



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE RENIVELACIÓN TOPOGRÁFICA EN  
UN INMUEBLE PROPIEDAD DEL INSTITUTO DE  
SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS  
TRABAJADORES DEL ESTADO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA**

**P R E S E N T A :**

**M A N U E L L Ó P E Z S O T O**



**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. JOSÉ BENITO GÓMEZ DAZA**

**MEXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2009**



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 esta 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.

## AGRADECIMIENTOS.

Dios.

Te doy las gracias por haberme dado lo mas valioso de este mundo, la vida, y te dedico a ti principalmente este logro que me costo tanto tiempo y dedicación.

A mis padres.

Que con su ayuda, amor y confianza han logrado que mis sueños se realicen, que Dios me los bendiga y los tenga a mi lado por mucho tiempo.

A Gaby.

Te agradezco tanto que me hayas visto detrás del muro, ya que sin ti estaría incompleto, simplemente.....te amo.

A mi hermana.

Que con sus consejos y regaños me han hecho un mejor estudiante y ser humano.

A mi tío Rogelio.

Con tu valiosa ayuda y enseñanza, he salido adelante en mi carrera universitaria.

A mis tíos, primos y familiares.

Gracias por su apoyo y comprensión.

Al Ing. Benito Gómez Daza.

Le agradezco su ayuda infinita en todos los aspectos, tanto académicos como personales, gracias profesor.

A mis profesores.

Que por su enseñanza y comprensión, han hecho que cada día que pasa, me supere mas para convertirme en un hombre de bien para mi patria.

A mis amigos Ing. Oscar Pérez, Rubén, Gilberto, Ing. Roberto de la Cruz. Gracias por su inigualable y perpetua amistad.

Y no por ultimo la menos importante, a la Universidad Nacional Autónoma de México, que hace que cada día y a cada lugar a donde voy, me enorgullezca ser hijo de la máxima casa de estudios. Por ti Universidad.

---

**INTRODUCCIÓN.****CAPITULO I. ANTECEDENTES. 2**

I.1 Antecedentes del proyecto.	3
I.2 Descripción de los trabajos realizados.	4
I.3 Resultados anteriores.	4
I.4 Desplomos	6
I.5 Conclusiones del último trabajo de nivelación.	8
I.6 Actualización.	9

**CAPITULO II. PERSONAL Y EQUIPO. 10**

II.1 Personal.	11
II.2 Equipo topográfico utilizado.	12
II.3 Características del equipo utilizado.	13
II.3.1 Nivel automático Wild na2.	13
II.3.2 Estación total.	16
II.3.3 Prismas.	20
II.3.4 Estadales o miras de nivelación.	21

**CAPITULO III. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA. 22**

III.1 Introducción.	23
III.2 Reglamento de construcción para el distrito federal.	24
III.3 Reconocimiento del inmueble.	28
III.3.1 Ubicación de marcas en las columnas del sótano.	28
III.3.2 Funcionamiento de las plomadas existentes.	28
III.3.3 Ubicación de bancos de nivel.	29
III.3.4 Acceso al interior del inmueble.	29
III.3.5 Ubicación de vértices de apoyo para la poligonal principal.	29

**CAPITULO IV. CONTROL HORIZONTAL. 30**

IV.1 Poligonales.	31
IV.1.1 Poligonal cerrada.	31
IV.1.2 Poligonal abierta.	32
IV.2 Métodos planimétricos.	33
IV.3 Compensación de una poligonal.	34
IV.3.1 Cierre angular.	34
IV.3.2 Cierre lineal.	35
IV.3.3 Regla de la brújula.	36
IV.3.4 Regla del tránsito.	37
IV.3.5 Mínimos cuadrados.	39

**CAPITULO V. CONTROL VERTICAL. 41**

V.1 Ordenes de nivelación.	42
V.2 Términos básicos empleados en la nivelación.	43
V.3 Métodos de nivelación.	45
V.3.1 Nivelación diferencial.	45
V.3.2 Nivelación diferencial de precisión.	47
V.3.3 Comprobación y ajuste de la línea de colimación.	49
V.3.4 Nivelación trigonométrica.	50
V.4 Comprobación de una nivelación.	51
V.5 Bancos de nivel.	53
V.6 Desplome.	55
V.7 Métodos alternativos para desplome de edificios.	56
V.7.1 Desplome con penta prisma.	57
V.7.2 Desplome por plomadas cónicas.	58
V.7.3 Desplome por proyección de puntos.	60
V.7.4 Desplome por proyección de vértices.	62
V.8 Nivelación de las columnas de construcción.	63
V.9 Presentación de los resultados de control vertical y horizontal.	66
V.9.1 Curvas de igual movimiento vertical.	66
V.9.2 Fundamento de las curvas de nivel.	67
V.9.3 Perfiles y secciones longitudinales.	68
V.9.4 Perfil longitudinal.	69
V.9.5 El perfil transversal.	70
V.9.6 Gráficas tiempo movimiento.	71

**CAPITULO VI. CALCULO TOPOGRÁFICO. 73**

VI.1 Habilitar plomadas existentes.	74
VI.2 Verificar marcas de desplomes.	74
VI.3 Reubicar el origen del señalamiento de las plomadas.	74
VI.4 Nivelación de señalamientos en columnas de sótano desde un banco de nivel superficial.	74
VI.5 Nivelación para dar elevación al banco de nivel profundo existente.	75
VI.6 Nivelación a piso de la planta baja.	75
VI.7 Nivelación a piso del nivel 11.	75
VI.8 Medición de desplomes mediante plomadas físicas.	75
VI.9 Ubicación de un vértice de cada una de las columnas del nivel 11 mediante coordenadas.	75
VI.10 Ubicación de un vértice de cada una de las columnas de la planta baja mediante coordenadas.	76
VI.11 Levantamiento topográfico mediante coordenadas.	76
VI.12 Levantamiento topográfico para ubicar los señalamientos existentes del desplome.	76

<b>CAPITULO VII. RESULTADOS.</b>	<b>77</b>
VII.1 Habilitación plomadas.	78
VII.2 Verificación de las marcas de desplome.	79
VII.3 Reubicación del origen del señalamiento de las plomadas.	79
VII.4 Medición de desplomes mediante plomadas físicas.	79
VII.5 Nivelación de señalamientos en columnas de sótano desde un banco de nivel superficial.	81
VII.6 Nivelación para dar elevación al banco de nivel profundo existente.	82
VII.7 Nivelación a piso de la planta baja.	85
VII.8 Poligonal de apoyo para radiaciones del edificio.	87
VII.9 Nivelación a piso del nivel 11.	90
VII.10 Ubicación de un vértice de cada una de las columnas del nivel 11 mediante coordenadas.	92
VII.11 Ubicación de un vértice de cada columna del estacionamiento en el nivel 2 mediante coordenadas.	93
VII.12 Levantamiento topográfico mediante coordenadas del perímetro de la estructura, tanto en azotea como en planta baja.	94
VII.13 Monitoreo de señalamientos en columnas de sótano.	95
VII.14 Planos resultantes.	98
VII.14.1 Curvas de nivel en el piso 11.	98
VII.14.2 Curvas de nivel en la planta baja.	99
VII.14.3 Ubicación de cancelería en azotea y planta baja para obtener el desplome.	100
VII.14.4 Esquina sureste.	101
VII.14.5 Esquina noreste.	102
VII.14.6 Esquina noroeste.	103
VII.14.7 Esquina suroeste.	104
VII.14.8 Plomeo en columnas.	105
VII.14.9 Croquis de los Bancos de Nivel.	106
VII.14.10 Croquis general.	107
VII.15 Resultados preliminares.	108
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>110</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>112</b>

---

## INTRODUCCIÓN.

Para cualquier tipo de edificaciones, se estipula en el Reglamento General de Construcciones para el Distrito Federal, publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el día 29 de Enero de 2004 y en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento General de Construcciones para el Distrito Federal, publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el día 06 de Octubre de 2004 en el Tomo II, la realización de un control altimétrico, a fin de observar el comportamiento de las excavaciones y cimentaciones y prevenir daños futuros a la propia edificación, a las edificaciones vecinas y a los servicios públicos que dependen de este.

Así como lo cita el Reglamento, *“Las obras de construcción, instalación, modificación, ampliación, reparación y demolición, así como el uso de las edificaciones y los usos, destinos y reservas de los predios del territorio del Distrito Federal, deben sujetarse a las disposiciones de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal y su Reglamento; de este Reglamento, sus Normas Técnicas Complementarias y demás disposiciones jurídicas y administrativas aplicables.”*

Este trabajo consiste pues, en la re-nivelación o seguimiento de los trabajos de nivelación que venia realizando la empresa Ingeniería Experimental S.A. de C.V. para el edificio localizado en Av. De la República No. 140 en la Col. Tabacalera en la Cd. de México, propiedad del Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE).

El ISSSTE proporcionó a la Universidad Nacional Autónoma de México, un estudio topográfico realizado por dicha empresa, donde se pueden observar una serie de estudios relacionados con nivelaciones y medición de desplomes. Estos estudios se iniciaron a partir del 28 de enero del año 2000 y terminaron el 24 de abril del año 2002; se llevó a cabo el monitoreo con un total de 13 proyectos altimétricos, presentando en cada una de ellas un informe en el que se señalan aspectos tales como ubicación de bancos de nivel, tanto superficiales como profundos y flotantes, tablas en donde se pueden calcular las diferenciales de hundimientos de las marcas de las columnas del sótano y también, con respecto a los desplomes, las variaciones que fueron presentado.

A pesar de ser un estudio completo, falta información sobre la ubicación específica de bancos de nivel superficial, cotas y marcas, que sin duda son indispensables para dar continuidad a la nivelación que se venia efectuando desde hace dos años y medio.

Por lo cual se llevo a cabo un nuevo monitoreo, comprendido en el periodo de noviembre de 2004 y febrero de 2005, el cual consiste en reubicar el origen de las plomadas existentes, ubicación de nuevos bancos de nivel, levantamiento planimétrico del inmueble, control altimétrico de las marcas de las columnas, etc.

Otro motivo 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, hundimiento regional, 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.

**CAPITULO I.**  
**ANTECEDENTES.**



## I.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.

Para registrar y evaluar el comportamiento del edificio del ISSSTE y en el cual se iniciaron desde enero de 2000, los trabajos correspondientes a la primera etapa del proceso de corrección geométrica, se han realizado mediciones topográficas y lecturas de los instrumentos instalados en el subsuelo. La frecuencia y períodos de ejecución de las mediciones topográficas realizadas entre enero de 2000 y abril de 2002, se han definido atendiendo al avance y condiciones reales de obra.

A partir de los resultados obtenidos en las primeras mediciones topográficas se pudo definir la configuración de deformación inicial, que constituye el marco de referencia para evaluar el proceso de corrección geométrica. Asimismo con base a los resultados obtenidos de las nivelaciones topográficas efectuadas se permitió conocer y controlar el comportamiento del edificio durante el desarrollo de las primeras fases de obra.

Finalmente las mediciones topográficas realizadas de manera aislada, después de los sismos de octubre de 2001 y abril de 2002 han permitido conocer que los eventos sísmicos no modificaron de manera importante la configuración de deformación preexistente del inmueble.

Como es bien sabido en el edificio ubicado en Plaza de la República No. 140, se implemento un programa de nivelaciones topográficas de precisión y medición de desplomos, con el propósito de registrar y evaluar el comportamiento de dicho edificio antes y durante los trabajos de la primera etapa de corrección geométrica.

Durante el periodo comprendido entre julio y diciembre del 2001, la frecuencia promedio de las mediciones topográficas fue de una vez cada dos meses, realizándose por indicaciones de la empresa a cargo de la supervisión una medición topográfica el día 24 de abril de 2002. El objetivo de esta medición topográfica fue evaluar el comportamiento del edificio, después del evento sísmico del 18 abril de 2002, con una magnitud de 6.3 grados en la escala de Richter.

A partir de los resultados obtenidos en las mediciones topográficas realizadas con anterioridad entre el 28 de enero de 2000 y 17 de diciembre de 2001, se puede comentar que el comportamiento del inmueble se caracterizo por un efecto de emersión aparente prácticamente en todo el inmueble.

## I.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Con el objeto de evaluar la respuesta del edificio propiedad del ISSSTE, después del sismo del 16 de abril de 2002, se realizó el 24 de abril de 2002 una nivelación topográfica de precisión de las referencias instaladas en los sótanos 3 y 4, referida al banco de nivel superficial BNS-01 ubicado en el parque de San Carlos al norte del edificio en estudio.

Asimismo se realizó también la medición de desplomos de las aristas del edificio de oficinas (Torre) para conocer la evolución de la pérdida de verticalidad que presenta actualmente el edificio. La medición de los desplomos también se realizó el 24 de abril de 2002.

## I.3 RESULTADOS ANTERIORES.

Nivelaciones topográficas:

A partir de los resultados obtenidos en la nivelación topográfica realizadas, se elaboraron las curvas de igual movimiento vertical, correspondientes al periodo comprendido entre el 28 de enero de 2000 y 24 de abril de 2002, y sobre las cuales se puede comentar lo siguiente.

Se ratifica la tendencia de emersión aparente en prácticamente todo el inmueble, acentuándose el patrón de deformación en el entorno de las columnas B-9, B'-13, y E'-13 reportándose valores de +28, +14 y +10. Asimismo se advierte entre diciembre de 2001 y abril de 2002 un aumento en la velocidad de emersión aparente en todo el inmueble.

En la tabla 1.1 se indican las velocidades de movimiento vertical registradas en las columnas más representativas del efecto de emersión aparente que se manifiesta actualmente en el inmueble.

COLUMNA	VELOCIDAD DE MOVIMIENTO VERTICAL (mm/mes)	VELOCIDAD DE MOVIMIENTO VERTICAL (mm/mes)
	28-ENE-00 17-DIC-01	17-DIC-01 24-ABR-02
B'-9	0.7	2.8
C'-10	0.6	2.3
A'-10	0.9	2.3
A'-14	0.5	0.9
F-14	-0.2	0
E'-13	0.4	0.9

Tabla 1.1

+ Emersión aparente  
- Hundimientos

En la siguiente tabla 1.2 se muestran las velocidades de deformación diferencial considerando el periodo global entre el 28 de enero de 2000 y 24 de abril de 2002.

Tendencia de formación	Hundimientos medidos, en mm		Hundimiento diferencial, en mm	Velocidad de hundimiento diferencial, en mm/mes
	Ejes	Ejes		
De la intersección de los ejes B'-9 a los ejes C'-13	B'-9 = 28	C'-13 = 14	14	0.5
De la intersección de los ejes D'-10 a los ejes C'-13	D'-10' = 18	C'-13 = 14	4	0.2
De la intersección de los ejes E'-13 a los ejes F-14	E'-13 = 10	F-14 = -6	16	0.6
De. La intersección de los ejes A'-10 a los ejes A'-14	A'-10 = 30	A'-14 = 16	14	0.5
De la intersección de los ejes F-14 a los ejes A'-14	F-14 = -6	A'-14 = 16	22	08

Tabla 1.2

Como se puede observar la máxima velocidad de deformación diferencial que se ha registrado en el periodo global de referencia es de 0.80 mm/mes entre las columnas F-14 y C-14 originándose una pendiente de deformación descendente en dirección poniente oriente, con una magnitud de 22 mm en una distancia de 44.5 m. La velocidad de deformación diferencial de menor magnitud se registró en el entorno de las columnas D-10 y C-13, originándose una pendiente de deformación descendente del sur oriente al norponiente con una magnitud de 4 mm en una distancia de 25 m.

### I.4 DESPLOMOS

Los resultados obtenidos en la medición de desplomos de las aristas de las esquinas del edificio ISSSTE realizada el mes de abril de 2002, se indican en la tabla 1.3.

REFERENCIAS	Desplomo, en m. 28-Enero-2000	Desplomo, en m. 24-abril-2002	SENTIDO
1	0.770	0.753	Norte
1'	0.162	0.113	Poniente
2	0.900	0.895	Norte
2'	0.136	0.160	Poniente
3	0.582	0.570	Norte
3'	0.205	0.206	Poniente
4	0.821	0.809	Norte
4'	0.390	0.352	Poniente
	Desplomos en m. 12-octubre-2001	Desplomos en m. 24-abril-2002	
5	0.203	0.202	Norte
5'	0.033	0.031	Poniente
6	0.100	0.101	Norte
6'	0.039	0.035	Poniente

Tabla 1.3

Notas:

Los desplomos medidos en la arista 3, representan la pérdida de verticalidad entre el nivel de azotea y el nivel de piso de estacionamiento.

La magnitud de los desplomos medidos el día 24 de abril de 2002 en las aristas del edificio se comparó con los desplomos iniciales registrados el 28 de enero de 2002

Observándose un pequeño incremento de la pérdida de verticalidad en la arista norponiente, con una magnitud de 24 mm hacia la dirección poniente. Asimismo en las aristas nororiental, sur oriente y surponiente se registro una disminución del desplomo, con una magnitud de 47.38 y 12 mm respectivamente, este decremento de la pérdida de verticalidad se registró en la dirección oriente en las dos primeras aristas y en la dirección sur en las últimas dos aristas; sin embargo se mantiene el desplomo general del edificio hacia el norponiente. En las aristas 5 y 6 se registró también una ligera disminución de la pérdida de verticalidad de 3 mm respecto a los medidos el 12 de octubre de 2001.

Tabla de nivelación (Tabla 1.4) de las referencias de las columnas. Realizadas por la empresa Ingeniería Experimental S.A. de C.V.

REFERENCIA	DIFERENCIA		FECHA	DIFERENCIA		FECHA	DIFERENCIA		FECHA
	PAR.	ACUM.	12-Oct-01	PAR.	ACUM.	17-Dic-01	PAR.	ACUM.	24-Abr-02
			Elevación			Elevación			Elevación
mm	mm	m	mm	mm	m	mm	mm	m	
1	-2	1	26.683	-7	-6	26.676	0	-6	26.676
2	-2	0	26.778	-7	-7	26.771			
3	-1	8	26.851	-13	-5	26.838	5	0	26.843
4	-1	8	27.026	-12	-4	27.014	2	-2	27.016
5	-1	9	27.126	-12	-3	27.114	1	-2	27.115
6	-4	3	26.675	-4	-1	26.671	0	-1	26.671
7				-10	8	26.778	4	12	26.782
8							-7	11	26.897
9	-1	6	26.985	-5	1	26.98	3	4	26.983
10	-1	12	27.094				2	14	27.096
11									
12	-3	9	26.591	-3	6	26.588	0	6	26.588
13	-3	11	26.72	-3	8	26.717			
14	-3	16	26.852	-2	14	26.85	0	14	26.85
15	-2	14	26.93	-1	13	26.929	4	17	26.933
16	-3	12	27.095	-2	10	27.093	8	18	27.101
17	-2	13	27.197	-3	10	27.194	10	20	27.204
18							25	19	26.089
19	-1	13	25.291	-7	6	25.284	5	11	25.289
20	3	6	25.445	-2	4	25.443	9	13	25.452
21	0	12	25.519	-6	6	25.513	10	16	25.523
22	-1	18	25.679	-5	13	25.674	10	23	25.684
23	-1	7	25.816	-3	4	25.813	8	12	25.821
24	-1	18	25.98	-3	15	25.977	10	25	25.987
25	-1	18	26.115	-1	17	26.114	7	24	26.121
26	-1	13	25.216	-6	7	25.21	5	12	25.215
27	0	14	25.379	-6	8	25.373	6	14	25.379
28							3	11	25.469
29	0	15	25.674	-5	10	25.669	11	21	25.68
30	0	14	25.83	-3	11	25.827	9	20	25.836
31	-1	19	25.974	-3	16	25.971	12	28	25.983
32	-1	18	26.073	-2	16	26.071	15	31	26.086
33	0	11	26.156	1	12	26.157	14	26	26.171
34	-1	15	25.26	-3	12	25.257	4	16	25.261
35	-2	20	25.346	-4	16	25.342	6	22	25.348
36	-2	15	25.52	-3	12	25.517	10	22	25.527
37	-1	19	25.642	-2	17	25.64	10	27	25.65
38	-1	22	25.837	-1	21	25.836	10	31	25.846

Tabla 1.4

## I.5 CONCLUSIONES DEL ÚLTIMO TRABAJO DE NIVELACIÓN.

- a) En las curvas de nivel en el periodo comprendido entre el 28 de enero de 2000 y el 24 de abril de 2002, se advierte un efecto general de emersión aparente en prácticamente todo el edificio. Este patrón de movimientos se manifiesta de manera no uniforme reportándose los valores máximos de emersión aparente de +32 mm en la columna A'-40.
- b) En la esquina noreste de reporta en una zona aislado una tendencia de asentamiento de bajo magnitud de -6 mm.
- c) La velocidad de movimientos verticales diferenciales de mayor magnitud se manifiesto entre las columnas F-14 y A'-14 alcanzando un valor de de 0.80 mm/mes. Lo que representa una deformación máxima de 22 mm en el periodo global de mediciones.

Ejemplo de las Gráficas de perfiles de los ejes del edificio. Figuras 1.4 y 1.5.

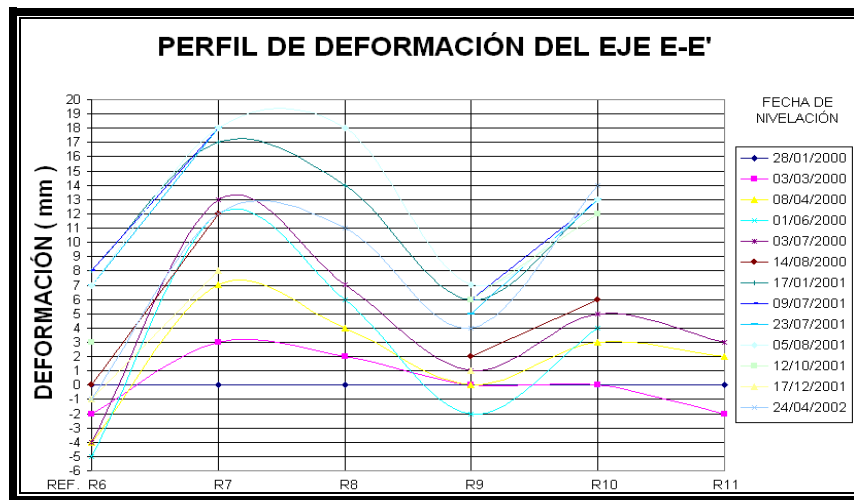


Fig.1.4 Perfil del eje E-E'.

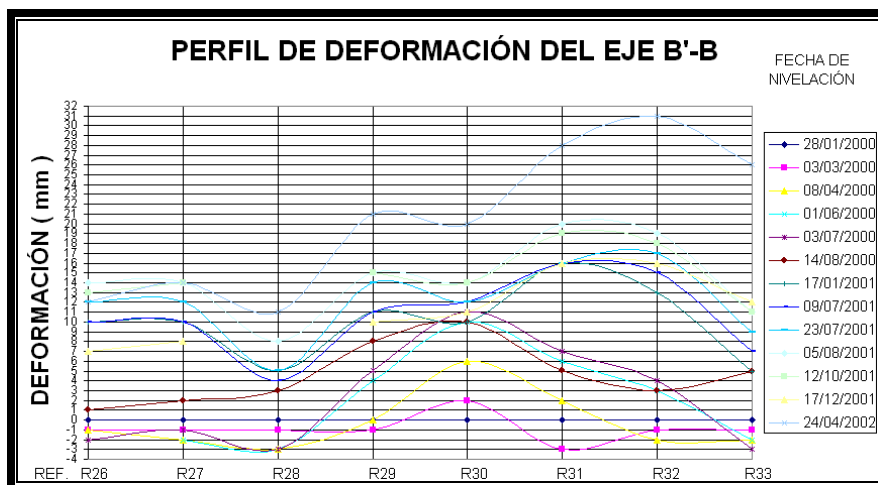


Fig. 1.5 Perfil del eje B-B'.

---

## I.6 ACTUALIZACIÓN.

No obstante de ser un estudio completo, dentro de la información más importante para poder continuar con el monitoreo después de dos años y medio aproximadamente, no se especificaron claramente los siguientes puntos:

- La ubicación del banco de nivel superficial al que hacen referencia, ya que textualmente se indican una serie de descripciones que no coinciden con lo establecido en la descripción gráfica, lo que provoca desconfianza en la localización de dicho banco de nivel.
- La cota de los bancos de nivel que se mencionan no está especificada claramente.
- No hay propiamente un dato que asegure a qué banco de nivel y su cota, al cual están referidas todas las nivelaciones de las marcas de referencia de las columnas del sótano.
- Las marcas que se encuentran en el entorno de los desplomes (cuatro esquinas del inmueble) no tienen una descripción para poder relacionar su correspondencia, ni la fecha de su establecimiento.

En el lugar se encontraron un sin número de marcas, mismas que se describen a continuación:

En la banqueta frente al edificio se encontraron marcados los tornillos de los arbotantes, tal vez utilizados como bancos de nivel para controlar el hundimiento del entorno. Cuatro aditamentos colocados en la azotea del edificio para poder pender de ellos las plomadas físicas, de los cuatro solo uno estaba completo, dos no tenían plomadas ni cable para poder realizar el estudio del desplome y el otro casi completo, ya que solo le faltaban seis metros de cable para poder hacer llegar la plomada al piso, no obstante, no era posible añadir un pedazo de cable ya que se falsearían las mediciones.

- En cada una de las columnas del sótano, se encontró una marca consistente en una rondana atornillada, grabada con una línea horizontal.
- En la zona sur del edificio se encontró un banco de nivel profundo sin terminar.
- En el sótano se detectaron dos bancos de nivel flotante.
- En las esquinas a nivel banqueta, planta baja y piso del nivel 7 del área de estacionamiento, se detectaron dos marcas en cada esquina: una con un clavo y otra con pintura y un orificio en el concreto.

**CAPITULO II.**  
**PERSONAL Y EQUIPO.**



## II.1 PERSONAL

El personal empleado en este proyecto, estaba capacitado y contaba con la experiencia comprobable de trabajos anteriores, similares y/o de características similares. Además de conocer y manejar adecuadamente el equipo topográfico empleado en este estudio, así como la metodología a utilizar en la realización de levantamientos de índole topográficos (planimétricos y altimétricos) y además herramientas complementarias; así como programas de computo para la realización de este trabajo (software de dibujo y hojas de calculo).

Para poder realizar este trabajo fue necesario conformar una brigada competente para poder resolver cualquier tipo de problema, de cualquier circunstancia que se hubiera presentado.

Para lo cuál se contó con la siguiente plantilla de trabajo, descrita en la tabla 2.1.

PERSONAL	CANTIDAD	FUNCIÓN
INGENIERO	1	Se encargo de llevar a cabo la planeación y coordinación de los trabajos a realizar, así como también la realización de las lecturas de los aparatos en el campo.
AUXILIAR DE INGENIERO	1	Se dedico a realizar los apuntes que el ingeniero obtuvo al observar en los aparatos, llevo a cabo los cálculos necesarios (supervisado por el ingeniero).
ESTADALERO Y PRISMERO	2	Realizaron las puestas de los equipos complementarios para la medición (estadales y prismas). Su función fue muy importante, ya que la precisión de colocar estos equipos nos daría la precisión requerida.
DIBUJANTE	1	Encargado de realizar los cálculos y dibujos por medio de software especializado por computadora.
CHOFER	1	Encargado de llevar y recoger a la brigada en turno, así como al equipo topográfico. Desde Ciudad Universitaria hasta la zona Centro del D.F.

Tabla 2.1

La función de cada integrante fue coordinada por el jefe de brigada de topografía del proyecto, en este caso fue el Ing. Víctor M. Mozo y Tenorio, Coordinador de la Carrera de Ingeniería Geomática de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México.

## II.2 EQUIPO TOPOGRÁFICO UTILIZADO.

El equipo topográfico utilizado para poder desarrollar el proyecto tanto en altimetría como en planimetría fue el que se describe a continuación:

1. Estación total marca LEICA modelo TC600
2. Aditamentos para las estaciones totales, tales como:
  - Prismas
  - Bastones para prismas
  - Bases universales para prismas
3. Nivel automático marca WILD modelo NA-2
4. Miras verticales cortas (estadales)
5. 1 computadora portátil para procesar datos en campo
6. 2 computadoras de escritorio
7. Software para dibujo y para transferencia de datos
  - Autocad
  - Civil CAD
  - Tc Tools

Todo instrumento de medición, sólo es completamente eficaz cuando se le trata cuidadosamente y cuando los métodos de medición se adaptan a las particularidades del instrumento. A cada instrumento le pertenece una instrucción para el empleo adecuado.

### II.3 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO UTILIZADO.

A continuación se describen las características de los equipos topográficos empleados para la realización de este proyecto. Esto con el fin de conocer el funcionamiento interno y externo del equipo; además del tipo de correcciones necesarias que se deben aplicar en caso de cambios climatológicos.

#### II.3.1 NIVEL AUTOMÁTICO WILD NA2<sup>1</sup>

##### 1. Datos técnicos del equipo

Error medio para 1 Km. de Nivelación doble con micrómetro de placa plano paralela	±0,7 mm*	±0,3 mm
Anteojos	imagen real directa	
Aumento:		
Ocular Standard	32 x	
Ocular FOK73	40 x	
Ocular FOK117	25 x	
Diámetro del objetivo	45 mm	
Campo visual a 100 m	2,3 m	
Distancia mínima de enfoque	1,8 m	
Constante de multiplicación		100
Constante de adición	0	
Longitud	250 mm	
Compensador		
Amplitud de oscilación libre	15'	
Precisión de estabilización	0,3"	
Sensibilidad del nivel esférico	8'/2 mm	
Círculo	360° (400°)	
Diámetro de la graduación	70 mm	
Intervalo de la graduación	1° (1 <sup>g</sup> )	
Lectura a estima	1' (1 <sup>e</sup> )	
Micrómetro de placa plano paralela (con escala en cristal)		
Alcance	Intervalo	Estima
10 mm	0,1 mm	0,01 mm
0,02 pie	0,0001 pie	0,00005 pie
0,5 pulg.	0,01 pulg.	0,001 pulg.

\* Según mira y método empleado

<sup>1</sup> Manual de Operación del Nivel Automático Universal NA-2 de Wild. Suiza, 1999

## 2. Descripción del instrumento

La placa base circular lleva un paso de rosca Standard que permite emplear el NA2 sobre todos los trípodes Wild. La parte superior rotatable se compone en sustancia del anteojo con un compensador óptico-mecánico que nivela automáticamente la línea de puntería después que el instrumento ha sido puesto horizontal con ayuda de su nivel esférico y los tres tornillos nivelantes. Fig. 2.2.



Fig. 2.2 Nivel automático NA-2 de Wild.

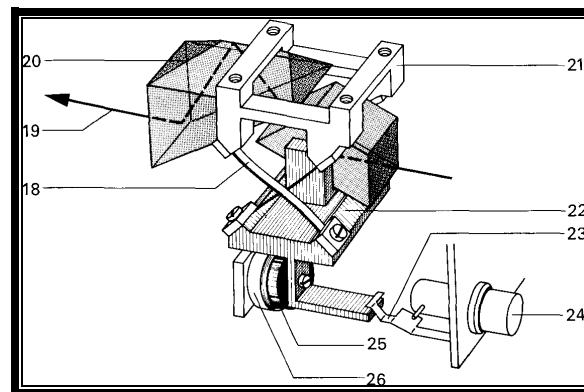


Fig. 2.3 Ilustración del mecanismo interno del nivel NA-2.

- 18 Cintas de suspensión
- 19 Línea de puntería
- 20 Prisma tejado
- 21 Soporte
- 22 Péndulo con prisma
- 23 Muelle elástico
- 24 Botón para control del funcionamiento
- 25 Amortiguador
- 26 Tubo de amortiguación

El elemento compensador (Fig. 2.3) consiste de un péndulo con prisma (22), el cual está fijado por cintas pretensionadas (18) en forma de cruz y unidas firmemente al armazón del compensador. El péndulo tiene un movimiento libre, controlado entre dos topes, que siempre se encuentra en equilibrio cuando el nivel esférico está centrado. La oscilación del péndulo viene eficazmente frenado por amortiguación por aire. El NA-2 tiene un botón para el control del funcionamiento (24). Presionando este botón antes de una lectura, el péndulo va empujado por un resorte (23) y se puede ver cómo la línea de puntería se desplaza e inmediatamente se equilibra de nuevo. De este modo ya no es necesario golpear el trípode o el instrumento, actualmente costumbre general en los niveles automáticos. Además, uno se puede inmediatamente dar cuenta de que el nivel está todavía bien horizontal.

Cuando por ejemplo la burbuja del nivel esférico se ha desplazado notablemente al alinear el anteojo hacia la mira, se ve después de presionado el botón que la línea de puntería no se equilibra amortiguada sino que se para bruscamente debido al tope del compensador.

