

# Presa de Rivera de Gata: Primer Llenado

Por ANTONIO SORIANO PEÑA

I.C.C.P. Ingeniería del Suelo, S.A.

FRANCISCO SANCHEZ CARO

I.C.C.P. Ingeniería del Suelo, S.A.

JOSE M.<sup>a</sup> MACIAS MARQUEZ

I.C.C.P. C.H. del Tajo.

## 1. INTRODUCCION

La presa de Rivera de Gata se encuentra situada sobre el río de igual nombre, en el término municipal de Villasbuenas de Gata, provincia de Cáceres.

En un amplio entorno, el zócalo rocoso aflorante está constituido por rocas ígneas y metamórficas antiguas (paleozoicas).

El macizo rocoso de la cerrada está formado por filitas y pizarras competentes. La dirección de la esquistosidad es oblicua al río (forma con él unos 60°) y tiene un buzamiento casi vertical. Según los reconocimientos geológicos y de acuerdo con la experiencia de la construcción, no existen accidentes tectónicos de importancia que compliquen el comportamiento de la presa.

Tras realizar las excavaciones y un ligero tratamiento de inyecciones de impermeabilización se construyó la presa con un núcleo impermeable y espaldones de escollera (aparte de los correspondientes filtros y drenes). No se dispuso galería perimetral a lo largo del cimientó; no se esperaban complicaciones importantes que pudieran obligar a tratamientos de corrección posteriores.

El núcleo se construyó explotando un préstamo arcilloso de aguas abajo de la presa y la escollera se obtuvo de una cantera establecida cerca del pie del aliviadero, junto al cauce del río, explotando filitas y pizarras sanas similares a las de la cerrada.

La cerrada de la presa es algo atípica, en el sentido de existir un lecho de río profundo, una ladera izquierda más pina que la derecha y, además, necesitar de tres diques de cierre complementarios separados del cuerpo de la presa.

La Figura número 1 resume las características geométricas del cuerpo de presa e incluye la disposi-

ción de los materiales utilizados para su construcción, según una sección transversal tipo.

La construcción principal se realizó durante el año 1988 y un año más tarde, en el otoño de 1989, se cerró el túnel de desvío y se inició el llenado.

El objetivo perseguido con la redacción del presente artículo es, básicamente, resumir el comportamiento observado en la presa desde el inicio del primer llenado hasta hoy, tomando como referencia los datos suministrados por los distintos elementos de auscultación en la misma.

En la Figura número 1 citada, también se representan los dispositivos más relevantes de la instrumentación de la presa. La finalidad de los mismos es permitir el control de los movimientos de la presa (tubos de asiento, inclinómetros e hitos de superficie), de las presiones totales e intersticiales en el núcleo (células y piezómetros), y de los caudales filtrados (aforadores).

## 2. MOVIMIENTOS OBSERVADOS

Como comentario previo a la descripción de la información de movimientos propiamente dicha, se quiere destacar la singularidad del primer llenado de la presa. Las lluvias de noviembre de 1989 (que tan intensa y extensamente cayeron sobre todo el país) provocaron una rápida elevación del nivel de embalse hasta unos doce metros bajo el umbral del aliviadero. Este nivel se mantuvo con pocas variaciones las dos primeras semanas del mes de diciembre. En los días siguientes persistieron las lluvias y se completó el llenado, de manera que la presa comenzó a verter por el aliviadero el día 22 de diciembre de 1989.

