

# Instrumentación de los bordos del Río De La Compañía y análisis de las mediciones, del km 0+000 al km 10+360

Rafael Gómez H., Evangelina Gutiérrez A. & Reginaldo Hernández R.  
*Subgerencia Seguridad de Estructuras, GEIF. CFE, México*



## ABSTRACT

After the intense rainfalls of may 2000 the levees of De La Compañía River failed in some places and caused severe damage in the urban zone near to the river, Officials from the Basin and Waters of the Mexico Valley Authority, ask to the Civil Engineer Studies of the CFE Office, to design an instrumentation project and proceed to its measurements all the 10.36 km long of De La Compañía River levees, in order to have control on the displacements and water piezometric levels in subsoil under the embankments, to assess the levees behavior and to be able to carry on preventive or corrective actions to avoid any further failures. In this paper the results of the measurements made between June 2001 and January 2010 are presented, as well as some of the relevant conclusions obtained from the measurements analysis carried out and from the site inspections results. Also, we offer some advise to implement similar instrumentation projects, putting the accent on how to achieve safety structures.

## RESUMEN

Luego de la inundaciones provocadas por la falla de los bordos del Río de la Compañía, debido a las intensas lluvias de mayo 2000, el Organismo de Cuenca y Aguas del Valle de México solicitó a la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE, el diseño, instalación y medición de un proyecto de instrumentación a lo largo de los 10.36 km de desarrollo de los bordos, para llevar el control de los desplazamientos y los niveles piezométricos, a fin de conocer su comportamiento y realizar acciones preventivas o correctivas oportunas ante posibles riesgos de falla de los mismos. En el presente trabajo se presentan los resultados de las mediciones realizadas desde junio 2001 a enero 2010, y algunas de las conclusiones derivadas del análisis y de las observaciones hechas en las visitas de inspección. Se plantean recomendaciones para la implementación de proyectos de instrumentación similares, haciendo énfasis en que el objetivo es lograr la seguridad de las estructuras.

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En aproximadamente 20 años que tiene el asentamiento urbano de Valle de Chalco, se ha suministrado agua a la población mediante bombeo de los acuíferos del valle, causando un asentamiento regional acumulado en la zona del orden de 10 m (Ortiz y Ortega, 2007), por lo que se ha venido reconstruyendo y sobreelevando los bordos que lo confinan para mantener en operación el Canal del Río De La Compañía. Además, el caudal del río se ha incrementado debido a que se vierten en él aguas de drenaje de las zonas urbanas que casi paralelamente al crecimiento del bombeo se han desarrollado en esta zona.

En tiempos más recientes, como consecuencia de la falla de los bordos en mayo del 2000, en el tramo comprendido entre la autopista México-Puebla y su intersección con el Canal Río la Compañía (CRC), muy cerca del poblado de Ayotla, la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México solicitó a la Subgerencia de Seguridad de Estructuras de la GEIC-CFE su participación en la instrumentación y medición de la misma a lo largo del CRC para conocer mejor su comportamiento; sobre todo en zonas donde se habían

tenido agrietamientos y filtraciones, y con ello hacer posible la prevención o mitigación de posibles fallas.

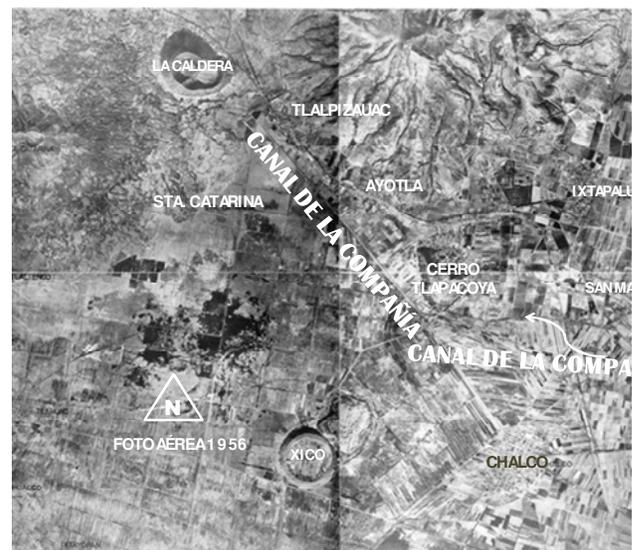


Figura 1. Fotografía aérea de 1956 en la que se pueden ver los bordos ya existentes del Río de la Compañía.

## 1.2 Objetivos

En este artículo nos proponemos cubrir los objetivos siguientes:

- Exponer la compleja problemática del Canal.
- Describir de manera general la instrumentación instalada y su ubicación.
- Mostrar los resultados de las mediciones y el análisis de las principales variables que gobiernan el comportamiento del Canal.
- Hacer un resumen acerca de la utilidad de la instrumentación y de las ventajas que tienen los recorridos de inspección para conocer el comportamiento de los bordos, haciendo énfasis en la seguridad de los mismos.

## 2 PROBLEMÁTICA

El comportamiento del Canal está determinado por las complejas características geotécnicas del subsuelo. Entre éstas, destacan el alto contenido de agua de las arcillas lacustres y, por consecuencia, su elevada compresibilidad debido al extenso bombeo en la subcuenca de Chalco, que con espesores variables hasta de 200 m (Mooser, 2002) a lo largo de su trazo de poco más de 10 km y su contraste con el material de transición en las faldas de los cerros el Pino y la Caldera y de la Sierra Nevada, y su paso por un tajo excavado en roca en el cerro Tlapacoya (Fig. 2), tenemos que el Canal se encuentra sometido a asentamientos diferenciales muy intensos, con respecto al tajo en el cerro Tlapacoya, que han alcanzado del orden de 1.5mm/día en los bordos y 1 mm/día en el terreno circundante, ocasionando agrietamientos transversales y filtraciones. Esto, es agravado localmente por el propio peso de los bordos, que genera asentamientos locales, tensiones y comportamiento asimétrico; además, de la pérdida de bordo libre, por lo que se ha realizado la sobreelevación de los bordos en repetidas ocasiones (Roldan, J. A., et al 2002 y 2006), lo cual aumenta el peso propio y por ende los asentamientos.