El ocular del anteojo lleva una división en dioptrías. Por medio de un anillo de bayoneta el ocular puede intercambiarse por un ocular de un aumento de 37x, el ocular de auto colimación, el ocular Láser o bien la lámpara de ocular. Para obtener una imagen nítida de la mira, se dispone del botón de enfoque con un movimiento grueso-fino.

El anteojo está provisto de trazos estadimétricos 1:100. Para una puntería rápida, el NA2 tiene una abrazadera a fricción con un tornillo sin fin, para el movimiento fino en ambos lados. Para proteger el instrumento contra la intemperie, rayos del sol, polvo y lluvia, se tapa este con la concha inferior del estuche.



Fig. 2.4 Imagen del nivel automático NA-2 de la marca Wild.

### II.3.2 ESTACION TOTAL<sup>2</sup>

#### 1. Datos técnicos del equipo

Medición de ángulos	absoluta, continua
Actualización	0.3 segundos
Unidades de medida (a seleccionar)	400 gon, 360° decimal, 360° sexagesimal, V %
Indicación de ángulos (a seleccionar)	1", 5", 10"; 0.001° 1 mgon, 0.5 mgon
Desviación estándar	Hz: 5" (1.5 mgon) V: 5" (1.5 mgon)
Índice vertical automático	Gama de ajuste: ±5' (±0.018 gon) Precisión: ±2" (±0.6mgon)
Sensibilidad del nivel	Burbuja de nivel: 472mm Nivel electrónico: 5" (1.5 mgon)
Anteojo	Diámetro del campo visual: 27m/Km. Altura sobre el plato de la base nivelante del eje de muñón: 196 mm Aumento 28X Diámetro libre del objetivo: 28mm Distancia de mira mínima: 2m
Hilo de plomada óptico	En la base nivelante, enfocable Aumento 2X
Pantalla	Posición del anteojo I 4 líneas a 16 caracteres
Teclado	Posición del anteojo I 7 teclas de función presión de activación 30g
Medida de distancia	Frecuencia de medición 50 Mhz, 3 m onda portadora 0.860 μm infrarroja
Desviación estándar	3 mm + 3 ppm
Alcance	1100 m con 1 prisma

Alcances:

Número de prismas circulares	Condiciones atmosféricas		
	Desfavorables <sup>1</sup>	Medianas <sup>2</sup>	muy favorables <sup>3</sup>
1	800 m	1100 m	1300 m
3	1000 m	1600 m	2000 m

1) muy brumoso, alcance visual 3 Km., o radiación solar intensa con fuerte reverberación del aire.

2) ligeramente brumoso, o parcialmente soleado, con reverberación débil del aire.



## 2. Descripción del instrumento

Principales elementos de la estación total tc600 de leica.

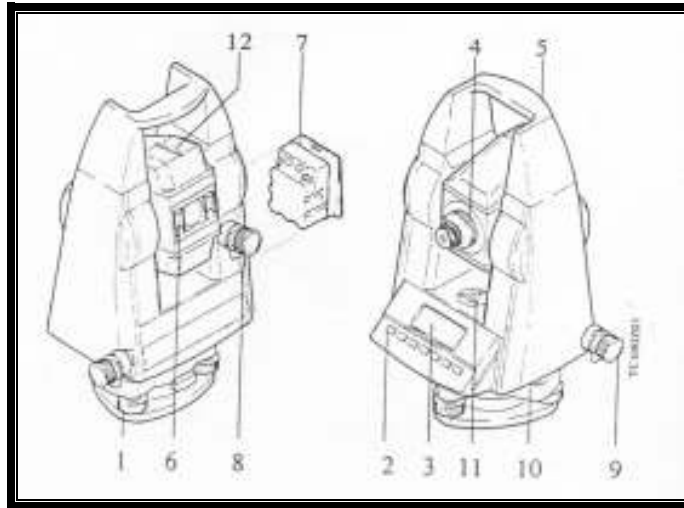


Fig. 2.5 ilustración de la estación con sus principales elementos.

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. Tornillo nivelante.                | 8. Tornillo de ajuste fino, vertical.          |
| 2. Teclado.                           | 9. Tornillo de ajuste fino, horizontal.        |
| 3. Pantalla.                          | 10. Interfase RS-232                           |
| 4. Enfoque.                           | 11. Burbuja de nivel.                          |
| 5. Asa de transporte.                 | 12. Telescopio.                                |
| 6. Orificio de salida Taquímetro EDM. | 13. Orificio de salida del Rayo EGL1 (opción). |
| 7. Batería.                           |  |



Fig. 2.6 Fotografía de la estación total TC600 de Leica.



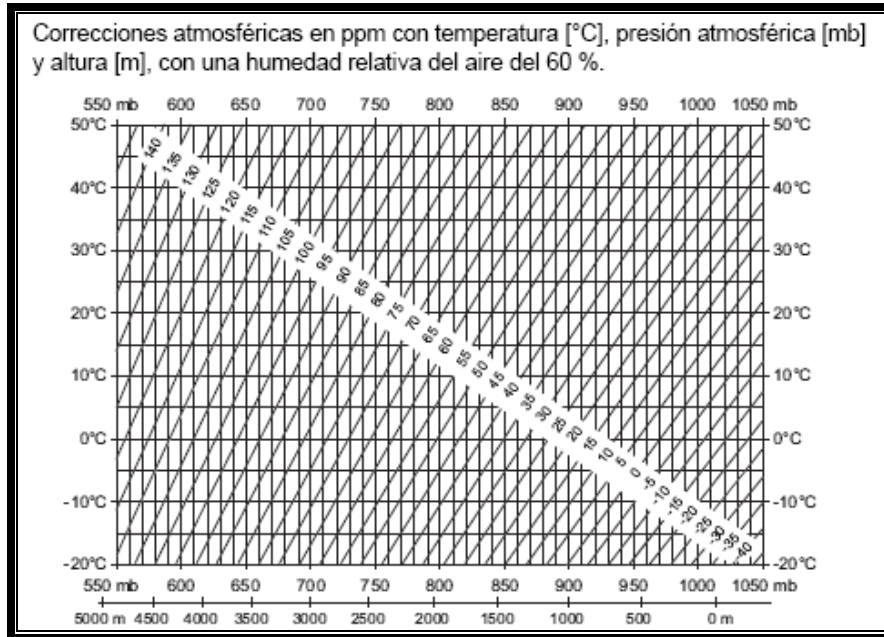


Tabla 2.7 Ajustes para corrección de tipo atmosférico.

La tabla 2.7 nos ayudara a determinar la constante en partes por millón (ppm) que debemos indicar a la estación total, para que ella haga la corrección a la distancia medida, esto debido a los cambios de condiciones climatológicos. Este tipo de corrección debe hacerse al principio, mitad y final de la jornada de trabajo; ya que las condiciones atmosféricas (presión y temperatura) en algunas zonas pueden variar en un par de horas y estas pueden afectar la medida de nuestros datos.

La fórmula para calcular las partes por millón seria la siguiente: <sup>3</sup>

$$ppm = 274.41 - 79.39 \cdot \frac{P}{(273.15 + t)} + 11.27 \cdot \frac{P_w}{(273.15 + t)}$$

Donde:

p = presión en milibares

p<sub>w</sub> = presión parcial del vapor de agua en milibares

t = temperatura del aire en grados Celsius

La presión parcial del vapor de agua (p<sub>w</sub>) se calcula utilizando la siguiente fórmula

$$p_w = \frac{h}{100} \cdot 6.1078 \cdot e^{\left(\frac{17.269 \cdot t}{237.3 + t}\right)}$$

Donde:

t = temperatura del aire en grados Celsius

h = humedad relativa en %

<sup>3</sup> Manual general del software Geodimeter. Tomo 1. Trimble Navigation Limited Engineering and Construction Division. Dayton, Ohio. U.S.A., 2005. pp 237,238,239

### II.3.3 PRISMAS.

Los objetos que comúnmente se usan como puntos de mira para visar al efectuar mediciones angulares con tránsitos y teodolitos son las balizas, marcadores o fichas de cadenear, lápices, hilos de plomada y miras o blancos montados en tripies.

Cuando las estaciones totales se usan solo para medir ángulos pueden utilizarse estos tipos de miras. Si también se van a medir distancias, entonces se usan balizas prismáticas. Un factor importante en la precisión y alcance de la medición de distancias son los prismas reflectores. Los prismas reflejan los rayos en la misma dirección en que llegan. Sus características de precisión están dadas por los lados del cristal cuyas caras deben ser perfectamente paralelas así como por la perpendicularidad precisa de las caras.



Fig. 2.8 Fotografía del prisma circular utilizado en las mediciones.

### II.3.4 ESTADALES O MIRAS DE NIVELACIÓN.

Son reglas graduadas en metros y decimales, o bien, en pies y decimales. Se fabrican de madera, fibra de vidrio, acero o metal.

Existen varios tipos y modelos, pero la selección de ellos dependerá de los objetivos que se persigan o en su defecto de la disponibilidad que se tenga. Es claro que entre mejor sea el equipo que se utilice, mejores serán los resultados; pero si se trabaja en condiciones de terreno difíciles y de clima extremo, la selección tendrá que ser muy bien pensada.

Los estadales deben tener una posición vertical, esto se logra por diversos métodos:

- Mediante una niveleta ya sea fija o movable, asegurará un aplome rápido y correcto. Su forma en “L” le permite ajustarse a las caras trasera y lateral del estadal, y su nivel esférico de burbuja permite lograr el aplome del estadal en ambas direcciones.
- Mediante una plomada de albañil o bien una de las que se usan en los aparatos de topografía.
- Realizando movimientos hacia delante y hacia atrás.

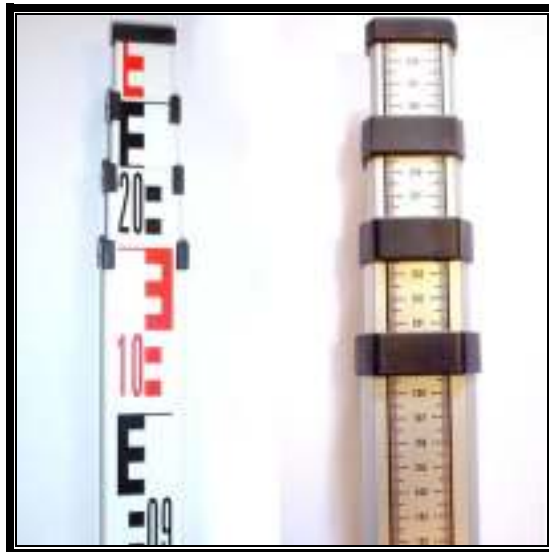


Fig. 2.9 Estadales de aluminio utilizados en las nivelaciones.

**CAPITULO III.**

**RECONOCIMIENTO  
DE LA ZONA.**

### III.1. INTRODUCCIÓN.

El edificio se encuentra localizado en Av. De la República No. 140 en la Col. Tabacalera, Delegación Cuauhtemoc, en la Ciudad de México, a unos 300 metros al Oriente del Monumento a la Revolución y a 200 metros al poniente del Edificio de la Lotería Nacional, esto a un costado de la Avenida Paseo de la Reforma, cuya ubicación geográfica aproximada del inmueble es:

$$\text{Latiud}(\varphi) = 19^{\circ} 26' 07'' N$$

$$\text{Longitud}(\lambda) = 99^{\circ} 09' 07'' W$$

Y aproximadamente se encuentra a una elevación de 2,245 metros sobre el nivel medio del mar.



Fig. 3.1 Croquis de la ubicación del Edificio (Oficinas del ISSSTE)



Fig. 3.2 Fotografía del Edificio del ISSSTE

---

## III.2 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL DISTRITO FEDERAL.

La Ciudad de México se determina por varios factores que afectan el diseño de las estructuras, estos son los depósitos lacustres altamente compresibles, las características mecánicas de los estratos, el fenómeno del hundimiento y la sismicidad.

La urbe ha estado sujeta a lo largo de su historia a los riesgos geológicos que la rodean. Los daños sufridos en la capital a raíz de los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985 muestran que durante su incontrolable crecimiento, la ciudad se ha hecho más vulnerable a los fenómenos sísmicos, debido al número y tipo de edificaciones construidas en los últimos treinta años.

Ya que en Distrito Federal, se presentan asentamientos importantes desde los tiempos de la Colonia; originados por la sobrecarga de construcciones y la sobre-explotación de los mantos acuíferos del sub-suelo; hasta nuestros días, se ha propiciado que el Gobierno del Distrito Federal, adopte una normatividad en el diseño y construcción de cimentaciones.

Después de los sismos que han acontecido desde el año de 1985, se ha tenido que revisar y actualizar las Normas de Diseño Estructural y verificar las zonas en que se pretende tener edificaciones, lo que da paso al señalamiento de las normas de construcción para el Distrito Federal y a sus normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones

Como lo define el artículo 170 del Capítulo VIII del Título Sexto del Reglamento, para fines de las presentes Normas, el Distrito Federal se divide en tres zonas con las siguientes características generales:

- a) Zona I. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas, de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena y de rellenos no controlados;
- b) Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo arenoso intercalado con capas de arcilla lacustre; el espesor de estas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros
- c) Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresibles, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son generalmente medianamente compactas a muy compactas y de espesor variable de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales, materiales desecados y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

En la Fig. 3.7 se muestran las porciones del Distrito Federal cuyo subsuelo se conoce aproximadamente en cuanto a la zonificación anterior.

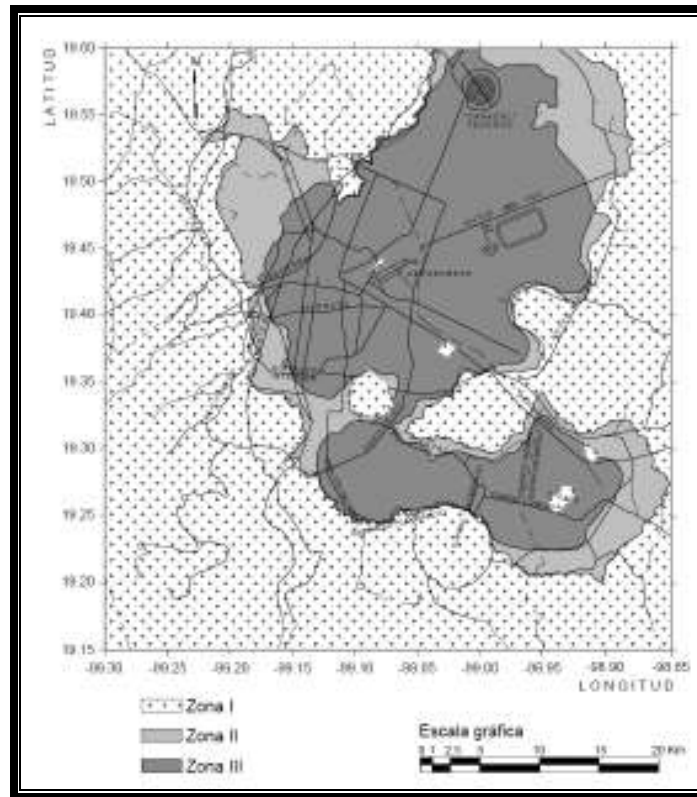


Fig. 3.7 Zonificación geotécnica de la Ciudad de México.

En cualquier otro caso, la zona se definirá a partir de exploraciones directas del subsuelo. La investigación del subsuelo del sitio mediante exploración de campo y pruebas de laboratorio se apoyará en el conocimiento geológico general y local que se tenga de la zona de interés y deberá ser suficiente para definir de manera confiable los parámetros de diseño de la cimentación y la variación de los mismos en el predio. Además, deberá permitir obtener información suficiente sobre los aspectos siguientes:

- 1) En la zona I se averiguará si existen en ubicaciones de interés materiales sueltos superficiales, grietas, oquedades naturales o galerías de minas y, en caso afirmativo, se obtendrá la información requerida para su apropiado tratamiento. En la porción de la zona I no cubierta por derrames basálticos, los estudios se iniciarán con un reconocimiento detallado del lugar donde se localice el predio, así como de las barrancas, cañadas o cortes cercanos al mismo, para investigar la existencia de bocas de antiguas minas o de capas de arena, grava y materiales pumíticos que hubieran podido ser objeto de explotación subterránea en el pasado. El reconocimiento deberá complementarse con los datos que proporcionen habitantes del lugar y la observación del comportamiento del terreno y de las construcciones existentes así como el análisis de fotografías aéreas antiguas. Se determinará si el predio fue usado en el pasado como depósito de desechos o fue nivelado con rellenos colocados sin compactación. Se prestará asimismo atención a la posibilidad de que el suelo natural esté constituido por depósitos de arena en estado suelto o por materiales finos cuya estructura sea inestable en presencia de agua o bajo carga.

---

En los suelos firmes se buscarán evidencias de grietas limpias o rellenas con material de baja resistencia, que pudieran dar lugar a inestabilidad del suelo de cimentación, principalmente, en laderas abruptas.

Se prestará también atención a la posibilidad de erosión diferencial en taludes o cortes, debida a variaciones del grado de cementación de los materiales que los constituyen. En las zonas de derrames basálticos, además de localizar los materiales volcánicos sueltos y las grietas superficiales que suelen estar asociados a estas formaciones, se buscarán evidencias de oquedades subterráneas dentro de la lava que pudieran afectar la estabilidad de las cimentaciones. Se tomará en cuenta que, en ciertas áreas del Distrito Federal, los derrames basálticos yacen sobre materiales arcillosos compresibles.

2) En las zonas II y III, se averiguará la historia de carga del predio y la existencia de cimentaciones antiguas, restos arqueológicos, rellenos superficiales antiguos o recientes, variaciones fuertes de estratigrafía, suelos inestables o colapsables, o cualquier otro factor que pueda originar asentamientos diferenciales de importancia, de modo que todo ello pueda tomarse en cuenta en el diseño. Asimismo, en estas zonas se deberá investigar la existencia de grietas en el terreno, principalmente en las áreas de transición abrupta entre las zonas I y III que se pueden apreciar en el mapa.

En la zona II, la exploración del subsuelo se planeará tomando en cuenta que suele haber irregularidades en el contacto entre las diversas formaciones así como mantos de agua colgada y variaciones importantes en el espesor de los suelos compresibles.

Cuando se realicen trabajos relacionados con la determinación de la verticalidad, asentamiento o emersión de construcciones aisladas o colindantes, se deben establecer alineamientos o puntos de referencia y bancos de nivel visibles e invariables, de fácil acceso, marcados con pintura indeleble, preferentemente en placas de acero, bronce o aluminio, situados en edificios colindantes al referido, u otro sitio lo suficientemente alejado de tal forma, que no se vea afectado por los movimientos de la obra, o que de tenerlos son conocidos y su influencia está controlada analíticamente. Los movimientos de asentamientos o emersión de una estructura, se determinan con la diferencia de nivelaciones en un periodo estimado.

El número de observaciones realizadas para conocer la verticalidad o asentamiento – emersión, será determinado por el proyecto y los datos obtenidos serán entregados con la frecuencia y periodicidad que determine la Residencia de Obra.



La revisión de la cimentación ante estados límite de servicio se hará tomando en cuenta los límites indicados en la tabla 3.8

6 de octubre de 2004		GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL		21
dichos elementos y toda otra acción que se genere sobre la propia cimentación o en su vecindad.				
<b>Límites máximos para movimientos y deformaciones originados en la cimentación<sup>1</sup></b>				
<b>a) Movimientos verticales (hundimiento o emersión)</b>				
		Concepto	Límite	
En la zona I:				
Valor medio en el área ocupada por la construcción:				
		Asestamiento: Construcciones aisladas	5 cm <sup>(2)</sup>	
		Construcciones colindantes	2.5 cm	
En las zonas II y III:				
Valor medio en el área ocupada por la construcción:				
		Asestamiento: Construcciones aisladas	30 cm <sup>(2)</sup>	
		Construcciones colindantes	15 cm	
		Emersión: Construcciones aisladas	30 cm <sup>(2)</sup>	
		Construcciones colindantes	15 cm	
		Velocidad del componente diferido	1 cm/semana	
<b>b) Inclinación media de la construcción</b>				
		Tipo de daño	Límite	Observaciones
		Inclinación visible	$100 / (100 + 3h_c)$ por ciento	$h_c$ = altura de la construcción en m
		Mal funcionamiento de grúas viajeras	0.3 por ciento	En dirección longitudinal
<b>c) Deformaciones diferenciales en la propia estructura y sus vecinas</b>				
		Tipo de estructuras	Variable que se limita	Límite
		Marcos de acero	Relación entre el asentamiento diferencial entre apoyos y el claro	0.006
		Marcos de concreto	Relación entre el asentamiento diferencial entre apoyos y el claro	0.004
		Muros de carga de tabique de barro o bloque de concreto	Relación entre el asentamiento diferencial entre extremos y el claro	0.002
		Muros con acabados muy sensibles, como yeso, piedra ornamental, etc.	Relación entre el asentamiento diferencial entre extremos y el claro	0.001
		Paneles móviles o muros con acabados poco sensibles, como mampostería con juntas secas	Relación entre el asentamiento diferencial entre extremos y el claro	0.004
		Tuberías de concreto con juntas	Cambios de pendiente en las juntas	0.015
<sup>1</sup> Comprende la suma de movimientos debidos a todas las combinaciones de carga que se especifican en el Reglamento y las Normas Técnicas Complementarias. Los valores de la tabla son sólo límites máximos y en cada caso habrá que revisar que no se cause ninguno de los daños mencionados al principio de este Capítulo.				

Tabla 3.8 Límites máximos para movimientos y deformaciones originados en la deformación.

### III.3 RECONOCIMIENTO DEL INMUEBLE

Para darle continuidad al trabajo de renivelación, proseguimos a la ubicación de puntos, marcas, plomadas y bancos utilizados anteriormente en el proyecto.



Fig. 3.9 Imagen Satelital del Edificio del ISSSTE.

#### III.3.1 UBICACIÓN DE MARCAS EN LAS COLUMNAS DEL SÓTANO

Se ubicaron 42 marcas en las columnas del sótano, se revisaron minuciosamente con el objeto de verificar que estuvieran en condiciones favorables para utilizarlas como marcas de referencia en el presente estudio; al término de la revisión se llegó a la conclusión de que podían ser adoptadas.

#### III.3.2 FUNCIONAMIENTO DE LAS PLOMADAS EXISTENTES

En el recorrido realizado por la azotea del inmueble en estudio, se encontraron cuatro postes de acero: tres de ellos en posición horizontal con muertos de concreto como contrapeso y soporte del tubo y uno de ellos sin dicho muerto. Estos postes se encontraron uno en cada esquina del edificio; el extremo del tubo sobrepasa la estructura de cancelería del edificio y tiene sujeta una polea, por la cual pasa un cable que detiene una plomada de 25 kilogramos de peso. Dicho cable solamente se encontró en dos de las poleas, de las que solo una podía tener alcance hasta el piso; la otra, tiene un faltante entre 6 y 8 metros de cable para alcanzar el piso. Únicamente dos instalaciones de las descritas cuentan con su plomada.

Por lo que se refiere a los otros dos tubos del lado norte, no contaban ni con cable ni con plomadas.

### **III.3.3 UBICACIÓN DE BANCOS DE NIVEL**

Se realizó un recorrido en el interior del edificio para localizar los bancos de nivel que se marcaban en los reportes proporcionados por el ISSSTE, ubicando cinco bancos de nivel flotantes en el sótano y un banco de nivel profundo al suroeste del edificio.

En el entorno del edificio se localizó un posible banco de nivel superficial al cual hacen referencia los reportes, pero por no tener clara dicha ubicación, como anteriormente se mencionó, no fue considerado para este estudio.

### **III.3.4 ACCESO AL INTERIOR DEL INMUEBLE**

Se contactó con personal del ISSSTE y personal de seguridad para poder facilitar el ingreso tanto de nuestro personal como del equipo al interior del inmueble, así como para poder acceder a cada uno de los sitios de interés tanto en azotea, como en el onceavo piso, planta baja y sótanos y demás permisos para poder entrar a los cubículos en zonas de oficinas tanto en horas laborables como no laborables.

### **III.3.5 UBICACIÓN DE VÉRTICES DE APOYO PARA LA POLIGONAL PRINCIPAL**

Uno de los estudios a realizar es el de ubicar, mediante coordenadas, las columnas del inmueble en el onceavo piso y en la planta baja, determinar la desviación de cada una de estas columnas con respecto a la vertical y calcular su desplome.

Los vértices requeridos se establecieron en calles aledañas al inmueble y en la banqueta del mismo, así como en la azotea, en el interior y la parte posterior del edificio por la calle de Reforma. En total se establecieron 20 vértices.

**CAPITULO IV.**

**CONTROL  
HORIZONTAL.**

El Control Horizontal es el marco de referencia, mediante el cual los rasgos terrestres y marítimos se representan en su verdadera posición; tiene por objeto, proporcionar una estructura de puntos de apoyo cuyas posiciones horizontales se conozcan con exactitud. Estos datos de posición son indispensables para llevar a cabo estudios detallados subsecuentes.

En los levantamientos planimétricos se deben observar las siguientes órdenes y clases en función de la exactitud:

ORDEN	CLASE	EXACTITUD
PRIMERO	Única	1 : 100 000
SEGUNDO	I	1 : 50 000
	II	1 : 20 000
TERCERO	I	1 : 10 000
	II	1 : 5 000

Tabla 4.1 clases y ordenes para control horizontal.

#### IV.1 POLIGONALES.

Una poligonal o polígono es una línea quebrada de "n" lados, o una sucesión de líneas consecutivas que se conectan a una serie de puntos fijos, las longitudes y direcciones se determinan a partir de mediciones en campo.

De la definición se deduce que hay dos tipos de poligonales:

##### IV.1.1 POLIGONAL CERRADA:

- Las líneas regresan al punto de partida, formándose así un polígono geométrico y analíticamente cerrado.
- Las líneas terminan en otra estación que tiene una exactitud de posición igual o mayor que la del punto de partida. Las poligonales de segunda clase geoméricamente abiertas, pero analíticamente (cerradas) deben tener una dirección de referencia para el cierre.
- Los ángulos internos de dicho polígono deben de cumplir con la con la condición geométrica del cierre angular.

$$\Sigma \text{ ang. internos.} = 180^\circ (n - 2):$$

$$\Sigma \text{ ang. externos.} = 180^\circ (n + 2): \quad \text{En donde n es el numero de lados de la poligonal}$$

### IV.1.2 POLIGONAL ABIERTA:

Serie de líneas unidas, pero éstas, no regresan al punto de partida ni cierran en un punto con igual o mayor orden de exactitud. Las poligonales abiertas no guardan condición angular o lineal, excepto cuando previamente se conocen las coordenadas de sus puntos extremos. En todas las poligonales para su solución es necesario calcular las coordenadas (x,y) de cada vértice, generalmente no se recomienda el trazo de poligonales abiertas, pero existen situaciones en que es muy conveniente utilizarlas y luego calcular la longitud y dirección de la línea de cierre(dato de liga). Esto se lleva a cabo mediante las siguientes formulas:

Para la distancia: 
$$d = \sqrt{(x_f - x_i)^2 + (y_f - y_i)^2}$$

Para el rumbo: 
$$\tan^{-1} R = \frac{x}{y}$$

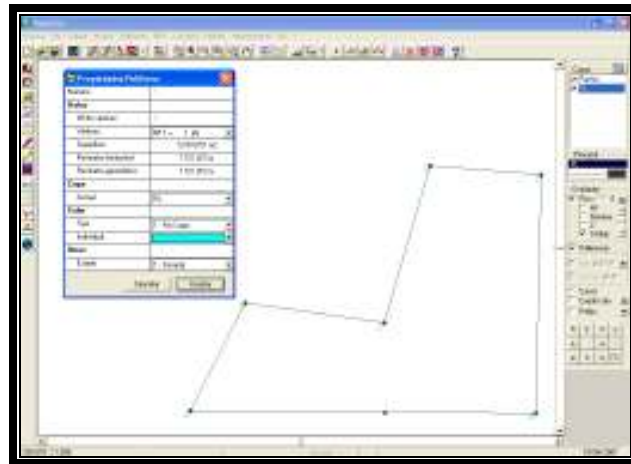


Fig. 4.2 Dibujo de una poligonal cerrada.

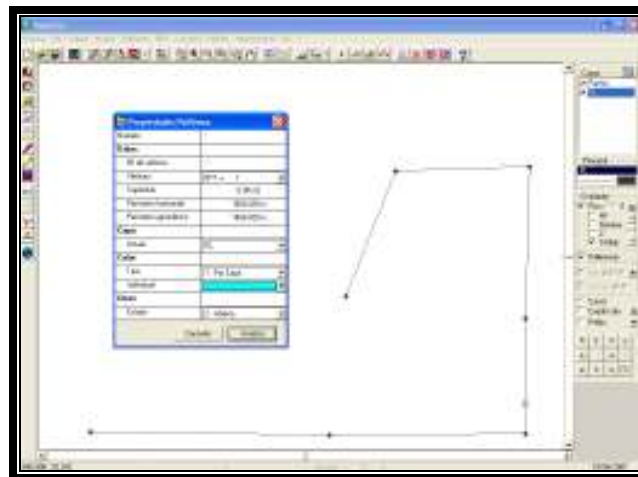


Fig. 4.3 Dibujo de una poligonal abierta.

## IV.2 MÉTODOS PLANIMÉTRICOS.

Al hablar de levantamiento planimétrico, nos referimos a la representación gráfica de los diversos puntos del terreno proyectados sobre un plano horizontal.

En ellos lo que nos interesa son las distancias horizontales entre dichos puntos y las orientaciones de las diversas alineaciones que determinan referidas al sistema absoluto de referencia.

Además de los métodos sencillos de la Agrimensura, coordenadas cartesianas y descomposición de triángulos, los métodos empleados en los levantamientos son:

- Método de Radiación y método Itinerario en los que la determinación topográfica de un punto es por sus coordenadas polares, pudiendo transformarlas posteriormente en coordenadas cartesianas.
- Método Intersección la determinación topográfica del punto por coordenadas bipolares angulares.

De los tres métodos el más preciso es el de intersección, seguido por el método de itinerario, por la posibilidad de comprobación y la forma de tomar los datos.

El método de radiación. El método de radiación es uno de los métodos topográficos fundamentales y se basa en la determinación topográfica de un punto por coordenadas polares. Se utiliza en levantamientos de poligonales y en trabajos de relleno, asociado a otros métodos. Para proceder a realizar un levantamiento por el método de radiador deberemos estacionar el aparato en un punto dominante, elegido si es posible en el centro del levantamiento y desde el que podamos ver el mayor número de vértices de la poligonal. Según el tipo de trabajo que vayamos a realizar deberemos orientar el aparato de forma que el círculo horizontal coincida con el Norte Magnético. Si ello no fuera necesario, nos crearemos un sistema de referencia con el origen en un punto cualquiera, obteniendo de cualquier modo los ángulos horizontales y las longitudes correspondientes a cada punto, quedando definidos los puntos por coordenadas polares.

Si deseamos mayor precisión deberemos corregir la declinación magnética y/o apoyarnos en dos puntos de coordenadas conocidas.

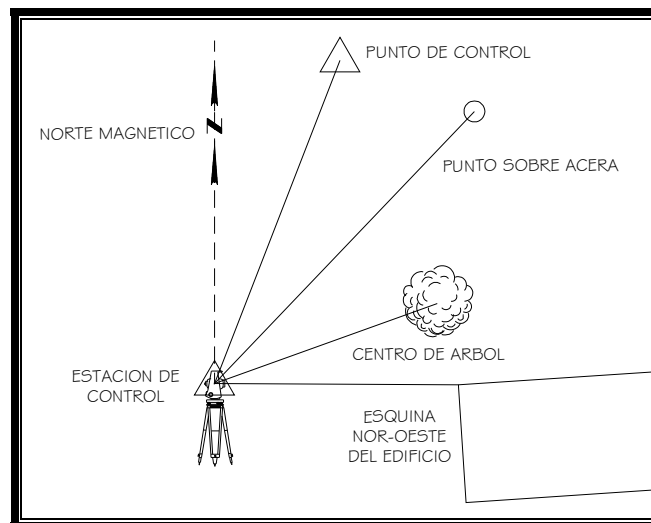


Fig. 4. 4 Bosquejo de un levantamiento por radiaciones.

### IV.3 COMPENSACIÓN DE UNA POLIGONAL.

El objetivo final que se persigue es que el polígono quede como una figura geométrica perfecta.

En un polígono cerrado debe comprobarse:

- I. Cierre Angular.
- II. Cierre Lineal.

Ya sea para cierre angular o lineal:

- Si el error es menor o igual que la tolerancia, el trabajo se efectuó correctamente y se compensa el error para que cierre.
- Si el error es mayor a la tolerancia, el trabajo es incorrecto; se rectifica o repite el trabajo.
- 

#### IV.3.1 CIERRE ANGULAR.

En un polígono cerrado:  $\sum \text{angs. intrs.} = 180^\circ (n - 2)$ ; condición de cierre angular.

