frecuentes.

En otras paises se aconseja instalar un mínimo de tres bancos de nivel profundos, para controlar la estabilidad de las mismas. En la ciudad de México el costo de las perforaciones y las condiciones geotecnicas no permiten si no aprovechar las perforaciones de pozos de sondeos para instalar en ella el BNP.

59  
CURVAS DE IGUAL PROFUNDIDAD DE  
LOS DEPOSITOS FIRMES



NOTA: Valores en metros medidos desde la superficie del terreno

Gaceta Oficial del D.D.F.  
5 de Noviembre de 1967

Fig 27

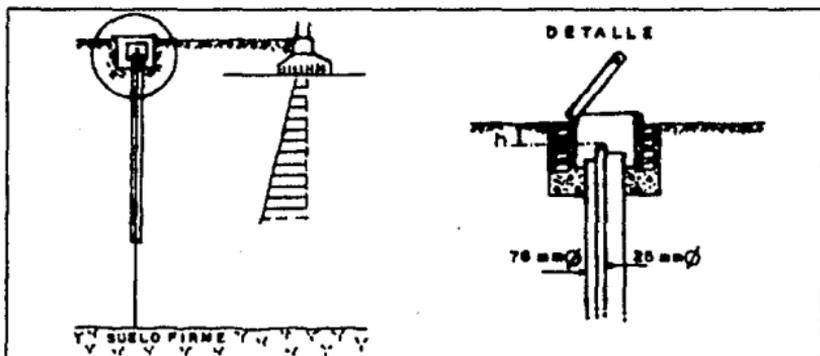


Fig.28 BANCO DE NIVEL PROFUNDO

#### b) LOS BANCOS DE NIVEL SUPERFICIALES (BNS)

La ubicación y distribución de estos bancos depende de los siguientes factores: El espacio que permita la instalación fuera de los movimientos del edificio; las construcciones vecinas y la accesibilidad para su nivelación. La instalación se realiza hincando varillas metálicas de 19 mm de diámetro y 1.5 a 2.00 m de longitud, la cual depende de las condiciones del terreno, se protegen al igual que los BNP construyendo registros mas económicos, ya que se deben instalar como mínimo tres y distribuirlos al rededor del edificio fig.29 si la accesibilidad y las construcciones vecinas lo permiten. El objeto de los bancos de nivel superficial es corroborar el hundimiento de la zona y observar la estabilidad del edificio respecto a esta.

Muchas veces el material de construcción de las calles y banquetas no permiten hincar varillas, por la que se anclan

placas metálicas con leyendas "NO DESTRUIR" en guarniciones y losas de concreto y asfalto hidráulico.

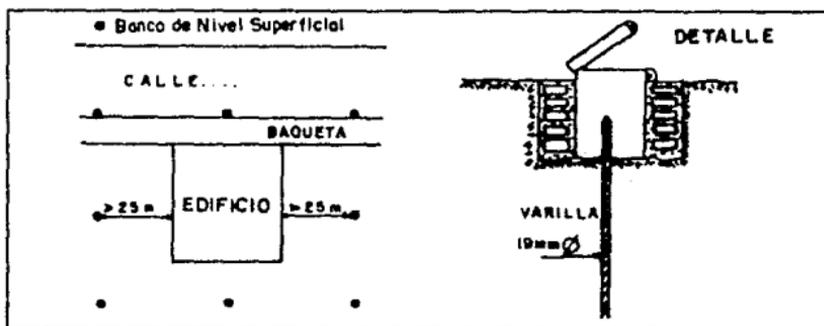


Fig.29 DISTRIBUCION DE LOS BANCOS DE NIVEL SUPERFICIAL

c) LOS PUNTOS DE CONTROL

Son de dos clases: Interiores y Exteriores

i) INTERIORES

Son los que se instalan en columnas o elementos de la cimentación, estos son tornillos Allen de 3/16", empotrados en las columnas de concreto o son las placas de las columnas metálicas fig.30.

Se hace un proyecto de distribución de los puntos de control en el plano obtenido en el levantamiento del edificio o en alguno que el geotécnista proporciona de la construcción de cimentación, se seleccionan las columnas a nivelar, que depende de la cantidad de ellas y del tipo de cimentación, siendo primordiales las que hacen esquina y contorno del edificio, en el caso de cimentaciones someras se nivelaran todas las columnas posibles, y en las demás

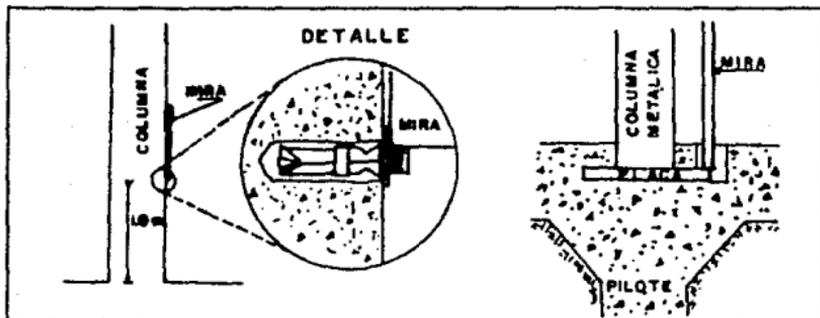


Fig.30 PUNTOS DE CONTROL

cimentaciones bastarán con los ejes de construcción extremos y centrales, tanto numérico con alfanuméricos fig.31. Estos puntos se ubican de tal manera que se vean la mayor cantidad posible de ellos, en una puesta de aparato.

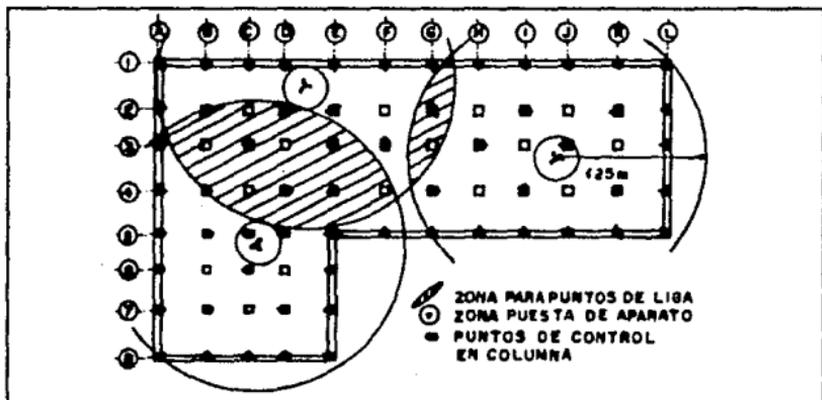


Fig.31 DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS DE CONTROL

#### ii) EXTERIORES

Son puntos instalados fuera de la construcción y son tornillos del tipo de cabeza redonda de 1/8" por 1.1/4"

fig.33, o clavos de concreto o relieves de concreto, lo suficientemente estables y que permitan girar la mira. El objeto de estos puntos es conocer el efecto que ocasiona el movimiento del edificio al predio o edificio colindante, así como el efecto del fenómeno de succión o emersión generado por el edificio, así como también conocer la dimensión del movimiento respecto a la calle o construcciones vecinas. La distribución se realiza prolongando los ejes de construcción hacia los lados que lo permita las construcciones vecinas fig.32, en caso contrario instalar estos puntos en los frentes de los edificios vecinos.

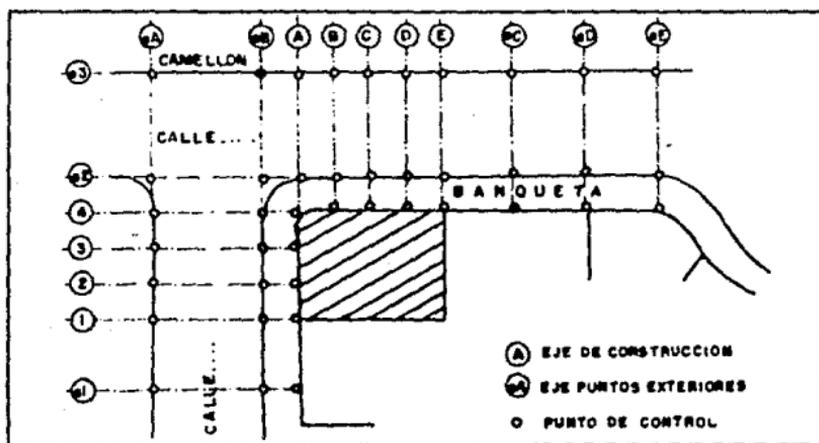


Fig.32 DISTRIBUCION DE PUNTOS EXTERIORES

#### d) DISTRIBUCION DE PUNTOS DE LIGA

Estos puntos se distribuyen tomando en cuenta tres factores principales que son:

- i) Permitir que el aparato se pueda instalar a la mitad entre dos puntos consecutivos.
- ii) Se ubicarán en lugares estratégicos, que permitan utilizarse para nivelar la mayor cantidad posible de puntos de control.
- iii) Deben necesariamente formar circuitos para una mejor compensación posterior.

La instalación se realiza en losas de concreto, donde se perforan dos hoyos para tornillos de cabeza redonda de 1/8" X 1. 1/4" fig.33. Se ubican en lugares que no puedan ser destruidos

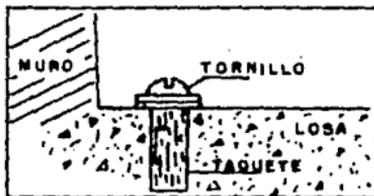


Fig. 33 PUNTOS DE LIGA

fácilmente como en: pie de columnas, muros, etc. Para llevar un control de desnivel entre estos tornillos uno de ellos lleva una rondana mas que la otra.

### 3.3.2. EJECUCION DE LA NIVELACION

En toda nivelación es conveniente comprobar, para tener la seguridad de lo que se está haciendo. Existen muchas nivelaciones de comprobación como son:

- i. Nivelación de ida y regreso
- ii. Nivelación con doble altura de instrumento
- iii. Nivelación con doble punto de liga

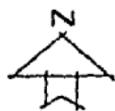
## iv. Nivelación con estatal reversible

Por la necesidad de contar con un riguroso control de los puntos de liga, ya que estos funcionan como bancos de referencia para nivelar los puntos de control, se ha empleado una combinación de las tres primeras nivelaciones de comprobación: La nivelación de ida y regreso para saber el error de cierre; la de doble altura de aparato para evitar en lo posible el error de lectura y la nivelación con doble punto de liga para llevar un control de diferencias en desnivel entre ambos puntos de liga. De esta manera la ejecución de la nivelación se realiza de la siguiente manera:

## a) NIVELACION DE LA RED DE LOS PUNTOS DE LIGA

En esta etapa se nivela el o los circuitos formados por los puntos de liga fig.34, el procedimiento es el siguiente: En una altura de aparato se observa el BNS en lectura positiva (atrás) y luego dos puntos de liga en lectura negativa (adelante); en el registro se obtienen las diferencias entre el BNS-2 y PL1 y la diferencia entre el PL1 y el PLA; se repite esta operación hasta obtener la tolerancia de 0.2 mm entre dos diferencias del BNS-2 y el PL1 en este caso, (ver registro de campo.1) y de esta manera se sigue el circuito hasta cerrar en el BNS-2 donde se obtiene el error de cierre del circuito y dependiendo del error se procede a compensar en campo.