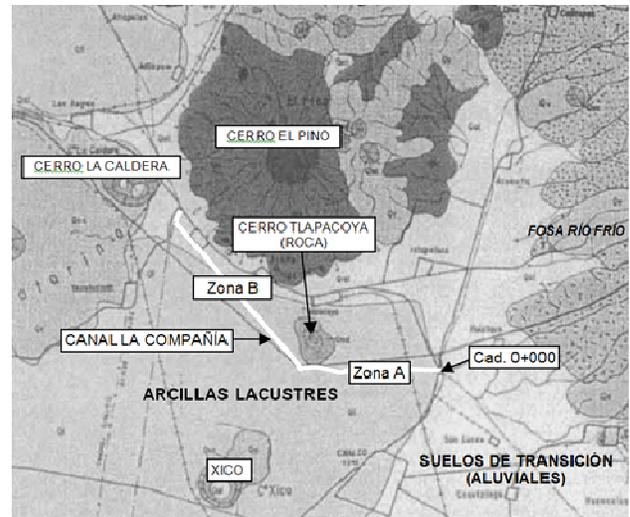


Figura 2. Mapa geológico de INEGI 1996.

También, la pérdida de bordo libre del Canal origina desbordamientos que afectan gravemente la zona urbana que se ha desarrollado en todo el Valle de Chalco y sus alrededores desde hace más de 50 años (Fig. 3).



Figura 3. Vista del Canal en la que se aprecia la pérdida de bordo libre y construcciones de la zona urbana colindante.

Además, a la pérdida de bordo libre por asentamiento regional, a causa del intenso bombeo, y local debido al peso propio de los bordos y sus diversas sobreelevaciones realizadas, se suma el azolve del Canal y las obstrucciones causadas por todos los desperdicios que portan sus aguas, principalmente el PET (Fig. 4) y azolves, lo cual hace que el peligro de desbordamiento se incremente cada vez más.

En la figura 4 (2003), esta combinación llegó a ser crítica, por lo que los bordos fueron sobreelevados mediante el empleo de tierra reforzada con malla.



Figura 4. Detalle del Canal en el Cad. 6+880 donde se tiene acumulación de PET por un bordo libre muy reducido

En el trazo actual del Canal (Fig. 2), se delimitan dos zonas con comportamientos y características particulares, la primera, denominada Zona A, de la confluencia de los ríos San Rafael y San Francisco (Cad. 0+000) al cruce con la autopista México- Puebla (Cad. 3+750), y la Zona B, del cruce con la autopista (cad. 3+800) al puente San Isidro ubicado en la carretera federal México-Puebla (Cad. 10+200).

### 3 INSTRUMENTACIÓN

La zona que ha presentado mayores deformaciones y hundimientos es la zona B (ver Fig. 2) y es en ella donde se concentró la mayor parte de la instrumentación, particularmente en las inmediaciones del tajo en el cerro Tlapacoya, que es donde los asentamientos diferenciales alcanzan los valores máximos, así como los agrietamientos longitudinales y transversales.

En la figura 5 se presenta en planta un plano de localización de los instrumentos entre los cadenamamientos 3+300 y 5+600.

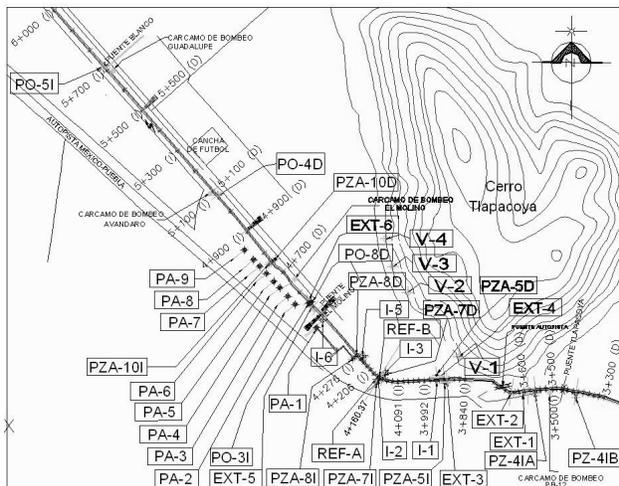


Figura 5. Localización de los instrumentos en la zona crítica del Canal

#### 3.1 Estaciones para medir niveles de agua en el Canal

La instrumentación instalada consiste en estaciones de medición de niveles de agua en el río que se suma con la información de las estaciones meteorológicas que proporcionan los datos de las precipitaciones, ambas son referencia para interpretación de mediciones (Figs. 6 y 7).

Para la medición de niveles de agua en el subsuelo se instalaron pozos de observación y piezómetros a diferentes profundidades; mientras que para la determinación de zonas de elongación en los bordos se utilizan extensómetros y referencias superficiales para nivelaciones de los bordos a lo largo de ambas márgenes, tuberías para inclinómetro.

#### 3.2 Pozos de observación y piezómetros

Los pozos de observación están formados por tubo de PVC ranurado en la mayor parte de su longitud.