Suponiendo que tenemos un aparato con aproximación = 01' y se mide un ángulo cuyo valor esté comprendido entre: 35° 25' 30" y 35° 26' 30"

El aparato nos dará una lectura de 35° 26', o sea que el error de la lectura puede ser  $\pm 30''$ , es decir  $\pm \frac{1}{2}$  de aproximación.

Entonces:

$$E_m = \pm \frac{a}{2}, \text{ para un ángulo}$$

Para "n" ángulos:

$$E_T = E_m \sqrt{n} = \pm \frac{a}{2} \sqrt{n}, \text{ y}$$

Tolerancia =  $2 \left( \pm \frac{a}{2} \sqrt{n} \right)$ ; por lo que se toma en general:

$$\text{Tolerancia} = \pm a \sqrt{n}$$

En donde:

- a = aproximación del aparato.
- n = número de ángulos medidos, el polígono.

Si el error es tolerable, se compensa repartiéndolo entre todos los ángulos del polígono por igual, siempre que todos ellos hayan sido medidos en igualdad de condiciones; o se reparte arbitrariamente aplicando el criterio que convenga según las condiciones de



campo de las medidas y la longitud de los lados que forman los ángulos. Debe procurarse variar lo menos posible los ángulos formados por los lados largos, para afectar la figura lo mínimo posible.

### IV.3.2 CIERRE LINEAL.

La condición para que un polígono cierre linealmente es que la suma algebraica de las proyecciones de sus lados sobre dos ejes rectangulares, sea nula, independientemente en cada eje. La orientación que más conviene para los ejes, es la de los puntos cardinales, es decir, tomar ejes Norte-Sur y Este-Oeste, pues tenemos los ángulos que forman cada lado con ellos, que son los rumbos.

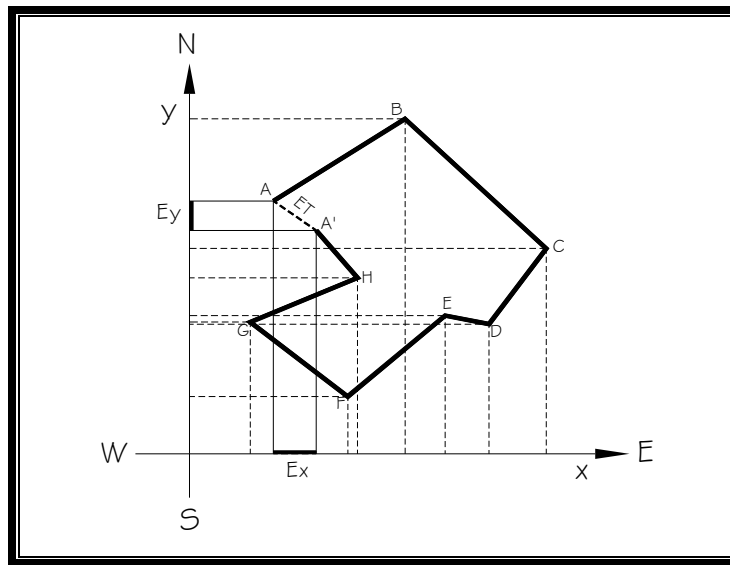


Fig. 4.5 Proyección de los puntos sobre los ejes coordenados.

$$\text{Condición de cierre lineal: } \begin{cases} \Sigma \text{ proys. N} - \Sigma \text{ proys. S} = 0 \\ \Sigma \text{ proys. E} - \Sigma \text{ proys. W} = 0 \end{cases}$$

$$\text{Para cada lado: } \begin{cases} \text{Proys. sobre el eje Y (N - S)} = \text{Longitud} \times \text{coseno rumbo} \\ \text{Proys. sobre el eje X (E - W)} = \text{Longitud} \times \text{seno rumbo} \end{cases}$$

Los rumbos deben ser los calculados con los ángulos interiores compensados.

Las proyecciones hacia el N y hacia el E serán positivas, y negativas hacia el S y el W.

Recorriendo el polígono en un mismo sentido, las iniciales de sus rumbos dan el sentido de las proyecciones. Así por ejemplo, un lado de rumbo SW, se proyectará al Sur y al Oeste.

Obsérvese que como se trata de proyecciones, estas son, pudiera decirse, las componentes de cada lado, como si fueran fuerzas, y la posición de los ejes no interesa por ahora, solo su orientación.

El error en cada eje es la diferencia entre las sumas de proyecciones, y el error total ( $E_T$ ) es la hipotenusa ( $A' A$ ) del triángulo formado por ambos errores.

Error por unidad de longitud de Polígono: 
$$\frac{E_T}{L, \text{ (longitud total del polígono)}}$$

Esta expresión se acostumbra ponerla con la unidad en el numerador, para hacerla mas objetiva y también para compararla con las especificaciones que se fijan para las diversas clases de trabajos, tales como:  $\frac{1}{100}, \frac{1}{5000}$ , etc.

Si  $\left\{ \begin{array}{l} E_T \leq \text{Tolerancia: se compensa.} \\ E_T > \text{Tolerancia: se repite el trabajo, o se revisa para encontrar algún error o errores que hayan causado que se excediera de lo tolerable.} \end{array} \right.$

Si resultase que el error total lineal es menor que la tolerancia especificada, se compensa para llegar al cierre perfecto.

La compensación puede hacerse por varios procedimientos, de los cuales los más empleados son; la Regla de la Brújula, la Regla del Tránsito y Mínimos Cuadrados.

**IV.3.3 REGLA DE LA BRÚJULA.**

Es el procedimiento más empleado, y está basado:

1. En que los errores en el levantamiento son accidentales y varían con la raíz cuadrada de la longitud de los lados directamente por lo que se corrige proporcionalmente a la longitud de los lados
2. Que los errores angulares tienen efecto semejante a los de cadenamamiento.

Los cálculos se ordenan en una tabla en la forma siguiente, que ya incluye las coordenadas de los vértices.

Lado	Long.	R Calc.	Sen R.	Cos R.	PROYECCIONES ORIGINALES				CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS				COORDENADAS		PUNTOS
					N + (cos)	S - (cos)	E + (sen)	W - (sen)	X	Y	N	S	E	W	X	Y	
AB																	
BC																	
CD																	
DE																	
...																	
KA																	

$$\Sigma l \qquad \qquad \qquad \Sigma N \quad \Sigma S \quad \Sigma E \quad \Sigma W \quad \Sigma Cx \quad \Sigma Cy \quad \Sigma N = \Sigma S \quad \Sigma E = \Sigma W$$

$$\Sigma l = L \qquad \qquad E_{y_{error}} = \Sigma N - \Sigma S \qquad \qquad E_{x_{error}} = \Sigma E - \Sigma W$$

Error Total Lineal: 
$$E_T = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

De lo anterior se tiene:

$$\frac{\text{Corrección a la Proyección } x / y \text{ de un lado}}{\text{Error } x/y} = \frac{\text{Longitud del lado}}{\text{Long. total del Polígono}}$$

$$\frac{\text{Corr } x / y}{E_{x/y}} = \frac{\text{lado}}{L}, \quad \text{Corr } x / y = \left( \frac{E_{x/y}}{L} \right) \text{ lado}$$

El paréntesis contiene una constante que representa el error, en (x) ó en (y) por unidad de longitud de polígono.

#### IV.3.4 REGLA DEL TRANSITO.

Esta regla está basada en:

1. En que los errores en el levantamiento son accidentales.
2. Que las medidas de ángulos son más precisas que las medidas de longitud.

Con esta regla se corrige proporcionalmente a las proyecciones de los lados se expresa de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Corrección a la Proyección } x / y \text{ de un lado}}{\text{Error } x/y} = \frac{\text{Proyección del lado } x / y}{\text{Suma aritmética de todas las proyecciones del polígono } x / y, \text{ es decir, } (\Sigma N + \Sigma S) \text{ ó } (\Sigma E + \Sigma W)}$$

$$\text{Correc. } x / y = \left( \frac{E_{x/y}}{\Sigma \text{ proys. } x / y} \right) \text{Proy. lado } x / y$$

Aquí el paréntesis contiene una constante que es el error por unidad de proyección. Para comprobación de las correcciones calculadas debe cumplirse que:

$$[\Sigma Cx] = Ex \qquad [\Sigma Cy] = Ey$$

El signo de las correcciones será tal que:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Se SUME a las proyecciones} \\ \text{cuya suma es MENOR.} \\ \text{Se RESTE a las proyecciones} \\ \text{cuya suma es MAYOR.} \end{array} \right\}$  Para equilibrarlas.

Es recomendable que los cálculos se hagan con cuatro cifras decimales como mínimo, para poder cerrar las proyecciones y sus sumas con tres decimales. Actualmente se cuenta con un gran número de software de computadora o de calculadora de bolsillo, para generar los cálculos de cierre de poligonal.

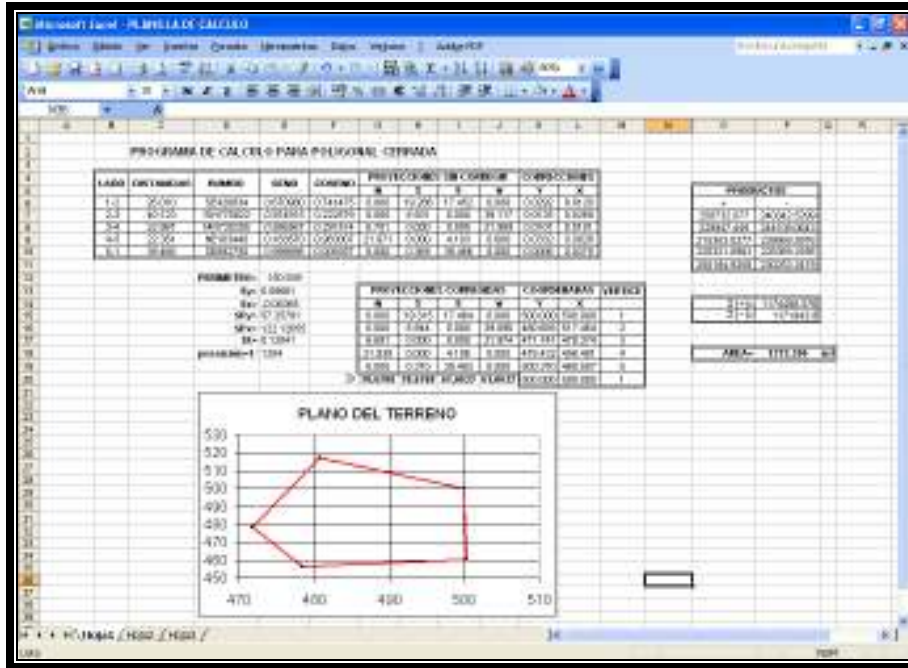


Fig. 4.6 Ejemplo de un programa para compensación de una poligonal cerrada en Excel.

Las tolerancias de cierre angular entre secciones azimutales, de poligonos son las siguientes:

ORDEN DE LA POLIGONAL		TOLERANCIA DE CIERRE ANGULAR (en seg.)	
		$TA = a\sqrt{N}$	
		NORMAL	EN ÁREAS URBANAS
PRIMERO		$\pm 1''$ por estación ó $\pm 2'' \sqrt{N}$	$\pm 1''$ por estación ó $\pm 2'' \sqrt{N}$
SEGUNDO	CLASE I	$\pm 1.5''$ por estación ó $\pm 3'' \sqrt{N}$	$\pm 2''$ por estación ó $\pm 3'' \sqrt{N}$
	CLASE II	$\pm 2''$ por estación ó $\pm 6'' \sqrt{N}$	$\pm 4''$ por estación ó $\pm 8'' \sqrt{N}$
TERCERO	CLASE I	$\pm 3''$ por estación ó $\pm 10'' \sqrt{N}$	$\pm 6''$ por estación ó $\pm 15'' \sqrt{N}$
	CLASE II	$\pm 8''$ por estación ó $\pm 30'' \sqrt{N}$	$\pm 8''$ por estación ó $\pm 30'' \sqrt{N}$

Fig. 4.7 Tolerancias de cierre angular.

Donde:

TA = Tolerancia angular.

a = Aproximación del aparato.

N = número de estaciones.

Las tolerancias de cierre lineal entre coordenadas después del ajuste azimutal de poligonales son las siguientes:

ORDEN DE LA POLIGNAL		TOLERANCIA DE CIERRE LINEAL (en metros)
PRIMERO		$T = \pm 0.04 \sqrt{k}$
SEGUNDO	CLASE I	$T = \pm 0.08 \sqrt{k}$
	CLASE II	$T = \pm 0.20 \sqrt{k}$
TERCERO	CLASE I	$T = \pm 0.40 \sqrt{k}$
	CLASE II	$T = \pm 0.80 \sqrt{k}$

Fig. 4.8 Tolerancias de cierre lineal.

Donde k es la longitud del desarrollo de la poligonal en kilómetros.

### IV.3.5 MINIMOS CUADRADOS

Mínimos cuadrados es una técnica de Análisis numérico encuadrada dentro de la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares (o ternas, etc), se intenta encontrar la función que mejor se aproxime a los datos (un mejor ajuste), de acuerdo con el criterio de mínimo error cuadrático.

Se basa en el principio de que, si se lleva a cabo un conjunto de mediciones, cada una con la misma confiabilidad, entonces la solución más confiable es un solo conjunto para el cual se minimiza la suma de los cuadrados de los residuales. El método de ajuste por mínimos cuadrados realiza una serie de correcciones llamadas iteraciones. Cuando la suma de los cuadrados de los residuales disminuye tras cada iteración, se dice que la solución converge. Este es un buen indicio. Si la suma de los cuadrados de los residuales aumenta tras cada iteración, se dice que la solución diverge. Esto significa que el método de ajuste por mínimos cuadrados no puede encontrar la solución.

En el ajuste por mínimos cuadrados, puede darse uno de tres posibles resultados:

- El conjunto de soluciones puede convergir, por lo que las correcciones están dentro de la tolerancia especificada antes de completar el número máximo de iteraciones. Esto significa que se ha encontrado un solo conjunto de soluciones de coordenadas.
- El conjunto de soluciones puede convergir, pero las correcciones no están dentro de la tolerancia especificada antes de completar el número máximo de iteraciones. En este caso, es posible que quiera incrementar el número de iteraciones o la tolerancia de corrección. (Esto es poco normal)
- El conjunto de soluciones puede divergir. Cuando esto sucede, el proceso de ajuste por mínimos cuadrados se detendrá. Hay dos razones comunes para ello: el error

de cierre de poligonal es inesperadamente grande o una estación ha sido identificada de forma incorrecta.

La variación de coordenadas es una aplicación específica del ajuste por mínimos cuadrados adaptada por los topógrafos para ajustar coordenadas a las mediciones topográficas. Una de las aplicaciones más comunes del ajuste por mínimos cuadrados es la regresión lineal cuando se calcula una línea de mejor adaptación mediante una serie de coordenadas. La variación de coordenadas es realmente útil sólo para los topógrafos cuando se usa junto con una computadora. El proceso no se completa fácilmente de forma manual debido a la intensidad de los cálculos manuales. Una poligonal sencilla con 10 estaciones produce cientos de miles de multiplicaciones y adiciones. El objetivo del ajuste por mínimos cuadrados consiste en ajustar las coordenadas de las estaciones para que las discrepancias entre las observaciones y las coordenadas finales, que también se conocen como residuales, sean lo más pequeñas posible.

```

-
  273°51'45"   192.690
  300°36'01"   1027.272   808.250   93.060
  292°27'51"   303.694
  210°55'11"   747.547   924.910   95.073
  73°26'03"    263.374
  273°51'45"   273°23'44"   1000.000   1000.000   100.000

Alturas provisionales y finales así como desplazamientos en altura
ID del punto:   Provisional   Final Desplazamiento
3               93.060       93.060       0.000
2               95.073       95.073       0.000

INFORME DEL AJUSTE POR MINIMOS CUADRADOS DEL SAM DATA EDITOR.
Mínimos cuadrados: nivel terciario

2 estaciones flotantes eran en 2D y 2 en 1D. La solución convergió en 2 iteraciones.

Coordenadas fijas
ID del punto:   Valor este   Valor norte   Elevación
1               1000.000    1000.000     100.000

Desplazamientos en coordenadas (Final-Provisional)
ID del punto:   Valor este   Valor norte   Elevación
2               0.007      -0.004       0.001
3               0.003      -0.001       0.000

El ajuste pasó la prueba del Chi-cuadrado en el 5% nivel.

Alturas provisionales y finales así como desplazamientos en altura
ID del punto:   Provisional   Final Desplazamiento
2               95.073       95.074       0.001
3               93.060       93.061       0.000

Desviaciones típicas
ID del punto:   Valor este   Valor norte   Elevación
2               0.007       0.011       0.015
3               0.011       0.007       0.012

Elípticas de error @ fiabilidad del 95%

```

Fig. 4.9 Resultado del ajuste por el método de mínimos cuadrados

## **CAPITULO V.**

### **CONTROL VERTICAL.**

El control vertical es aquel que tiene como fin determinar la diferencia de elevación de uno o varios puntos con respecto a un plano horizontal, cuyo origen puede ser arbitrario o bien referido al nivel medio del mar, este exclusivo para casos de proyectos ingenieriles. Para lo cual debemos comprender los siguientes conceptos:

**Altimetría.** Es la parte de la Topografía que tiene por objeto estimar las elevaciones de puntos respecto a una superficie de nivel; el nivel medio de las aguas del mar es la superficie que se toma como referencia y se le denomina datum.

**Nivelación.** Es el conjunto de métodos u operaciones que tienen por objeto determinar las altitudes de los diversos puntos del terreno referidos a un mismo plano horizontal de referencia. Los instrumentos utilizados para evaluar las diferencias de nivel se denominan altímetros.

**Nivelación Directa.** Es la que se toma utilizando algún procedimiento directo en el campo como un equaltímetro.

**Nivelación Indirecta.** Procedimiento mediante el cual se determina el desnivel usando otros instrumentos. Por ejemplo, el teodolito, tránsito, altímetro, aneroide o barómetro.

## V.1 ÓRDENES DE NIVELACIÓN.

Se clasifica en tres órdenes de exactitud (Tabla 5.1). La clasificación y las normas fueron elaboradas por EE.UU. por la *Federal Geodetic Control* Comité (FGCC) y publicados en 1974. La calidad de nivelación se juzga por los errores de cierre de línea o de circuito por la diferencia máxima permisible entre las corridas hacia delante y hacia atrás en un tramo de una línea nivelada.

Un error de cierre de línea es la diferencia entre el desnivel medido entre dos puntos de elevación fija y el desnivel correspondiente a las elevaciones establecidas de esos puntos.

Un error de cierre de circuito es la magnitud por la que no cierra un circuito de nivelación. Puesto que en las nivelaciones prácticamente todos los errores son accidentales en cuanto a sus efectos, el error de cierre es proporcional a la raíz cuadrada del número de lecturas.

Por lo tanto suponiendo que el número de lecturas por kilómetro será siempre mas o menos el mismo, la exactitud o el valor del máximo error permisible en el trabajo de nivelación se expresa como un coeficiente multiplicado por la raíz cuadrada de la distancia, en kilómetros (k); dicha exactitud es posible obtenerla hasta con un nivel de confianza del 95%.



ORDEN	CLASE	EXACTITUD (en milímetros)
PRIMER	CLASE I	$\pm 4 \text{ mm } \sqrt{k}$
	CLASE II	$\pm 5 \text{ mm } \sqrt{k}$
SEGUNDO	CLASE I	$\pm 6 \text{ mm } \sqrt{k}$
	CLASE II	$\pm 8 \text{ mm } \sqrt{k}$
TERCERO	CLASE I	$\pm 12 \text{ mm } \sqrt{k}$

Tabla. 5.1 Ordenes de Nivelación.

Primer orden, clase I y II.

Los levantamientos geodésicos verticales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de la red geodésica vertical primaria o fundamental del país y en áreas metropolitanas, a proyectos de ingeniería extensivos e importantes, a la investigación regional de movimientos de la corteza terrestre y a la determinación de valores geopotenciales.

Segundo orden, clase I.

Deberá tener aplicación en el establecimiento de la red geodésica vertical secundaria a modo de densificación, inclusive en áreas metropolitanas, para el desarrollo de grandes proyectos de ingeniería, en investigaciones de subsidencia del suelo y de movimientos de la corteza terrestre, y para apoyo de levantamientos de menor orden

Segundo orden, clase II.

Deberá aplicarse a la densificación de las redes primaria y secundaria y ajustarse junto con ellas, para apoyo de proyectos locales de ingeniería, en cartografía topográfica, como apoyo de levantamientos locales y en estudios de asentamientos rápidos del suelo.

Tercer orden.

Se deberá aplicar al apoyo de levantamientos locales, subdivisión de circuitos de mayor orden de exactitud, proyectos de ingeniería pequeños, cartografía, topografía de escalas pequeñas, estudios de drenaje y establecimiento de pendientes en áreas montañosas.

## V.2 TÉRMINOS BÁSICOS EMPLEADOS EN LA NIVELACIÓN.

- Línea Vertical. Línea que sigue la dirección de la gravedad, indicada por el hilo de una plomada.

- 
- Superficie de nivel. Superficie curva que en cada punto es perpendicular a la línea de una plomada (dirección en que actúa la gravedad). Es de forma esferoidal. Una masa de agua es el mejor ejemplo de ello.
  - Curva de nivel. Es la línea que une puntos de igual altitud las curvas normalmente se representan en el plano como líneas continuas. La distancia vertical entre curvas sucesivas se conoce como intervalo vertical y su valor depende:
    1. La escala del mapa.
    2. El objetivo a que está dirigido.

En relación con la interpretación de las curvas de nivel, cuando se acercan mucho, se indica una pendiente fuerte y el caso contrario, es decir, si se separan el terreno es plano. Dos curvas de nivel de diferente valor no se intersecan y una sola curva nunca se divide. Toda curva de nivel cierra sobre si misma aunque no sea en el área representada.

- Perfil longitudinal. Un perfil sobre el terreno es el trazo de éste sobre un plano vertical es decir, una vista lateral del terreno. Por regla general los perfiles se dibujan a una escala vertical exagerada. Con un nivel que se utilice para efectuar las lecturas en un estado colocados sucesivamente sobre los puntos seleccionados a lo largo de un alineamiento ya establecido, se puede obtener toda la información relativa a las alturas o cotas y utilizar estos datos para dibujar el perfil del terreno.
  - Plano Horizontal. Plano perpendicular a la dirección de la gravedad. En topografía, es un plano perpendicular a la línea de una plomada.
  - Plano de Referencia. Superficie base de nivel a la cual se refiere las elevaciones, por lo general el nivel medio del mar (NMM).
  - Un punto de liga (P.L.) es un punto intermedio entre dos bancos de nivel en el que se toman lecturas de enlace hacia adelante y hacia atrás. La naturaleza del punto de enlace se indica generalmente en los registros, pero no se indican referencias respecto a su situación. Los bancos de nivel se pueden utilizar como puntos de liga.
  - Un banco de nivel (B.N.) es un punto definido de carácter más o menos permanente, cuya elevación y situación son conocidas. Los bancos de nivel sirven como puntos de referencia para los niveles en una zona dada, sus elevaciones se determinan por una nivelación diferencial.
  - Una visual aditiva (V.A.) es una lectura del estado tomada en punto de elevación conocida. Algunas veces se le llama lectura más (+).
  - Una visual deductiva (V.D.) es una lectura del estado tomada sobre un punto cuya elevación se va a determinar. Algunas veces se le llama lectura menos (-).
  - La altura de instrumento (A.I.) es la elevación de la línea de colimación del telescopio cuando el instrumento esta nivelado.
  - Desnivel. Entre dos puntos, es la diferencia de alturas entre sus superficies de nivel.
-

---

### V.3 MÉTODOS DE NIVELACIÓN

Los métodos de nivelación son:

1. Geométrica o Topográfica.
2. Trigonométrica.
3. Barométrica.

Dentro de la nivelación Geométrica o Topográfica, podemos menciona dos métodos de nivelación que son: diferencial (simple y compuesta) y de perfil.

#### V.3.1 NIVELACIÓN DIFERENCIAL.

En este método, que es el de uso más común, se de termina una línea visual horizontal utilizando un nivel óptico o compensador automático. Se usa un anteojo telescópico con una amplificación adecuada para leer estadales graduados, situados sobre puntos fijos.

El instrumento se sitúa aproximadamente a la mitad de la distancia entre el banco de nivel BN y el punto X. Supóngase que se conoce la cota o elevación BN.

Después de nivelar el instrumento, una visual dirigida a un estadal en posición vertical sobre el BN da una lectura. Una lectura aditiva (+S), también llamada lectura hacia atrás (LA), es la que se toma sobre un estadal colocado sobre un punto de elevación conocida o supuesta. Esta lectura se utiliza para determinar la altura del instrumento (AI), que se define como la distancia vertical del plano de referencia a la línea visual del nivel. La dirección de la visual, sea hacia adelante, hacia atrás o hacia los lados, no tiene importancia. La expresión lectura aditiva es preferible a la de lectura hacia atrás, aun que se usan ambas.

Si luego se gira el nivel, de manera que quede en su campo visual el estadal puesto sobre el punto X, se tiene una lectura sustractiva (-S), llamada también lectura hacia el frente o hacia adelante (LF). Una lectura sustractiva se define como la que se toma sobre un estadal emplazado verticalmente en un punto cuya elevación se va a determinar. La expresión lectura sustractiva es preferible a la de lectura hacia adelante. Si se resta la lectura sustractiva de la AI, se consigue la elevación del punto X.

En consecuencia, la teoría básica de la nivelación diferencial y sus aplicaciones puede expresarse por las dos ecuaciones siguientes, empleadas una y otra vez:

$$\begin{aligned}AI &= \text{elev} + L A \\ \text{Elev} &= A I - L F\end{aligned}$$

Esta forma de obtener una elevación con una sola puesta de aparato se conoce como nivelación diferencial simple.

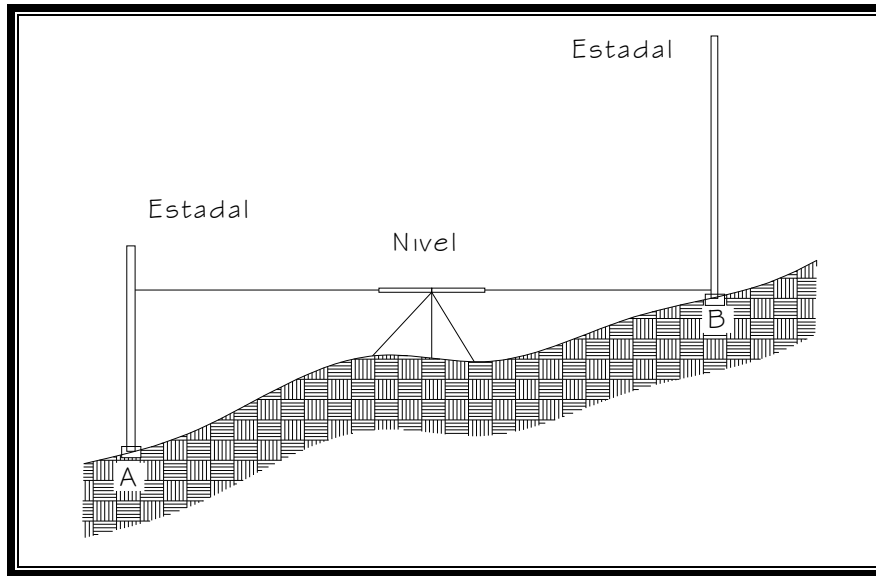


Fig. 5.2 Nivelación Diferencial Simple.

Para determinar la diferencia de nivel entre puntos distantes o entre puntos de mayor altura, si requieren varias puestas de nivel y de miras a esos diferentes traslados se les denomina “puntos de cambio” o “puntos de liga”, en los que el instrumento se coloca a igual distancia, entre dos miras, sin importar la alineación, en lugar firme y cómodo.

Un punto de liga se define como: punto fijo en el cual se toman una lectura aditiva y una sustractiva en una línea de niveles. Las distancias horizontales para las visuales positivas y negativas deben hacerse aproximadamente iguales.

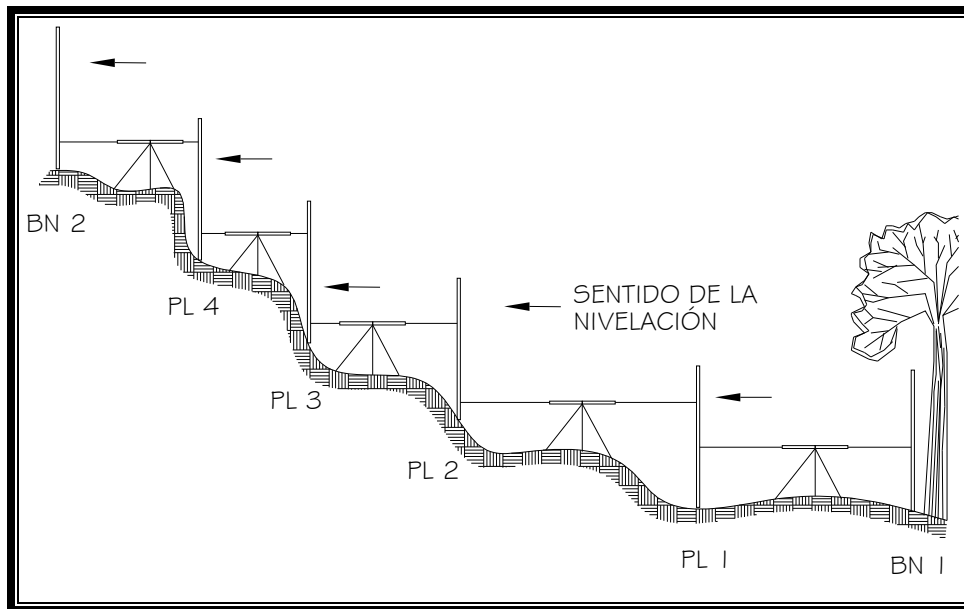


Fig. 5.3 Nivelación Diferencial Compuesta.

La suma algebraica de las lecturas positivas y negativas aplicadas a la primera elevación deben dar la última cota.

Este cálculo verifica los valores de todas las alturas de instrumento y los puntos de liga, excepto cuando hayan ocurrido errores del tipo de compensación. La nivelación siempre debe verificarse describiendo circuitos cerrados o lazos. Esto puede hacerse, ya sea retornando al banco de nivel inicial, o bien, terminando el circuito en otro banco de igual o mayor confiabilidad. Si se verifica un cierre retornando al banco inicial, la elevación final debe coincidir con la elevación en ese banco. La magnitud en que difieren esas elevaciones es el llamado error de cierre.

Si el cierre se lleva a otro banco, el error de cierre es la diferencia entre la elevación dada para ese banco y el valor logrado ahí después de nivelar a lo largo del circuito. Las especificaciones o el objetivo del levantamiento determinan el error de cierre permisible del recorrido. Si se rebasa el error de cierre, deben hacerse uno o más recorridos adicionales. Cuando se logra un cierre aceptable, las elevaciones finales se determinan efectuando un ajuste.

Si se conoce la elevación sobre el nivel medio del mar del banco de nivel inicial, las elevaciones determinadas para todos los puntos intermedios a lo largo del circuito también quedarán relacionadas con el nivel medio del mar. Sin embargo, si no se conoce la elevación sobre el nivel medio del mar del banco inicial, puede usarse un valor supuesto o arbitrario.

### **V.3.2 NIVELACIÓN DIFERENCIAL DE PRECISIÓN.**

Las condiciones que afectan la precisión de la nivelación diferencial son múltiples y variables, pero la experiencia indica que en el promedio de las condiciones y con el nivel ajustado, el error máximo se puede mantener dentro de los límites. La Nivelación de Precisión es una Nivelación Diferencial pero más exacta. En esta Nivelación se toman las lecturas que se observan con los hilos superior, medio e inferior en el estadal. Dicha precisión depende de los siguientes factores:

1. De la calidad de los equialtímetros.
2. De los estadales o miras verticales (revisar la exactitud de su graduación).
3. Del tamaño de los brazos de nivelación o longitud de las visuales observadas (se recomienda que la longitud tenga una mediana de 50 m).
4. De las condiciones atmosféricas.
5. De la topografía del itinerario.
6. De la experiencia del nivelador y los estadaleros.

Los niveles automáticos basados, unos en el principio del péndulo y otros en la superficie reflejante de un líquido, se utilizan mucho en las obras de construcción por su facilidad y rapidez de operación, así como para las nivelaciones de control. Una vez que están nivelados con la ayuda de una pequeña burbuja circular de “ojo de toro”, el mecanismo compensador se encarga de mantener la visual en posición horizontal, independientemente de las vibraciones ocasionadas por el viento, el tráfico o los cambios de condiciones climáticas. Su característica esencial es que el nivel automático permite una velocidad considerablemente mayor que la obtenida con niveles convencionales de burbuja.