## CIRCUITOS DE PUNTOS DE LIGA



## VIADUCTO MIGUEL ALEMAN

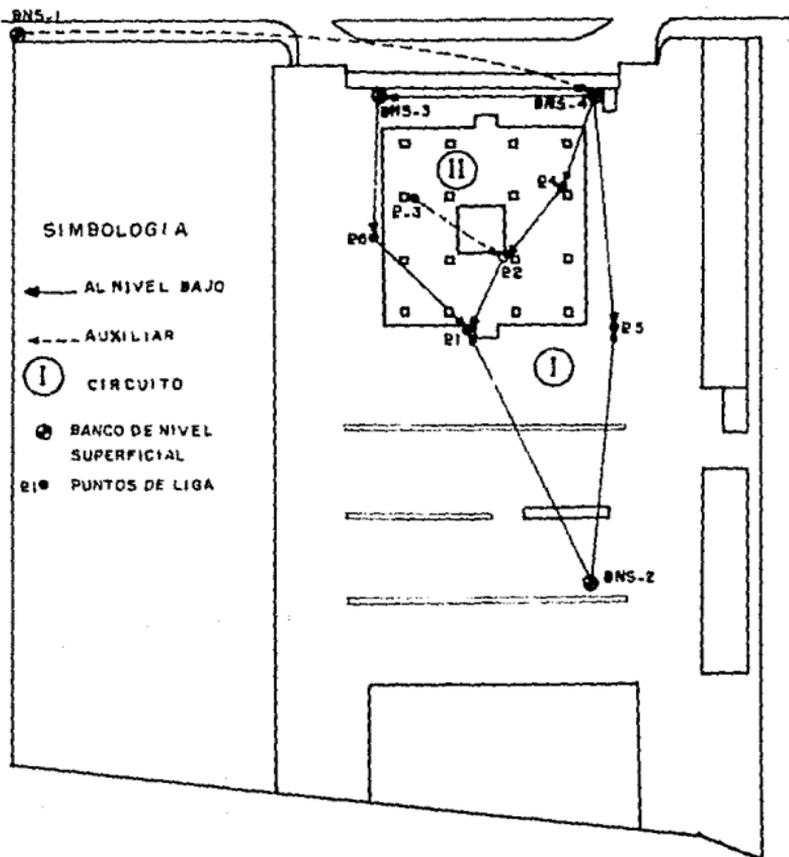


Fig 34

CONTROL DE NIVELACION

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUHCA CONTROL N° 43 HOJA N° 1

EDIFICIO: OFICINAS ADMINISTRATIVAS OBSERVO: S.A.M.G. ANOTO: J.V.R.

PUNTOS NIVELADOS: CIRCUITO I DE PUNTOS DE LIGA CALCULO: J.V.R. FECHA: 30/IV/90

P.V.	L	m.dm.cm	LECTURA MICROMETRO					PROMEDIO		COTAS	DIF.	OBS.
BNS-2	+	1.56	02	02	02	-	-	1.5602	11.5602	10.0000		A
PL-1	-	1.73	79	80	81	80	-	1.7380		9.8222	0.1778	X
PL-A	-	1.74	07	09	08	08	-	1.7408		9.8194		0.0028
BNS-2	+	1.53	99	98	97	98	-	1.5398	11.5398	10.0000		B
PL-1	-	1.71	80	83	81	81	81	1.7181		9.8217	0.1784	/
PL-A	-	1.72	08	10	07	06	08	1.7208		9.8190		0.0027
BNS-2	+	1.52	96	96	97	99	98	1.5297	11.5297	10.0000		A
PL-1	-	1.70	80	82	80	81	81	1.7081		9.8216	0.1782	/
PL-A	-	1.71	08	09	07	07	06	1.7107		9.8190		0.0026
PL-1	+	1.79	45	45	45	-	-	1.7945	11.6161	9.8216		A
PL-A	+	1.79	71	71	71	-	-	1.7971	11.6161	9.8190		0.0026
PL-2	-	1.67	19	19	19	-	-	1.6719		9.9442	0.1226	X
PL-B	-	1.67	28	28	28	-	-	1.6728		9.9433		0.0009

## b) COMPENSACION DE LOS PUNTOS DE LIGA

La cantidad de circuitos formados establece un método de compensación: Si se trata de un solo circuito, se compensará el error de cierre por el número de puntos de liga y se suma algebraicamente esta corrección a las diferencias de desnivel obtenidos entre PL's; Si se trata de una red compuesta por más de un circuito se compensa por el método de aproximaciones sucesivas ( Método de Dell ), que tiene la gran ventaja de que los resultados son los mismos que los obtenidos por el método de mínimos cuadrados, la compensación se realiza de la siguiente manera: Se enumeran los circuitos a partir del BNS-2 fig.34 y se procede a dar sentido a las flechas que indican hacia donde se encuentra el nivel más bajo, esto se obtiene de la diferencia de lecturas en la mira (ver registros de campo. 1) por ejemplo el lado BNS-2 a PL1 tiene el sentido de BNS-1 hacia PL1 en 0.1782, por lo que hay que restar (-0.1782) a la cota de BNS-2 para obtener la cota de PL1.

Las correcciones se realizan en proporción a las distancias entre dos puntos, en este caso donde estas distancias no representan un error en las lecturas ya que las distancias son menores de 25 m, si no los movimientos y vibraciones provocados por máquinas, motores, golpes de construcción, etc.; las cuales ocasionan que en algunas puestas de aparato se realicen una serie de lecturas para obtener la tolerancia de 0.2 mm , motivo por el cual las correcciones se realizan en proporción al error medio de las observaciones. La tabla.5 indica la forma de

COMPENSACION DE LOS CIRCUITOS DE NIVELACION

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUMCA

CONTROL N° 43

FECHA: 30 / IV / 1990

CALCULO: J.V.R.

HOJA N° 1

CIRCUITO	LADO	PROM.	FC	t	I	C	I	C	III	* C	IV	C	V	C	VI	C	CP	DIF.COM	P*	COTA C.	CROQUIS Y OBS.	
I	BNS2-PL1	-0.1782	4	20	-3				+3		+1				-1	0	0	-0.1782	BNS2	10.0000	<p>BNS-4</p>	
	PL1-PL2	+0.1233	5	25	-3		-6		0		+1		+1		0	-7	-3	+0.1226	PL1	9.8218		
	PL2-PL4	+0.0384	2	10	-1		-2		0		0				0	-3	-3	+0.0381	PL4	9.9825		
	PL4-BNS4	+0.0108	3	15	-2		-3		0		+1		+1		0	-3	-3	+0.0105	BNS4	9.9930		
	BNS4-PL5	-0.0452	4	20	-1				+3		+1				-1	0	+1	-0.0451	PL5	9.9479		
	PL5-BNS1	+0.0521	2	10					+1		0				0	0	0	+0.0521	BNS2	10.0000		
SUMAS			20	100																		
CIERRE		+12			-12	0	-11	-11	+7	-4	+4	0	+2	0	-2	0	-12	0				BNS-2
I I	PL1-PL6	+0.0998	2	13			+2		+2								+4	+0.1001	PL1	9.8218	<p>BNS-3</p>	
	PL6-BNS3	+0.0444	2	13			+3		+1								+4	+0.0447	BNS3	9.9219		
	BNS3-BNS4	+0.0261	2	12			+2		+1								+3	+0.0264	BNS4	9.9666		
	BNS4-PL4	-0.0106	3	19	+2		+3		0		-1		-1			+3	+3	-0.0105	PL4	9.9825		
	PL4-PL2	-0.0385	2	12	+1		+2		0		0					+3	+3	-0.0381	PL2	9.9444		
	PL2-PL1	-0.1276	5	31	+3		+6		0		-1		-1			+7	+7	-0.1276	PL1	9.8218		
SUMAS			16	100																		
CIERRE		-24			+6	-18	+18	0	+4	+4	-2	+2	-2	0	0	0	+24	0				
I I I	BNS2-PL1	-0.1782	4	25	-3				+3		+1				-1	0	0	-0.1782	BNS2	10.0000	<p>BNS-3</p>	
	PL1-PL6	+0.0997	2	13			+2		+2								+4	+0.1001	PL6	9.9219		
	PL6-BNS3	+0.0443	2	13			+3		+1								+4	+0.0447	BNS3	9.9666		
	BNS3-BNS4	+0.0261	2	12			+2		+1								+3	+0.0264	BNS4	9.9930		
	BNS4-PL5	-0.0452	4	25	-2		+3		+3		+1				-1	+1	+1	-0.0451	PL3	9.9479		
	PL5-BNS2	+0.0521	2	12	-1		+1		+1		+1				0	0	0	+0.0521	BNS1	10.0000		
SUMAS			16	100																		
CIERRE		-12			-6	-18	+17	-11	+11	0	+2	+2	0	+2	-2	0	+12	0				
LIGA	PL2-PL3	+0.0334																+0.0334	PL2	9.9444	<p>* Indica cierre e inicio de la siguiente aproximación.</p>	
LIGA	BNS4-BNS1	+0.0569																+0.0569	BNS4	9.9930		
																			BNS1	10.0499		

TABLA. 5

realizar este calculo cuyo procedimiento es como sigue:

- i. Se obtiene el promedio de todas las observaciones de un lado y de este el error medio por cada observación (desviación estándar por grupo), cuyos resultados se anotan en la columna de F.C. o factor de corrección, ver tabla.6.

ERROR MEDIO DE UN GRUPO DE OBSERVACION

L A D O	n	X	Xp	X-Xp	(X-Xp) <sup>2</sup>
BNS2-PL1	1	0.1778	0.1782	-4	16
	2	0.1783		+1	1
	3	0.1784		-2	4
	4	0.1788		-6	36
	5	0.1781		-1	1
	6	0.1779		-3	9
SUMAS	6	1.0693	--	--	67

NOTA: Datos de diferencias en décimas de milímetros

TABLA. 6

$$X_p = 1.0693/6 = 0.17821 = 0.1782$$

$$\text{ERROR MEDIO} = \sqrt{(\Sigma (X - X_p)^2) / n} = \sqrt{67/6} = 3.3 = 3$$

Este valor nos indica el promedio de diferencias que existe entre el valor más probable  $X_p$  (media aritmética) y cada una de las lecturas, cuyo valor será mas grande mientras más fuerte oscilen las lecturas, lo cual no significa que si en un par de lecturas donde el promedio es el mismo y el error medio vale cero, no se tenga error, por lo que al factor de corrección FC de cada línea se suma una unidad

para que obtenga su porcentaje de error. Este procedimiento en la actualidad se simplifica considerablemente con las calculadoras de bolsillo, por ejemplo en la tabla. 7 .

ERROR MEDIO POR CALCULADORA CASIO Fx 4000P

T E C L A S	PANTALLA	OBSERVACIONES
<div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>MODE</span> <span>X</span> </div>	SD	Cálculos estadísticos
<div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>SHIFT</span> <span>AC</span> <span>EXE</span> </div>	1.	Borrado de datos
<p style="text-align: center;">scl</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>7</span> <span>8</span> <span>√x</span> </div>	78	Entrada de datos
<p style="text-align: center;">DT</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>7</span> <span>9</span> <span>√x</span> </div>	79	Entrada de datos
<p style="text-align: center;">DT</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>ALFA</span> <span>3</span> <span>EXE</span> </div>	6	Número de datos
<p style="text-align: center;">n</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>ALFA</span> <span>2</span> <span>EXE</span> </div>	493	Sumatoria
<p style="text-align: center;">Σx</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>SHIF</span> <span>1</span> <span>EXE</span> </div>	82.1..	Media aritmética
<p style="text-align: center;">X</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>SHIF</span> <span>2</span> <span>EXE</span> </div>	3.3..	ERROR MEDIO
<p style="text-align: center;">xQn</p>		

TABLA. 7

- ii. Se obtiene la sumatoria de la columna de FC, la cual se distribuye en porcentajes a cada uno de los lados por ejemplo: si  $\Sigma FC = 20$  ..entonces el porcentaje para el lado BNS 2 - PL 1 =  $(4/20) \cdot 100 = 20\%$

- iii. Se calcula el error de cierre de los promedios de cada circuito en décimas de milímetro, la cual se distribuye de acuerdo al porcentaje de cada línea y los resultados se colocan en la columna I con signo contrario por ejemplo: Si el error del circuito I es: +12 ...entonces el ajuste al lado BNS 2 - PL 1 =  $(12 \cdot 20) / 100 = -2.4$

Así para la columna I se tiene: lado BNS2-PL1= -3; PL1-PL2=-3; ...PL5-BNS2 = -1 y la sumatoria = -12, de esta manera en la columna de C se asegura un nuevo cierre igual a cero y en línea de suma de cierres se tendrá también cero, coincidiendo este valor en la intersección con C. El proceso se continúa por pares de columnas contra número de circuito, hasta que todos los cierres de los circuitos den ceros, se debe tomar en cuenta que el sentido de los circuitos sea en el sentido de las manecillas del reloj y que los lados corregidos en el primer circuito pasan con sentido contrario en la misma columna. El circuito III se realiza por comprobación.