Los piezómetros son abiertos, del Tipo Casagrande, y se instalaron en grupos de 2 (A y B) o 3 (A, B y P) piezómetros, donde el tubo ranurado se encuentra en un estrato permeable, sellado para aislarlo del resto del subsuelo, excepto en los piezómetros A, que funcionan también como los pozos de observación (Fig. 8).

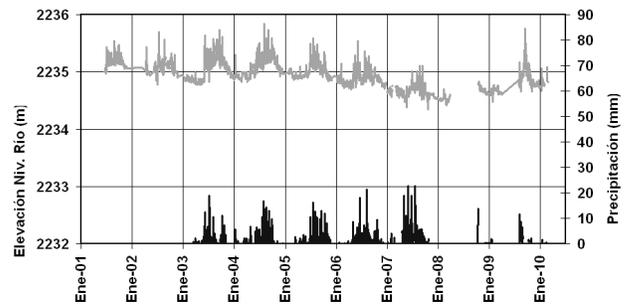


Figura 6. Gráfica de Nivel en el Canal y precipitación diaria

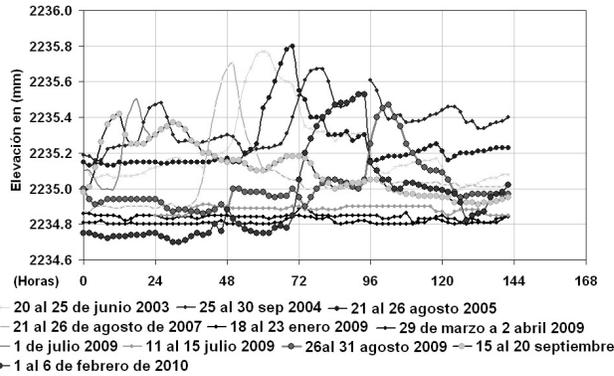


Figura 7. Nivel del río en las máximas avenidas registradas entre 2003 y 2010 (Datos de limnógrafo en Cad. 3+750, BI).

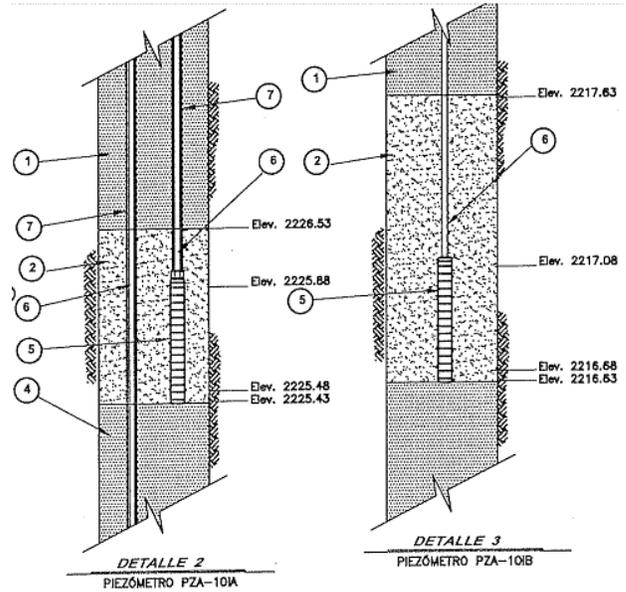
La zona que ha presentado mayores deformaciones y hundimientos es la zona B (ver Fig. 2) y es en ella donde se concentró la mayor parte de la instrumentación, particularmente en las inmediaciones del tajo en el cerro Tlapacoya, que es donde los asentamientos diferenciales alcanzan los valores máximos, así como los agrietamientos longitudinales y transversales.

La medición de los pozos y piezómetros se realiza mediante una sonda piezométrica electrónica con señal sonora y visual.

### 3.3 Extensómetros de barra

Los extensómetros están compuestos por dos grupos, uno hacia aguas arriba y el otro hacia aguas abajo del Canal, cada uno con 4 barras de acero inoxidable de 5, 10, 15 y 20 m de longitud, respectivamente (Fig. 9). Las barras se encuentran ancladas al material de los bordos y originalmente (año 2001) estaban a 1.5m de profundidad respecto a la corona: Cada grupo de barras llega a una placa metálica de referencia fija en la caseta de medición.

El desplazamiento de cada barra se mide mediante un micrómetro digital de precisión.



#### NOMENCLATURA

- ① Arena fina (pasa malla No. 30 y se retiene en la malla No. 100)
- ② Arena media (pasa malla No. 8 y se retiene en la malla No. 30)
- ③ Pellets de bentonita
- ④ Mortero arena-cemento (30%) bentonita (3%)
- ⑤ Bulbo ranurado  $\varnothing=5$  cm Protejido con geotextil
- ⑥ Tubo PVC hidráulico  $\varnothing=1.9$  cm
- ⑦ tubo flexiflex  $\varnothing=3.81$  cm
- ⑧ Registro galvanizado de  $\varnothing=20$  cm
- ⑨ Bloque de concreto de  $40 \times 40 \times 25$  cm  $f'c= 200$  kg/cm<sup>2</sup>
- ⑩ Varilla corrugada de  $\varnothing=9.5$  cm
- ⑪ Tubo de drenaje de  $\varnothing=1.90$  cm
- ⑫ Topón especial

Figura 8. Detalle de instalación de un grupo de piezómetros.

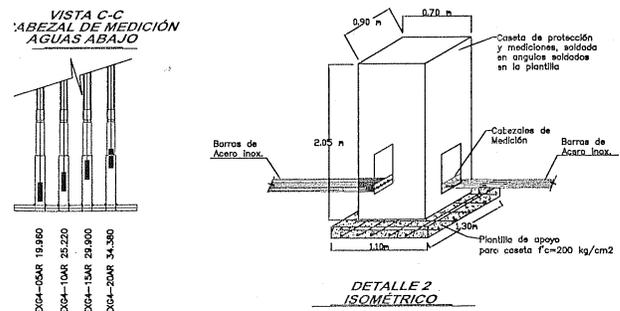


Figura 9. Detalle de los extensómetros de barra.