Un método de nivelación rápido, exacto y de comprobación prácticamente automática es el que se utiliza en el nivel fijo, una retícula de tres hilos para poder hacer tres lecturas a la vez sobre el estadal. Da resultados equivalentes a tres nivelaciones y proporciona una estimación bastante precisa de la distancia a cada estadal y permite descubrir cualquier error al instante, es decir, antes de que el estadalero, o el instrumentista cambien de posición (Tabla 5.4).

<i>Nombre:</i>	Nivelación Edificio ISSSTE		<i>Fecha:</i>	22-11-04		
<i>Niveló:</i>	Miriam Flores		<i>Equipo:</i>	NA-2		
<i>Estadales:</i>	Manuel López		<i>Lugar:</i>	Av. Plaza de la República		
<b>Primera Nivelación</b>						
<b>PO</b>	<b>(+)</b>	<b>Dif/Prom</b>	<b>( i )</b>	<b>(-)</b>	<b>Dif/Prom</b>	<b>Cota</b>
BN <sub>jardín</sub>	1.277	0.064				
	1.213	1.2127				
	1.148	0.065	101.2127			100.0000
PL1	1.187	0.138		1.949	0.096	
	1.049	1.0483		1.853	1.853	
	0.909	0.14	100.4080	1.757	0.096	99.3597
PL2	1.526	0.253		1.297	0.145	
	1.273	1.2727		1.152	1.1527	
	1.019	0.254	100.5280	1.009	0.143	99.2553
PL3	1.952	0.172		1.288	0.276	
	1.78	1.7797		1.012	1.0113	
	1.607	0.173	101.2963	0.734	0.278	99.5167
PL4	1.529	0.057		1.807	0.253	
	1.472	1.4717		1.554	1.554	
	1.414	0.058	101.2140	1.301	0.253	99.7423
PL5	1.881	0.11		0.592	0.057	
	1.771	1.771		0.535	0.5353	
	1.661	0.11	102.4497	0.479	0.056	100.6787
PL6	0.861	0.081		1.535	0.095	
	0.78	0.7803		1.44	1.4400	
	0.7	0.08	101.7900	1.345	0.095	101.0097

Tabla. 5.4

Se deben de tener las siguientes consideraciones como precaución al hacer una nivelación:

- Como los PL ligan una posición del aparato con la siguiente, deben ser puntos fijos, invariables, cuando menos mientras se cambia el aparato a la siguiente posición para leer atrás al mismo PL.
- En cada posición del aparato, la distancia a la que se lee atrás sea igual a la de adelante, para eliminar cualquier error por desviación inapreciable de la línea de colimación, o por curvatura y refracción.
- Si se golpea el estadal en un punto de cambio para la segunda lectura (positiva) puede cambiar la elevación del punto.

### V.3.3 COMPROBACIÓN Y AJUSTE DE LA LÍNEA DE COLIMACIÓN.

Como no es posible satisfacer la condición de paralelismo en una forma absoluta, la magnitud del error deberá determinarse diariamente antes de empezar las labores y en el caso del que el instrumento se golpee, con el objeto de comprobar que este se encuentre dentro del límite tolerable.

Elegir 2 puntos estables en el terreno, A y B, separados por una distancia de 66 metros aproximadamente, con una pendiente no mayor al 1%, sobre los cuales se colocaran las miras. Colocar el instrumento a una distancia aproximada de 6 metros del punto A y efectuar las lecturas A1 (cercana) y B1 (lejana) empleando los tres hilos de la retícula además de la lectura del micrómetro.

Trasladar el instrumento a una distancia aproximada de 6 metros del punto B y efectuar las lecturas B2 (cercana) y A2 (lejana) de igual manera que en inciso anterior. Corregir las lecturas observadas sobre la mira lejana por curvatura y refracción.

Determinar los intervalos a las miras cercana y lejana, restando de la lectura superior la lectura media y de esta, la inferior y luego se suman esta dos diferencias. Efectuar la suma de las lecturas cercanas y lejanas de los hilos medios, así como la de los intervalos respectivos.

Comprobación de la constante “c”

El factor de colimación “C” se determina por la formula:

$$C = \frac{(\text{suma de lecturas mira cercana}) - (\text{suma de lecturas mira lejana})}{(\text{suma de intervalos mira lejana}) - (\text{suma de intervalos mira cercana})}$$

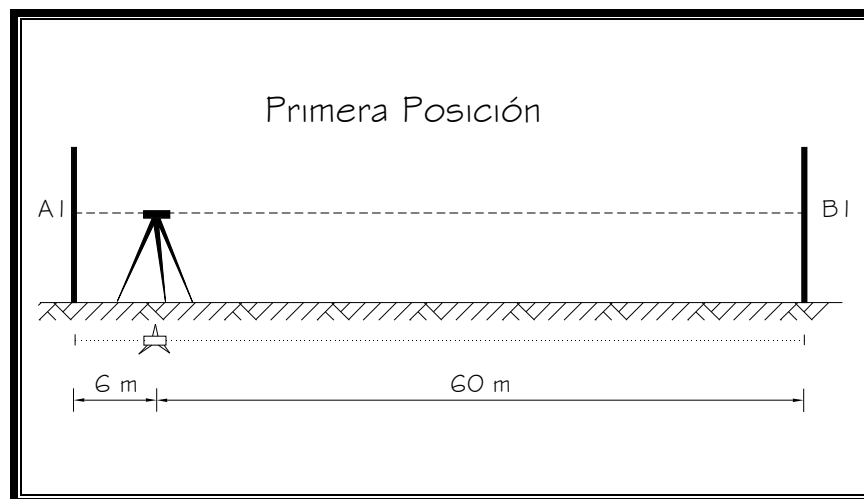


Fig. 5.5 Primera posición.

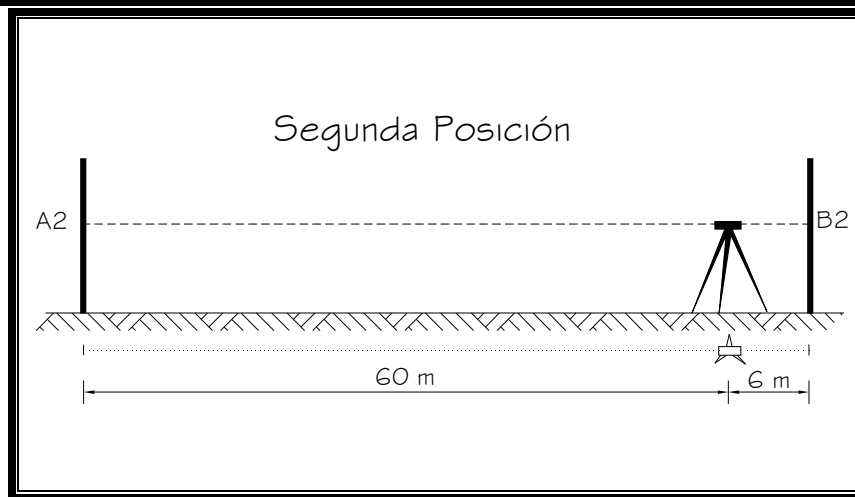


Fig. 5.6 Segunda posición.

### V.3.4 NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA.

Por este sistema los desniveles se obtienen mediante la trigonometría con los datos medidos de ángulos y distancias. Se consideran dos casos:

- Distancias cortas (menores a 1500m)
- Distancias largas (mayores a 1500m)

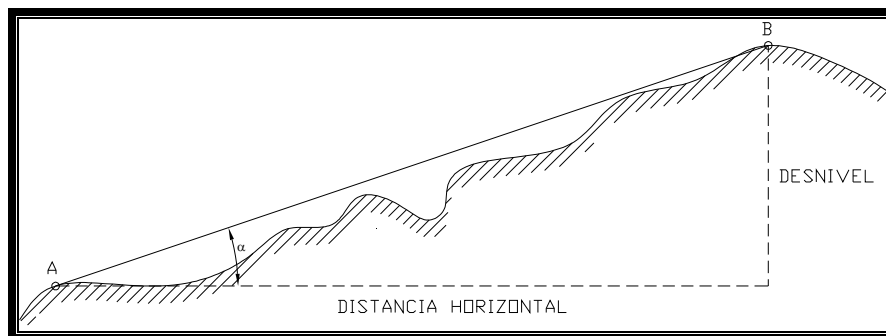


Fig. 5.7 Nivelación Trigonométrica del punto A al B.

La diferencia de elevación o desnivel entre dos puntos puede determinarse midiendo:

- la distancia inclinada u horizontal entre los puntos, y
- el ángulo cenital o el ángulo vertical entre los puntos. (Los ángulos cenitales y verticales, se miden en un plano vertical. Los ángulos cenitales se miden hacia abajo desde la vertical, y los ángulos verticales hacia abajo o hacia arriba desde la horizontal.)

Así, si se miden la distancia inclinada  $S$  y el ángulo cenital  $z$  o el ángulo vertical  $\alpha$  entre  $C$  y  $D$ , la diferencia de nivel  $V$  entre  $C$  y  $D$  será:

$$V = S \cos z$$



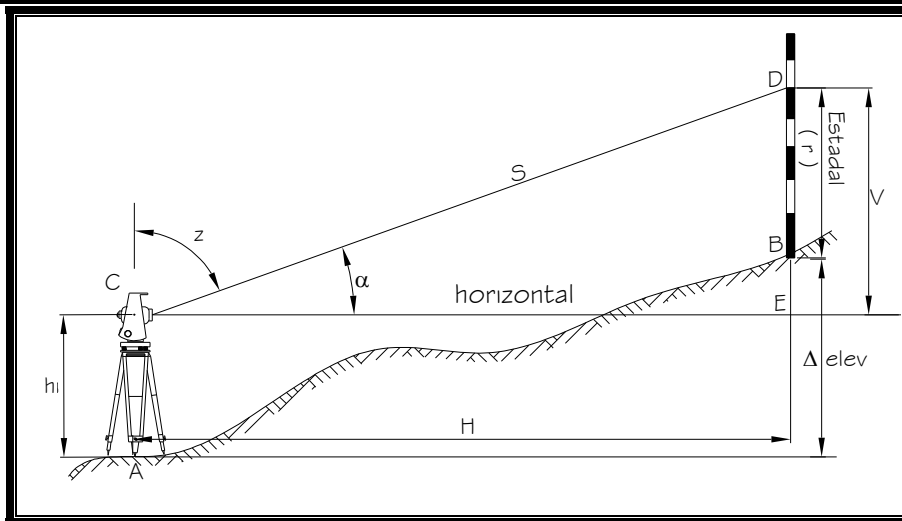


Fig. 5. 8 Nivelación trigonométrica.

O bien,  $V = S \operatorname{seno} \alpha$

Alternativamente, si se mide la distancia horizontal  $H$  entre  $C$  y  $D$ , entonces  $V$  está dada por:

$$V = H \cot z$$

O bien,  $V = H \tan \alpha$

La diferencia en elevación entre los puntos  $A$  y  $B$ ,  $\Delta \text{ elev}$ , esta dada por:

$$\Delta \text{ elev} = h_i + V - r$$

En donde  $h_i$  es la altura el instrumento sobre el punto  $A$  y  $r$  es la lectura en el estadal fijo en  $B$  cuando se lee el ángulo cenital  $z$  o el ángulo vertical  $\alpha$ . Si  $r$  se hace igual a  $h_i$ , entonces estos dos valores se cancelan en la ecuación, simplificándose así los cálculos.

#### V.4 COMPROBACIÓN DE UNA NIVELACIÓN.

La precisión en estos trabajos depende de muchos factores, pero básicamente, además del aparato que se utilice, depende del cuidado y experiencia del nivelador y del refinamiento con que se lleven.

La temperatura puede afectar a los estadales, y los rayos solares al aparato, le llegan solo de un lado, por lo que en ciertos casos es recomendable usar sombrilla para protegerlo.

Los días nublados son más convenientes para nivelar, pues además de evitar lo citado anteriormente, la visibilidad es más uniforme en todas direcciones y sin sombras y contrastes fuertes que pueden hacer imprecisas las lecturas.

El error depende en gran parte del número de puestas de aparato, lo que equivale a decir, de la distancia nivelada. Entonces para una misma distancia recorrida será mayor

el error en terreno accidentado que en terreno plano donde se requieren menos cambios de aparato, y las visuales atrás y adelante se pueden ir haciendo iguales fácilmente lo cual es muy importante para este trabajo.

También se ha observado que lo más conveniente para nivelar un tramo definido, entre bancos, es que sea un mismo observador el que lo haga hasta finalizar, y en el mismo día, en forma continua sin interrupciones, pues todas las operaciones, tanto del nivelador como de los estadaleros, (manuales, musculares e intelectuales) se mecanizan y se hacen rutinariamente, logrando una uniformidad que se traduce en mayor precisión y velocidad del trabajo.

La comprobación de una nivelación, es otra nivelación, y puede hacerse por alguno de estos métodos:

a. Nivelación de Circuito o de Ida y Regreso. La nivelación se realiza por los mismos puntos o por otro camino o puntos diferentes (es lo más conveniente en general). Se parte del BNB y se regresa nuevamente al BNA, utilizando otro itinerario distinto del de ida y teóricamente debería llegarse con la cota de partida; si no fuera así, se llegara con una cota que esté comprendida en la tolerancia usual para este método.

b. Nivelación de doble altura de aparato. En este tipo de nivelación se llevan simultáneamente dos registros; esto es, se van haciendo dos nivelaciones a un tiempo, uno con una altura y la otra con otra altura de aparato, esto es, subiendo y bajando el instrumento. Para que el método sea bueno es necesario colocar el equialtímetro equidistante de las miras como se recomendó anteriormente.

c. Nivelación por doble punto de liga. Se llevan también dos registros debido a las dos lecturas que se generan al leer los dos estadales en los puntos de liga. Se deberá de utilizar un mínimo de tres estadales. Este método es mas preciso debido al menor numero de veces que se mueve el equialtímetro.

Las tolerancias de los levantamientos altimétricos varían de acuerdo a los requerimientos de los trabajos técnicos, por lo que general se utiliza un nivel automático cuyas lecturas se llevarán al milímetro y a distancias inferiores de 100 metros, dicha tolerancia se verifica conforme a la Tabla 5.9.

ORDEN	TOLERANCIA	TRABAJO TÍPICO
PRIMERO	$T = \pm 4 \sqrt{k}$	Para nivelación de ida y vuelta.
SEGUNDO	$T = \pm 8.4 \sqrt{k}$	Para nivelación por doble punto de liga (PL).
TERCERO	$T = \pm 12 \sqrt{k}$	Para nivelaciones por doble altura de aparato.
CUARTO	$T = \pm 120 \sqrt{k}$	Para nivelaciones de reconocimiento.

Tabla. 5.9 Tolerancias de levantamientos altimétricos.

En los cuales:

T = Tolerancia (expresada en milímetros)

k = kilómetros recorridos.

## V.5 BANCOS DE NIVEL.

Un banco de nivel es un objeto Natural o Artificial; relativamente permanente, con una marca grabada y una elevación conocida. El Banco de Nivel puede clasificarse, además, como permanente, temporal o suplementario. El objetivo del levantamiento es lo que determina si sus puntos estarán marcados en forma permanente o temporal. Cuando se sabe que la estación o punto que se va a reutilizar después de un periodo de varios años, debe usarse una marca permanente. Un Banco de Nivel Permanente se conoce con la abreviatura BN y un Banco de Nivel Temporal, con las siglas BNT. Estos se pueden clasificar como Bancos de Nivel Profundos y Superficial, esto de acuerdo a la Norma de Servicios Técnicos del Reglamento de Construcción del Distrito Federal. Los Bancos de Nivel Profundo (Fig. 5.10) y Superficial (Fig. 5.11) corresponderían a lo que es un Banco de Nivel Permanente y el Banco de Nivel Flotante sería a un Banco de Nivel Temporal, esto por sus condiciones estructurales.

Un Banco de Nivel Profundo será aquella estructura que se realiza, con referencia a un punto fijo ubicado en un estrato a determinada profundidad en el subsuelo. Se construye cuando se tienen edificaciones muy pesadas o con infraestructura profunda. Este banco de nivel debe proyectarse para que se construya sobre una capa dura del subsuelo, a una profundidad que puede variar entre 30 y 100 metros aproximadamente y que el sustrato donde se coloque este banco de nivel, se encuentre estabilizado geológicamente. El banco de nivel profundo debe instalarse mediante una perforación y equipamiento hasta la profundidad indicada en el proyecto y además considerar lo siguiente:

- a) El banco de nivel profundo esta constituido por una columna rígida de fierro galvanizado de 38 milímetros de diámetro que sobresale a la superficie y en su otro extremo esta anclado en el fondo de la excavación a un “muerto” de concreto hidráulico o a una placa de acero al carbón. La columna rígida que en realidad es el nivel, del que se conoce su longitud o profundidad a la que esta colocado y su posición respecto a otros bancos de nivel superficiales, esta protegido en toda su longitud por una ademe tipo telescópico formado por tubos de cincuenta y sesenta y tres milímetros de diámetro y el procedimiento de instalación del banco de nivel profundo es el siguiente:
  1. perforación del pozo con el diámetro especificado, que generalmente es de 114 milímetros (4 ½”), hasta la profundidad requerida.
  2. lavado de la perforación con agua limpia.
  3. colocación del “muerto” de concreto hidráulico o placa de acero y del tubo de acero galvanizado de 32 milímetros (1 ¼”) de diámetro. El tubo metálico debe estar constituido en su extremo superior por seis tramos de un metro de longitud cada uno y la tubería restante en tramos de 6.00 metros de longitud. Toda la tubería debe estar protegida con pintura anticorrosivas. Los coples que unen a los tubos metálicos deben ser de fierro galvanizado, roscados, con sus rebordes o extremos achaflanados. El extremo superior del tubo – nivel, debe llevar un tapón hembra roscado, de fierro galvanizado.
  4. La presión ejercida por el peso de la tubería metálica y el “muerto” de concreto hidráulico o la placa, debe ser equivalente a la presión que ejercía el material existente antes de realizar la perforación.

5. El ademe telescópico debe colocarse atendiendo lo siguiente:
  - 5.1 Colocar tramos de tubos de pvc de 3 metros de longitud, de 50 y 63 milímetros de diámetro y colocados alternadamente. En el extremo de cada uno de los tubos se debe colocar por su interior, niples de PVC de 50 y 63 milímetros de diámetro respectivamente, de tal forma que el tubo de menor diámetro pueda penetrar en el de mayor diámetro, pero sin salirse debido a los niples.
  6. El borde de la parte inferior del ademe telescópico debe de quedar a un metro de distancia de la parte superior del “muerto” de concreto hidráulico o de la placa metálica. La parte superior del ademe telescópico debe quedar anclada en un firme o “muerto” de concreto hidráulico.
  7. El tipo de material de relleno que se coloca entre el ademe y el límite de la perforación debe ser establecido por la residencia de obra, pero no se acepta concreto, material producto de la excavación, cascajo u otro material que impida el libre desplazamiento vertical de los tubos de ademe.
  8. La parte del banco de nivel profundo que sobresale de la superficie debe estar protegido por un registro de tabique rojo recocido, tabicon o concreto hidráulico, con medidas interiores mínimas de 40x60 centímetros de marco, contramarco y tapa metálica asegurada por medio de un candado. La altura que debe existir entre la superficie del tapón hembra y la tapa el registro será determinada por la residencia de obra en base a los datos estadísticos de hundimiento de la Ciudad de México por año.
  9. Colocar una placa metálica indicando los datos de identificación del banco de nivel profundo.
- b) Una vez establecido el banco de nivel profundo se determinan las cotas con nivel diferencial de precisión de primer orden.
- c) Periódicamente se realizan lecturas entre el banco o bancos superficiales con los que esté referenciado el banco de nivel profundo, se anotan los datos en la bitácora correspondiente y de esta manera se conocen las diferencias de nivel que indican el hundimiento que tiene el sitio determinado previamente.

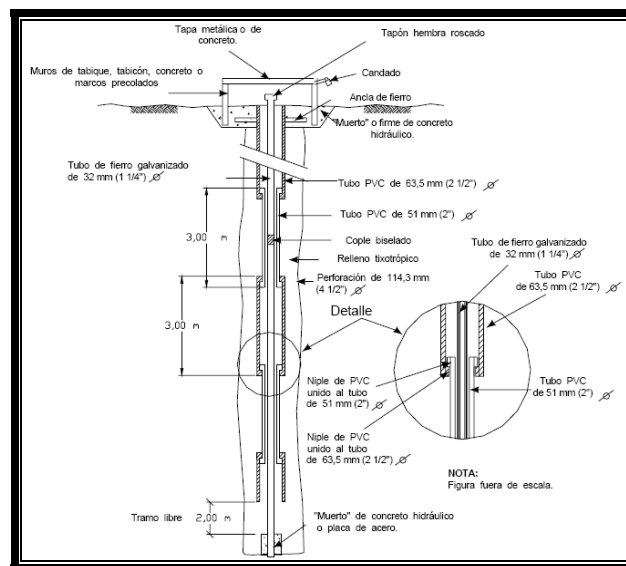


Fig. 5.10 Ejemplo de un Banco de Nivel Profundo.

Un Banco de Nivel Superficial se denotara como un punto fijo de elevación conocida, que sirve de referencia para establecer las elevaciones de otros puntos. Su elevación puede estar referida al nivel medio del mar o determinarse convencionalmente.

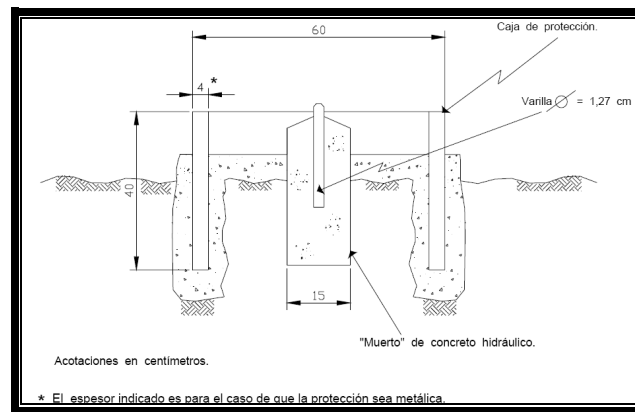


Fig. 5.11 Ejemplo de un Banco de Nivel Superficial.

Un Banco de Nivel Temporal (llamado también flotante) es aquel para el que no se acostumbra poner un monumento de concreto, este puede ser fácilmente removible, como lo sería un clavo de concreto, también podemos auxiliarnos de elementos estructurales como lo serian los tornillos de fijación de arbotantes del alumbrado público, esquinas de edificios o cualquier elemento con punta fina que sirva para girar el estadal sobre su propio eje. Cabe recordar que estos elementos temporales servirán solo para transportar la lectura de la elevación o como puntos de liga, como lo son los portamiras o sapos, mas no servirán para darle cavidad a futuras mediciones altimétricas, ya que no se encuentran sujetadas a un estrato fijo o firme.

## V.6 DESPLOME.

Existen varias formas de obtener el porcentaje de inclinación o pérdida de verticalidad 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 Complementarias del Reglamento de Construcción establecen los límites máximos para esta inclinación, cuya formula en porcentaje es la siguiente:

$$\text{Inclinación Visible} = \frac{100}{100 + 3 \cdot h}$$

donde  $h$  es la altura de la construcción en metros.

Esta tolerancia de desplome, es para las edificaciones del Grupo A y Subgrupo B1 a que se refiere el artículo 139 de este Reglamento.

Suponiendo que tenemos un edificio perteneciente al subgrupo B1, un edificio de 30 metros de alto con respecto al nivel de piso, para este edificio tendríamos una tolerancia de desplome de acuerdo a la formula de:

$$\text{Inclinación Visible} = \frac{100}{100 + 3 \cdot h} = \frac{100}{100 + 3 \cdot 30} [m] = 0.526 [\%]$$

Esto es que, para la construcción, tendríamos una tolerancia de 0.526 %; por lo que tendríamos como mínimo del desplome longitudinal la distancia de 0.157 [ m ]. Así pues, nuestra pérdida de verticalidad longitudinal sería de 0.157 metros lineales, ya que este es el máximo permisible por la Norma Técnica.

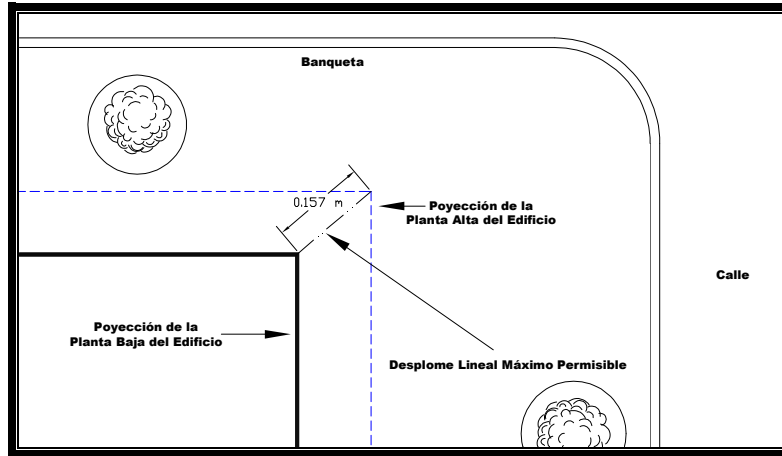


Fig. 5.12 Desplome lineal máximo permisible para un inmueble de 30 metros. Vista Planta.

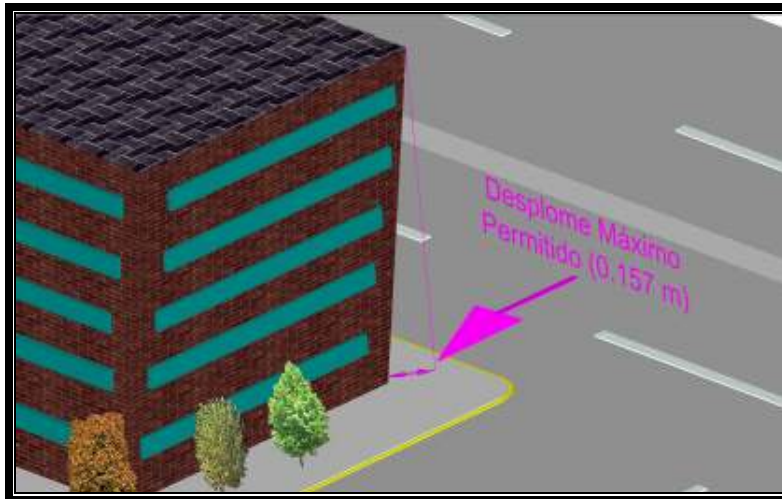


Fig. 5.13 Desplome lineal máximo permisible para un inmueble de 30 metros. Vista 3D.

### V.7 MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA DESPLOME DE EDIFICIOS.

A sabiendas de que representa un desplome de una edificación, situándolo textualmente del diccionario de la Real Academia Española, tenemos su significado como: *desviación de la posición vertical de un edificio*. El objetivo de las observaciones del desplome de una estructura, es conocer el desplazamiento horizontal que se origina y verificar que este no rebase los límites establecidos por el Reglamento de Construcción y además conocer la velocidad con que está ocurriendo este movimiento.

Se pueden plantear varias formas de obtener el desplome de un edificio, tanto su magnitud como el sentido de inclinación de este; en este contexto planteo cuatro formas de desplomes de edificaciones.

- A. Desplome con penta prisma.
- B. Desplome por plomadas cónicas.
- C. Desplome por proyección de puntos.
- D. Desplome por proyección de vértices (visual).

### V.7.1 DESPLOME CON PENTA PRISMA.

Este tipo de desplomes con nivel, son relativamente viejos para la tecnología que se cuenta en hoy día, pero de resultados rápidos y precisos. La precisión de este trabajo dependerá del buen enfoque y aumento con que cuente el nivel, así como la total horizontalidad del estadal. Para este método se utilizaría un nivel de automático, en cuyo tubo del anteojo se monte un penta prisma, y todo esto montado en una plataforma con plomada óptica. El principal elemento en este caso es el penta prisma, el cual a causa de su forma pentagonal, goza de la importante propiedad de producir una desviación rigurosamente igual a  $90^\circ$  de la visual del nivel.

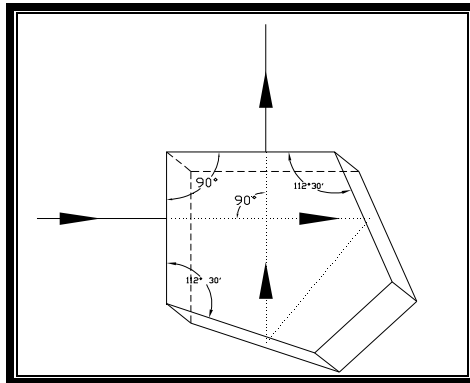


Fig. 5.14 Penta prisma.

La metodología sería la siguiente: Los puntos de control para desplome se localizan regularmente próximos a las aristas del edificio, al igual que los puntos donde se montara el nivel, además alejado del edificio a una distancia aproximada de 1 [m] del paramento, si es que las características del edificio así lo permiten.

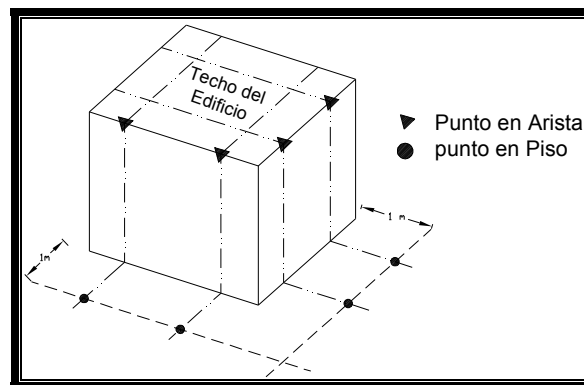


Fig. 5.15 Distribución de los puntos de control para desplome.

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 cero en la mitad del estadal.
- iii) Se lee la mira e una primera posición y luego se gira  $180^\circ$  para volver a leer la mira, así hasta obtener una tolerancia de 1 mm entre dos diferencias del mismo lado. Fig. 5.20
- 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 indicara el desplome de acuerdo a la diferencia de mas o menos de 1 mm.

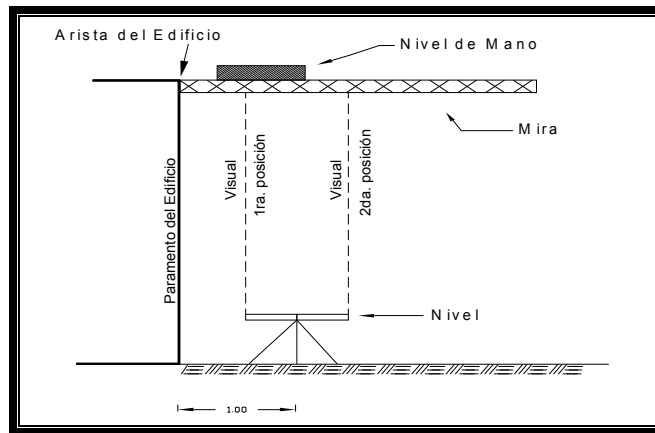


Fig. 5.16 Vista de perfil del estadal y el nivel.

### V.7.2 DESPLOME POR PLOMADAS CÓNICAS.

Sin duda este tipo de desplome es el más vistoso dentro de la arquitectura de los edificios, pues es la forma de conocer la inclinación del inmueble y el desplazamiento que este está proyectando. Este tipo de plomeo va relacionado con la nivelación de columnas, a fin de coincidir las dos con la tendencia del desplome del edificio.

Para este método de plomeo, primero se debe colocar estratégicamente los muertos de concreto o bases de cemento para poder colocar la tubería que suspenderá a la plomada física; estos muertos se colocaran uno en cada esquina de la azotea del edificio. Este tipo de plomadas físicas, tienen un peso aproximado de 2.5 [kg], debido a las condiciones de viento y altura, estos pesos deben ser grandes para poder tener una mayor estabilidad y evitar el balanceo excesivo y así poder marcar el punto en el piso con toda confianza.

Inicialmente este tipo de plomada, debido a su peso, es enganchada de un cable de acero, para evitar accidentes. Las plomadas son sujetadas por el cable de acero y bajadas por una polea colocada en el muerto de concreto, que este a su vez sujeta un tubo de fierro, dentro de este tubo, llevamos el cable de acero hasta la parte final de este, de donde colgara el cable que amarra a la plomada.