- iv. En la columna CF se obtiene la corrección final por lado, por ejemplo para el lado BNS2- PL1 se tiene:  $-3+3+1-1 = 0$ , y así se obtiene en la sumatoria de esta columna un valor igual al error de cierre del circuito con signo contrario, en este caso -12 que debe ser igual a la sumatoria de la línea de suma de cierres. Con estos valores se calculan las cotas compensadas.

## c) NIVELACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Una vez obtenidos las cotas compensadas de los puntos de liga se procede a observar estos puntos, iniciando con la lectura del punto de liga compensado y luego el auxiliar para controlar la lectura con la diferencia entre ellas, (ver registro. 2), de esta manera se propaga un nivel compensado a los puntos de control, teniendo cuidado de cerrar en cada puesta de aparato para no rebasar la tolerancia de 0.3 mm .

## d) NIVELACIONES SUBSECUENTES

Cada vez que se inicie un control de movimientos verticales , se realizan los procedimientos anteriormente descritos dos veces en un lapso no mayor de 48 horas, con el objeto de obtener cotas de inicio confiables, lo mismo que en el segundo control, esta vez con el objeto de advertir las tendencias de todos y cada uno de los puntos instalados y así controlar en las subsecuentes nivelaciones sus tendencias con las cotas obtenidas, comparándolas siempre con la anterior nivelación, teniendo cuidado que cuando exista una variación en esta tendencia en mas de 0.5 mm en el sentido contrario o en mas del 200% en el mismo sentido, se procederá a verificar la nivelación para dar un mayor peso a estas variaciones o corregir errores de lectura o de cálculo.

CONTROL DE NIVELACION

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUHCA CONTROL N° 43 HOJA N° 1

EDIFICIO: OFICINAS ADMINISTRATIVAS OBSERVO: S.A.M.G. ANOTO: J.V.R.

PUNTOS NIVELADOS: COLUMNAS CALCULO: J.V.R. FECHA: 30/IV/90

P.V.	L	m.dm.cm	LECTURAS MICROMETRO				PROMD.		COTAS	DIF.	OBS.	
PL-1	+	1.79	45	45	45	-	-	1.7945	11.6163	9.8218		
PL-A	-	1.79	71	71	71	-	-	1.7971		9.8298	0.0026	/
D3	-	1.55	56	57	57	57	-	1.5557		10.0606		
D2	-	1.61	65	65	65	-	-	1.6165		9.9998		
D1	-	1.61	63	63	63			1.6163		10.0000		
C1	-	1.57	98	98	98	-	-	1.5798		10.0365		
PL-1	-	1.79	44	44	44	-	-	1.7944		9.8219		CIERRE
PL-2	+	1.64	57	56	56	56	-	1.6456	11.5900	9.9444		
PL-B	-	1.64	62	62	62	-	-	1.6462		9.9438	0.0006	/
C3	-	1.51	13	13	13	-	-	1.5113		10.0787		
D4	-	1.55	94	95	95	95	-	1.5595		10.0305		
C4	-	1.55	63	63	63	-	-	1.5563		10.0337		
B4	-	1.51	96	96	96	-	-	1.5196		10.0704		
A4	-	1.46	26	26	26	-	-	1.4626		10.1274		
A3	-	1.49	09	08	08	08	-	1.4908		10.0992		

### 3.4. DESPLOME

Existen varias formas de obtener el porcentaje de inclinación de un edificio, las cuales dependen de las posibilidades para observar e instalar el equipo necesario, y realizar las nivelaciones de control; que en muchas ocasiones se complementa con el desplome para corroborar la tendencia o anomalías en la estructura del edificio.

Las Normas Técnicas Complementarios del Reglamento de Construcción ha establecido los límites máximos para esta inclinación la cual es:  $100 / (100+h)$  en por ciento. Donde:  $h$ = altura del edificio. Pero como el reglamento no indica como obtener este porcentaje, a continuación se describe el procedimiento que en este caso se siguió:

#### 3.4.1. EQUIPO PARA DESPLOME

El instrumento es un nivel Wild NAK-2, en cuyo tubo del anteojo se montó un pentaprisma fig.40, y todo esto montado en una plataforma con plomada óptica. La mira es un Fennel con nivel para mantener horizontal en la arista del edificio fig.44.

El principal elemento en este caso es el pentaprisma, el cual a causa de su forma pentagonal, goza de la importante propiedad de producir una desviación rigurosamente igual a  $90^\circ$  aunque los rayos no incidan exactamente perpendiculares a sus

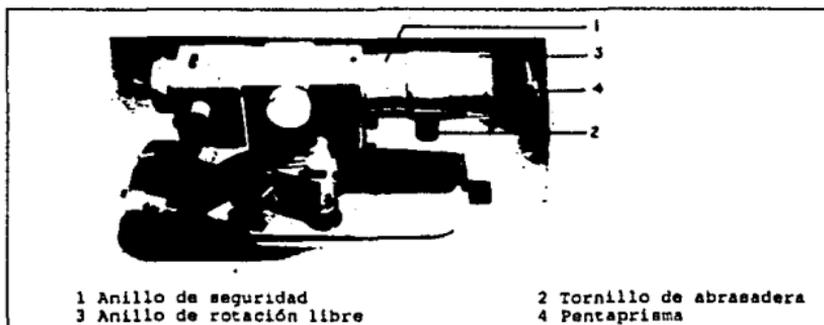


Fig. 40 NAK-2 CON PENTA PRISMA

caras, siempre que se verifique la única condición; que los rayos sean paralelos al plano de la figura. El cálculo demuestra que los rayos inciden sobre las caras inclinadas con ángulos inferiores al límite y, por ello, se platean estas caras. la fig.42 nos indica sus características geométricas.

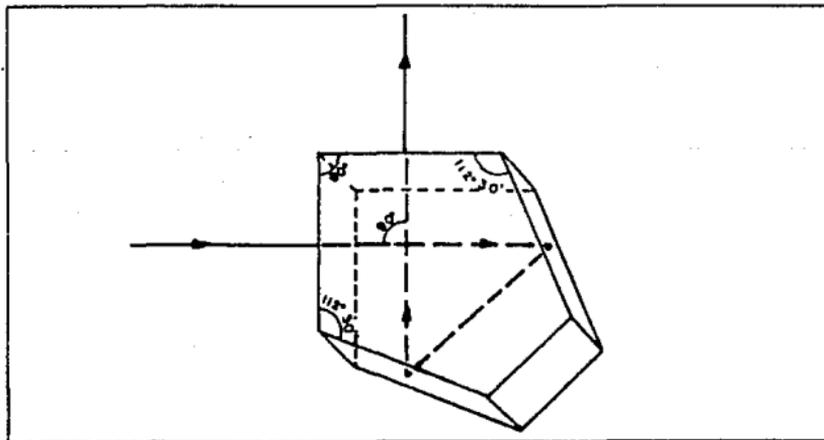


Fig. 42 PENTAPRISMA

## 3.4.2. PROCEDIMIENTO PARA REGISTRAR EL DESPLOME

Los puntos de control para desplome se localizan regularmente próximos a las aristas del edificio, en este caso se localizaron a 2 m de las esquinas fig. 43 , al igual que los puntos donde se montará el nivel, además alejado del edificio a 1 m del paramento, ya que las características del edificio así lo permiten.

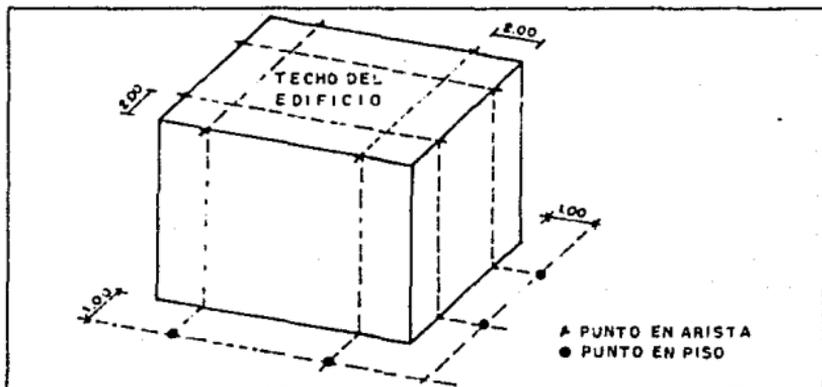


Fig. 43 DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS DE CONTROL PARA DESPLOME

De esta manera en una serie de observaciones se siguen los siguientes pasos:

- i. Una persona detiene la mira en el punto de la arista del edificio, procurando mantenerlo horizontal.
- ii. En el punto del piso se centra y se nivela el aparato, haciendo coincidencia luego en lectura horizontal ceros.

- iii. Se lee la mira en una primera posición y luego se gira 180° para volver a leer la mira, así hasta obtener una tolerancia de 1 mm entre dos diferencias del mismo lado. fig.44.

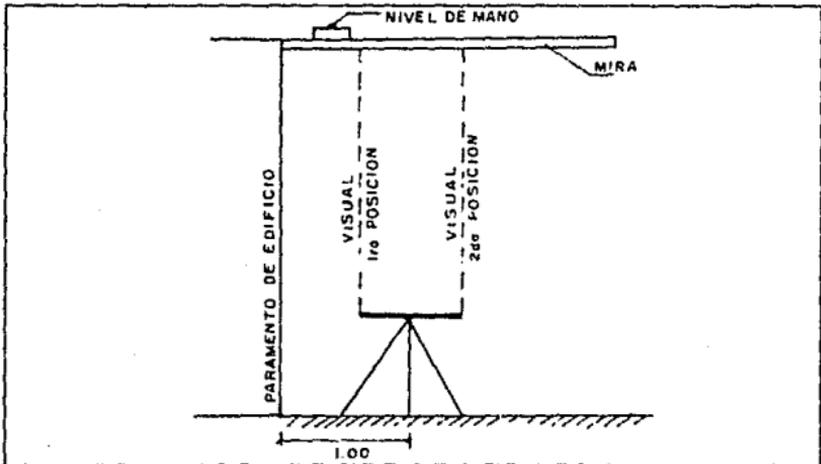


Fig. 44

- iv. Se calcula el desplome con las lecturas obtenidas: primero se calcula el promedio de las dos series y luego el promedio de promedios, la cual nos indicará el desplome de acuerdo a la diferencia de mas o menos de 1 m. (ver registro.3).

CONTROL DE DESPLOME

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUHCA      CONTROL N° 18      FECHA: 30/ IV/ 90      HOJA N° 1  
 EDIFICIO: OP. ADMINISTRATIVAS      OBSERVO: S.A.M.      ANOTO: J.M.J.      WILD NAK-2

EST	PRIMERA LECTURA				SEGUNDA LECTURA				LEC. FINAL	OBS.
	DIR.	INV.	PROM.	DIF.	DIR.	INV.	PROM.	DIF.		
A-1	0.8145	1.1610	0.9820	0.3565	0.8039	1.1608	0.9824	0.3569	0.9822	+0.0178
1-A	0.8279	1.1848	1.0064	0.3569	0.8270	1.1840	1.0055	0.3575	1.0060	-0.0060
4-A	0.8303	1.1878	1.0091	0.3575	0.8302	1.1874	1.0088	0.3572	1.0090	-0.0090
A-4	0.8125	1.1700	0.9913	0.3575	0.8124	1.1698	0.9911	0.3574	0.9912	+0.0088
D-4	0.7911	1.1509	0.9710	0.3598	0.7908	1.1505	0.9707	0.3597	0.9709	+0.0291
4-D	0.8030	1.1600	0.9815	0.3570	0.8028	1.1602	0.9815	0.3574	0.9815	+0.0185
1-D	0.7830	1.1402	0.9616	0.3572	0.7828	1.1400	0.9614	0.3572	0.9615	+0.0385
D-1	0.8132	1.1702	0.9917	0.3570	0.8130	1.1700	0.9915	0.3570	0.9916	+0.0084

70

REGISTRO. 3

ESTA TERCERA PÁGINA DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

## C A P I T U L O 4

### 4. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

En el análisis del cálculo de las diferencias obtenidas, así como de las tendencias que se presentan, primero se debe conocer los posibles comportamientos que manifiestan las diferentes cimentaciones en las distintas condiciones de suelos.