### 3.4 Inclinómetros

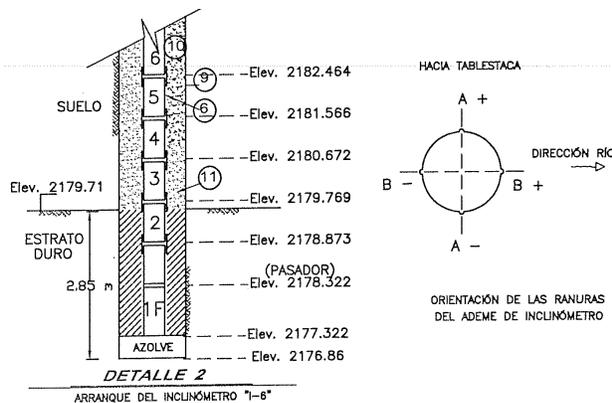
La medición de deformaciones en el subsuelo tanto horizontales como verticales se realiza en cinco tuberías de inclinómetros instaladas 3 en MD y 2 en MI, con longitudes de 39 a 66 m de longitud como se muestra en la figura 10.

CADENAMIENTO	INCLINÓMETRO	MARGEN	Elevación de boca	Elevación de fondo	LONGITUD (m)
3+945	I-1	I	2237.92	2199.26	39
4+163	I-2	I	2236.12	2177.35	59
4+146	I-3	D	2238.11	2172.17	66
4+262	I-5	D	2238.25	2184.25	54
4+466	I-6	I	2237.09	2178.31	59

Figura 10. Datos de las tuberías de inclinómetro.

La tubería está telescopiada y es de aluminio, instalada en perforaciones previas, con la orientación del eje principal perpendicular al eje del Canal, en la figura 11 se muestran detalles de la instalación

Las lecturas se realizan utilizando sondas de desplazamiento horizontal electrónicas y sondas manuales tipo CFE para determinar los desplazamientos verticales.



**NOMENCLATURA**

- ① Registro Galvanizado  $\varnothing=20$  cm
- ② Bloque de concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>
- ③ Varilla de  $\varnothing=0.95$  cm
- ④ Tubo de PVC  $\varnothing=15.24$  cm
- ⑤ Dren de PVC  $\varnothing=1.90$  cm
- ⑥ Ademe de Inclinómetro  $\varnothing=7.62$  cm Long. 75 cm
- ⑦ Cople de Inclinómetro
- ⑧ Tramo de ajuste Long. 58 cm
- ⑨ Barreno  $\varnothing=15.24$  cm
- ⑩ Relleno arena-bentonita (3%) - cemento (5%)
- ⑪ Lechada de cemento agua silicato de sodio

Figura 11. Detalle de instalación de las tuberías de inclinómetro

**3.5 Referencias superficiales**

Uno de los aspectos más importantes a medir son los desplazamientos verticales, por lo que se instalaron mojoneras para tener referencias de desplazamientos verticales y horizontales en la superficie de los bordos y,

en el terreno circundante, en secciones transversales. Las referencias están localizadas a cada 100m y en la zona vecina al Cerro Tlapacoya se encuentran a cada 20 metros.

La medición de desplazamientos horizontales se realiza con estaciones totales respecto a Bases de Centraje fijas en la roca de las laderas del Cerro Tlapacoya y los desplazamientos verticales se miden con nivel de precisión referidos a tres vértices colocados en el cerro Tlapacoya (Fig. 12).



Figura 12. Detalle del Banco de Nivel instalado por CFE en el cerro Tlapacoya.

**3.6 Recorridos de inspección**

Otro aspecto muy importante para evaluar el comportamiento y estado de los bordos en el CRC, son los recorridos de inspección que se vienen realizando desde el 2001. En ellos, se toma nota y fotografía de las anomalías que se encuentren en los bordos, esto es: pérdida de bordo libre, grietas, filtraciones, madrigueras, etc. (Figs. 13 a 15).



Figura 13. Inestabilidad y heterogeneidad detectada en bordo



Figura 14. Zona de filtración Cad. 4+052 y el 4+111 de margen izquierda.



Figura 15. Madriguera encontrada en el bordo derecho en el Cad. 3+982.

#### 4 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES Y RECORRIDOS

##### 4.1 Asentamientos en los bordos y agrietamientos

Los asentamientos máximos medidos de 2001 a 2010 en los bordos del CRC, sobre zona lacustre, son del orden de 370 y 346 cm en el Cad. 5+200, en los bordos izquierdo y derecho respectivamente. La distribución de los asentamientos a lo largo del Canal se puede apreciar en las Figs. 16 y 17, en las que se ve claramente que en el cruce con el cerro Tlapacoya éstos son nulos y, por ello, la distorsión angular vertical inducida en la vecindad es muy significativa; en la figura 18, se presentan estas distorsiones angulares para el tramo comprendido entre los Cad. 4+400 a 5+500, en la que cabe destacar que las distorsiones van desde 0.00001 a 0.0067 en la dirección transversal y de 0.069 en la longitudinal; siendo el límite permisible en materiales térreos de 0.0033, por lo que cualquier valor superior se considera suficiente para generar agrietamientos.