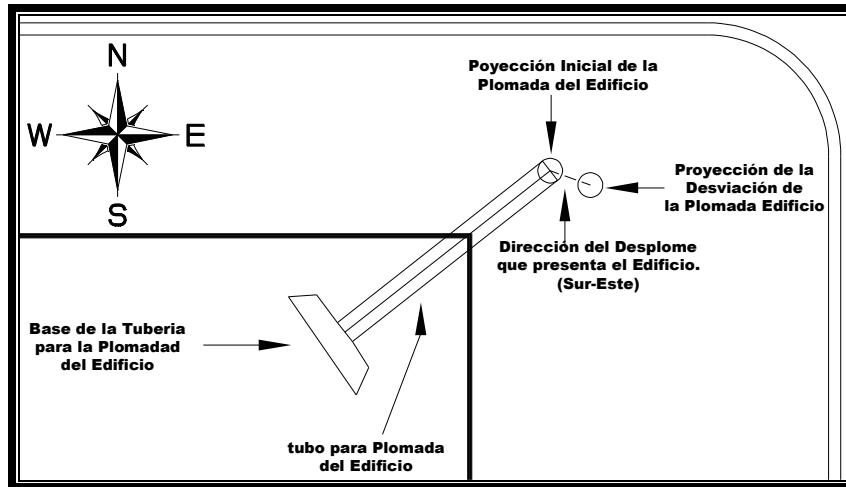


Fig. 5.17 Desplome lineal del Edificio. Vista Planta.

Estos puntos que se marcan en el piso por vez primera, señalarán la posición inicial de la inclinación del edificio, que en teoría debería ser totalmente paralela a la arista del edificio, es decir, la línea de la plomada es totalmente paralela a la pared de la edificación, por lo que entenderíamos que el edificio es totalmente perpendicular al terreno. Estos puntos iniciales deben marcarse físicamente en el piso con alguna marca de tipo indeleble o incluso poner algún tipo de varilla o clavo anclado fuerte y profundamente para poder conocer su posición inicial del plomeo desde el principio de la construcción y así poderlo referir a plomeos futuros de este.

Al paso del tiempo y en caso de que el edificio sufra algún tipo de emersión o hundimiento, al volver a colocar la plomada, esta no coincidirá con la posición inicial y lo que estará mostrando será la dirección y magnitud (no significativa) del desplome que se está presentando.

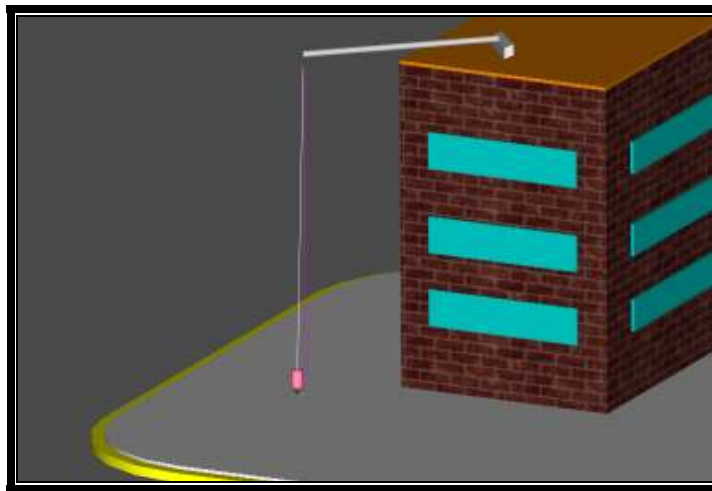


Fig. 5.18 Plomada, Muerto de Concreto y Tubo de amarre del Edificio. Vista 3d.

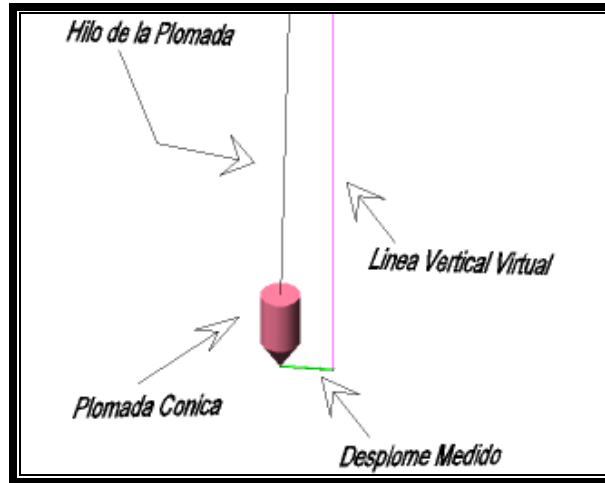


Fig. 5.19 Vista del Desplome.

### V.7.3 DESPLOME POR PROYECCIÓN DE PUNTOS.

Este tipo de plomeo, similar a los antes descritos, aporta el sentido y magnitud de la pérdida de verticalidad de la construcción. Para este método simplemente consiste en proyectar los puntos de las aristas de la planta baja con las de la planta alta, esto es que mediante el apoyo de equipo topográfico, podamos calcular la posición de los vértices de las esquinas del inmueble. Para esto necesitamos contar con equipo de medición adecuado, como lo sería un taquímetro electrónico o una estación total, ya que para medir las distancias prescindiremos necesariamente de un distanciometro electrónico. El primer paso para cálculo del desplome por este método, será contar con una poligonal de apoyo (abierta o cerrada), que servirá de base para radiar el edificio. Una vez compensada la poligonal, proseguiremos a levantar por cualquier método geométrico, las esquinas o aristas de edificio, tanto de su parte baja como de la parte alta o azotea.

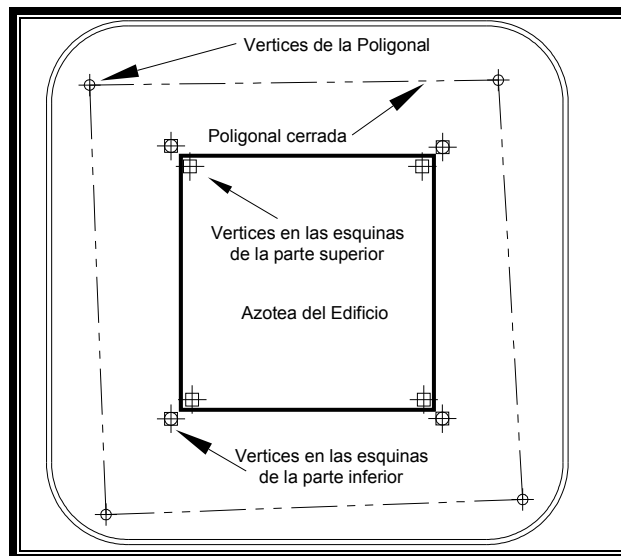


Fig. 5.20 Ubicación de puntos de control. Vista de Planta.

El método de radiación de puntos, es el mas convincente para cuando este tipo de trabajos se realizan con equipo topográfico como las estaciones totales; es pertinente contar con este equipo de distanciometros electrónicos, ya que por la altura de la edificación o por lo complicado de acceder a los puntos de esquina, este tipo de aparatos nos facilitaran la tarea de medición.

Así pues, se procederá a medir los puntos de las esquinas de la parte baja y de la parte alta. Ya procesados estos puntos, se dibujaran en una proyección tipo planta para conocer la tendencia del rumbo de inclinación y su magnitud desfasada. Si la edificación se encuentra en perfecto estado vertical, estas marcas de aristas, coincidirán perfectamente, de no ser así, se corroborara el sentido y magnitud de desplome de la edificación.

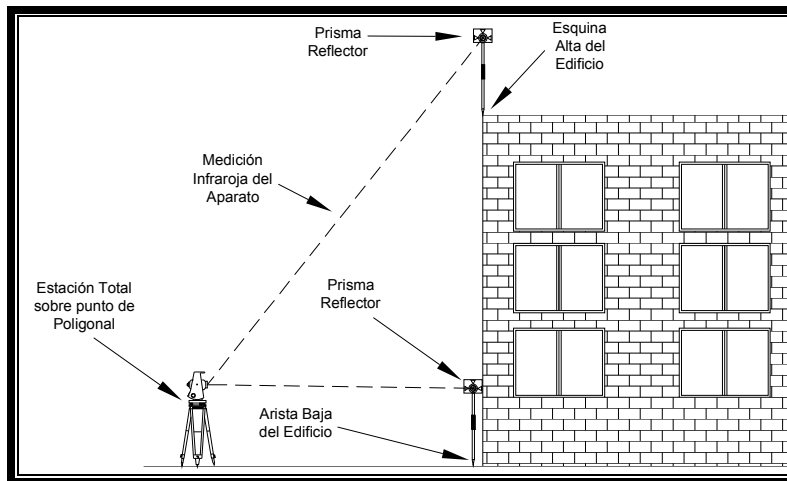


Fig. 5.21 Posición de la Medición .Vista de Perfil.

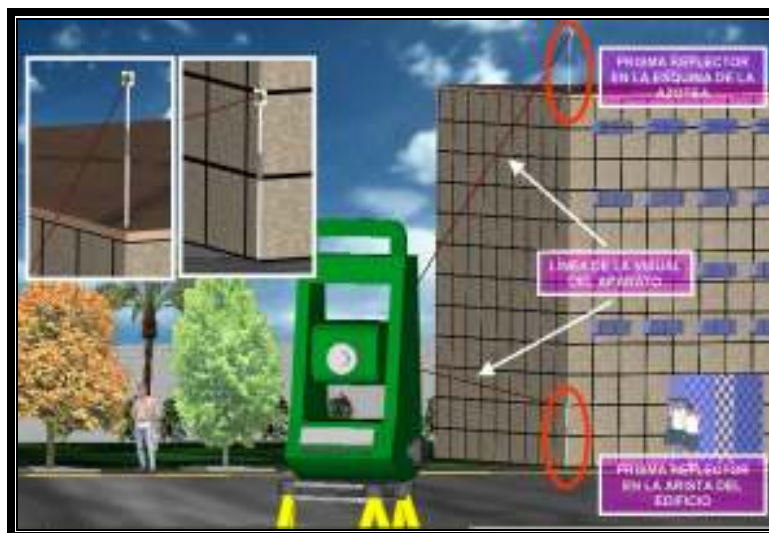


Fig. 5.22 Vista 3d de la medición.

Cabe recalcar que este tipo de método de desplome es uno de los más fáciles y rápidos, ya que se tiene la ayuda de los taquímetros electrónicos, ya que sin ellos el calculo de la distancia de los puntos de la base del equipo a la parte baja o a la parte alta, tendrían una

cierta meticulosidad con cualquier método alternativo para el cálculo de estas proyecciones.

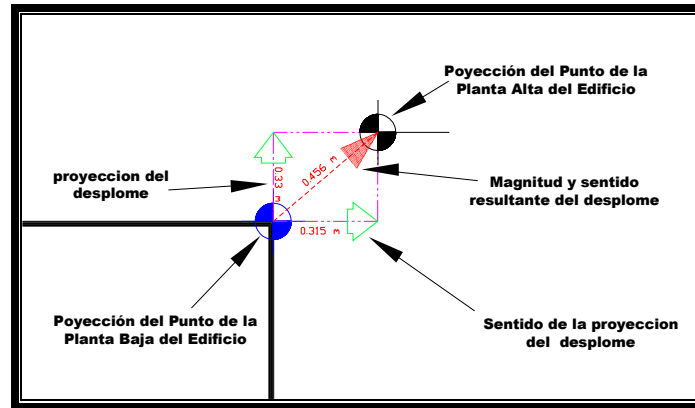


Fig. 5.23 Proyección en planta de los puntos de la parte alta y baja del edificio, con su desplome.

#### V.7.4 DESPLOME POR PROYECCIÓN DE VÉRTICES.

Similar al desplome por Proyección de Puntos, en este método, proyectaremos los vértices de las esquinas de la construcción en dos posiciones, para tener una intersección de esta y así poder proyectarlo a nivel de piso. El procedimiento sería el siguiente:

- i) Extender una línea a ras de piso de la arista del edificio. Esto puede ser a través de un hilo de plomada. Y colocar a 3 o 4 metros de distancia del edificio un goniómetro.
- ii) Hacer puntería en la parte alta del edificio, justamente en el vértice o esquina del edificio, fijar el plato horizontal de este y proceder a bajar la visual hasta marcar dos puntos sobre el piso, que tengan aproximadamente unos 30 centímetros de distancia entre estos dos y marcar la línea que se genera.
- iii) Extender otra línea de arista adyacente a esta primera. Y procedemos a repetir el mismo mecanismo en esta parte colindante del edificio.

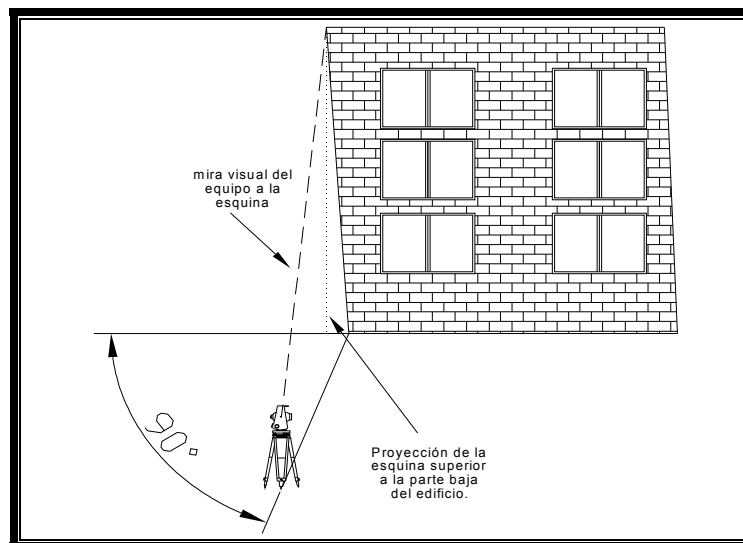


Fig. 5.24 Proyección de la visual en la parte baja del Edificio. Vista de Perfil.

- iv) Lo siguiente sería marcar el punto de intersección de estas dos líneas que se originaron.
- v) Medir la distancia de este punto de cruceo con el vértice de la parte baja del edificio, dándonos así el resultado de distancia y rumbo de la inclinación del inmueble.

Esta distancia y el rumbo del desplome, deberán ser semejante al de los cuatro lados medidos del edificio y deberá ser complementado con las lecturas de nivelación que se realicen en las columnas de la construcción.

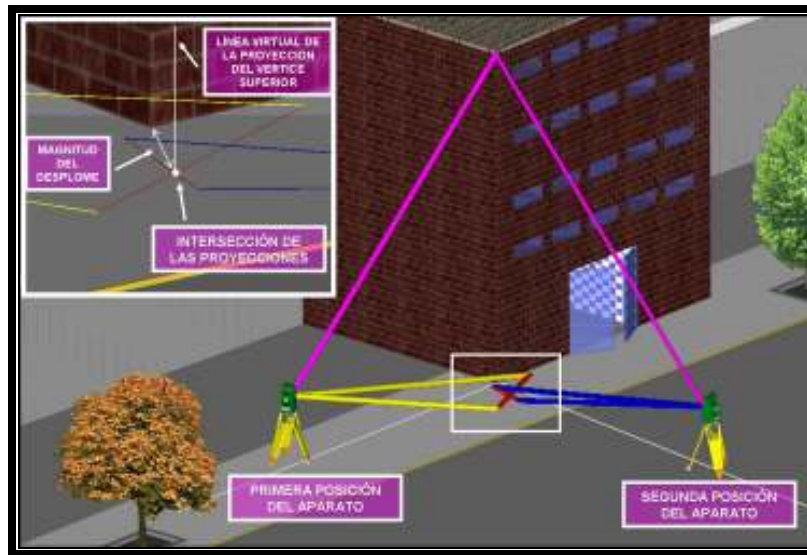


Fig. 5.25 Proyección de las Intersecciones de las Aristas.

## V.8 NIVELACIÓN DE LAS COLUMNAS DE CONSTRUCCIÓN.

Durante y después de la construcción de los edificios, se debe de llevar un monitoreo preciso sobre el comportamiento de las elevación de cada uno de las columnas del inmueble, para eso tenemos que señalar cada una de las columnas, con una marca distintiva, en la cual se acostumbra utilizar un triángulo, con dos de sus vértices en horizontal y el restante hacia abajo (comúnmente llamadas *Palomas*); estas marcas nos sirven de referencia para poder nivelar posteriormente y así comprobar el estado de hundimiento o emersión de las columnas y en general de toda la edificación. La metodología sería, primeramente, seleccionar estratégicamente puntos de liga, de los cuales se pueda observar la mayoría de las columnas, para evitar el cambio de aparato. Una vez determinados estos puntos, se procede a hacer una nivelación diferencial compuesta, para tomar lectura de tres hilos de las marcas o *palomas*; para esto nos ayudamos de un flexómetro que realizara la función del estadal, ya que como estos trabajos requieren una gran precisión en la lectura y como los flexómetros cuentan con división milimétrica, ya no será necesario estimar esta. Es recomendable no empezar la medida del flexómetro en el *cerro* inicial de la cinta, ya que el gancho de sujeción puede estar un poco flojo o chueco, lo cual nos daría una medición errónea. Así pues, para garantizar la mejor toma de datos las lecturas que se leen, se empiezan con un valor fijo, 10, 20 o hasta 30 centímetros sobre la marca de la paloma. Estas medidas se tendrán que anotar en la libreta de nivelación, así como el sentido de la puesta del flexómetro, ya que el sentido de la cinta (arriba o abajo) nos indicara si se realizara una suma o una

resta al valor del hilo medio de la lectura del nivel. Si nuestra lectura nos indica que debemos poner el flexómetro hacia arriba, tendríamos que restar el valor de la lectura, del modo contrario, la sumariamos; para así conocer la cota o elevación de la marca. La forma de cómo colocar el flexómetro lo podemos visualizar mejor en la siguiente figura.

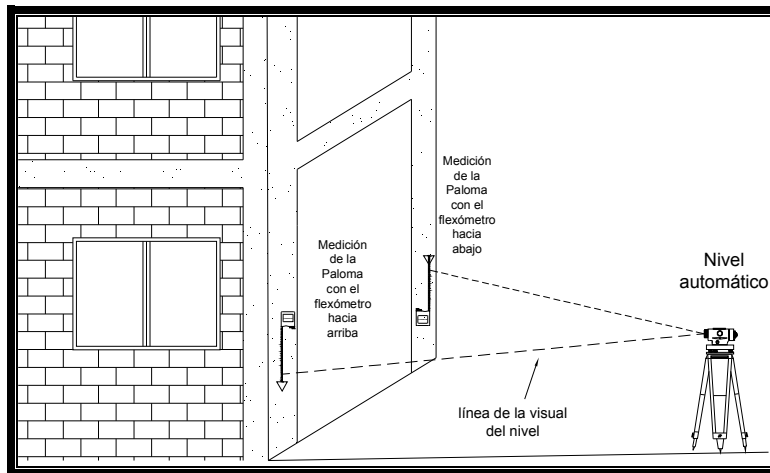


Fig. 5.26 Colocación del flexómetro hacia arriba o hacia abajo, a partir de la marca de nivelación.

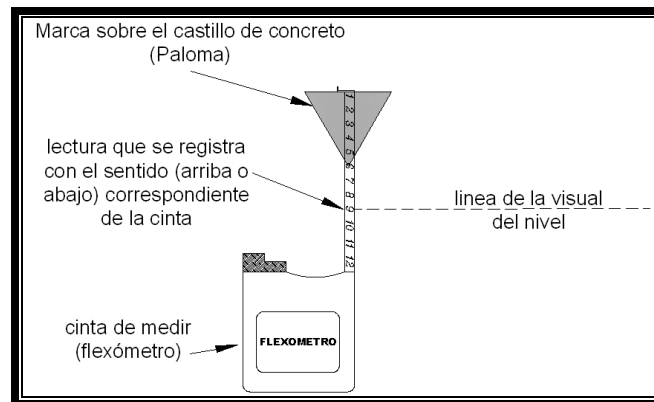


Fig. 5.27 Forma de colocación del flexómetro sobre la marca de nivelación.



Fig. 5.28 Fotografía de las marcas de nivelación para columnas.

De esta forma obtenemos el siguiente registro de campo

PV	+	DIF.	A.A.	-	DIF	COTA
	0.083					
BN-1	0.119	0.116	100.116			100.000
	0.146					
PALOMA 1				0.224		
0.7				0.148	0.148	100.668
abajo				0.072		
PALOMA 2				0.493		
0.5				0.515	0.515	100.101
arriba				0.537		
PALOMA 3				0.394		
0.5				0.437	0.437	100.053
arriba				0.479		
	1.294			1.436		
PL-1	1.247	1.247	100.094	1.269	1.269	98.847
	1.201			1.103		
PALOMA 4				0.351		
0.5				0.410	0.410	100.004
arriba				0.469		
PALOMA 5				0.387		
0.5				0.410	0.410	100.004
arriba				0.434		
PALOMA 6				0.403		
0.5				0.438	0.438	100.032
arriba				0.473		
	1.337			1.438		
PL-2	1.278	1.278	100.113	1.259	1.259	98.835
	1.219			1.079		
PALOMA 7				0.198		
0.6				0.144	0.144	100.569
abajo				0.091		
PALOMA 8				0.169		
0.6				0.139	0.139	100.574
abajo				0.110		
PALOMA 9				0.422		
0.6				0.462	0.462	99.975
arriba				0.502		
PALOMA 10				0.281		
0.5				0.361	0.361	99.974
arriba				0.441		
PALOMA 11				0.414		
0.5				0.285	0.285	100.329
abajo				0.155		
	1.426			1.539		
PL-3	1.362	1.362	100.151	1.324	1.324	98.789
	1.297			1.109		
PALOMA12				0.291		
0.5				0.190	0.190	100.461
abajo				0.089		

Tabla. 5.29 Registro de campo de marcas en columnas.

Estos resultados arrojan la siguiente grafica

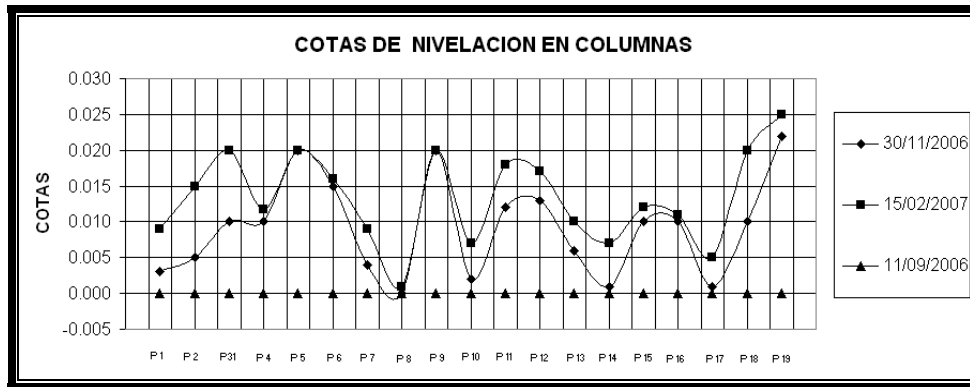


Fig. 5.30 Gráfica de los resultados de la nivelacion.

En este tipo de grafica de nivelación de marcas en columnas, se puede observar la tendencia de hundimiento o emergimiento que presentan las columnas de dicho edificio, la grafica muestra tres nivelaciones, en tres diferentes épocas, la primera realizada el día 11 de septiembre, en donde muestra que no existe ninguna diferencia, ya que fue la primera nivelación y esta sirve como marco de referencia de las siguientes medidas. Las demás medidas posteriores y diferentes en tiempo (aproximadamente dos meses entre cada una) y en lectura, muestran la tendencia de movimiento vertical, de las columnas del inmueble con respecto a la primera nivelación. Siempre se tratara de nivelar por orden geométrico de la estructura, ya sea por fila o columna.

Muchas veces para evitar el renovado de pintura de estas marcas, ya sea por humedad o por deterioro, se opta por colocar tornillos de fierro incrustados en la columna, así estos tienen una vida mas longeva que el de la marca de pintura y facilita la puesta de estadales o de flexometros.

## V.9 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CONTROL VERTICAL Y HORIZONTAL.

Para poder interpretar mejor los resultados obtenidos, no será suficiente con las diferencias de la tabla comparativa, sino que se hace 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 3 secciones, que son: curvas de igual movimiento vertical; perfiles y secciones longitudinales y graficas de movimiento-tiempo.

### V.9.1 CURVAS DE IGUAL MOVIMIENTO VERTICAL.

Estas curvas de igual movimiento vertical o llamadas más comúnmente curvas de nivel, también se les conoce con el nombre de *Isopletas* que, en un mapa, representan las líneas de intersección de un determinado plano horizontal con la superficie del terreno, es decir son curvas que unen puntos el terreno con la misma altitud. También se denominan *isohipsas* y cuando representan al relieve submarino, *curvas batimétricas*.



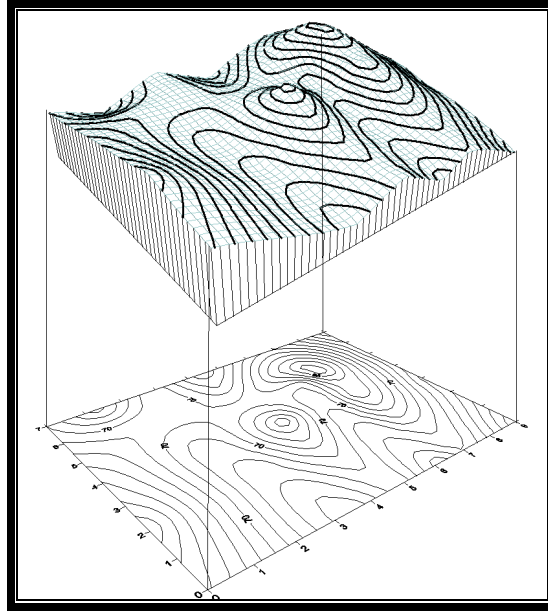


Fig. 5.31 MDT y vista en planta de Curvas de Nivel.

## V.9.2 FUNDAMENTO DE LAS CURVAS DE NIVEL.

La distancia a las que se sitúen los planos horizontales son las que determinan los intervalos verticales entre las curvas, que pueden ser fijos (equidistancia, caso mas usual) o variables. La altitud de los otros planos suelen corresponder a cifras redondeadas y suelen representarse de una manera jerárquica, dando lugar a las curvas ordinarias y curvas maestras. Las curvas ordinarias estarán siempre dentro de las maestras y en paquetes de cuatro curvas, es decir, ira primero una maestra seguida de cuatro ordinarias y así sucesivamente. El intervalo o equidistancia de estas curvas de nivel sucesivas se elegirá en función del trabajo a realizar, tanto valores positivos como negativos; las curvas maestras siempre deberán terminar en numero cerrado y de un color diferente o un grueso de pluma mas ancho que el de las demás, esto con el fin de notar su cota y ubicación, ya que estas son siempre las principales en cualquier plano topográfico.

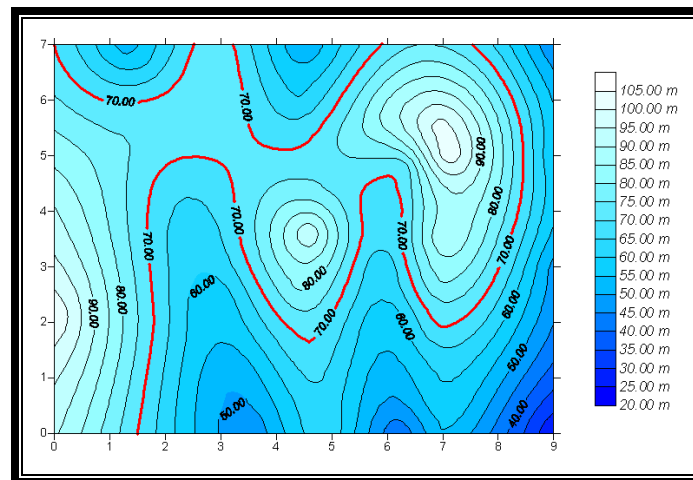


Fig. 5.32 Plano topográfico con curvas ordinarias y maestras.

Las curvas de nivel cumplen una serie de propiedades (a veces con excepciones) que son:

- Dos curvas de nivel nunca pueden cortarse entre si o coincidir, salvo en el caso de acantilados rocosos o cornisas.
- Las cotas de curvas sucesivas son crecientes o decrecientes de manera uniforme.
- Salvo en depresiones u hoyas del terreno, las curvas de nivel más cerradas tienen mayor cota que las contiguas.
- El número de extremos de curvas de nivel cortados por el marco del plano o mapa debe ser par, ya que todas las curvas de nivel deben ser cerradas, siendo muchas veces necesario considerar un mapa global para apreciar esta propiedad.
- El terreno, entre dos curvas, o entre dos puntos de cota conocida, se considera con pendiente uniforme.

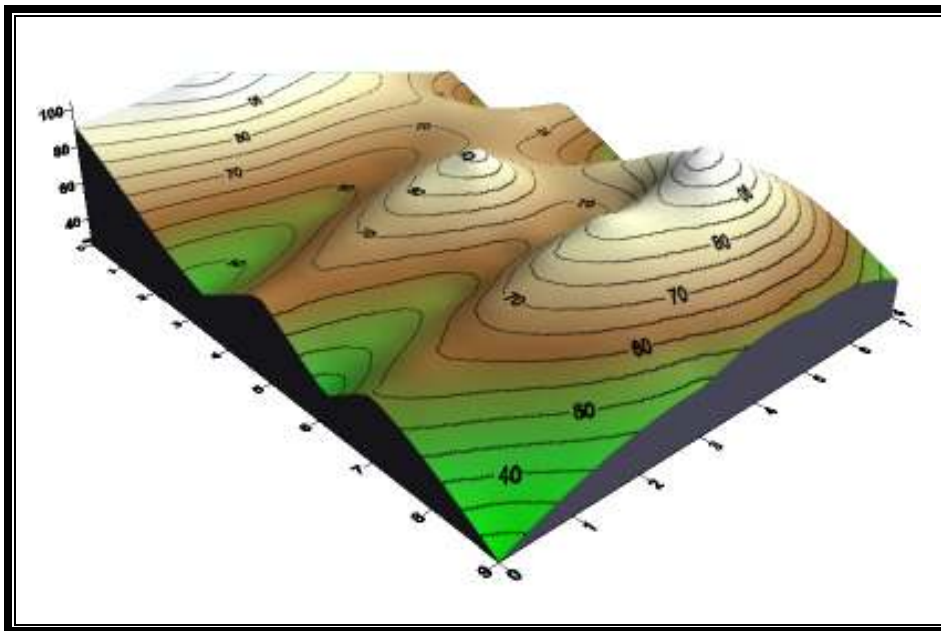


Fig. 5.33 MDT con curvas de nivel.

### V.9.3 PERFILES Y SECCIONES LONGITUDINALES.

Se emplean para registrar los movimientos de una manera mas 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.

### V.9.4 PERFIL LONGITUDINAL.

Es la intersección del terreno con el plano vertical definido a partir de un determinado eje longitudinal proyectado. Su representación se realiza sobre unos ejes cartesianos X y Y, que define la distancia al origen y la altitud respectivamente. La escala de estos ejes puede ser distinta y se tiende a exagerar la representación altimétrica mediante un aumento de la escala en el eje Y, llegando hasta diez veces el de X.

La densidad o secuencia de los puntos de un perfil es la separación que existe entre los puntos que lo representan. Es función de la escala y de las necesidades del objetivo final. Por regla general se toman datos del terreno siguiendo una secuencia constante (cada tantos metros) de tal modo que esta secuencia siga cumpliendo con la precisión exigida por la escala y los condicionantes del objetivo final. De cualquier forma, también se toman los puntos que sin corresponder a la secuencia original representan accidentes del terreno o cruces con objetos significativos, como carreteras, líneas eléctricas, etc.

Por ultimo se debe decir que los desniveles a representar serán los que pueden determinar el valor de la escala del eje vertical y de la secuencia entre puntos. Es posible que un perfil con pocas variaciones de nivel sea conveniente exagerarlo, aumentando la escala del eje vertical, para que puedan apreciarse los desniveles existentes.

Los métodos para obtener un Perfil Longitudinal son los siguientes:

- Gráficamente.
- Por métodos topográficos. (Taqüimetría y Nivel).
- Por fotogrametría.
- A partir de Modelos Digitales de Terreno.

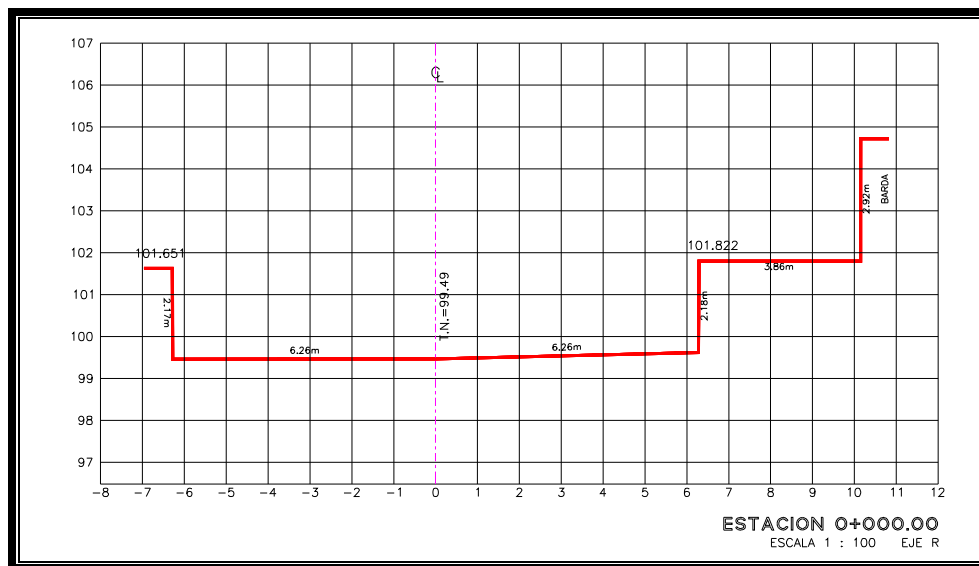


Fig. 5.34 Ejemplo de un Perfil Longitudinal.