#### 4.1 COMPORTAMIENTOS QUE REGISTRAN LAS CIMENTACIONES

Cuando se toma una determinación, respecto a las diferencias que puedan manifestarse en los primeros dos controles, se debe tener en cuenta que los movimientos verticales presenten una marcada tendencia, de acuerdo a los siguientes elementos: El tipo de cimentación; el tipo de banco de nivel de referencia; y la localización del edificio en el mapa geotécnico de la ciudad.

##### 4.1.1. COMPORTAMIENTO REGISTRADO POR CIMENTACIONES SOMERAS

Este tipo de cimentaciones se emplean con mayor frecuencia en las zonas geotécnicas de las lomas y de transición, y con menor frecuencia en la zona del lago, donde se emplean en construcciones de almacenes, plantas industriales, bodegas, etc.

Por sus características estructurales en estas cimentaciones cada columna reacciona independientemente a los demás, estas reacciones pueden ser positivas o negativas de acuerdo al banco de nivel a que se refiere, así por ejemplo si se refiere a un Banco de Nivel Profundo todas las diferencias serán negativas, siempre y cuando el BNP esté bien hincado y estable. Si se emplean Bancos de Nivel Superficiales las diferencias podrán ser en ambos sentidos de acuerdo a la estabilidad del BNS, como es el caso que se presenta en la tablas 6, 7 y 8 del Centro Comercial localizado en Lomas Verdes Edo. de México figs.9 y 45, cuyo suelo presenta condiciones irregulares de compactación y cementación, como los depósitos de arenas y lahares de arenas azules, explotados antiguamente, dejándose minas y cavernas perdidos, ocasionando en la actualidad inseguridad e inestabilidad en las cimentaciones.

El propósito del control de nivelación, además de cumplir con las especificaciones del reglamento de construcción, es conocer los movimientos bruscos que podrían registrarse algunas de las zonas de la cimentación a causa de las minas abandonadas y si esto se presenta, actuar tomando las medidas adecuadas para estabilizar dicha zona.

## TABLA COMPARATIVA DE MOVIMIENTOS DIFERENCIALES

PROYECTO: LOMAS VERDESHOJA N° 1 DE 3EDIFICIO: CENTRO COMERCIALCONTROL N° 16PUNTOS NIVELADOS: COLUMNASCALCULO: R.A.M.FECHA: 17 DE NOVIEMBRE DE 1990REVISO: J.M.L.

CONTROL	1	15	15-14	15-1	16	16-15	16-1
FECHA->	21/DIC. 1989	15/OCT 1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.	17/NOV. 1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.
PUNTO							
a-13	6.159	6.153	0.00	-6.00	6.152	-1.00	-7.00
a-14	6.115	6.110	0.00	-5.00	6.110	0.00	-5.00
a-16	6.531	6.520	-1.00	-11.0	6.520	0.00	-11.0
a-17	6.412	6.411	-1.00	-1.00	6.411	0.00	-1.00
a-S1	6.530	6.529	0.00	-1.00	6.529	0.00	-1.00
a-S3	6.535	6.533	-1.00	-2.00	6.533	0.00	-2.00
a-S2'	6.574	6.572	-1.00	-2.00	6.572	0.00	-2.00
A-17'	6.466	6.462	-1.00	-4.00	6.462	0.00	-4.00
A-18	6.331	6.321	-1.00	-10.0	6.321	0.00	-10.0
A-19	6.579	6.571	-1.00	-8.00	6.571	0.00	-8.00
b-13	6.603	6.604	0.00	1.00	6.604	0.00	1.00
b-14'	6.355	6.350	0.00	-5.00	6.350	0.00	-5.00
b-15	6.410	6.399	0.00	-11.0	6.399	0.00	-11.0
b-16	6.454	6.443	0.00	-11.0	6.443	0.00	-11.0
b-16'	6.423	6.410	0.00	-13.0	6.409	-1.00	-14.0
b-17	6.283	6.267	0.00	-16.0	6.267	0.00	-16.0
b'-17'	6.276	6.255	0.00	-21.0	6.255	0.00	-21.0
b-S2	6.422	6.420	-1.00	-2.00	6.420	0.00	-2.00
b-S2'	6.390	6.385	-1.00	-5.00	6.385	0.00	-5.00
b-S3	6.428	6.423	-1.00	-5.00	6.423	0.00	-5.00

NOTAS: Datos en metros y Diferencias en milímetros

Banco de Nivel de Referencia BN-51 de cota 10.214 m

## TABLA COMPARATIVA DE MOVIMIENTOS DIFERENCIALES

PROYECTO: LOMAS VERDESHOJA N° 2 DE 3EDIFICIO: CENTRO COMERCIALCONTROL N° 16PUNTOS NIVELADOS: COLUMNASCALCULO: R.A.M.FECHA: 17 DE NOVIEMBRE DE 1990REVISO: J.M.L.

CONTROL	1	15	15-14	15-1	16	16-15	16-1
FECHA=>	21/DIC. 1989	15/OCT 1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.	17/NOV. 1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.
PUNTO							
b-54	6.418	6.411	-1.00	-7.00	6.411	0.00	-7.00
c'-13	6.335	6.325	0.00	-10.0	6.325	0.00	-10.0
c-14	6.435	6.423	-1.00	-12.0	6.423	0.00	-12.0
c-18	6.546	6.544	0.00	-2.00	6.545	1.00	-1.00
C-17	6.049	6.048	0.00	-1.00	6.047	-1.00	-2.00
c-17'	6.707	6.705	0.00	-2.00	6.705	0.00	-2.00
C-18	6.546	6.544	0.00	-2.00	6.545	1.00	-1.00
d-15	6.630	6.627	-1.00	-3.00	6.627	0.00	-3.00
d-16	6.687	6.684	-1.00	-3.00	6.683	-1.00	-4.00
d-17	6.654	6.650	-1.00	-4.00	6.650	0.00	-4.00
d-17'	6.649	6.645	-1.00	-4.00	6.645	0.00	-4.00
d-18	6.335	6.320	0.00	-15.0	6.321	+1.00	-14.0
d'-19	6.880	6.868	-1.00	-12.0	6.868	0.00	-12.0
d-20	6.495	6.482	-1.00	-13.0	6.482	0.00	-13.0
d-31	6.064	6.058	-1.00	-6.00	6.058	0.00	-6.00
d-32	6.501	6.489	-1.00	-12.0	6.488	-1.00	-13.0
d-33	6.431	6.416	-1.00	-15.0	6.415	-1.00	-16.0
D-18	6.777	6.772	-1.00	-5.00	6.772	0.00	-5.00
e-15	6.598	6.593	-1.00	-5.00	6.593	0.00	-5.00
e-16'	6.661	6.659	-1.00	-2.00	6.658	-1.00	-3.00

NOTAS: Datos en metros y Diferencias en milímetros

Banco de Nivel de Referencia BN-51 de cota 10.214 m

TABLA.7

## TABLA COMPARATIVA DE MOVIMIENTOS DIFERENCIALES

PROYECTO: LOMAS VERDESHOJA N° 3 DE 3EDIFICIO: CENTRO COMERCIALCONTROL N° 16PUNTOS NIVELADOS: EN COLUMNASCALCULO: R.A.M.FECHA: 17 DE NOVIEMBRE DE 1990REVISO: J.M.L.

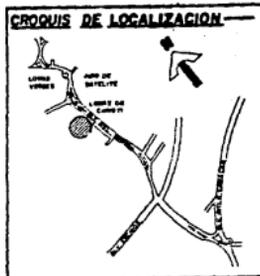
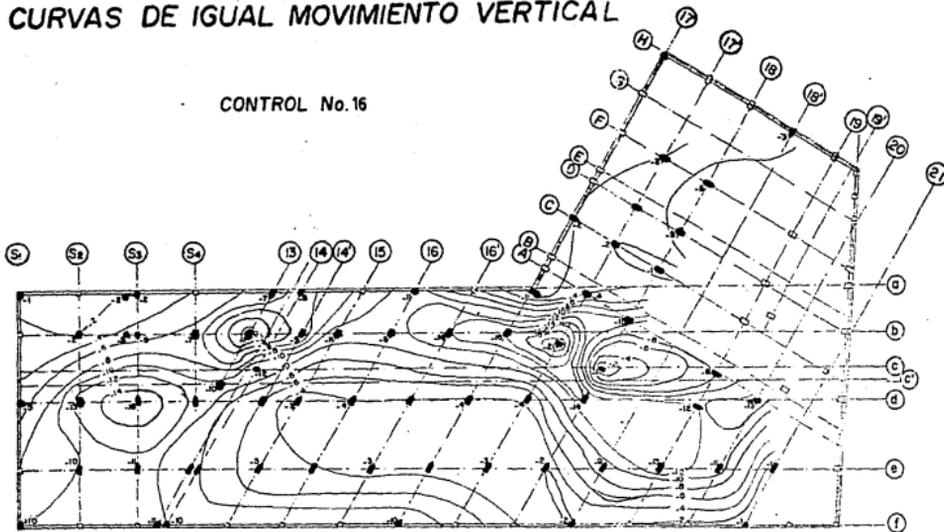
CONTROL	1	15	15-14	15-1	16	16-15	16-1
FECHA=>	21/DIC. 1989	15/OCT 1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.	17/NOV. 1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.
PUNTO							
e-17'	6.612	6.609	-1.00	-3.00	6.609	0.00	-3.00
e-18	6.603	6.601	-1.00	-2.00	6.601	0.00	-2.00
e-18'	6.246	6.237	-1.00	-9.00	6.237	0.00	-9.00
e-19	6.857	6.845	-1.00	-12.0	6.844	-1.00	-13.0
e-20	6.664	6.653	-1.00	-11.0	6.653	0.00	-11.0
e-21	6.766	6.766	-1.00	0.00	6.765	-1.00	-1.00
e-S2	6.438	6.429	-1.00	-9.00	6.428	-1.00	-10.0
e-S3	6.446	6.436	-1.00	-10.0	6.435	-1.00	-11.0
f-13'	6.574	6.563	-1.00	-11.0	6.563	0.00	-11.0
f-14	6.636	6.627	-1.00	-9.00	6.626	-1.00	-10.0
f-17	6.559	6.549	0.00	-10.0	6.549	0.00	-10.0
f-18'	7.025	7.024	0.00	-1.00	7.023	-1.00	-2.00
f-21	6.982	6.981	0.00	-1.00	6.981	0.00	-1.00
f-S1	6.448	6.438	0.00	-10.0	6.438	0.00	-10.0
F-17'	6.854	6.851	0.00	-3.00	6.851	0.00	-3.00
F-18	6.905	6.901	-1.00	-4.00	6.900	-1.00	-5.00
H-18	6.671	6.667	0.00	-4.00	6.668	1.00	-3.00

NOTAS: Datos en metros y Diferencias en milímetros

Banco de Nivel de Referencia BM-51 de cota 10.214 m

# CURVAS DE IGUAL MOVIMIENTO VERTICAL

CONTROL No.16



**NOTAS**

- TORNELLO ALLEN EN COLUMNA
- DATOS EN MM.
- PERIODO DE OBSERVACION DEL 21-DIC-80 AL 11-NOV-80
- CURVAS DE IGUAL MOVIMIENTO A CADA 2 mm.