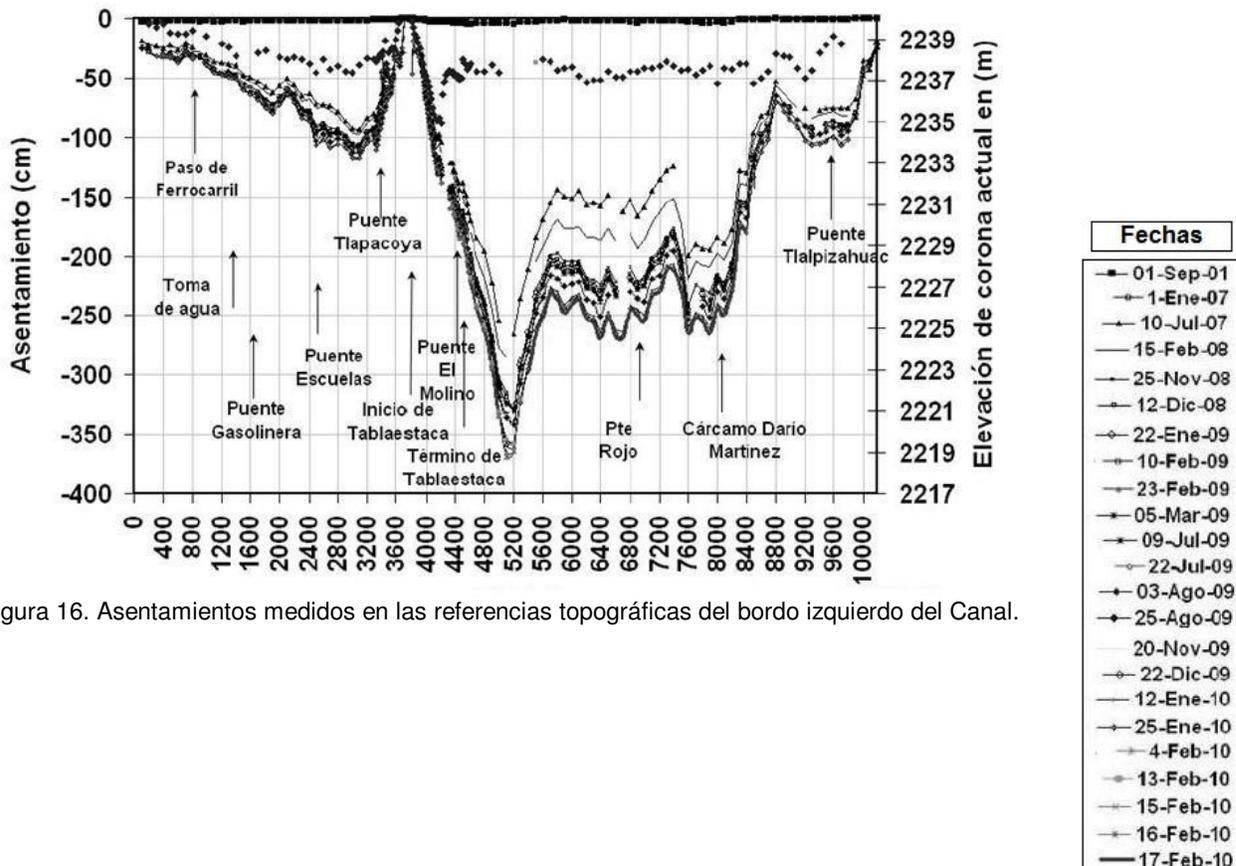


Figura 16. Asentamientos medidos en las referencias topográficas del bordo izquierdo del Canal.

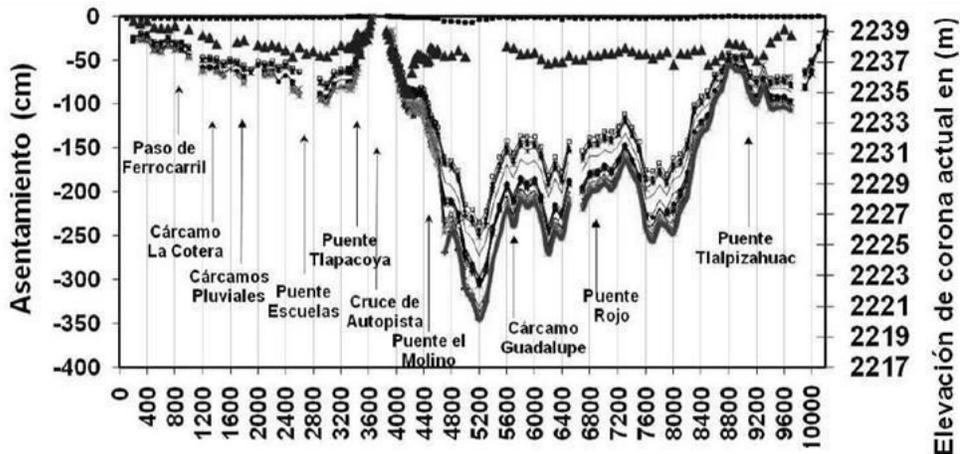


Figura 17. Asentamientos medidos en las referencias topográficas del borde derecho del Canal.

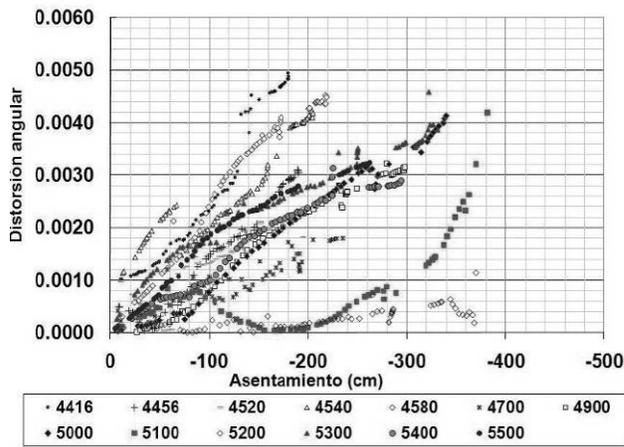


Figura 18. Distorsiones angulares, Cad. 4+410 a 5+500, BI.