### V.9.5 EL PERFIL TRANSVERSAL.

Es el resultado de la intersección de un plano vertical y normal al eje de la figura proyectada, con el terreno sobre el que se quiere situar. Ocupa una posición normal al del perfil longitudinal.

La longitud (o ancho) al menos tendrá que cubrir las necesidades del trabajo para lo que se proyecta. Se representa con dos ejes X e Y. en la tabla de las X se ponen las distancias al eje en valores positivos y negativos. En la de las Y se marcan las cotas o altitudes. No suele haber diferencias en la escala para los dos ejes, pues se pueden utilizar para medir superficies entre ellos.

La densidad de puntos será como siempre, función de la escala y lo que se pretenda obtener del perfil. Sin embargo no existe una secuencia constante de separación de los mismos, sino que se toman solo los que representan un cambio de pendiente o cualquier influencia con el perfil (caminos, muros,...).

Los métodos para obtener un Perfil Transversal son los siguientes:

- Gráficamente.
- Por métodos topográficos. (Taquimetría y Nivel).
- Por fotogrametría.
- A partir de los Modelos Digitales de Terreno.

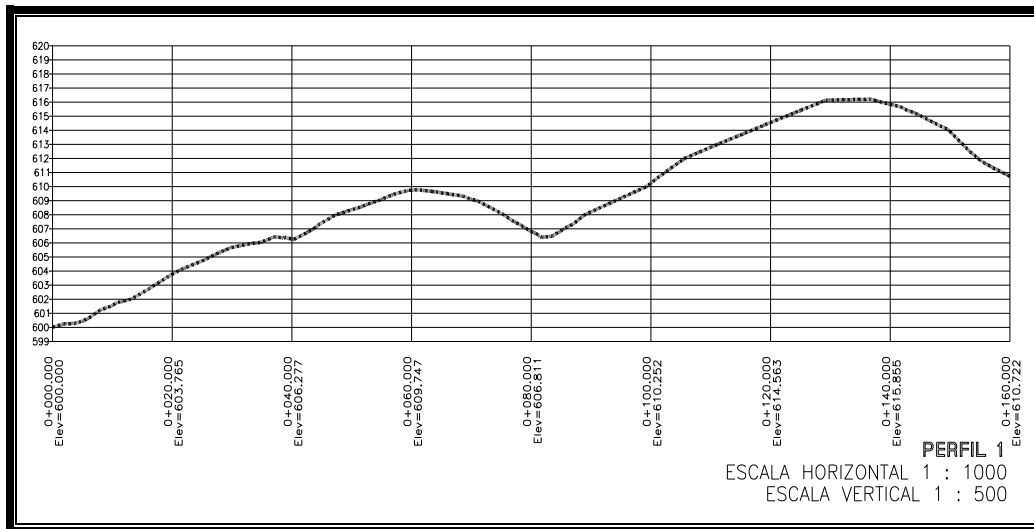


Fig. 5.35 Ejemplo de un Perfil Transversal.

**V.9.6 GRÁFICAS 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. Estas graficas se pueden presentar en diferentes maneras para obtener el desplome, existen varias formas de presentar este movimiento y su porcentaje de inclinación, puede ser por el total del edificio obteniendo promedios o puede ser por cada punto si estos son representativos del edificio. lo importante es resaltar el porcentaje de inclinación y el sentido del desplome.

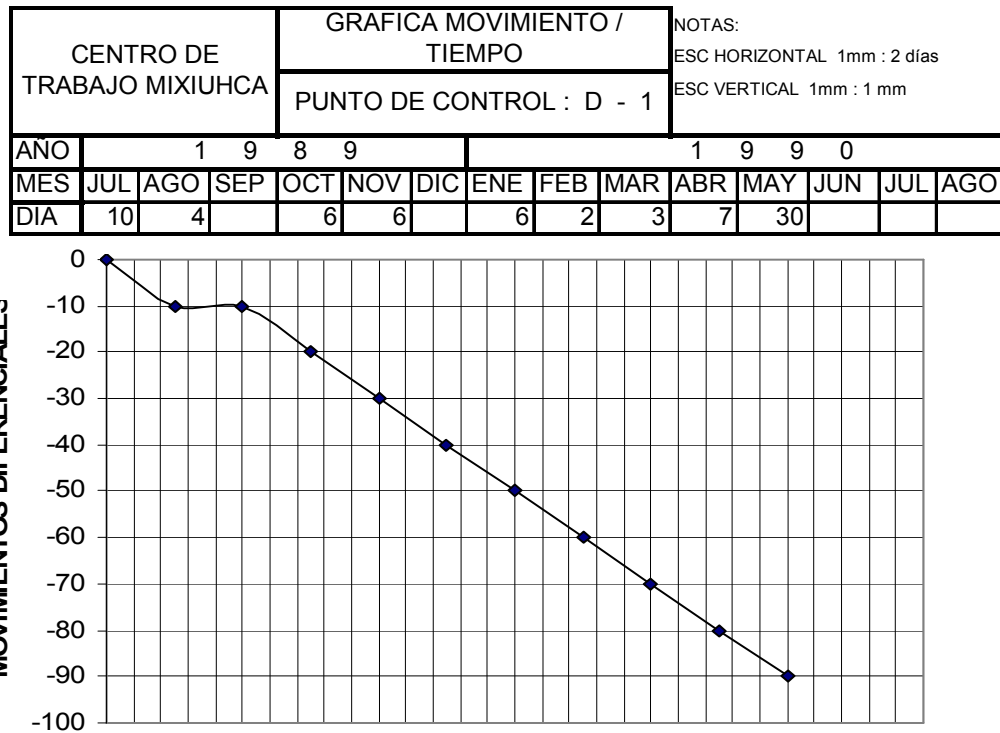


Fig. 5.36 Gráfica de Movimiento-Tiempo.

Existen varias formas de presentar el resultado de este movimiento y su debido porcentaje de inclinación, puede ser por el total del edificio obteniendo el promedio de los porcentajes de los puntos nivelados o puede ser por cada punto representativo para poder resaltar su inclinación y el sentido del desplome.

Todas estas secciones tendrán que ser complementarias y coincidentes con los resultados obtenidos de los métodos de desplome.

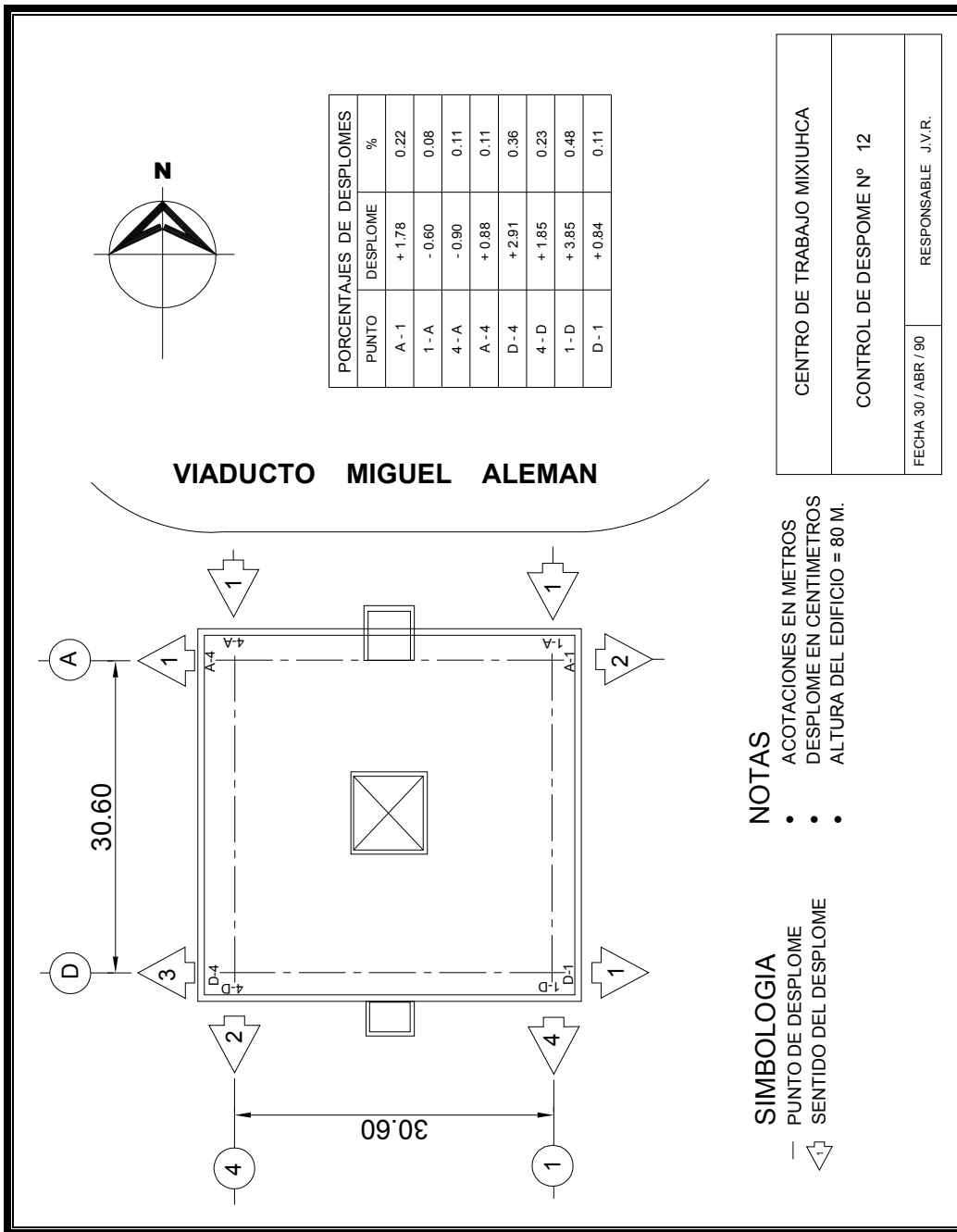


Fig. 5.37 Ejemplo de un Plano de Desplome.

## **CAPITULO VI.**

### **CALCULO TOPOGRÁFICO.**

## **ANTEPROYECTO.**

### **VI.1 HABILITAR PLOMADAS EXISTENTES.**

Para poder utilizar las plomadas ya existentes, se les tuvo que dar mantenimiento en lo que se refiere a la compra de 70 metros de alambre de acero de 1/16" para cada una de las dos plomadas que no lo tenían.

Asimismo, se coló el muerto de concreto faltante en uno de los tubos que sostienen las plomadas.

No fue necesario mandar a fabricar las dos plomadas faltantes ya que se procedió a desinstalar las ya existentes después de utilizarlas, y colocarlas en las dos esquinas donde hacían falta para poder llevar a cabo la medición directa del desplome.

### **VI.2 VERIFICAR MARCAS DE DESPLOMES.**

Para poder tener una secuencia del movimiento del edificio en cuestión, se planeó levantar por medio de coordenadas las marcas que ya existen cerca de la zona donde la plomada señala la verticalidad y así poder relacionar con algún estudio anterior.

### **VI.3 REUBICAR EL ORIGEN DEL SEÑALAMIENTO DE LAS PLOMADAS.**

Para poder conocer el desplome total, es importante conocer el punto de referencia sobre el cual se mide el desplome; esto se podrá realizar mediante dos procedimientos: uno de ellos es medir las distancias directamente en la cancelería en la azotea para determinar la ubicación del punto donde se encuentra la polea y asimismo medir las mismas distancias en la misma cancelería pero en la parte del piso más baja con lo cual se medirán los desplomes. El otro procedimiento es ubicar las poleas mediante coordenadas con equipo topográfico electrónico y la cancelería de la azotea y después reubicar el punto de la polea en el piso más bajo en donde se medirán los desplomes.

### **VI.4 NIVELACIÓN DE SEÑALAMIENTOS EN COLUMNAS DE SÓTANO DESDE UN BANCO DE NIVEL SUPERFICIAL.**

Después de hacer un análisis para poder ligar estos estudios con los proporcionados por el ISSSTE y no poder determinar ningún dato que asegure la continuidad, se optó por iniciar un estudio topográfico que no tenga ninguna relación con las nivelaciones anteriores, con el fin de tener una estudio seguro y confiable.



### **VI.5 NIVELACIÓN PARA DAR ELEVACIÓN AL BANCO DE NIVEL PROFUNDO EXISTENTE.**

Al no contar con la cota del banco de nivel profundo y tener la incertidumbre de que sea realmente un banco de nivel profundo, puesto que se encuentra sin terminar adecuadamente, se requerirá monitorearlo en lo sucesivo desde otro banco de nivel.

### **VI.6 NIVELACIÓN A PISO DE LA PLANTA BAJA.**

Para conocer el estado físico actual de la losa del piso de la planta baja, se realizará una nivelación ubicando puntos lo más cercano a las columnas y en el lecho superior de la losa del piso de la planta baja.

### **VI.7 NIVELACIÓN A PISO DEL NIVEL 11.**

Para conocer el estado físico actual de la losa del piso del nivel once, se realizará una nivelación ubicando puntos lo más cercano a las columnas y en el lecho superior de la losa del piso del nivel once.

### **VI.8 MEDICIÓN DE DESPLOMES MEDIANTE PLOMADAS FÍSICAS.**

Debido a la insuficiencia de información y con el objeto de poder aprovechar la instalación de las plomadas en las cuatro esquinas de la azotea del edificio se procederá a bajar las plomadas y marcar el punto exacto que señalen en el piso al cual están referidas, inmediatamente se ubicarán los puntos mediante coordenadas para poder tener el inicio de las mediciones de desplomes en un aspecto relativo.

### **VI.9 UBICACIÓN DE UN VÉRTICE DE CADA UNA DE LAS COLUMNAS DEL NIVEL 11 MEDIANTE COORDENADAS.**

Se realizará una poligonal de apoyo para ligar un vértice de cada una de las columnas del nivel once con el objeto de tener coordenadas de dichos vértices y poder compararlas con las coordenadas de otros vértices ubicados en la misma posición de cada columna pero de la planta baja, dichas coordenadas se ligarán a una poligonal existente para tener el mismo sistema en todo el edificio y entorno al mismo.

**VI.10 UBICACIÓN DE UN VÉRTICE DE CADA UNA DE LAS COLUMNAS DE LA PLANTA BAJA MEDIANTE COORDENADAS.**

Se realizará una poligonal de apoyo para ligar un vértice de cada una de las columnas de la planta baja con el objeto de tener coordenadas de dichos vértices y poder compararlas con las coordenadas de otros vértices ubicados en la misma posición de cada columna pero del nivel once, dichas coordenadas se ligarán a una poligonal existente para tener el mismo sistema en todo el edificio y entorno al mismo.

**VI.11 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO MEDIANTE COORDENADAS DEL PERÍMETRO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA, TANTO EN AZOTEA COMO EN PLANTA BAJA.**

Se realizará un levantamiento topográfico para ubicar la estructura metálica mediante coordenadas tanto en el nivel de la azotea como en la parte mas baja existente, éstas coordenadas se ligarán a un sistema que englobe todo el levantamiento.

**VI.12 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA UBICAR LOS SEÑALAMIENTOS EXISTENTES DEL DESPLOME.**

Mediante un levantamiento topográfico, se ubicarán los señalamientos ya existentes de los desplomes para poder determinar la relación con los estudios anteriores y estar en posibilidad de darle secuencia, o simplemente descartarlos por completo, e iniciar los estudios de monitoreo del movimiento del edificio con respecto a hundimientos y desplomes.

**CAPITULO VII.**  
**RESULTADOS.**

### VII.1 HABILITACIÓN PLOMADAS.

Para poder habilitar las plomadas incompletas se compraron 140 metros de cable de acero trenzado de 1/16" especial, delgado y resistente a la tensión del contrapeso. Este se dividió en dos tramos de 70 metros cada uno. Se instaló el cable en las dos plomadas y se dejaron listas para poder realizar la medida del desplome en el momento indicado, lo que podrá permitir realizar estudios subsecuentes sin tener que hacer arreglos posteriores. Como ya se mencionó, la fabricación de las dos plomadas faltantes se obvió debido a que las propias plomadas existentes pueden cambiarse de vértice, además que por seguridad no es conveniente dejar las plomadas instaladas en la parte norte del edificio ya que si quedan suspendidas en alto, debido al viento pudieran ocasionar golpes contra los vidrios, o eventualmente desprenderse y lastimar a alguien, y si se toma la opción de dejarlas suspendidas en la parte inferior, se corre el riesgo de que pudieran perderse, ya que es relativamente fácil desmontarlas.



Fig. 7.1 Fotografía de la plomada cónica utilizada.



Fig. 7.2 Fotografía de la rehabilitación de las plomadas existentes.

## VII.2 VERIFICACIÓN DE LAS MARCAS DE DESPLOME.

Cuando se hizo el reconocimiento en campo, se detectaron una serie de marcas en el piso cerca del lugar donde queda la plomada cuando esta se baja, las marcas se verificaron y en cada esquina se detecto que una de ellas es la proyección de la parte más baja de la cancelería de metal, y la otra queda dentro de un entorno de unos tres o cuatro centímetros de la plomada, la misma diferencia se presenta en todas las esquinas y además conserva un rumbo semejante. A pesar de contar con estas marcas físicamente no pueden ser utilizadas ya que no se tiene la fecha en que fueron colocadas ni algún informe que mencione las referencias y significado de dichas marcas.



Fig. 7.3 Fotografía de la polea de la Plomada Física (esquina Sur-Ete).

## VII.3 REUBICACIÓN DEL ORIGEN DEL SEÑALAMIENTO DE LAS PLOMADAS.

Se utilizaron dos métodos: uno de baja precisión y otro de alta precisión. El primero consistió en medir una serie de distancias en la azotea para ubicar la polea de donde se suspende la plomada, todas estas distancias referidas a la cancelería de metal; estas medidas se trasladaron a la parte baja del edificio y se reubicó el punto que señala la proyección de la polea como si el edificio no estuviera desplomado. El método de alta precisión consistió en determinar, por medio de una poligonal y con el empleo de equipo electrónico, las coordenadas de la polea y su misma proyección con respecto a la cancelería en la parte baja del inmueble. Un método con respecto a otro arrojó una diferencia de ocho centímetros por lo que se optó por dejar las mediciones efectuadas con el método de alta precisión.

## VII.4 MEDICIÓN DE DESPLOMES MEDIANTE PLOMADAS FÍSICAS.

Después de habilitar las plomadas se bajaron cada una de ellas en las cuatro esquinas y se marcó el vértice que señalaba en el piso lo más abajo posible, las esquinas se clasificaron con noreste, noroeste, sureste y suroeste. En las esquinas noreste, noroeste y sureste se marco el punto en el suelo a nivel planta baja, y en la esquina suroeste se marcó el punto en la losa del piso del nivel siete (estacionamiento), lo cual es importante considerar para poder referir el desplome en esta esquina hasta la planta baja.



Fig. 7.4 Fotografía de las marca de la Plomada Física (esquina Nor-Este).



Fig. 7.5 Fotografía de las marca de la Plomada Física (esquina Sur-Ete).

Debido a que se encontraban marcas en el piso, de las cuales no se hace mención de ninguna en los reportes entregados anteriormente por la empresa Ingeniería Experimental S.A. de C.V., y se desconocía el punto de la plomada física inicial del edificio, es decir, el punto original de las plomadas antes de que sufriera algún tipo de movimiento la edificación. Así pues, se procedió a reubicar físicamente estos puntos, midiendo desde la azotea la proyección de el tubo de la polea de las plomadas, y replantando, en la parte baja del edificio, las longitudes de proyección del punto original de desplome, esto partir de las esquinas de este; de esta forma se obtuvo el desplazamiento y dirección de las plomadas.

Las lecturas medidas de estos desplomes arrojaron los siguientes datos:

ESQUINA DEL EDIFICIO.	DISTANCIA DEL DESPLOME EN METROS.	DIRECCIÓN DEL DESPLOME
Nor-Este	0.046	Nor-Este
Nor-Oeste	0.040	Nor-Este
Sur-Este	0.026	Sur-Oeste
Sur-Oeste	0.320	Nor-Oeste

Tabla. 7.6 Resultados de desplomes.

Estas medidas son de gran importancia, pero no muy confiables, debido a que no se tenía el punto original de la plomada de la edificación. Se puede suponer que el punto original replanteado está bien puesto, aunque cabe recordar que una edificación puede sufrir deformación de cualquier tipo durante el lapso de su construcción, lo cual pone en duda si el edificio gozaba de una verticalidad absoluta al momento de su terminación.

### VII.5 NIVELACIÓN DE SEÑALAMIENTOS EN COLUMNAS DE SÓTANO DESDE UN BANCO DE NIVEL SUPERFICIAL.

Se estableció un banco de nivel superficial en el jardín que se encuentra entre las calles de Ponciano Arriaga y Ramos Arispe y Mariscal dándole una cota de 100m y cuyo nombre asignado fue el de BN JARDIN. Desde este banco de nivel se realizó una nivelación hasta el interior del edificio para dar las elevaciones a las marcas ubicadas en cada columna y tomarlas como primer lectura para iniciar el monitoreo. Además de la nivelación, se midió la distancia existente entre cada marca y el lecho inferior de la losa del techo del sótano.



Fig. 7.7 Fotografía del Banco de Nivel superficial BN JARDIN:



Fig. 7.8 Fotografía del Banco de Nivel Superficial (vista de detalle).

## VII.6 NIVELACIÓN PARA DAR ELEVACIÓN AL BANCO DE NIVEL PROFUNDO EXISTENTE.

Se realizó una nivelación diferencial para dar elevación al banco de nivel profundo a partir de un banco de nivel superficial en el jardín que se encuentra entre las calles de Ponciano Arriaga y Ramos Arispe y Mariscal dándole una cota de 100m. Dicha nivelación se realizó el día 24 de noviembre del 2004, la cota asignada es 100.4110 m. Para dar cota a este Banco Profundo, se realizó una nivelación diferencial compuesta con doble altura de aparato (primera y segunda nivelación), la cual se muestra a continuación.

### Primera puesta de aparato

Nombre:	Nivelación Edificio ISSSTE			Fecha:	22/11/2004	
Niveló:	Manuel López S.			Equipo:	NA-2	
Estadaletero:	Miriam Flores M			Lugar:	Av. Plaza de la República	
Primera Nivelación						
PO	(+)	Dif/Prom	(i)	(-)	Dif/Prom	Cota
BNjardín	1.277	0.064				
	1.213	1.213				
	1.148	0.065	101.213			100.000
PL1	1.187	0.138		1.949	0.096	
	1.049	1.048		1.853	1.853	
	0.909	0.140	100.408	1.757	1.757	99.360
PL2	1.526	0.253		1.297	0.145	
	1.273	1.273		1.152	1.153	
	1.019	0.254	100.528	1.009	0.143	99.255
PL3	1.952	0.172		1.288	0.276	
	1.780	1.780		1.012	1.011	
	1.607	0.173	101.296	0.734	0.278	99.517
PL4	1.529	0.057		1.807	0.253	
	1.472	1.472		1.554	1.554	
	1.414	0.058	101.214	1.301	0.253	99.742
PL5	1.881	0.110		0.592	0.057	
	1.771	1.771		0.535	0.535	
	1.661	0.110	102.450	0.479	0.056	100.679
PL6	0.861	0.081		1.535	0.095	
	0.780	0.780		1.440	1.440	
	0.700	0.080	101.790	1.345	0.095	101.010
PL7	0.691	0.045		1.753	0.073	
	0.646	0.646		1.680	1.680	
	0.601	0.045	100.756	1.607	0.073	100.110
BNPROF				0.429	0.083	
				0.346	0.346	
				0.262	0.084	100.410
PL8	0.635	0.108		1.966	0.029	
	0.527	0.527		1.937	1.937	
	0.419	0.108	99.346	1.907	0.030	98.819
PL9	0.370	0.070		1.935	0.112	
	0.300	0.300		1.823	1.823	
	0.229	0.071	97.823	1.712	0.111	97.523
PL10	1.801	0.060		1.420	0.078	
	1.741	1.741		1.342	1.342	
	1.680	0.061	98.221	1.265	0.077	96.480
PL11	0.713	0.027		1.420	0.059	
	0.686	0.686		1.361	1.361	
	0.659	0.027	97.546	1.301	0.060	96.860
PL12	0.719	0.036		1.739	0.015	
	0.683	0.683		1.724	1.724	
	0.647	0.036	96.505	1.709	0.015	95.822
PL13				0.074	0.035	
				0.039	0.039	
				0.004	0.035	96.466
PALOMA						

Tabla. 7.9 Primera puesta de equipo.



## Segunda puesta de aparato.

Nombre:	Nivelación Edificio ISSSTE			Fecha:	22/11/2004	
Niveló:	Miriam Flores M			Equipo:	NA-2	
Estadaletero:	Manuel López S.			Lugar:	Av. Plaza de la República	
Segunda Nivelación						
PO	(+)	Dif/Prom	( i )	(-)	Dif/Prom	Cota
BNjardín	1.273	0.065				
	1.208	1.208				
	1.143	0.065	101.208			100.000
PL1	1.189	0.140		1.944	0.095	
	1.049	1.049		1.849	1.849	
	0.910	0.139	100.409	1.753	0.096	99.359
PL2	1.523	0.255		1.298	0.145	
	1.268	1.269		1.153	1.153	
	1.015	0.253	100.524	1.009	0.144	99.255
PL3	1.945	0.172		1.284	0.277	
	1.773	1.773		1.007	1.007	
	1.601	0.172	101.290	0.729	0.278	99.517
PL4	1.517	0.058		1.800	0.253	
	1.459	1.459		1.547	1.547	
	1.401	0.058	101.202	1.294	0.253	99.743
PL5	1.882	0.110		0.580	0.057	
	1.772	1.772		0.523	0.523	
	1.662	0.110	102.451	0.466	0.057	100.679
PL6	0.859	0.081		1.536	0.094	
	0.778	0.778		1.442	1.442	
	0.698	0.080	101.788	1.347	0.095	101.010
PL7	0.682	0.046		1.750	0.073	
	0.636	0.636		1.677	1.677	
	0.591	0.045	100.747	1.605	0.072	100.111
BNPROF		0.000		0.420	0.084	
		0.000		0.336	0.336	
		0.000		0.252	0.084	100.411
PL8	0.633	0.107		1.956	0.029	
	0.526	0.526		1.927	1.927	
	0.418	0.108	99.346	1.897	0.030	98.820
PL9	0.358	0.070		1.935	0.112	
	0.288	0.288		1.823	1.823	
	0.217	0.071	97.810	1.712	0.111	97.523
PL10	1.801	0.060		1.407	0.077	
	1.741	1.741		1.330	1.330	
	1.681	0.060	98.222	1.252	0.078	96.481
PL11	0.713	0.027		1.420	0.059	
	0.686	0.686		1.361	1.361	
	0.659	0.027	97.547	1.301	0.060	96.861
PL12	0.716	0.036		1.739	0.015	
	0.680	0.680		1.724	1.724	
	0.644	0.036	96.503	1.709	0.015	95.823
PL13		0.000		0.071	0.035	
PALOMA		0.000		0.036	0.036	
		0.000	96.467	0.001	0.035	96.467

Tabla. 7.10 segunda puesta de equipo.

De estas nivelaciones obtenemos los promedios, y así es como damos el valor de cota al Banco de Nivel Profundo, que es de 100.411 metros.

PO	prom/cotas
BN <sub>jardin</sub>	100
PL1	99.359
PL2	99.255
PL3	99.517
PL4	99.743
PL5	100.679
PL6	101.010
PL7	100.111
BN <sub>PROF</sub>	100.411
PL8	98.820
PL9	97.523
PL10	96.481
PL11	96.861
PL12	95.823
PL13 <sub>PALOMA</sub>	96.467

Tabla. 7.11 Promedios de cotas..



Fig. 7.12 Fotografía del Banco de Nivel Profundo.



Fig. 7.13 Fotografía del Banco de Nivel Profundo (vista del tubo interior y exterior).

### VII.7 NIVELACIÓN A PISO DE LA PLANTA BAJA.

Mediante una nivelación diferencial, se niveló la planta baja del inmueble, ubicando los vértices en el piso cerca de las columnas para poder determinar las curvas de nivel. Se presenta enseguida una parte de las nivelaciones realizadas en el inmueble, medidas sobre las columnas de la planta baja, a partir del banco de nivel superficial localizado en el jardín que se encuentra entre las calles de Ponciano Arriaga y Ramos Arispe y Mariscal asignándole una cota de 100 metros.

<i>Nivel Planta Baja</i>						
PO	(+)	Dif/Prom	( i )	(-)	Dif/Prom	Cota
PL - 2	1.473	0.017				101.045
	1.456	1.456	102.501			
	1.438	0.018				
A-8				1.480	0.201	101.221
				1.279	1.280	
				1.078	0.201	
A-7				1.382	0.201	101.318
				1.181	1.182	
				0.980	0.201	
A-9				1.609	0.201	101.092
				1.408	1.409	
				1.207	0.201	
B-8				1.472	0.201	101.229
				1.271	1.272	
				1.071	0.200	
A'-6				1.310	0.201	101.391
				1.109	1.110	
				0.910	0.199	
B-7				1.380	0.201	101.321
				1.179	1.180	
				0.978	0.201	
B-10				1.721	0.201	100.980
				1.520	1.521	
				1.320	0.200	
B-9				1.582	0.201	101.119
				1.381	1.382	
				1.182	0.199	
PL-2	1.471	0.168		1.330	0.201	101.371
	1.303	1.303	102.674	1.129	1.130	
	1.134	0.169		0.930	0.199	
C-8				1.671	0.201	101.203
				1.470	1.471	
				1.269	0.201	
C-10				1.905	0.201	100.969
				1.704	1.705	
				1.504	0.200	
C-9				1.769	0.201	101.105
				1.568	1.569	
				1.368	0.200	

Tabla. 7.14 Nivelación Planta Baja.

Tabla de medición de los niveles de cota registrados en la parte del nivel de planta baja, de los puntos observados (PO) de cada columna.

NIVELACION PLANTA BAJA		NIVELACION PLANTA BAJA	
PO	COTA	PO	COTA
A'-6	101.391	C-12	100.756
A-7	101.318	C-13	100.567
A-8	101.203	C-14	100.449
A-9	101.092	D-9	101.114
A-10	100.959	D-10	100.967
B-7	101.321	D-11	100.884
B-8	101.229	D-12	100.713
B-9	101.119	D-13	100.578
B-10	100.980	D-14	100.515
B-11	100.845	E-10	100.958
B-12	100.710	E-12	100.816
B-13	100.573	E-13	100.670
B-14	100.379	E-14	100.566
C-8	101.203	F-10	100.983
C-9	101.105	F-11	100.935
C-10	100.969	F-13	100.711
C-11	100.870	F-14	100.578

Tabla. 7.15 Cotas medidas en Planta Baja.

### VII.8 POLIGONAL DE APOYO PARA RADIACIONES DEL EDIFICIO.

Todos estos levantamientos realizados tanto en planta baja como en el nivel 11, tuvieron como base una poligonal de apoyo, en la cual se hizo una compensación de esta, por el método del tránsito, para poder llegar a la precisión requerida en el trabajo, la cual fue de primer orden.

Dentro de esta poligonal, se tomo como punto dato, la cota del Banco de Nivel superficial (BN JARDIN), esto con el fin de dar una cota a los puntos visados en el nivel 11. Las lecturas tomadas de la poligonal de apoyo (Tabla 7.16 por el equipo topográfico Estación Total TC600 de Leica), fueron las siguientes:

EST.	P.V.	DIST HOR	SERIES AZIMUT			PROMEDIOS AZIMUT			VÉRTICES	ANGULO HORIZONTAL PROMEDIOS-SERIES			DIST HOR PROMEDIO			
			G	M	S	G	M	S		G	M	S				
			1	2 d	52.551	231	54	47		231	55	6.5		1	231	55
	2 i	52.551	51	55	26											
	5 i	104.834	135	19	53	315	19	37.0								
	5 d	104.834	315	19	21											
2	1 d	52.552	231	55	22	231	55	4.0	2	139	13	33.0	140.176			
	1 i	52.552	51	54	46											
	3 i	140.170	319	13	54									139	13	38.5
	3 d	140.170	139	13	23											
3	2 d	140.18	139	13	39	139	13	27.5	3	47	24	26.3	20.312			
	2 i	140.18	319	13	16											
	4 i	20.312	227	24	38									47	24	28.0
	4d	20.312	47	24	18											
4	3 d	20.313	47	24	24	47	24	24.5	4	9	39	59.2	50.982			
	3 i	20.313	227	24	25											
	5 i	50.979	189	40	1									9	39	52.5
	5 d	50.979	9	39	44											
5	4d	50.985	9	40	25	9	40	6.0	5	315	20	6.5	104.834			
	4 i	50.985	189	39	47											
	1 i	104.834	135	20	15									315	20	36.0
	1 d	104.835	315	20	57											

Tabla. 7.16 Registro de Campo de la Poligonal de Apoyo.