FIG. 45

<b>CENTRO COMERCIAL</b>			
AV. LÓPEZ VERDES, NAUCALPAN EDO. DE MEXICO			
<b>MOVIMIENTOS VERTICALES :</b>			
<b>ACUMULADOS DE COLUMNAS</b>			
FECHA	ESCALA	RESPONSABLE	DRUO
11 / 11 / 80	1 : 250	J. V. R.	J. V. R.

#### 4.1.2. COMPORTAMIENTO DE CIMENTACIONES CON PILOTES DE PUNTA

Empleados con frecuencia hasta los años sesenta, su práctica en actualidad se ha limitado a construcciones especiales. Uno de los problemas por el cual se dejó de emplear fué el fenómeno de hundimiento de la ciudad de México, ya que mientras la ciudad se hunde, estos edificios emergen, ocasionando daños en sus sistemas de drenaje, agua, etc. Además de ser superestructuras, cuyo costo de conservación es altísimo, y presentan inclinaciones que amenazan la seguridad de las estructuras vecinas.

Sus características estructurales obligan a realizar un control vertical preciso, para lo cual se instalan Bancos de Nivel Profundo y Bancos de Nivel Superficiales necesariamente, ya que las tendencias a emerger solo se podrán verificar con los BNS y en cambio la estabilidad de sus pilotes solo se manifiestan con el BNP. Las diferencias en el primer caso siempre serán positivas mientras la ciudad se hunda y estables o ligeramente negativas en el segundo caso, como se puede apreciar en el ejemplo del edificio "El Roble", tabla. 9 localizado en la avenida Paseo de la Reforma figs.9 y 46, correspondiente a la zona geotécnica del Lago Centro I, cuyo suelo presenta arcillas blandas de alta compresibilidad y sobrecargas de pequeñas y medianas construcciones de principios de siglo.

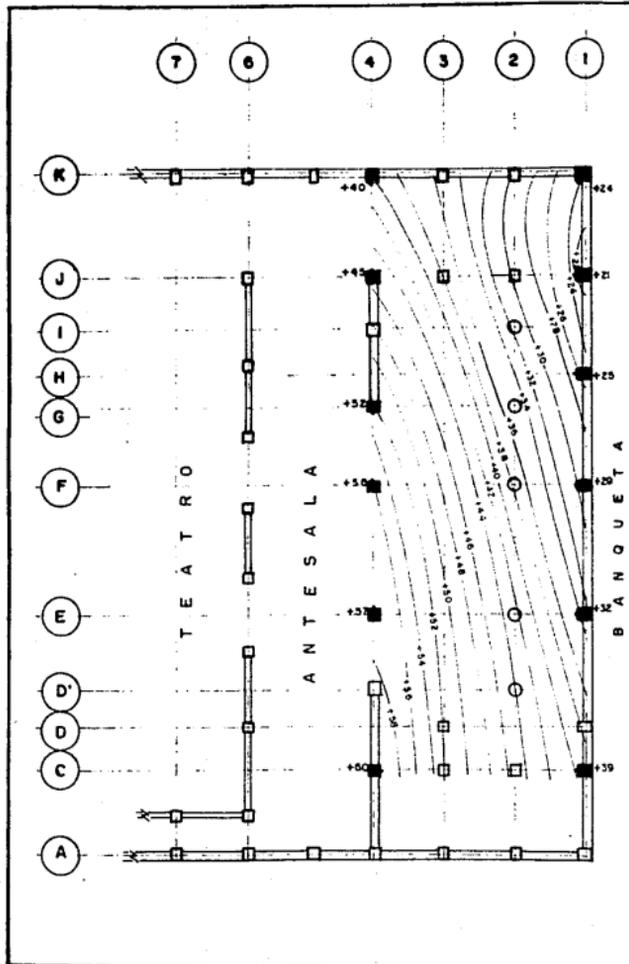
## TABLA COMPARATIVA DE MOVIMIENTOS DIFERENCIALES

PROYECTO: EL ROBLEHOJA N° 1 DE 1EDIFICIO: TORRE DE OFICINASCONTROL N° 9PUNTOS NIVELADOS: COLUMNASCALCULO: R.A.M.FECHA: 16 DE FEBRERO DE 1991REVISO: J.M.L.

CONTROL	1	8	8-7	8-1	9	9-8	9-1
FECHA=>	04/OCT 1987	28/JUL 1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.	16/FEB 1991	DIF. PARC.	DIF. ACUM.
PUNTO							
1-C	96.119	96.155	+7.0	+36.0	96.158	+3.00	+39.0
1-E	95.586	95.617	+7.0	+31.0	95.618	+1.00	+32.0
1-F	95.518	95.545	+6.0	+27.0	95.547	+2.00	+29.0
1-H	95.494	95.519	+5.0	+25.0	95.521	+2.00	+27.0
1-J	97.494	97.513	+4.0	+19.0	97.515	+2.00	+21.0
1-K	97.421	97.444	+4.0	+23.0	97.446	+2.00	+25.0
4-C	95.586	95.639	+10.0	+53.0	95.646	+7.00	+60.0
4-E	95.453	95.505	+9.0	+52.0	95.510	+5.00	+57.0
4-F	95.527	95.579	+8.0	+52.0	95.584	+5.00	+57.0
4-G	95.430	95.477	+7.0	+47.0	95.482	+5.00	+52.0
4-J	96.853	96.894	+2.0	+41.0	96.898	+4.00	+45.0
4-K	98.199	98.237	+5.0	+38.0	98.240	+3.00	+41.0

NOTAS: Datos en metros y Diferencias en milímetros

Banco de Nivel de Referencia BNS-1 de cota 100.000 m



### CROQUIS DE LOCALIZACION



### SIMBOLOGIA

- PUNTO DE CONTROL COLUMNA
- CURVA DE IGUAL MOVIMIENTO VERTICAL

### NOTAS

- DESNIVELES A CADA: 2 mm.
- PERIODO DE OBSERVACION DEL 04/OCT/87 AL 16/FEB/88

FIG. 40

### EDIFICIO EL ROBLE

CONTROL N° 9 DE MOVIMIENTOS  
VERTICALES EN: COLUMNAS

FECHA  
16/FEB/1991

ESCALA  
1:250

RESPONSABLE  
J. V. R.

#### 4.1.3. COMPORTAMIENTO DE CIMENTACIONES COMPENSADAS CON PILOTES DE FRICCIÓN

Son cimentaciones que reemplazaron a las cimentaciones con pilotes de punta utilizadas en superestructuras; al igual que la anterior su uso es difundido en la zona del lago y están diseñadas para acompañar a la ciudad en su hundimiento, motivo por el cual los movimientos que este puede registrar son de especial importancia, tanto para ratificar los cálculos teóricos de movimientos permisibles como para prevenir las anomalías en su comportamiento. Se deben instalar Bancos de Nivel Profundo y Superficiales, ya que la velocidad de hundimiento de los BNS's con respecto al BNP, nos indicará la velocidad de hundimiento regional y al registrar los movimientos del edificio comparado con estos parámetros nos indicará la estabilidad de este respecto al hundimiento general.

El comportamiento de la cimentación si se registra una inclinación es uniforme, ya que son cimentaciones rígidas, y los movimientos que puede registrar varía entre los BNS's y el BNP. Uno de los principales factores para que ocurra una falla es la distribución de la carga total sobre la cimentación y el tipo de suelo sobre la que se halla construida.

#### 4.1.4. COMPORTAMIENTO DE CIMENTACIONES COMPENSADAS SIN PILOTES DE FRICCIÓN

El edificio que se ha estado estudiando en el capítulo anterior, está construida sobre este tipo de cimentación, al igual que las cimentaciones con pilotes de fricción su uso se ha difundido en la zona del lago y también están diseñadas para acompañar a la ciudad en su hundimiento. La diferencia es que para el control de movimientos verticales no es tan necesario la instalación del BNP, ya que estas cimentaciones carecen de pilotes y la estabilidad que se desea controlar es respecto al hundimiento regional, la cual se puede controlar con la instalación de varios Bancos de Nivel Superficiales distribuidos en la región, para poder registrar los movimientos del edificio con aquel banco que permanezca mas estable, ya que las características del suelo de la zona del lago virgen por ejemplo son arcillas blandas altamente compresibles lo que ocasiona movimientos imprevisibles.

El propósito de la nivelación es conocer pues alguna anomalía en el comportamiento de la cimentación y si esto existe, la rapidez con que se genera el fenómeno respecto a la superficie de la región y tomar las medidas oportunas para su estabilización.

En el siguiente subcapítulo se estudian los pasos que se siguen para el análisis de estas cimentaciones.

## 4.2. CALCULO Y ANALISIS DE LOS DATOS DE CAMPO

Las cotas obtenidas de campo de los circuitos I y II, y de los puntos de control se vuelven a revisar detalladamente para localizar posibles errores de cálculo. Una vez verificadas se procede a elaborar la tabla comparativa, esto es calcular las diferencias entre las cotas del control N° 2 y el control N° 1, las diferencias que se obtengan nos indicaran el futuro comportamiento de los bancos superficiales tablas 10, 11 y 12, así como del edificio tabla 13 y de la región tablas 14 y 15.

En las tablas 10,11 y 12 se observa que el BNS-1 conserva una mayor estabilidad que los demás bancos superficiales, pero por la distancias a la que se encuentra del edificio y para evitar error en el traslado de cotas se prefirió usar el BNS-2 y luego ligar del BNS-4 al BNS-1 para registrarlo.

En la tabla.13 se observa que la tendencia del edificio registra un movimiento vertical negativo, mas acelerado en el eje D y va disminuyendo hacia el eje A uniformemente, es decir sin emersiones o hundimientos aislados de columnas, lo cual es correcto ya que se trata de una cimentación compensada de cajón rígido, respecto a la falla y la velocidad de hundimiento se explica por que se halla en la zona geotécnica del lago virgen, cuyos suelos prácticamente han mantenido sus propiedades mecánicas desde su formación y por la mala compensación de la carga a la hora de construirse.

CONTROL DE ESTABILIDAD DE LOS BANCOS DE NIVEL SUPERFICIAL

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUHCA CONTROL N° 16 HOJA N° 1 DE 3

EDIFICIO: OFICINAS ADMINISTRATIVAS CALCULO: J.V.R. REVISO: J.V.R.

FECHA	C.	BNS-1	DIF.P	DIF.A	BNS-3	DIF.P	DIF.A	BNS-4	DIF.P	DIF.A
10/JUL./89	1	10.0298	--	--	9.9765			10.0023	--	--
14/JUL./89	2	10.0301	+0.30	+0.30	9.9749	-1.60	-1.60	10.0004	-1.90	-1.90
21/JUL./89	3	10.0309	+0.80	+1.10	9.9744	-0.50	-2.10	9.9999	-0.50	-2.40
28/JUL./89	4	10.0314	+0.50	+1.60	9.9742	-0.20	-2.30	9.9997	-0.20	-2.60
04/AGO./89	5	10.0318	+0.40	+2.00	9.9739	-0.30	-2.60	9.9995	-0.20	-2.80
11/AGO./89	6	10.0321	+0.30	+2.30	9.9743	+0.40	-2.20	10.0000	+0.50	-2.30
18/AGO./89	7	10.0330	+0.90	+3.20	9.9737	-0.60	-2.80	9.9988	-1.20	-3.50
25/AGO./89	8	10.0337	+0.70	+3.90	9.9737	+0.00	-2.80	9.9990	+0.20	-3.30
01/SEP./89	9	10.0340	+0.30	+4.20	9.9733	-0.40	-3.20	9.9986	-0.40	-3.70
08/SEP./89	10	10.0347	+0.70	+4.90	9.9726	-0.70	-3.90	9.9984	-0.20	-3.90
16/SEP./89	11	10.0353	+0.60	+5.50	9.9724	-0.20	-4.10	9.9982	-0.20	-4.10
22/SEP./89	12	10.0354	+0.10	+5.60	9.9718	-0.60	-4.70	9.9976	-0.60	-4.70
29/SEP./89	13	10.0358	+0.40	+6.00	9.9712	-0.60	-5.30	9.9972	-0.40	-5.10
06/OCT./89	14	10.0362	+0.40	+6.40	9.9711	-0.10	-5.40	9.9977	+0.50	-4.60
13/OCT./89	15	10.0361	-0.10	+6.30	9.9705	-0.60	-6.00	9.9970	-0.70	-5.30
19/OCT./89	16	10.0372	+1.10	+7.40	9.9698	-0.70	-6.70	9.9962	-0.80	-6.10
26/OCT./89	17	10.0380	+0.80	+8.20	9.9699	+0.10	-6.60	9.9963	+0.10	-6.00

NOTAS: Datos en metros y Diferencias en milímetros

Banco de Nivel de Referencia BNS-2 de cota 10.0000 m.