Hubiera sido conveniente diferir en el tiempo las

PRESA DE RIVERA DE GATA: PRIMER LLENADO

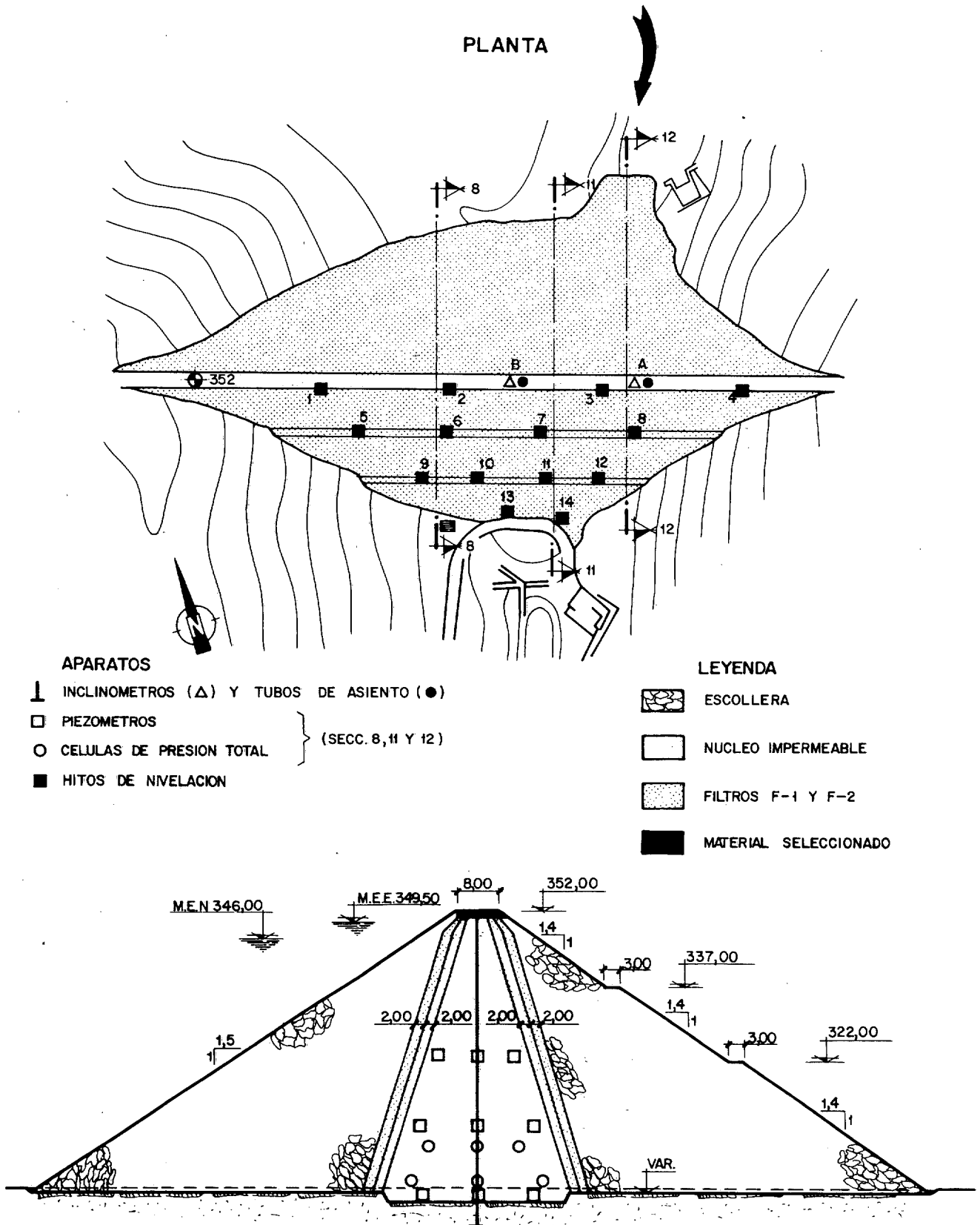


Figura 1. Sección tipo e instrumentación.