En cada uno de estos vértices, se tomo una serie de cuatro lecturas del mismo punto, en posición directa e inversa; esto con el fin de lograr una mejor precisión en la compensación del cierre de la poligonal.

Al primer vértice de esta poligonal cerrada, se le dio el valor numérico en coordenadas relativas de  $X=1000$  y  $Y=1000$ , ya que los trabajos anteriormente descritos no precisan algún tipo de sistema coordinado en especial.

Una vez aplicada la corrección de coordenadas, estas serán cambiadas por las coordenadas que arroje el programa de compensación, para así garantizar la misma precisión en las radiaciones subsecuentes.

Realizadas las lecturas de distancias horizontales y acimutes, se procedió al cálculo de la corrección de coordenadas, esto mediante un programa de computadora, en lenguaje tipo *BASIC*; este programa aplica la corrección por método del tránsito, para cierre lineal y angular de poligonales cerradas, el cual se presenta a continuación:

```

POL APOYO - Bloc de notas
-----
- PLANILLA DE CALCULO -
-----
Poligonal cerrada ISSSTE - FI, UNAM.
Lados      Distancia      Azimut
1 - 2      52.552          231 55 5.3
2 - 3      140.176        139 13 33.0
3 - 4      20.312         47 24 26.3
4 - 5      50.982         9 39 59.2
5 - 1      104.834        325 20 6.5

-----
368.856 = perimetro

      sin Ajustar      Ajustadas
Proy.X      Proy.Y      Proy.X      Proy.Y
-41.365      -32.413      -41.365      -32.413
+91.546      -106.154      +91.546      -106.153
+14.953      +13.747      +14.953      +13.747
+8.560      +50.238      +8.560      +50.238
-73.694      +74.561      -73.694      +74.561
-----
+0.001      -0.001

      C o o r d e n a d a s
Punto      X      Y
1          1,000.000      1,000.000
2          958.635      967.587
3          1,050.180      861.433
4          1,065.134      875.180
5          1,073.694      925.439

error de cierre lineal = .001 m.
Precisión relativa = 1 en 292300
Area = 7231.09813 m2

```

Fig. 7.17 Corrida de resultados de la Poligonal Cerrada.

El formato de salida de esta información, es de extensión *.TXT*, así que cualquier programa de cómputo que pueda leer archivos de texto (Word, Excel, WordPad, etc.), podrá tener acceso a los resultados de cálculo, para su futura aplicación. El programa empleado para este cálculo se hizo en Quick Basic, y el algoritmo se tomó del libro “*Topografía*” de Paul Wolf y Russell Brinker.



Fig. 7.18 Croquis de ubicación de la poligonal de apoyo.

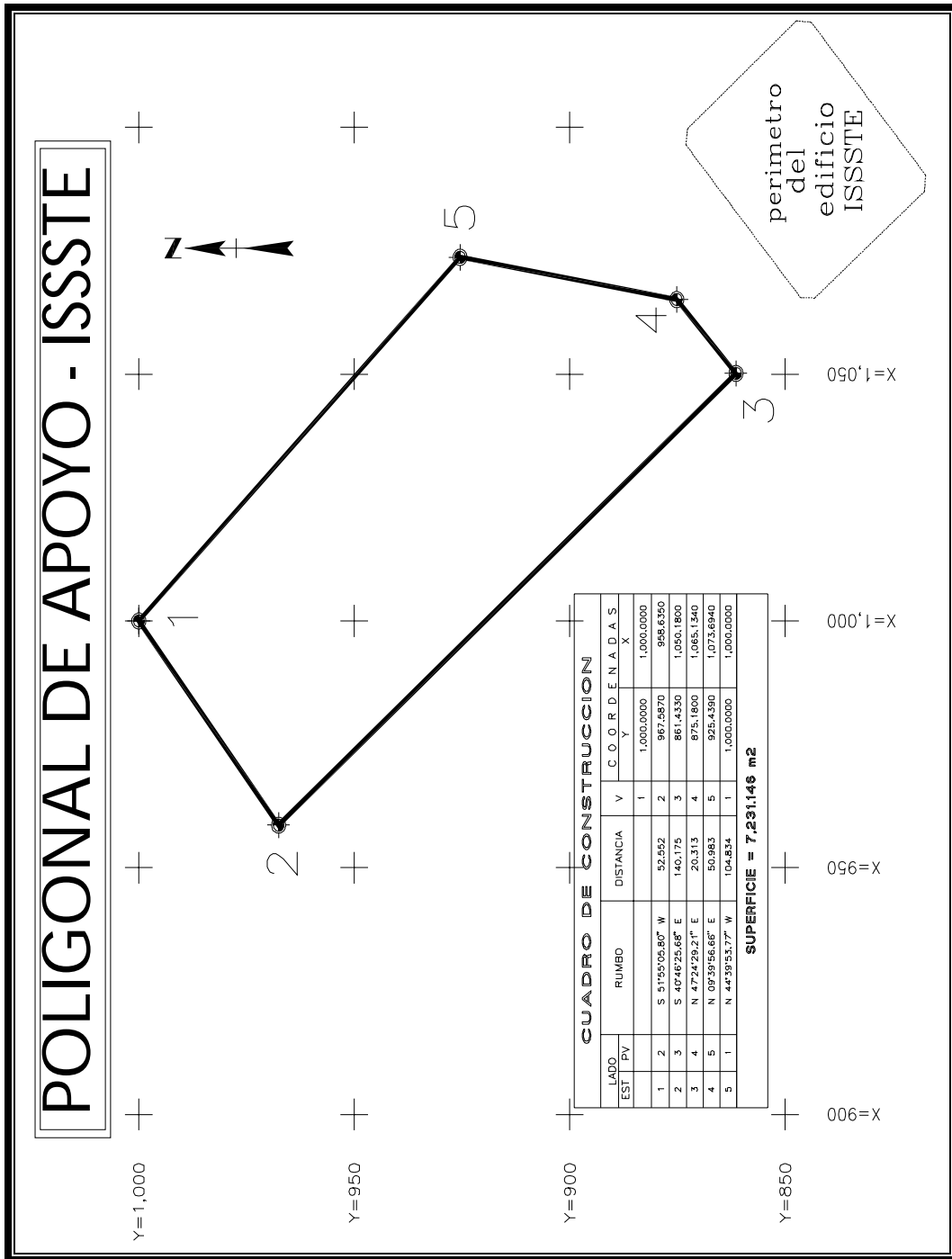


Fig. 7.19 Plano de la poligonal de apoyo.

### VII.9 NIVELACIÓN A PISO DEL NIVEL 11.

Mediante una nivelación diferencial, se niveló el nivel once del inmueble ubicando los vértices en el piso cerca de las columnas para poder determinar las curvas de nivel.

Para poder llevar la cota hasta el piso once, fue necesario hacer una nivelación de tipo trigonométrica, esto por medio de la estación total. Primero, se le dio cota a un punto de la poligonal de apoyo, esto desde el Banco de Nivel Superficial del jardín, que se encuentra entre las calles de Ponciano Arriaga y Ramos Arispe y Mariscal dándole una cota de 100m. A este punto de poligonal de apoyo, después de asignarle cota, se midieron puntos en la parte alta del edificio (azotea), esto desde la parte baja (punto de poligonal de apoyo), a nivel de calle. Obteniendo así (ángulos verticales, distancias inclinadas y verticales) las cotas para nivelar el piso once.

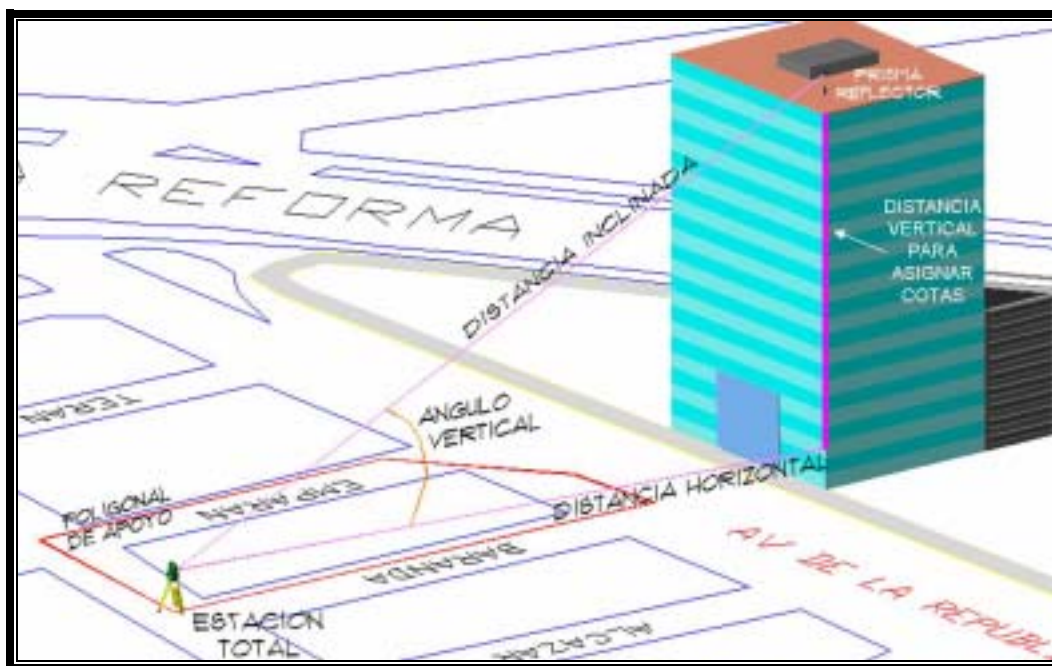


Fig. 7.20 Imagen 3d de la nivelación trigonométrica realizada al edificio del ISSSTE

Los puntos de la azotea, que sirvieron como bancos de nivel, para darle continuidad a las cotas del piso 11, fueron medidas con la estación total, en donde se muestra una parte de la memoria del archivo de la maquina, donde muestra la altura (Height) de esos puntos medidos, haciendo hincapié, que las cotas se tomaron de una serie de mediciones, esto para obtener una lectura promedio que sea confiable.

<i>Station</i>	<i>Height</i>	<i>Eastings</i>	<i>Northings</i>
12	157.162	1082.366	881.481
<i>Station</i>	<i>Height</i>	<i>Eastings</i>	<i>Northings</i>
16	156.987	1056.758	858.882



Se presenta una parte de las nivelaciones hechas en el edificio, medidas sobre las columnas del piso 11, a partir del banco de nivel ubicado en la azotea, con referencia al Banco de Nivel Superficial (BN Jardín), ubicado en el parque.

<i>Nivel 11</i>						
PO	(+)	Dif/Prom	(i)	(-)	Dif/Prom	Cota
PL - 1	1.473	0.017				152.629
	1.456	1.456	154.085			
	1.438	0.018				
D11	1.604	0.064		1.569	0.201	152.800
	1.540	1.540	154.169	1.368	1.369	
	1.477	0.063		1.167	0.201	
B10				1.497	0.201	152.872
				1.296	1.297	
				1.095	0.201	
B11				1.627	0.201	152.742
				1.426	1.427	
				1.225	0.201	
B12				1.756	0.201	152.613
				1.555	1.556	
				1.355	0.200	
B13				1.903	0.201	152.466
				1.702	1.703	
				1.503	0.199	
B14				2.044	0.201	152.325
				1.843	1.844	
				1.642	0.201	
B14'				2.113	0.201	152.256
				1.912	1.913	
				1.712	0.200	
A11				1.660	0.201	152.710
				1.459	1.460	
				1.260	0.199	
C11				1.590	0.201	152.780
				1.389	1.390	
				1.190	0.199	
B10'				1.464	0.201	152.906
				1.263	1.264	
				1.062	0.201	
C10				1.483	0.201	152.887
				1.282	1.283	
				1.082	0.200	
C10'				1.443	0.201	152.926
				1.242	1.243	
				1.042	0.200	
PL - 2				1.256	0.201	153.113
				1.055	1.056	
				0.855	0.200	
PL - 3				1.781	0.201	152.588
				1.580	1.581	
				1.379	0.201	

Tabla. 7.21 Notas de campo en el nivel once.

Tabla de medición de los niveles de cota registrados en la parte del piso once, de los puntos observados de cada columna.

NIVELACION PISO 11		NIVELACION PISO 11	
PO	COTA	PO	COTA
A-14	152.290	D-14	152.481
A-13	152.403	D-13	152.563
A-12	152.584	D-12	152.709
A-11	152.710	D-11	152.800
A-10	152.857	D-10	152.913
B-14	152.325	E-14	152.499
B-13	152.466	E-13	152.619
B-12	152.613	E-12	152.734
B-11	152.742	E-11	152.800
B-10	152.872	E-10	152.927
C-14	152.395	F-14	152.503
C-13	152.509	F-13	152.625
C-12	152.642	F-12	152.738
C-11	152.780	F-11	152.843
C-10	152.887	F-10	152.944

Tabla. 7.23 Cotas medidas en el nivel once.

#### VII.10 UBICACIÓN DE UN VÉRTICE DE CADA UNA DE LAS COLUMNAS DEL NIVEL 11 MEDIANTE COORDENADAS.

Con objeto de conocer el desplome de cada columna del inmueble se procedió a ubicar un vértice en cada columna del nivel once, mediante coordenadas, para esto se procedió a realizar una poligonal de apoyo que cubrió el entorno del edificio, el interior de este y su azotea. Es importante hacer notar que el punto elegido en cada columna debe corresponder en ubicación al que se señale en la planta baja para poder determinar, mediante coordenadas, el desplome del inmueble.

NIVEL 11					
COLUMNA	COORDENADAS		COLUMNA	COORDENADAS	
	X	Y		X	Y
A-14	940.900	857.990	D-14	968.281	856.613
A-13	940.895	850.392	D-13	968.130	849.516
A-12	940.623	840.883	D-12	968.141	841.433
A-11	940.319	833.878	D-11	967.978	833.537
A-10	940.072	825.614	D-10	966.541	825.285
B-14	949.891	857.590	E-14	977.514	856.420
B-13	949.567	849.632	E-13	977.327	849.090
B-12	949.352	841.622	E-12	977.126	841.072
B-11	949.195	833.631	E-11	976.926	833.075
B-10	948.997	825.666	E-10	976.673	825.078
C-14	958.115	856.799	F-14	985.024	856.241
C-13	957.948	849.762	F-13	984.839	849.116
C-12	957.540	841.629	F-12	984.739	841.213
C-11	957.274	832.814	F-11	984.684	833.040
C-10	958.219	825.438	F-10	984.694	824.228

Tabla. 7.22 Lista de coordenadas de columnas en el nivel once.



Fig. 7.23 Fotografía del equipo utilizado en las mediciones.

### VII.11 UBICACIÓN DE UN VÉRTICE DE CADA COLUMNA DEL ESTACIONAMIENTO EN EL NIVEL 2 MEDIANTE COORDENADAS.

Con el objeto de conocer el desplome de cada columna del inmueble se procedió a ubicar un vértice de cada columna, en el estacionamiento nivel 2, mediante coordenadas. Para esto se procedió a realizar una poligonal de apoyo que cubrió el entorno del edificio, el interior de este y su azotea. Es importante hacer notar que el punto elegido en cada columna debe corresponder en la misma ubicación al que se señale en el nivel once para poder determinar, mediante coordenadas, el desplome del inmueble.

NIVEL 2 ESTACIONAMIENTO					
COLUMNA	COORDENADAS		COLUMNA	COORDENADAS	
	X	Y		X	Y
A-14	941.186	856.998	D-14	968.661	855.813
A-13	941.307	849.274	D-13	968.508	848.942
A-12	940.926	839.993	D-12	968.615	840.938
A-11	940.839	833.195	D-11	968.524	832.966
A-10	940.729	825.611	D-10	966.762	824.663
B-14	950.233	856.859	E-14	977.849	855.690
B-13	950.029	848.883	E-13	977.722	848.474
B-12	949.808	840.874	E-12	977.578	840.504
B-11	949.716	832.893	E-11	977.425	832.525
B-10	949.553	824.896	E-10	977.263	824.529
C-14	958.047	855.951	F-14	984.890	855.363
C-13	957.930	848.966	F-13	984.660	848.693
C-12	957.585	841.054	F-12	984.751	840.632
C-11	957.331	831.631	F-11	984.717	832.621
C-10	958.848	824.752	F-10	984.546	823.606

Tabla. 7.24 Lista de coordenadas de columnas en el nivel dos (estacionamiento).



Fig. 7.25 Fotografía de puntos de control en la entrada del Estacionamiento.

### VII.12 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO MEDIANTE COORDENADAS DEL PERÍMETRO DE LA ESTRUCTURA, TANTO EN AZOTEA COMO EN PLANTA BAJA.

Se efectuó el levantamiento de la cancelaría metálica tanto en nivel azotea como en los niveles más bajos de ella, esto con el fin de poder ubicar en planta y mediante coordenadas, la posición de la azotea con respecto a la planta baja y determinar la desviación denominada desplome, esto con el fin de poder confirmar las desviaciones del edificio resultado de la medición de las columnas tanto en el nivel 11 como en el nivel 2 del estacionamiento.

AZOTEA			PLANTA BAJA		
hgESQUINA	COORDENADAS		ESQUINA	COORDENADAS	
	X	Y		X	Y
A	942.55	860.74	A	942.647	859.775
B	940.41	858.35	B	940.429	857.372
C	939.5	824.9	C	939.750	823.996
D	941.99	822.18	D	942.062	821.572
E	983.41	859.98	E	983.517	859.202
F	985.46	857.47	F	985.692	856.774
G	985.16	824.04	G	985.328	823.359
H	982.58	821.52	H	982.859	820.926

Tabla. 7.26 Lista de coordenadas del perímetro del Edificio (Azotea y Planta Baja).



Fig. 7.27 Fotografía de las mediciones en la planta baja.

### VII.13 MONITOREO DE SEÑALAMIENTOS EN COLUMNAS DE SÓTANO.

Se recomienda realizar una serie de estudios topográficos posteriores con un periodo de 45 días para poder detectar, mediante los métodos topográficos adoptados, movimientos diferenciales de hundimientos y desplomes del inmueble. Se presenta a continuación una parte de las nivelaciones hechas en el edificio, medidas sobre las marcas de nivelación (palomas) de las columnas.

<i>Nivelación Palomas</i>						
PO	(+)	Dif/Prom	( i )	(-)	Dif/Prom	Cota
<b>PL13PALOMA</b>	0.166	0.019				96.467
0.2	0.185	0.015	96.482			
ar	0.204	0.019				
<b>T10</b>				0.257	0.042	96.466
0.2				0.215	0.216	
ar				0.173	0.042	
<b>T11</b>				0.206	0.042	96.517
0.2				0.164	0.165	
ab				0.122	0.042	
<b>T17</b>				0.144	0.042	96.579
0.2				0.102	0.103	
ab				0.060	0.042	
<b>T16</b>				0.249	0.042	96.474
0.2				0.207	0.2082	
ar				0.165	0.042	
<b>T9</b>				0.369	0.042	96.354
0.2				0.327	0.328	
ar				0.285	0.042	
<b>T5</b>				0.233	0.042	96.490
0.2				0.191	0.1925	
ab				0.149	0.042	
<b>T4</b>				0.337	0.042	96.387
0.2				0.295	0.2955	
ar				0.253	0.042	
<b>T15</b>				0.519	0.042	96.304
0.3				0.477	0.478	
ar				0.435	0.042	
<b>PL2</b>	1.544	0.242		1.343	0.042	95.402
	1.302	1.302		1.301	1.302	
	1.061	0.241	96.704	1.259	0.042	
<b>T8</b>				0.852	0.042	95.471
0.2				0.810	0.811	
ab				0.768	0.042	
<b>T14</b>				0.294	0.042	96.429
0.2				0.252	0.253	
ab				0.210	0.042	
<b>T7</b>				0.590	0.042	96.355
0.2				0.548	0.549	
ar				0.506	0.042	

Tabla. 7.28 Notas de campo de las nivelaciones en el sótano.

Tabla de medición de los niveles de cota registrados en la parte del sótano, comprendida en las columnas y con la referencia de cada una de estas.

REFERENCIA	COTA	REFERENCIA	COTA
	24-Nov-04		24-Nov-04
T1	96.246	T26	94.793
T2	96.343	T27	94.9575
T3	96.4155	T28	95.0485
T4	96.3865	T29	95.2605
T5	96.4895	T30	95.419
T6	96.243	T31	95.567
T7	96.355	T32	95.468
T8	96.471	T33	95.552
T9	96.354	T34	94.838
T10	96.466	T35	94.9265
T11	96.517	T36	95.104
T12	96.1615	T37	95.228
T13	96.2945	T38	95.428
T14	96.429	T39	95.547
T15	96.304	T40	95.337
T16	96.4738	T41	95.469
T17	96.579	T42	95.513
T18	95.471	BNF3	93.766
T19	94.865	BNF4	94.042
T20	95.029	BNF8	96.1864
T21	95.0995	BNF9	96.176
T22	95.265	BNF10	95.116
T23	95.4035	BN-PROFUNDO	100.411
T24	95.571	BN-SUPERFICIAL	100
T25	95.5065		

Tabla. 7.29 Cotas registradas en el sótano del edificio.



Fig. 7.0 Fotografía del tornillo número 17 en el edificio del ISSSTE para nivelar.



Fig. 7.31 Fotografía de los trabajos en el sótano.

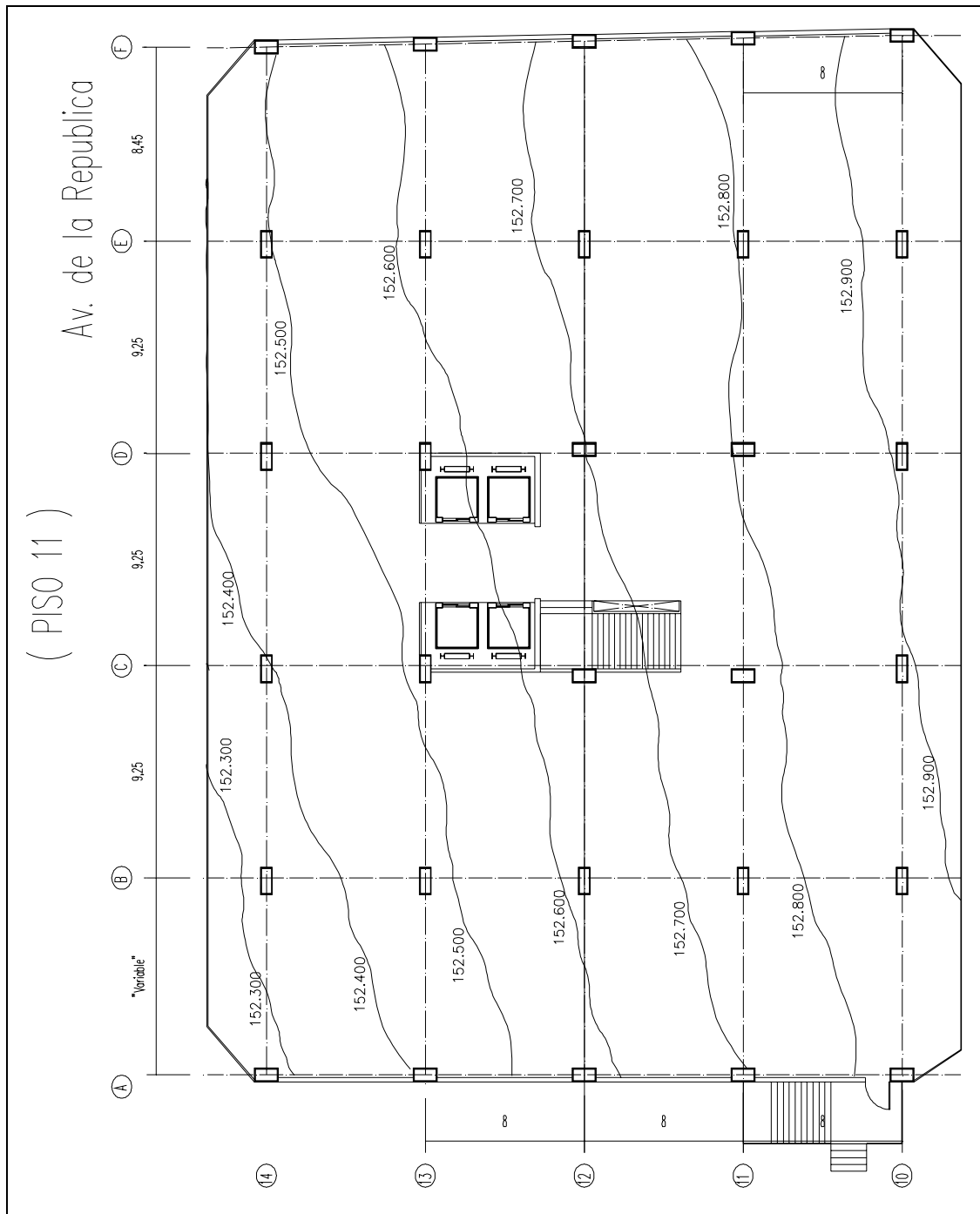


Fig. 7.32 Fotografía del tornillo empotrado sobre columna.

**VII.14 PLANOS RESULTANTES.**

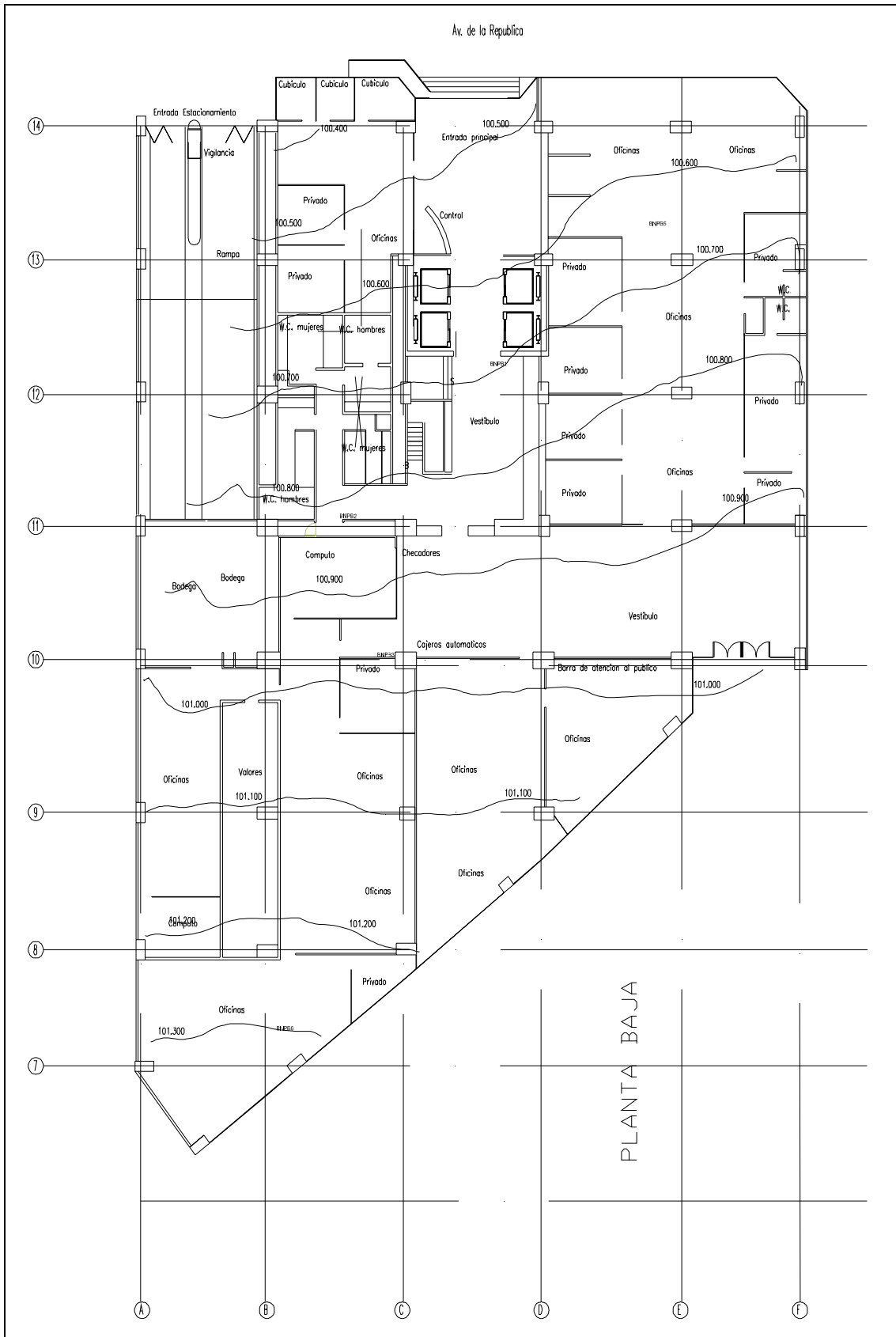
Se elaboraron, para la representación gráfica de la información obtenida mediante el estudio topográfico descrito, los planos que a continuación se listan:

**VII.14.1 CURVAS DE NIVEL EN EL PISO 11.**



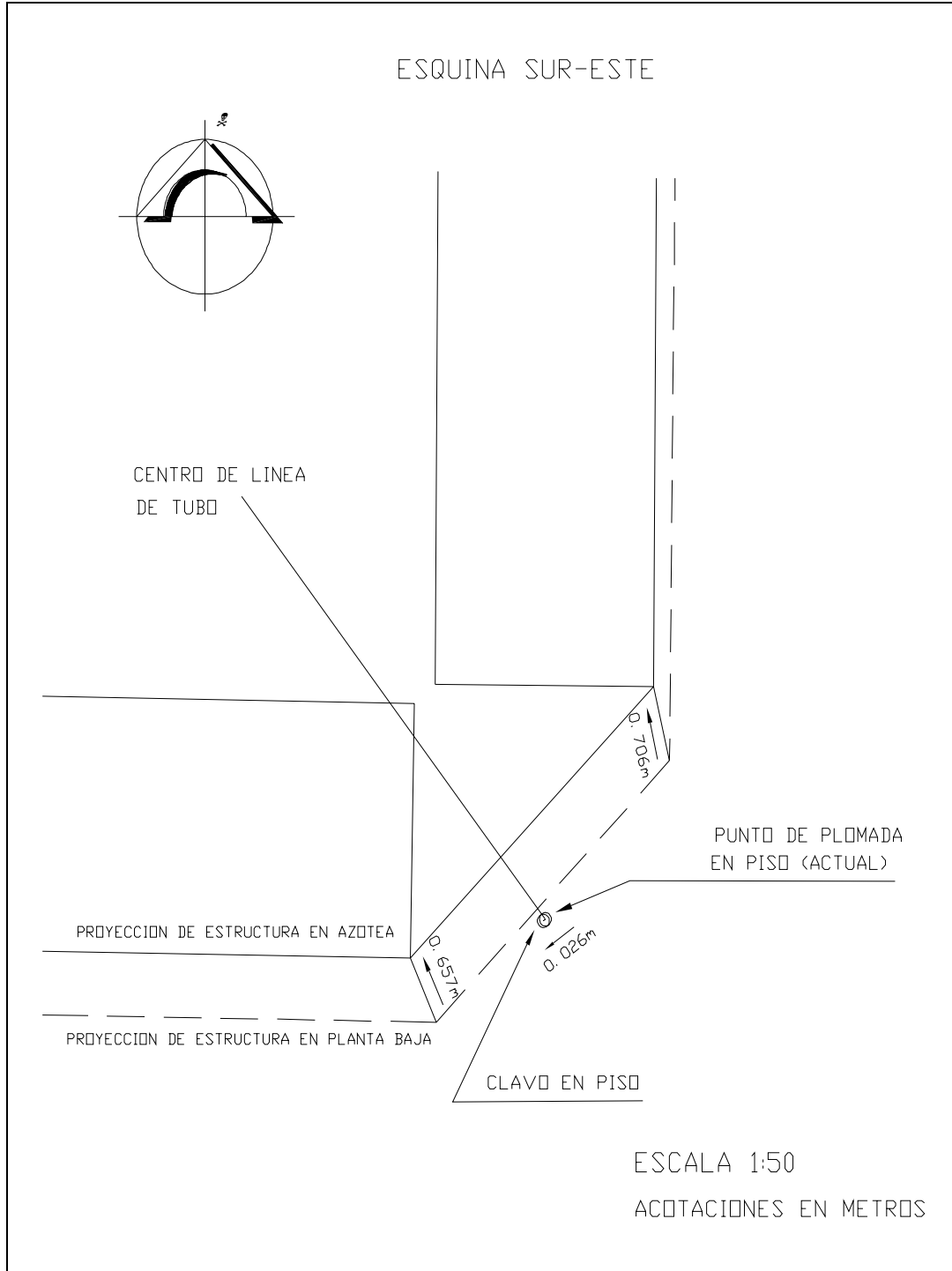


VII.14.2 CURVAS DE NIVEL EN LA PLANTA BAJA.