TABLA.10

DN

CONTROL DE ESTABILIDAD DE LOS BANCOS DE NIVEL SUPERFICIAL

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUHCA

CONTROL N° 16

HOJA N° 2 DE 3

EDIFICIO: OFICINAS ADMINISTRATIVAS

CALCULO: J.V.R.

REVISO: J.V.R.

FECHA	C.	BNS-1	DIF.P	DIF.A	BNS-3	DIF.P	DIF.A	BNS-4	DIF.P	DIF.A
06/NOV./89	18	10.0390	+1.00	+9.20	9.9683	-1.60	-8.20	9.9959	-0.40	-6.40
13/NOV./89	19	10.0390	0.00	+9.20	9.9684	+0.10	-8.10	9.9957	-0.20	-6.60
17/NOV./89	20	10.0401	+1.10	+10.30	9.9691	+0.70	-7.40	9.9957	+0.00	-6.60
24/NOV./89	21	10.0395	-0.60	+9.70	9.9685	-0.60	-8.00	9.9955	-0.20	-6.80
01/DIC./89	22	10.0404	+0.90	+10.60	9.9686	+0.10	-7.90	9.9957	+0.20	-6.60
08/DIC./89	23	10.0410	+0.60	+11.20	9.9670	-1.60	-9.50	9.9948	-0.90	-7.50
15/DIC./89	24	10.0407	-0.30	+10.90	9.9674	+0.40	-9.10	9.9944	-0.40	-7.90
22/DIC./89	25	10.0417	+1.00	+11.90	9.9685	+1.10	-8.00	9.9942	-0.20	-8.10
28/DIC./89	26	10.0441	+2.40	+14.30	9.9672	-1.30	-9.30	9.9933	-0.90	-9.00
08/ENE./90	27	10.0440	-0.10	+14.20	9.9683	+1.10	-8.20	9.9940	+0.70	-8.30
13/ENE./90	28	10.0425	-1.50	+12.70	9.9679	-0.40	-8.60	9.9933	-0.70	-9.00
22/ENE./90	29	10.0436	+1.10	+13.80	9.9667	-1.20	-9.80	9.9927	-0.60	-9.60
26/ENE./90	30	10.0444	+0.80	+14.60	9.9665	-0.20	-10.00	9.9926	-0.10	-9.70
02/FEB./90	31	10.0424	-2.00	+12.60	9.9666	+0.10	-9.90	9.9930	+0.40	-9.30
10/FEB./90	32	10.0448	+2.40	+15.00	9.9664	-0.20	-10.10	9.9930	+0.00	-9.30
17/FEB./90	33	10.0439	-0.90	+14.10	9.9663	-0.10	-10.20	9.9928	-0.20	-9.50
24/FEB./90	34	10.0446	+0.70	+14.80	9.9651	-1.20	-11.40	9.9917	-1.10	-10.60

NOTAS: Datos en metros y Diferencias en milímetros

Banco de Nivel de Referencia BNS-2 de cota 10,000 m

TABLA.11

CONTROL DE ESTABILIDAD DE LOS BANCOS DE NIVEL SUPERFICAL

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUNCA

CONTROL N° 16

HOJA N° 1 DE 3

EDIFICIO: OFICINAS ADMINISTRATIVAS

CALCULO: J.V.R.

REVISO: J.V.R.

FECHA	C.	BNS-1	DIF.P	DIF.A	BNS-3	DIF.P	DIF.A	BNS-4	DIF.P	DIF.A
05/MAR./90	35	10.0449	+0.30	+15.10	9.9652	+0.10	-11.3	9.9919	+0.20	-10.40
12/MAR./90	36	10.0462	+1.30	+16.40	9.9660	+0.80	-10.50	9.9918	-0.10	-10.50
19/MAR./90	37	10.0450	-1.20	+15.20	9.9654	-0.60	-11.10	9.9919	+0.10	-10.40
23/MAR./90	38	10.0464	+1.40	+16.60	9.9649	-0.50	-11.60	9.9905	-1.40	-11.80
30/MAR./90	39	10.0464	0.00	+16.60	9.9658	+0.90	-10.70	9.9919	+1.40	-10.40
07/ABR./90	40	10.0468	+0.40	+17.00	9.9657	-0.10	-10.80	9.9921	+0.20	-10.20
16/ABR./90	41	10.0478	+1.00	+18.00	9.9654	-0.30	-11.10	9.9917	-0.40	-10.60
21/ABR./90	42	10.0482	+0.40	+18.40	9.9652	-0.20	-11.30	9.9919	+0.20	-10.40
30/ABR./90	43	10.0500	+1.80	+20.20	9.9654	+0.20	-11.10	9.9915	-0.40	-10.80

NOTAS: Datos en metron y diferencian en milimetron  
 Banco de nivel de Referencia BNS-2 de cota 10.0000 m.

TABLA.12

## TABLA COMPARATIVA DE MOVIMIENTOS DIFERENCIALES

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO NIXIUHCAHOJA N° 1EDIFICIO: OFICINAS ADMINISTRATIVASCONTROL N° 42PUNTOS NIVELADOS: EN COLUMNASCALCULO: R.A.M.FECHA: 30 DE ABRIL DE 1990REVISO: J.M.L.

CONTROL	1	41	41-40	41-1	42	42-41	42-1
FECHA=>	10/JUL. 1989	21/ABR. 1990			30/ABR. 1990		
PUNTO			DIF. PARC.	DIF. ACUM.		DIF. PARC.	DIF. ACUM.
A-1	10.1412	10.0854	-1.7	-55.8	10.0835	-1.9	-57.7
A-2	10.1975	10.1422	-1.6	-55.3	10.1400	-2.2	-57.5
A-3	10.1533	10.1014	-2.0	-51.9	10.0992	-2.2	-54.1
A-4	10.1768	10.1292	-1.5	-47.6	10.1274	-1.8	-49.4
B-1	10.1213	10.0541	-1.9	-67.2	10.0518	-2.3	-69.5
B-2	10.1439	10.0783	-1.5	-65.6	10.0756	-2.7	-68.3
B-3	10.1189	10.0552	-2.2	-63.7	10.0532	-2.0	-65.7
B-4	10.1312	10.0724	-1.7	-58.8	10.0704	-2.0	-60.8
C-1	10.1155	10.0388	-1.3	-76.7	10.0365	-2.3	-79.0
C-2	10.0912	10.0169	-1.3	-74.3	10.0149	-2.0	-76.3
C-3	10.1535	10.0809	-1.7	-72.6	10.0787	-2.2	-74.8
C-4	10.1039	10.0360	-1.9	-67.9	10.0337	-2.3	-70.2
D-1	10.1225	10.0399	-1.6	-82.6	10.0364	-1.9	-86.1
D-2	10.0818	10.0016	-1.2	-80.2	9.9998	-1.8	-82.0
D-3	10.1402	10.0624	-1.1	-77.8	10.0604	-2.0	-79.8
D-4	10.1091	10.0326	-1.8	-76.5	10.0302	-2.4	-78.9

NOTAS: Datos en m. y Diferencias en mm.

Banco de Nivel de Referencia BNS-2 de cota 10 m.

## TABLA COMPARATIVA DE MOVIMIENTOS DIFERENCIALES

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUHCAHOJA N° 1 DE 2EDIFICIO: OFICINAS ADMINISTRATIVASCONTROL N° 43PUNTOS NIVELADOS: EXTERIORESCALCULO: R.A.M.FECHA: 30 DE ABRIL DE 1990REVISO: J.M.L.

CONTROL	1	41	41-40	41-1	42	42-41	42-1
FECHA=>	10/JUL	21/ABR			30/ABR		
PUNTO	1989	1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.	1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.
e1-A	9.861	9.853	0	-8	9.852	-1	-9
e1-B	9.782	9.768	-1	-14	9.768	0	-14
e1-C	9.770	9.754	0	-16	9.753	-1	-17
e1-D	9.839	9.824	-1	-15	9.824	0	-15
e2-A	9.985	9.957	0	-28	9.957	0	-28
e2-B	9.986	9.954	-1	-32	9.953	-1	-33
e2-C	9.981	9.951	-1	-30	9.950	-1	-31
e2-D	9.947	9.906	-2	-41	9.905	-1	-42
1-eA	9.967	9.957	0	-10	9.956	-1	-11
1-eB	9.964	9.928	-1	-36	9.927	-1	-37
1-eC	9.952	9.901	-2	-51	9.900	-1	-52
1-eD	9.814	9.794	-2	-20	9.794	0	-20
2-eA	9.969	9.951	0	-18	9.951	0	-18
2-eB	9.956	9.906	-1	-50	9.904	-2	-52
2-eC	9.902	9.828	-2	-74	9.826	-2	-76
2-eD	9.806	9.779	-1	-27	9.778	-1	-28

NOTAS: Datos en metros y Diferencias en milímetros

Banco de nivel de Referencia BNS-2 de cota 10 m.

## TABLA COMPARATIVA DE MOVIMIENTOS DIFERENCIALES

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIUHCAHOJA N° 2 DE 2EDIFICIO: OPICINAS ADMINISTRATIVASCONTROL N° 43PUNTOS NIVELADOS: EXTERIORESCALCULO: R.A.M.FECHA: 30 DE ABRIL DE 1990REVISO: J.M.L.

CONTROL	1	41	41-40	41-1	42	42-41	42-1
FECHA->	10/JUL	21/ABR			30/ABR		
PUNTO	1989	1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.	1990	DIF. PARC.	DIF. ACUM.
3-eA	9.968	9.951	0	-17	9.950	-1	-18
3-eB	9.965	9.919	-1	-46	9.918	-1	-47
3-eC	9.897	9.822	-2	-75	9.821	-1	-76
3-eD	9.796	9.772	-1	-24	9.772	0	-24
4-eA	9.961	9.952	0	-9	9.952	0	-9
4-eB	9.978	9.938	0	-40	9.937	-1	-41
4-eC	9.928	9.892	-1	-36	9.891	-1	-37
4-eD	9.811	9.797	-2	-14	9.796	-1	-15
e3-A	9.935	9.910	0	-25	9.909	-1	-26
e3-B	9.923	9.888	-1	-35	9.887	-1	-36
e3-C	9.934	9.900	0	-34	9.899	-1	-35
e3-D	9.951	9.928	-2	-23	9.928	0	-23
e4-A	9.847	9.845	0	-2	9.844	-1	-3
e4-B	9.769	9.761	-1	-8	9.761	0	-8
e4-C	9.785	9.775	-1	-10	9.774	-1	-11
e4-D	9.900	9.891	-1	-9	9.891	0	-9

NOTAS: Datos en metros y Diferencias en milímetros

Banco de nivel de Referencia BNS-2 de cota 10 m.

Este tipo de análisis es necesario para tener una idea más real, de lo que puede estar ocurriendo en la cimentación del edificio, respecto a los movimientos que registra; la relación que existe entre estos movimientos y las causas que lo originaron corresponde a los constructores y geotecnistas que diseñaron, analizarlo está fuera del alcance de este trabajo.