Esta situación límite ha sido rebasada ya en los sitios anteriores y posteriores a donde ocurren los asentamientos máximos (ver Figs. 16 y 17) y en algunos puntos se comprueba en los recorridos de campo por la presencia de filtraciones continuas y agrietamientos.

Estas zonas de grietas, en algunas ocasiones se observan sólo superficialmente, mientras que en otras son profundas (Fig. 19) y permiten la comunicación con capas permeables, que facilitan la infiltración por los terrapenes que, aunado a tirantes de agua mayores sobre los bordos y su saturación por lluvia, incrementa la posibilidad de que se presenten filtraciones mayores con arrastre de partículas y eventualmente una falla.

Esta condición se hace más crítica conforme crecen las distorsiones angulares inducidas por los asentamientos; en la Fig. 20 se presenta una gráfica de la medición de los niveles de agua freática en los pozos de observación PO 7, 6, 3, 2 y 4 (este orden es el orden descendente de la posición de los puntos en la gráfica a partir del Nivel de Río), y en ella se observa que en el verano del 2003 hubo un ascenso no estacional en el

nivel de agua el PO 7 y lo mismo parece estar sucediendo desde el verano del 2009 en los PO 3, 2 y 4, lo cual se puede deberse a la presencia de agrietamientos que permiten el paso del agua del río al subsuelo.



Figura 19. Grieta al pie del bordo en la Zona B.

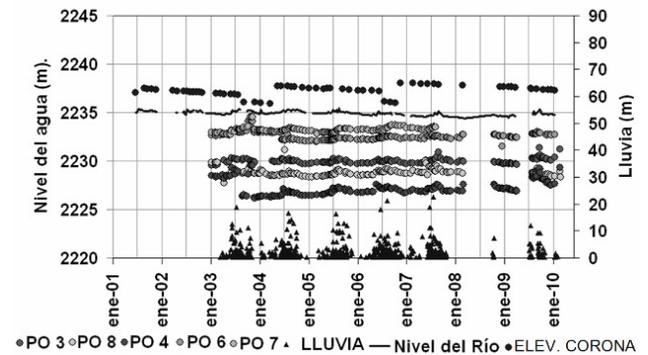


Figura 20. Niveles de agua en pozos de observación, zona B.

#### 4.2 Desplazamientos longitudinales en los bordos medidos con los extensómetros de barras

Los desplazamientos medidos con los extensómetros de barra reflejan una sensibilidad a la variación estacional extensión-compresión (Fig. 21); sin embargo, su utilización como instrumento redundante para la medición de las elongaciones en los bordos está limitada, por su longitud restringida (40m: 20m en cada sentido) y, en el caso del EXG1 AR, por la incertidumbre en la efectividad de su anclaje aunada a la presencia de pilotes pertenecientes a los restos de la cimentación del desaparecido puente Tlapacoya (Fig 21).

#### 4.3 Desplazamientos transversales en los bordos y niveles piezométricos

Además de los asentamientos en la dirección longitudinal, en los bordos del CRC se tiene también asentamientos transversales que, a su vez, presentan asimetría respecto al eje del Canal, lo cual también induce distorsiones angulares adicionales (Fig.22).

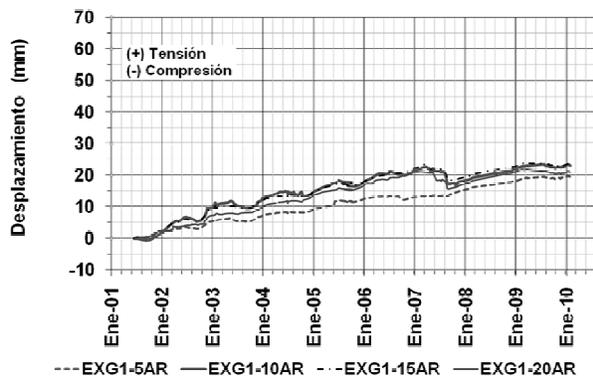


Figura 21. Desplazamientos en las barra del EXG-1 medidos aguas arriba del bordo izquierdo.

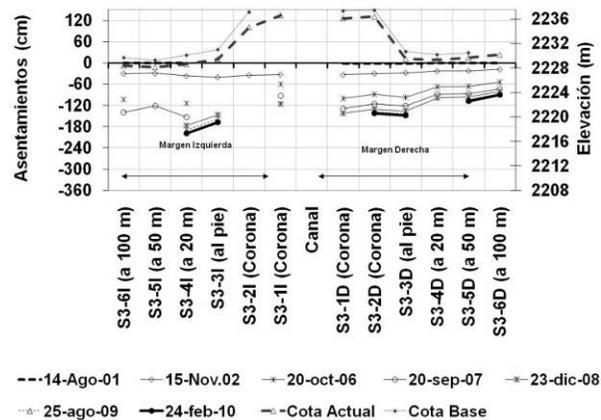


Figura 22. Asentamientos transversales, Cad. 4+490.

Adicionalmente, se miden desplazamientos horizontales absolutos, referidos a los vértices fijos instalados en el cerro Tlapacoya en las referencias superficiales a lo largo de la corona de los bordos, entre los Cad. 2+000 al 4+600; en la figura 23, se muestran en planta los vectores de desplazamiento superficial del bordo izquierdo, en esta imagen se tiene un valor máximo de 1195 mm, en el Cad. 4+600 entre julio de 2001 y finales de 2009.