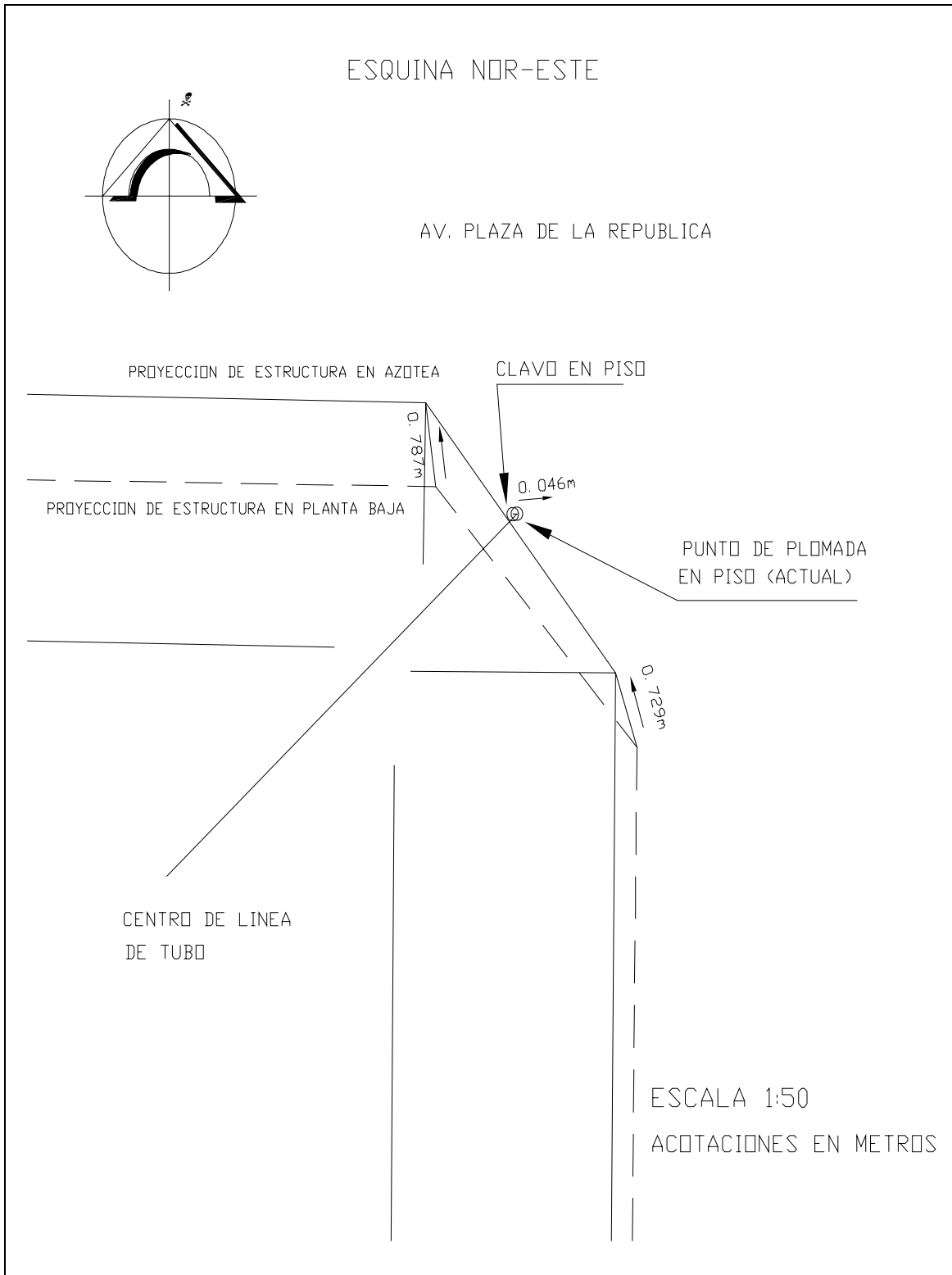




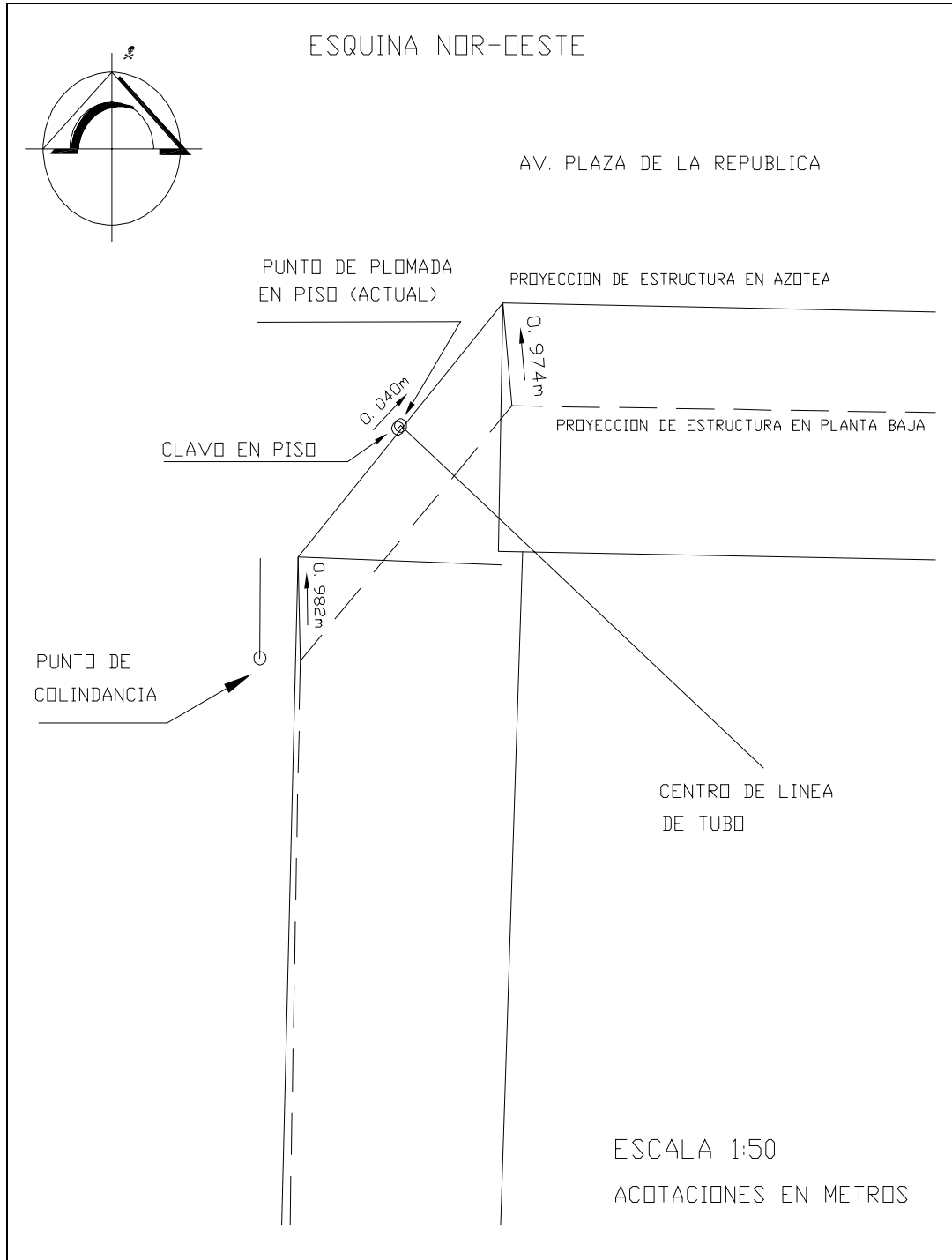
**VII.14.4 ESQUINA SURESTE. Detalle de desplazamientos de cancelería del nivel azotea y planta baja.**



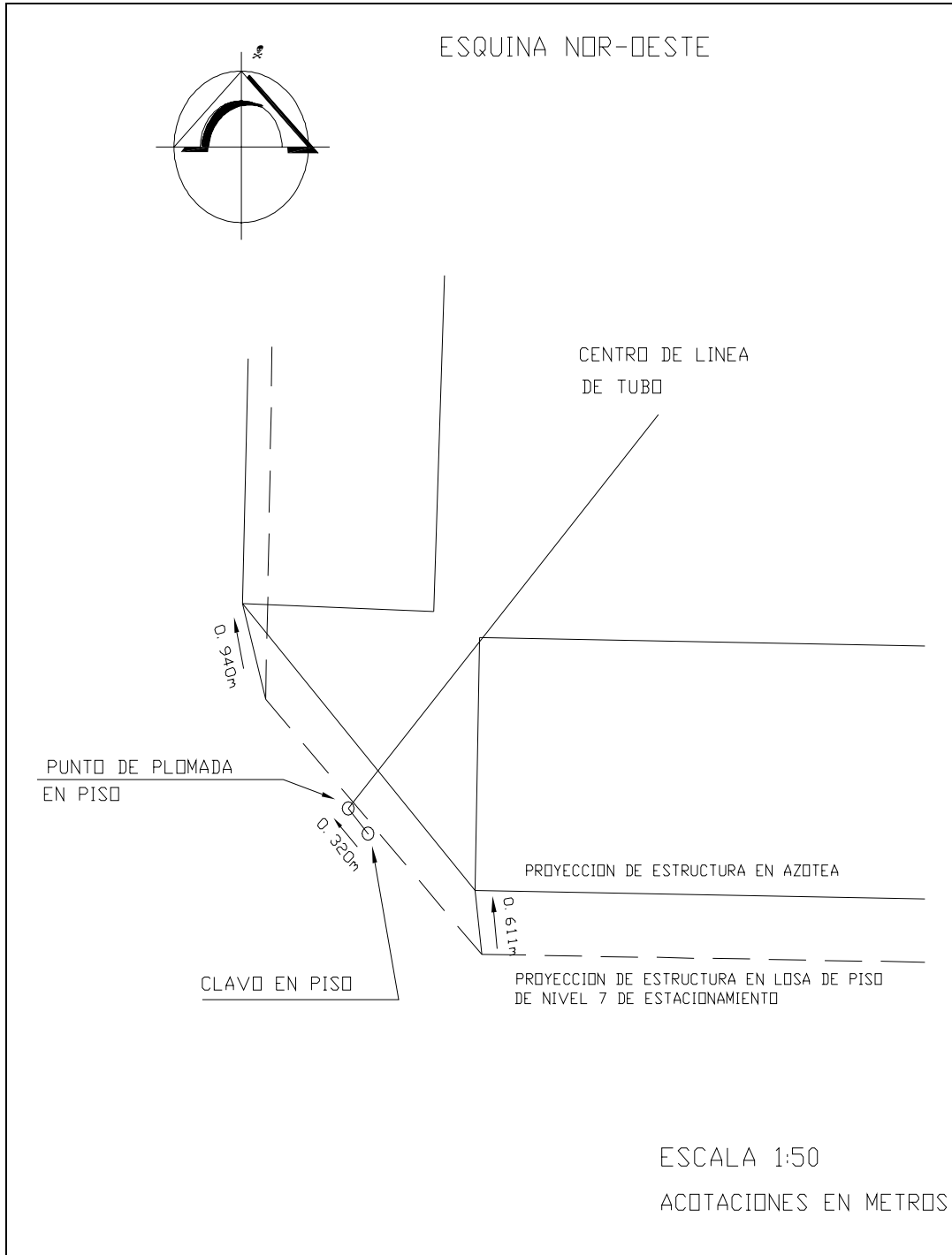
**VII.14.5 ESQUINA NORESTE. Detalle de desplazamientos de cancelería del nivel azotea y planta baja.**



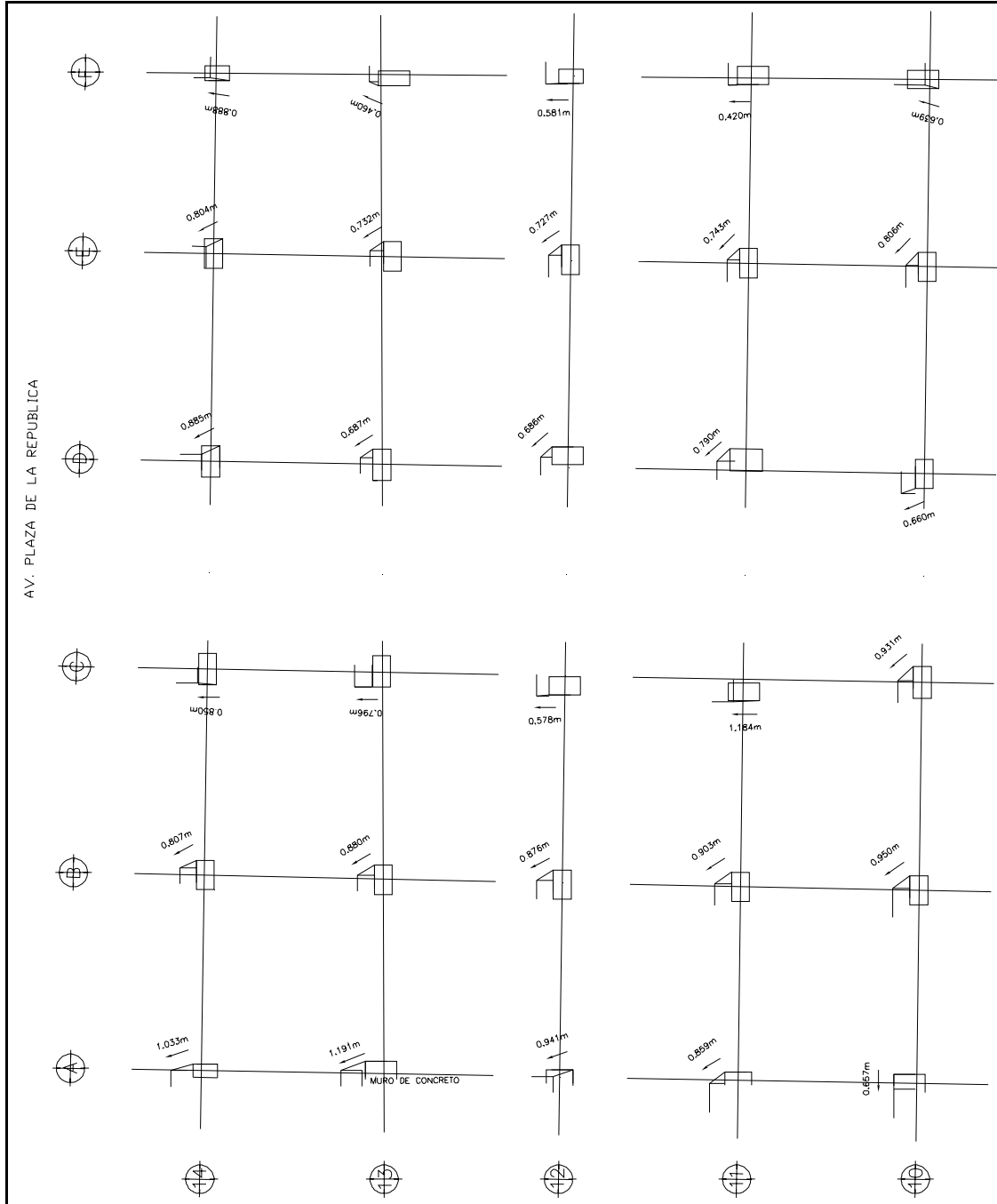
**VII.14.6 ESQUINA NOROESTE. Detalle de desplazamientos de cancelería del nivel azotea y planta baja.**



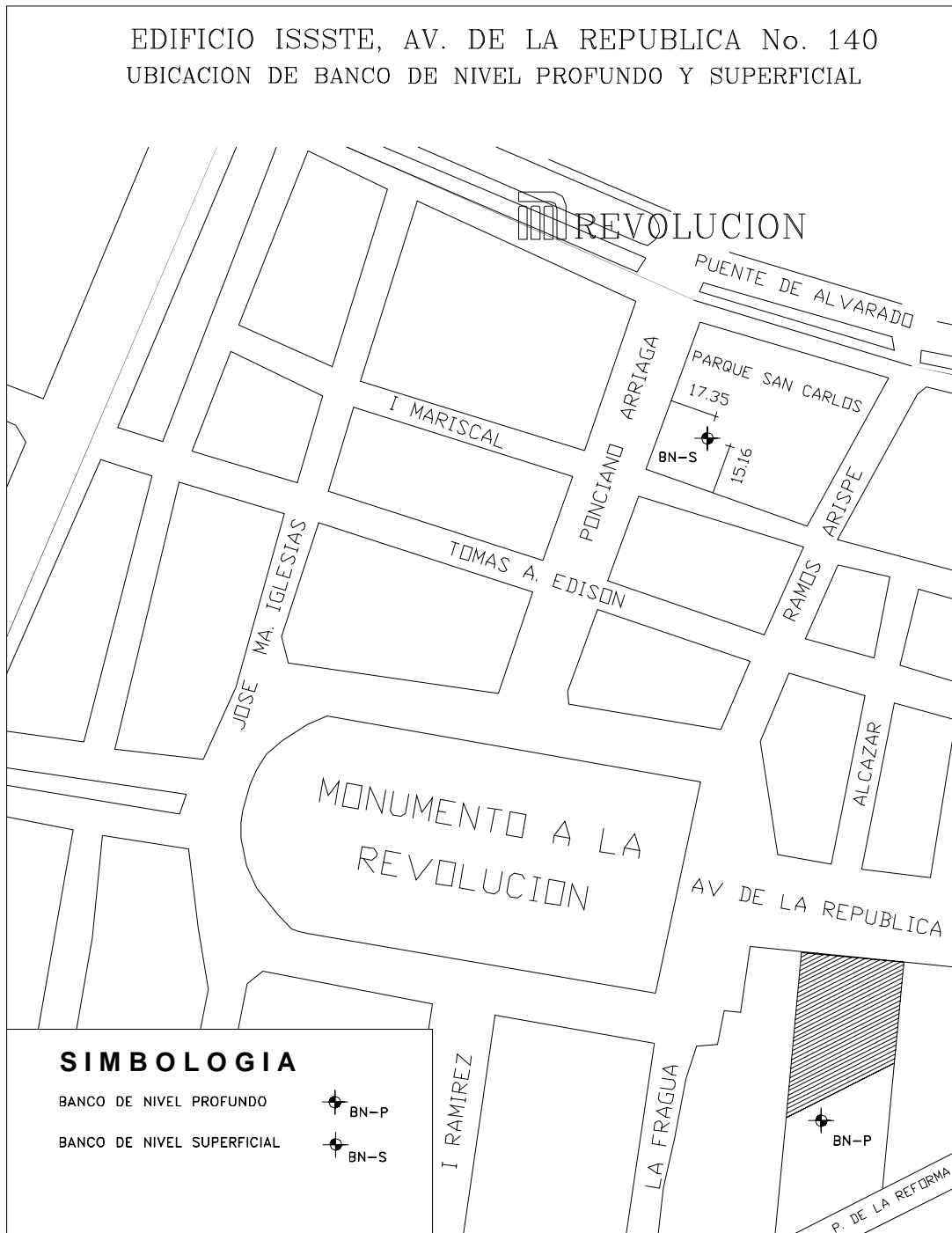
**VII.14.7 ESQUINA SUROESTE. Detalle de desplazamientos de cancelería del nivel azotea y planta baja.**



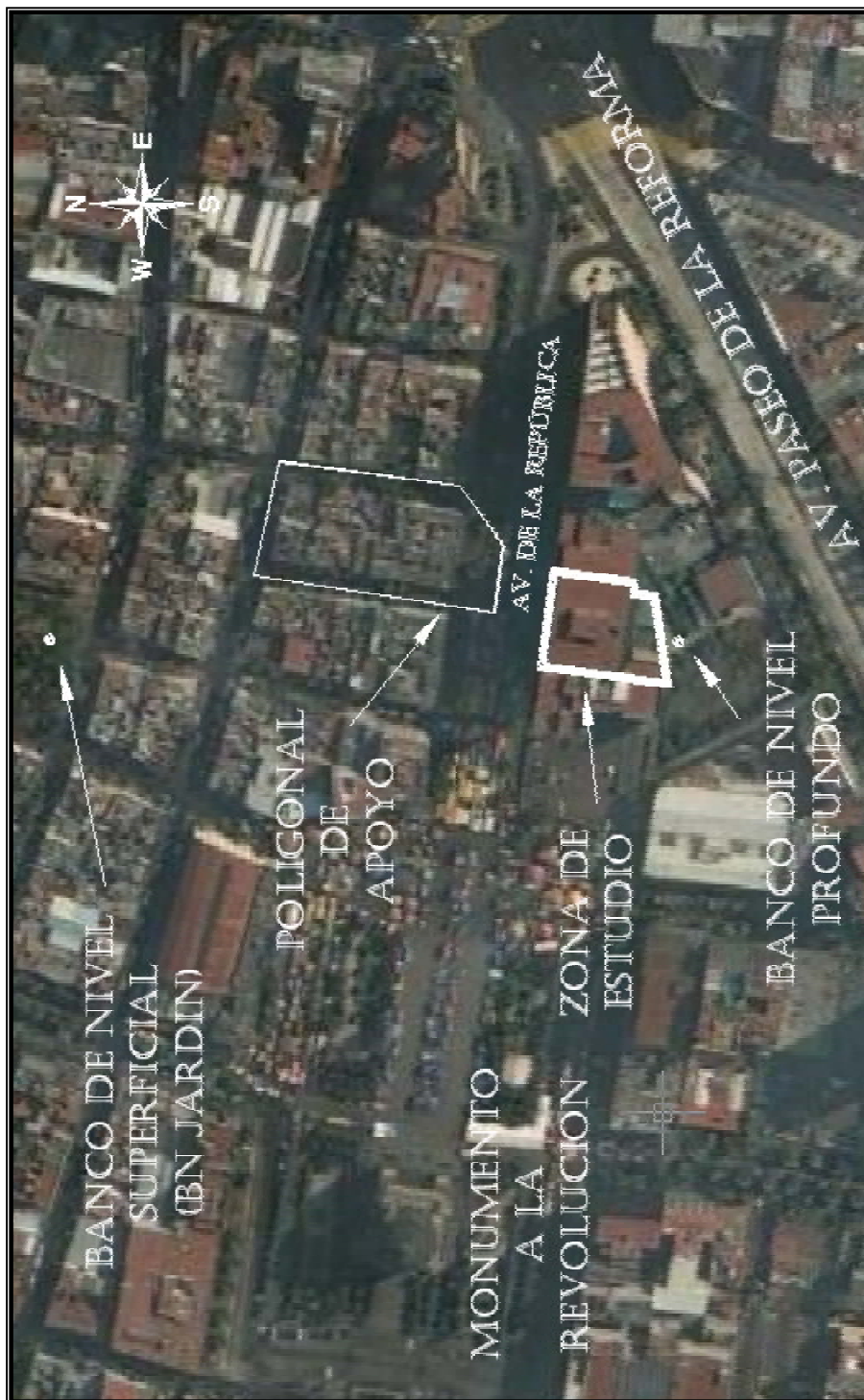
**VII.14.8 PLOMEO EN COLUMNAS. Desplome de columnas del piso 11 con relación a columnas del estacionamiento en el nivel 2.**



**VII.14.9 CROQUIS DE LOS BANCOS DE NIVEL. Ubicación de los bancos de nivel superficial y profundo.**





**VII.14.10 CROQUIS GENERAL. Ubicación del predio, poligonal de apoyo y de bancos de nivel.**

### VII.15 RESULTADOS PRELIMINARES.

Después de analizar los estudios topográficos efectuados en el periodo comprendido del 24 de noviembre al 16 de diciembre se llegó a las conclusiones siguientes:

- Se observa un desplazamiento diferencial del edificio en el sentido noroeste inferido de la configuración de las curvas de nivel y de los desplomes de las columnas y de la cancelería.
- El comportamiento de las curvas de nivel tanto en el nivel once como en el nivel planta baja son semejantes e indican un hundimiento en la parte norte del edificio.
- Considerando el nivel 11 y las curvas de nivel se percibe un desnivel entre el eje 10 y el 14 de 70 centímetros.
- Considerando el nivel planta baja y las curvas de nivel se percibe un desnivel entre el eje 1 y el 14 de 1 metro.
- Los estudios anteriores efectuados por otras compañías no pueden ser utilizados para poder dar un seguimiento continuo ya que en sus informes no presentan elevaciones de los bancos de nivel utilizados, y además que la ubicación de estos está mal referida.
- Los desplomes medidos mediante la desviación de la cancelería y la correspondiente de las columnas conservan la misma dirección NOR-OESTE en promedio, la magnitud se presenta en la tabla siguiente.

Desplomes medidos con relación a la fachada (cancelería) del edificio.

PUNTO DE REFERENCIA	DESPLOME EN METROS		PROMEDIO DE DESPLOME EN METROS	DIRECCIÓN DEL DESPLOME	ALTURA DE REFERENCIA	DESPLOME EN PORCENTAJE
ESQUINA NOR-ESTE	0.787	0.729	0.758	NW	60 m	1.2
ESQUINA SUR-OESTE	0.982	0.974	0.978	NW	60 m	1.6
ESQUINA SUR-OESTE	0.940	0.611	0.7755	NW	60 m	1.3
ESQUINA SUR-ESTE	0.657	0.706	0.6815	NW	60 m	1.1

Promedio del desplome considerando la fachada (cancelería) del inmueble en dirección nor oeste = 1.30 %

Con objeto de tener una comprobación de los resultados obtenidos en la medición del desplome teniendo como referencia la fachada del edificio , se precedió a obtener los desplomes ahora con respecto a cada una de las columnas mediante el método descrito anteriormente, cuyos resultados son los siguientes:

<i>PUNTO DE REFERENCIA EJES DE COLUMNAS</i>	<i>DESPLOMES EN METROS</i>	<i>DIRECCIÓN</i>	<i>ALTURA</i>	<i>DESPLOME EN PORCENTAJE</i>
A-10	0.657	W	60.00	1.10
A-11	0.859	NW	60.00	1.43
A-12	0.941	NW	60.00	1.57
A-13	1.191	NW	60.00	1.99
A-14	1.033	NW	60.00	1.72
B-10	0.95	NW	60.00	1.58
B-11	0.903	NW	60.00	1.51
B-12	0.876	NW	60.00	1.46
B-13	0.88	NW	60.00	1.47
B-14	0.807	NW	60.00	1.35
C-10	0.931	NW	60.00	1.55
C-11	1.184	N	60.00	1.97
C-12	0.578	N	60.00	0.96
C-13	0.796	N	60.00	1.33
C-14	0.85	N	60.00	1.42
D-10	0.66	NW	56.00	1.18
D-11	0.79	NW	56.00	1.41
D-12	0.686	NW	56.00	1.23
D-13	0.687	NW	56.00	1.23
D-14	0.885	NW	56.00	1.58
E-10	0.806	NW	56.00	1.44
E-11	0.743	NW	56.00	1.33
E-12	0.727	NW	56.00	1.30
E-13	0.732	NW	56.00	1.31
E-14	0.804	NW	56.00	1.44
F-10	0.639	NE	56.00	1.14
F-11	0.42	N	56.00	0.75
F-12	0.581	N	56.00	1.04
F-13	0.46	NE	56.00	0.82
F-14	0.888	NE	56.00	1.59
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.798</b>	<b>m</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>1.37%</b>

Fuente: Depto. de Topografía, FI, UNAM

El Promedio del porcentaje de desplome en los dos casos (caso uno con referencia a la cancelería, caso dos con referencia a cada una de las columnas) es semejante por lo que se puede considerar con una gran precisión que el porcentaje del desplome que tiene actualmente el edificio es de 1.37 % (diciembre de 2004).

## **CONCLUSIONES.**

## CONCLUSIONES.

El objetivo de las observaciones del desplome de una estructura es conocer el desplazamiento horizontal y vertical que se origina con el fin de verificar que no rebase los límites establecidos por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en este caso y además conocer la velocidad con que está ocurriendo este desplazamiento diferencial vertical. Apoyada en las mediciones realizadas, los archivos históricos de las nivelaciones son de suma importancia, ya que estas confirman la tendencia del movimiento del edificio o incluso, describir un posible nuevo desplazamiento.

Con respecto al periodo de mediciones entre una y otra nivelación, no existe ningún dictamen o mención con respecto al lapso de tiempo en que deben de ser medidos, lo más recomendable sería un lapso de por lo menos un mes y como máximo 3 meses, pero debemos señalar que estas deben ser constantes y no perder el seguimiento de sus lecturas. Extraordinariamente deberá realizarse una nivelación si se llegara a presentar el caso de algún tipo de movimiento telúrico en la zona. Así mismo convendrá tomarse en consideración, la zona geológica en el que se encuentra el inmueble, para calcular el periodo de medición de las columnas del edificio.

Hoy en día existen varios métodos para llevar a cabo el monitoreo de edificaciones, por ejemplo podríamos llegar a auxiliarnos de los sistemas GPS para rastrear los desplazamientos que sufren las grandes estructuras, como cortinas de presas hidráulicas, puentes y rascacielos. El hecho de aplicar nuevas tecnologías puede llegar a facilitar en mucho el trabajo del comportamiento de la estructura, incluso este puede llegar a medirse bajo condiciones extremas de temperatura o de visibilidad.

Actualmente en Europa y América del Norte se implementan las nuevas tecnologías en el monitoreo continuo a edificaciones, esto a través de estaciones totales fijas, que empotradas en bases estratégicas (desde donde se realizan las lecturas robóticas) registran el comportamiento diario de los edificios y los posibles daños que puedan llegar a sufrir, ya sea por el paso del tiempo, algún temblor o la construcción de un proyecto dentro o cerca del inmueble.

Los resultados obtenidos en este proyecto confirman la tendencia del movimiento del inmueble del ISSSTE, en dirección nor-oeste, esto con respecto a los informes anteriores de los trabajos que se venían realizando con la empresa Ingeniería Experimental, los cuales por falta de información, no pudo dárseles continuidad y se planteó la necesidad de empezar desde cero la nivelación del inmueble.

En conclusión podremos decir que el mejor método y técnica para monitoreos a edificaciones es aquel que mejor se acople y se facilite para observar su comportamiento periódico, ya sea apoyado en el uso de las nuevas tecnologías o las viejas técnicas y equipos topográficos, ya que lo que más importa es que el resultado sea el correcto y preciso comportamiento que sufre nuestro inmueble en cierto periodo de tiempo.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

---

**BIBLIOGRAFÍA.**

- Topografía elemental Davis J. Raymond CIA. Editorial Continental
- Wolf, Paul. Brinker, Russell. Topografía Ed. Alfaomega novena edición, México 1997.
- Alcantara Garcia, Dante Alfredo. Topografía. Ed. Fundación ICA A.C. México 2001
- Topografía de obras. Ignacio del Corral. Manuel Villanueva. Ed. Alfaomega. México D.F. 1999
- Topografía aplicada a la construcción. B Austin, Barry. Ed. Limusa. México. 1982
- Levantamientos planimétricos en edificaciones. Teresa Gil Pilqueras. Salvador Castrillo Castelclanch. Helena García Solaz. Enrique Hernández Muñoz. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. España
- Introducción a la topografía. Wirshing James. Ed McGraw-Hill. México . 1987
- Fundamentos de topografía. Schimdt Milton. Ed. Compañía Editora Continental. México. 1983
- Miguel Montes de Oca, Topografía. Ed. Representación y Servicios de Ingeniería S.A. México. 1977.
- Manual general del software Geodimeter, Tomo 1. Trimble Navigation Limited Engineering and Construction Division. Dayton, Ohio. U.S.A. pp 237,238,239
- Guía de ayuda del software Terramodel. Trimble Navigation Limited Engineering and Construction Division. Dayton, Ohio. U.S.A. Version 10.52
- Gobierno del Distrito Federal. Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones, México, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2004.
- Gobierno del Distrito Federal. Reglamento de construcción para el Distrito Federal, México, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2004.
- Ingeniería Experimental. Informe sobre las mediciones topográficas en el edificio del ISSSTE, México D.F., Ingeniería Experimental S.A. de C.V., 2003.
- Manual de Operación del Nivel Automático Universal NA-2 de Wild.
- Manual de Operación de la Estación Total TC600 de Leica
- Vasquez Rocabado, Jhonny, Tesis “Metodología para el registro de movimientos verticales de edificaciones”, México D.F., UNAM, 1991.
- <http://www.googleearth.com.html>