#### 4.2.1. ANALISIS DE DESPLOME

El objeto de las observaciones del desplome de una estructura es conocer el desplazamiento horizontal que se origina y que no rebase los límites establecidos por el reglamento de construcción y además conocer la velocidad con que está ocurriendo este movimiento. Tabla.16.

Según el R.C. el límite de servicios está regido por la fórmula:

Desplome límite =  $100 / (100 + 3^{\circ}h)$  en porcentaje

..donde: h= altura del edificio

En este caso la altura del edificio es de 8 m por lo tanto el límite será:

Desplome límite =  $100 / (100 + 24) = 0.8 \%$

Lo que en 8 m equivale a un desplazamiento de 0.064 m, analizando las lecturas en el registro obtenidas se puede ver que en el punto D1 correspondiente a la parte sur del edificio, se ha registrado un máximo desplazamiento de 0.04 m lo que equivale a: 0.5 %.

TABLA DE PORCENTAJES DE DESPLOME

PROYECTO: CENTRO DE TRABAJO MIXIQUICA CONTROL N° 12 HOJA N° 1 DE 1

EDIFICIO: OPICINAS ADMINISTRATIVAS CALCULO: J.V.R. REVISO: J.V.R.

CONTROL	1		9		10		11		12	
FECHA	10/ JUL /1989		17/ FEB /1990		19/ MAR /1990		11/ ABR /1990		30/ ABR /1990	
PUNTO	DESPL.	%								
A-1	+1.39	0.17	+1.55	0.19	+1.66	0.21	+1.74	0.22	+1.78	0.22
1-A	-0.23	0.03	-0.72	0.09	-0.66	0.08	-0.62	0.08	-0.60	0.08
4-A	-0.30	0.04	-0.91	0.11	-0.91	0.11	-0.90	0.11	-0.90	0.11
A-4	+1.10	0.14	+0.94	0.12	+0.91	0.11	+0.89	0.11	+0.88	0.11
D-4	+2.96	0.37*	+3.17	0.40*	+3.05	0.38	+2.96	0.37	+2.91	0.36
4-D	+0.77	0.10	+1.30	0.16	+1.51	0.19	+1.73	0.22	+1.85	0.23
1-D	+2.71	0.34	+3.02	0.38	+3.55	0.44*	+3.75	0.47*	+3.85	0.48*
D-1	+0.84	0.11	+0.63	0.08	+0.73	0.09	+0.80	0.10	+0.84	0.11

NOTAS: Desplome en centímetros

Altura del edificio 8.0 m

\* = Porcentaje y desplazamiento máximo.

TABLA.16

Esto nos indica que se encuentra dentro la tolerancia, pero se debe tomar en cuenta que la velocidad de desplazamiento es de: 1 cm por cada tres meses, lo que significa que en seis meses más habrá rebasado el límite que el Reglamento de Construcción establece.

#### 4.3. PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Para interpretar mejor los resultados obtenidos, no bastan con las diferencias de la tabla comparativa, sino que se hacen necesario ilustrar y tener así una vista general del comportamiento del edificio y los alrededores, de esta manera se pueden clasificar la presentación de resultados en tres grandes grupos que son: Curvas de igual movimiento vertical; perfiles y secciones longitudinales; y gráficas movimiento - tiempo.

##### 4.3.1. CURVAS DE IGUAL MOVIMIENTO VERTICAL

Se emplean para unir un grupo de puntos que registraron movimientos iguales, entre dos controles consecutivos denominados parciales o desde el inicio de la nivelación llamados acumulados, esto con el objeto de localizar las zonas de mayor movimiento respecto al conjunto del edificio o de toda la región donde se halla el edificio, así si se presentan los movimientos parciales se conocerá si existe algún cambio importante en un período corto, sobre todo si se han realizado obras civiles para detener o corregir la estabilidad de la zona

de alto riesgo. En cambio con los movimientos acumulados se sabrá el estado en que se estabiliza la cimentación.

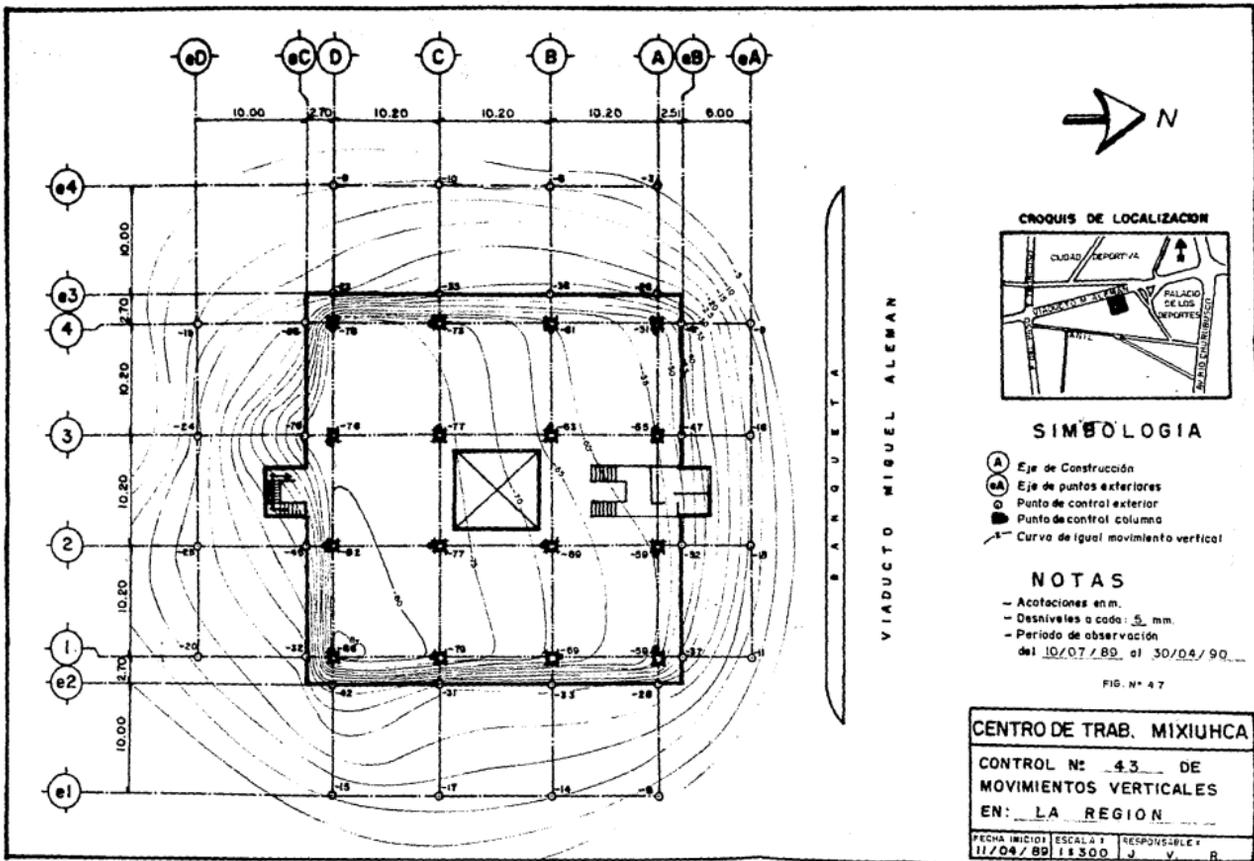
Estos movimientos se presentan tanto de la estructura como de toda la región independientemente, y por lo general no se presentan los movimientos parciales que registran el conjunto de la región, si no los acumulados fig. 47.

#### 4.3.2. PERFILES Y SECCIONES LONGITUDINALES

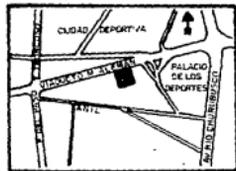
Se emplean para registrar los movimientos de una manera más precisa, en este caso al milímetro, para poder apreciar la pendiente de inclinación tanto de la estructura como de los puntos exteriores respecto a esta, estos datos son registrados de una manera continua y acumulada por cada sección. Existen varias formas de presentarlos, ya sea vaciando directamente las cotas obtenidas del campo y así formando también el perfil de la sección o dibujando el perfil en la parte superior de la sección y vaciar abajo de ella las diferencias que se vayan obteniendo de cada punto del eje que se trate fig. 48.

#### 4.3.3. GRAFICAS TIEMPO MOVIMIENTO

Se emplean para apreciar la velocidad de movimiento de cada punto, lo cual permitirá proyectar soluciones a corto, mediano o largo plazo, dependiendo de la rapidez de estos movimientos.



CROQUIS DE LOCALIZACION



SIMBOLOGIA

- (A) Eje de Construcción
- (eA) Eje de puntos exteriores
- (O) Punto de control exterior
- (■) Punto de control columna
- (~) Curva de igual movimiento vertical

NOTAS

- Acotaciones en m.
- Desniveles a cada 5 mm.
- Periodo de observación del 10/07/89 al 30/04/90

FIG. N° 47

CENTRO DE TRAB. MIXIUHCA

CONTROL N° 43 DE  
MOVIMIENTOS VERTICALES  
EN: LA REGION

FECHA INICIO	ESCALA	RESPONSABLE
11/04/89	1:300	J. V. R.

P E R F I L

ELEVACION

10.000  
9.800

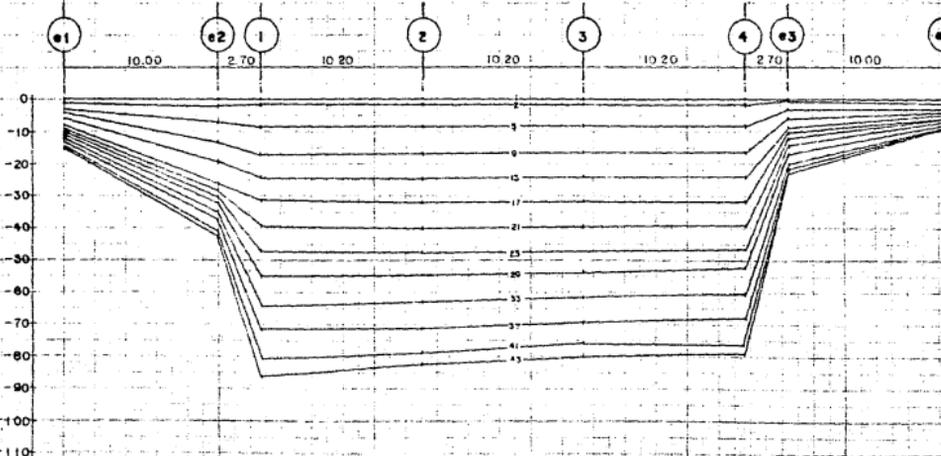


NOTAS

- ACOTACIONES EN M.
- ESC. HORIZONTAL 1:200.
- ESC. VERT. PERFIL 1:20.
- ESC. VERT. SECCION 1:1

S E C C I O N

MOVIMIENTOS DIFERENCIALES



REGISTRO

CONTROL	FECHA
1	10 - JUL - 85
2	14 - JUL - 89
3	4 - AGO - 89
9	1 - SEP - 89
13	28 - SEP - 89
17	26 - OCT - 89
21	24 - NOV - 89
25	22 - DIC - 89
29	20 - ENE - 90
33	17 - FEB - 90
37	19 - MAR - 90
41	11 - ABR - 90
43	30 - ABR - 90

FIG 48

CENTRO DE T. MIXIUHCA

PERFIL Y SECCION  
PARTICULAR DEL EJE D

FECHA DIBUJO RESPONSABLE

Estas gráficas se pueden presentar de diferentes maneras ya sean por promedios de: Ejes de construcción, por zonas o bloques, y por total del edificio. O por cada columna o punto de control representativo de la zona de alto riesgo o por cada columna de ejes representativos de toda la estructura fig.49.