Los piezómetros que se encuentran más cercanos a las zonas aluviales del cerro Tlapacoya presentan una variación estacional notable (Fig. 24).

Por otra parte, la medición de los niveles piezométricos indica que sí existe incremento en las presiones generadas en los estratos permeables debido a agrietamientos, formados principalmente en el cauce. Esto se aprecia en la figura 25, en la que los niveles piezométricos medidos entre 2001 y 2010 muestran que a partir del verano de 2007 hubo un incremento de presión en todos los piezómetros del grupo PZ7-I, el cual se ha mantenido casi constante hasta la fecha.

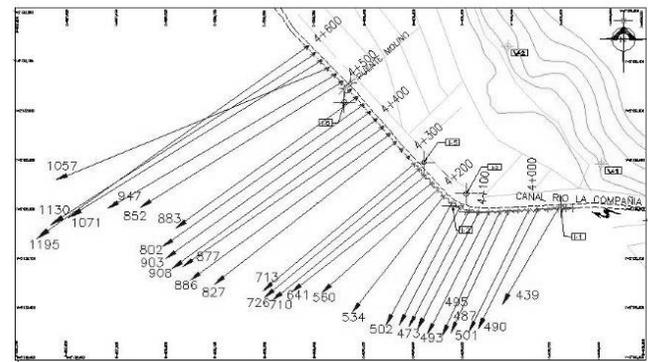


Figura 23. Vectores de desplazamiento superficial en el BI a 2009.

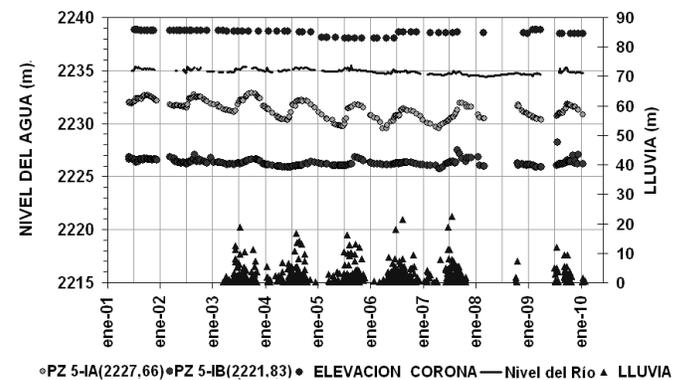


Figura 24. Gráfica de los niveles piezométricos en el grupo PZ5-I, donde se observan claramente las variaciones estacionales.

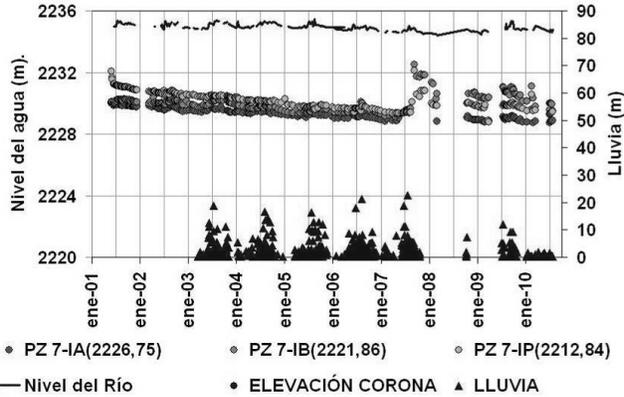


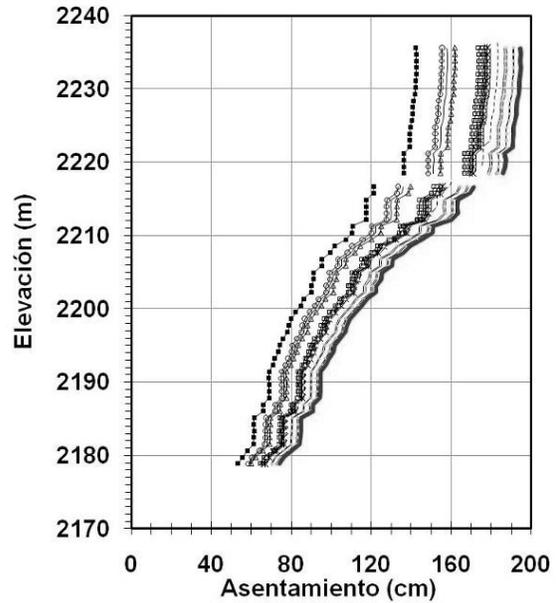
Figura 25 Niveles piezométricos medidos entre 2001 y 2010 en el grupo PZ7-I, Cad. 4+160 (ver Fig. 5).

#### 4.4 Desplazamientos verticales y horizontales en los inclinómetros

Se han medido asentamientos a lo largo de las tuberías de inclinómetro, y mediante el control topográfico de la boca de cada tubería se infieren los asentamientos debidos a la consolidación de los estratos subyacentes.

Las tuberías telescopiadas se instalaron en tramos de un metro de longitud, para contar con mayor capacidad de deformación de las mismas; sin embargo, los asentamientos en la zona límite entre los bordos y las arcillas blandas inmediatamente debajo de ellos es mayor y se suma a la mayor probabilidad de agrietamientos debido a esfuerzo cortante. En el caso del inclinómetro I-6 ya se ha agotado esta capacidad de seguir la deformación vertical del suelo, lo cual se denota en la figura 28 por la discontinuidad de la lectura. Nótese la deformación vertical acumulada entre 2001 y 2010 es del orden de 2m.