#### 4.4. PRESENTACION DE LOS RESULTADOS DE DESPLOME

Dependiendo de la cantidad de puntos que se emplearon para obtener el desplome, existen varias formas de presentar este movimiento y su porcentaje de inclinación, pueden ser por el total del edificio obteniendo promedios o puede ser por cada punto si estos son representativos del edificio fig. 50. Lo importante es resaltar el porcentaje de inclinación y el sentido del desplome.

**CENTRO DE  
TRABAJO  
MIXIUHCA**

**GRAFICAS MOVIMIENTO/TIEMPO DEL**

**PUNTO DE CONTROL: D - 1**

HOJA N° 4 DE 16

**NOTAS**

ESC. HORIZONTAL : 1mm = 2días

ESC. VERTICAL : 1mm = 1mm

ANO	1 9 9 0												1 9 9 0			
MES	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
DIA	10	4	6	5	1	0	2	3	7	30						

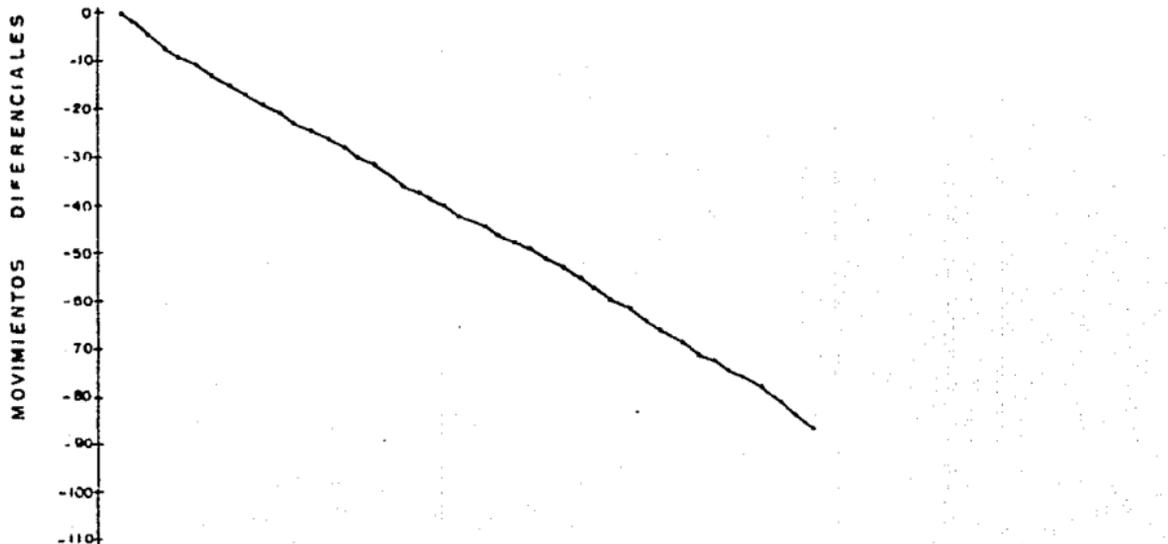


FIG. 49

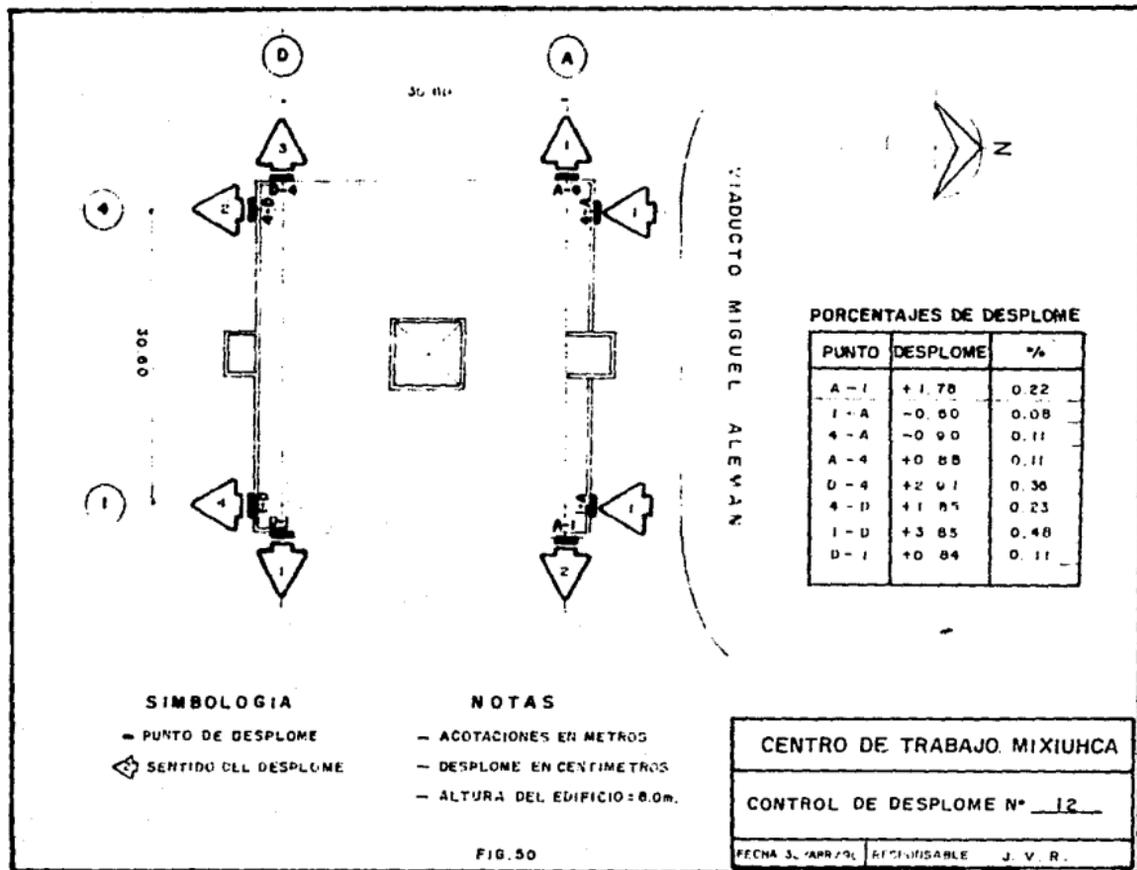


FIG. 50

CAPITULO 55. CONCLUSIONES

Contar con nivelaciones precisas y confiables, es la condición previa que el Ingeniero responsable de la seguridad de construcción, sea Geotecnista o Estructurista, necesitan para plantear soluciones apropiadas a la inestabilidad de los movimientos que está registrando una edificación. Estos movimientos muchas veces son tan sensibles que sólo se registran los errores que se podrían cometer en la nivelación, peor aún si estas se hacen con poca precisión, seriedad y profesionalismo.

Así tomando en cuenta estas consideraciones, el carácter experimental de este tipo de nivelaciones en la Ciudad de México, y por experiencia se concluye que:

1. Este tipo de nivelaciones necesariamente se deben de realizar con niveles de precisión, sean estos automáticos o de coincidencias.
2. Las miras que se empleen tendrán que ser también de precisión y no otros objetos para medir como son las cintas y los flexómetros.

3. Los puntos de liga deben ser inalterables y permanentes, su distribución dentro y fuera del edificio serán adecuadamente localizados con el objeto de emplear la menor cantidad posible, además de guardar una longitud que permita una equidistancia entre el aparato y los dos puntos de ligas consecutivos. Se debe evitar en lo posible la utilización de los mismos puntos de liga para cerrar un circuito, esto con el fin de permitir una mejor distribución del error en la compensación.
4. Los bancos de referencia deben protegerse para evitar la destrucción, alteración o pérdida, construyendo registros con cerradura y leyendas que indiquen su contenido y protección.
5. Los puntos de control fundamentalmente tendrán que ser fijos e inviolables, sobre los que se puedan apoyar miras libremente, y no señales marcados en la pared o columna "palomas", los cuales además de cubrirse con otra pintura, permiten otro error más en la coincidencia de la marca con el "ceros" de la cinta o flexometro.
6. Se debe adoptar desde el inicio de la nivelación de control, un solo método de nivelación de comprobación que garantice las diferencias de desnivel entre el banco de referencia y los puntos de control.

7. Los métodos de compensación deben dar como resultado una sola cota para todos los puntos de liga de todos los circuitos.
8. El cálculo y la presentación de resultados deben ser ordenados y claros, de manera que ambas informen los movimientos del edificio adecuadamente.

Se hace hincapié sobre el carácter experimental de este tipo de nivelaciones, la cual comparten todos los profesionales que intervienen en la ejecución, análisis y solución de los movimientos y deformaciones que presentan las edificaciones, lo cual lleva a la necesidad de una mayor información y correlación de los conocimientos de las áreas de geotécnia, construcción, geología, topografía y arquitectura.

Otro aspecto que se suma a la anterior situación es la falta de una reglamentación para realizar los controles de movimientos verticales. El actual reglamento de construcciones, cuyas medidas tomadas después de los sismos de 1985 resultan imprecisas para los requerimientos, tolerancias y métodos que se deben aplicar para las nivelaciones de control de movimientos verticales; esta imprecisión a originado que en muchos casos este tipo de trabajos se realicen sólo con el objeto de cumplir con el reglamento respecto al control vertical, sin importar la precisión y los equipos de nivelación con la cual se deben realizar.

## B I B L I O G R A F I A

1. GEOLOGIA DE LA REPUBLICA MEXICANA  
I.N.G.I.- U N A M - Facultad de Ingeniería  
ED. INEGI - UNAM, DISTRITO FEDERAL, MEXICO 1985
2. ATLAS DE LA CIUDAD DE MEXICO  
Departamento del Distrito Federal y Colegio de México  
ED. PLASA Y VALDES, DISTRITO FEDERAL, MEXICO 1988
3. MANUAL DE EXPLORACION GEOTECNICA  
Secretaría General de Obras del Departamento del D. F.  
ED. S.G.O.D.D.F., DISTRITO FEDERAL, MEXICO 1988
4. NOTAS SOBRE EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES EN  
EL DISTRITO FEDERAL  
Raul J. Marsal  
ED. COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, DISTRITO FEDERAL, MEXICO 1988
5. CONCEPTOS BASICOS EN EL DISEÑO DE CIMENTACIONES COMPENSADAS  
SIN Y CON PILOTES DE FRICCIÓN  
Dr. Leonardo Seevaert W.  
ED. SOCIEDAD MEXICANA DE MECANICA DE SUELOS A.C., D.F. MEXICO 1990
6. REGLAMENTO DE CONSTRUCCION  
Departamento del Distrito Federal  
ED. LIBROS ECONOMICOS, DISTRITO FEDERAL, MEXICO 1989
7. NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION  
Departamento del Distrito Federal  
ED. LIBROS ECONOMICOS, DISTRITO FEDERAL, MEXICO 1990
8. TOPOGRAFIA  
Alvaro Torres M. , Eduardo Villate B.  
ED. NORMA, BOGOTA, COLOMBIA 1983
9. TRATADO GENERAL DE TOPOGRAFIA  
W. Jordan  
ED. GUSTAVO GILI S.A., MADRID, ESPAÑA 1978
10. TOPOGRAFIA  
M. Chueca Pazos  
TOMO I  
ED. DOSSAT, S.A., MADRID, ESPAÑA 1982
11. TOPOGRAFIA PARA INGENIEROS  
Philip Kissam C. E.  
ED. MC GRAM-HILL BOOK, COMPANY, MADRID, ESPAÑA 1966
12. TRABAJOS GEODESICOS EN LA CONSTRUCCION DE GRANDES OBRAS  
INDUSTRIALES Y EDIFICIOS  
Ya. A. Sundakov  
ED. MIR, MOSCU, URSS 1981
13. Ier CONGRESO NACIONAL DE INGENIEROS TOPOGRAFOS  
Memorias  
ED. COLEGIO DE INGENIEROS TOPOGRAFOS  
MORELIA, MICHOACAN, MEXICO 1987