Respecto a los desplazamientos horizontales, los valores mayores coinciden en localización con los verticales, esto es en las zonas limítrofes entre el material del bordo y el inmediatamente subyacente. El desplazamiento se da conforme la dirección de los vectores antes visto, lo cual confirma ambos resultados tanto en dirección como en magnitud (ver Fig. 23 y 27).



- 24-nov-06    ○ 01-nov-07    — 30-nov-07    → 07-feb-08
- 25-oct-08    ○ 09-dic-08    ○ 19-ene-09    × 01-feb-09
- \* 26-feb-09    — 19-mar-09    — 08-ago-09    — 10-sep-09
- 15-oct-09    — 04-nov-09    — 02-dic-09    — 23-ene-10
- 08-feb-10

Figura 26. Asentamiento en inclinómetro I-6, Cad. 4+466 BI.

#### 4.5 Condiciones desfavorables adicionales

Otro factor que afecta la seguridad de los terraplenes del Canal es la presencia de cárcamos de bombeo construidos a pocos metros del mismo, y que han presentado defectos constructivos que alteran las condiciones del nivel freático en su vecindad.

También existen tuberías fuera de servicio embebidas en los terraplenes que representan un riesgo de erosión interna del material del terraplén. Los deterioros han provocado roturas que han sido atendidas de urgencia, como en los casos de los cárcamos Xico y Darío Martínez y otros que existieron mucho antes y donde quedaron tuberías ahogadas.

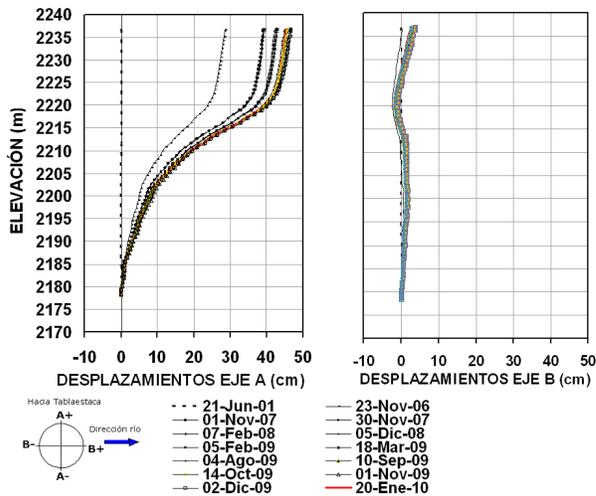


Figura 27. Desplazamientos Horizontales en el inclinómetro I-2, Cad. 4+166 (ver ubicación en Fig. 2).

## 5 CONCLUSIONES

La instrumentación colocada en el Canal fue básica para conocer el comportamiento de los bordos y las principales variables que lo influyen; sin embargo, ante la longitud de estudio y la restricción presupuestal, se tuvieron que definir las zonas donde se concentrarían los instrumentos. Aún así, la información y su análisis junto con observaciones realizadas en numerosas inspecciones han sido de gran utilidad para conocer mejor el comportamiento del Canal haciendo énfasis en su seguridad.

De la medición y comportamiento de los bordos se ha evidenciado la presencia de grietas en los suelos que subyacen al Canal, lo cual tiene implicaciones que no se han estudiado lo suficientes para evaluar sus riesgos.

Además la instrumentación de los bordos del Canal, sirve de guía para plantear sistemas de Auscultación para obras similares y que podemos citar algunas recomendaciones como:

- Conocer preliminarmente un perfil estratigráfico, haciendo énfasis en los estratos compresibles y zonas de transición, así como condiciones geológicas particulares de las zonas de estudio;
- Indagar sobre el uso o condiciones previas a la construcción de la estructura, para conocer el

historial de cargas al que se ha sometido la estructura y suelo circundante;

- Hacer recorridos para ubicar la presencia de zonas húmedas, filtraciones y agrietamientos;
- Plantear qué variables geotécnicas necesitan ser conocidas en función de las anomalías y características del suelo y la obra y los sitios más adecuados para medirlas;
- Elegir los instrumentos para medir dichas variables, considerando su sencillez, confiabilidad y redundancia entre aparatos y mediciones para su confirmación, y
- Un proceso de datos y análisis exhaustivo considerando toda la información recopilada, complementada con observaciones de campo periódicas como parte del seguimiento al comportamiento.

Todo lo anterior no serviría de nada si, a pesar de contar con ello, no se toma en cuenta a la hora de tomar las decisiones oportunas para minimizar o corregir las condiciones desfavorables evidenciadas visualmente o a través de las tendencias de medición.

La puesta en marcha del Túnel en toda la zona B, a mediados de 2010, si bien sirve para canalizar de manera más segura las aguas del Canal, aumenta la posibilidad de falla de los bordos en esta zona, para el caso de volver a transitar gasto por el Canal, ya que el secado de los materiales los agrietará.

## 6 REFERENCIAS

- Ortiz, Z. D., y Ortega, G., A., (2007), "Origen y evolución de un nuevo lago en la planicie de Chalco: implicaciones de peligro por subsidencia e inundación de áreas urbanas en Valle de Chalco (Estado de México) y Tláhuac (Distrito Federal)". Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, ISSN 0188-4611, Núm. 64, pp. 26-42.
- Mooser, F., (2002), "El Río de La Compañía y el Cerro Tlapacoya. Punto de vista geológico para un cambio de obras". Informe de Contrato SGC-GCOP-DF-01-011-RF-AD con CONAGUA. México, DF.
- Roldán J. A.. (2002) "Medición de la instrumentación, análisis de datos y evaluación del comportamiento del Canal Río la Compañía". Informe de comportamiento No. 841.01-1 32/02 elaborado para la CNA por la CFE. Subgerencia de Seguridad de Estructuras. México, DF.