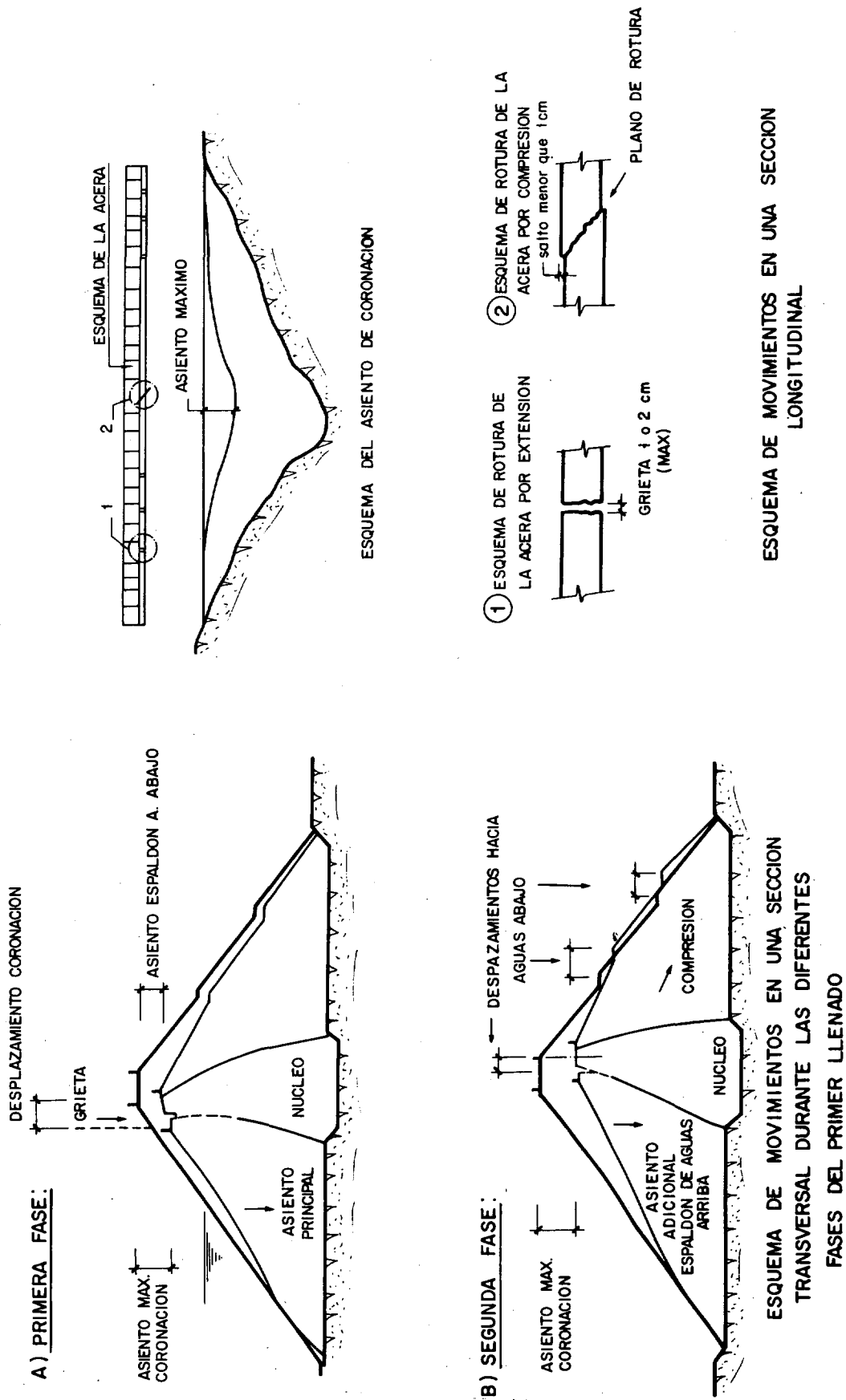
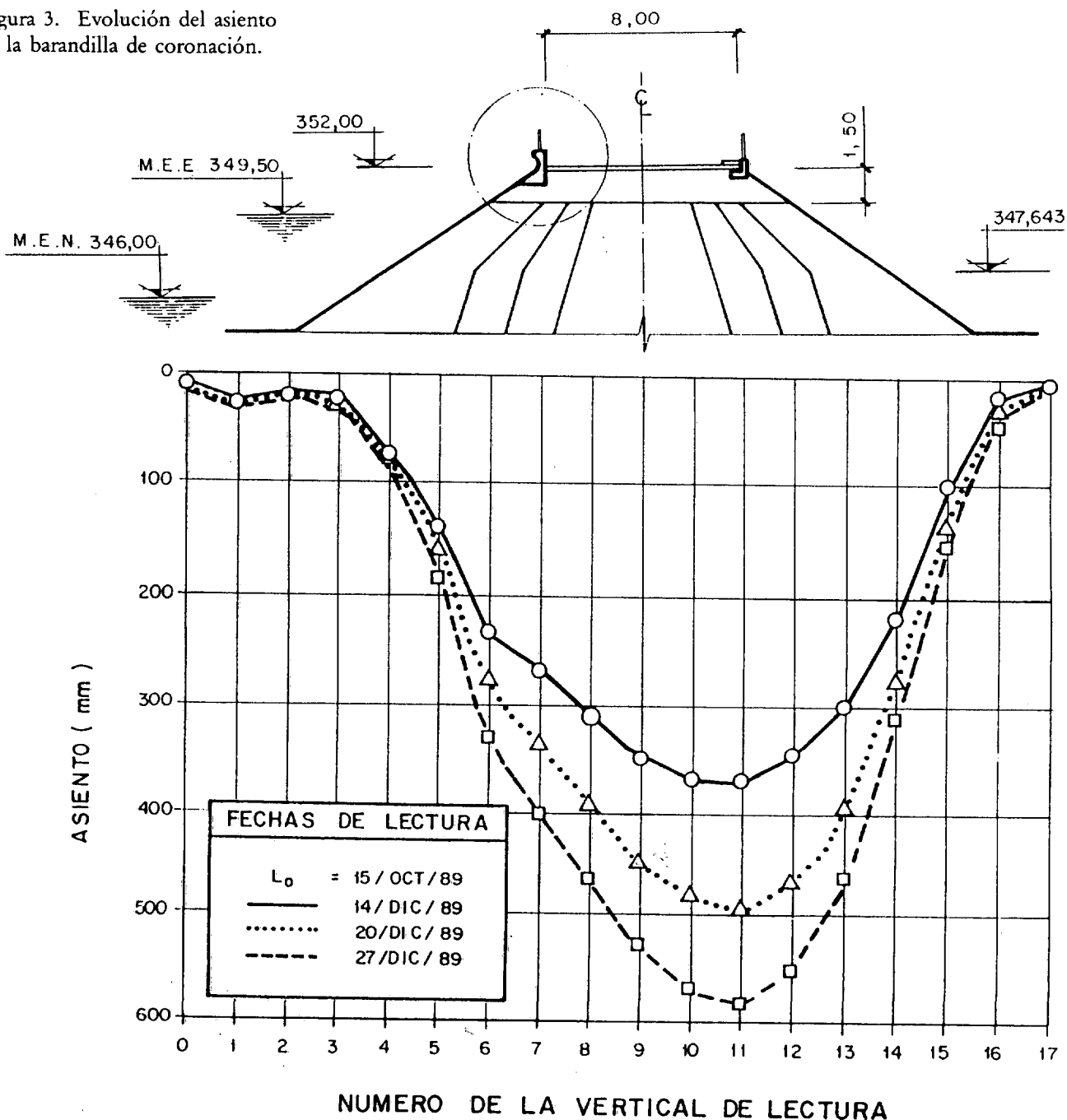


Figura 2. Esquema de movimientos debidos al primer llenado.

## PRESA DE RIVERA DE GATA: PRIMER LLENADO

Figura 3. Evolución del asiento de la barandilla de coronación.



dos fases de este primer llenado, así como completar el mismo de forma mucho más lenta. Sin embargo, ello no fue posible puesto que los desagües de fondo no se encontraban plenamente operativos.

Los efectos más notables de este primer llenado se resumen gráficamente en los esquemas contenidos en la Figura número 2:

— Durante la primera fase del primer llenado,

al subir el nivel de embalse desde la cota 315 a la 332 se observó una grieta longitudinal a lo largo de la coronación y unos agrietamientos en las aceras, síntomas de una extensión de la coronación cerca de los estribos y una compresión en el centro.

— Al completarse el llenado, entre el día 12 y el día 22 de diciembre (segunda fase), se produjeron movimientos cualitativamente distin-

PRESA DE RIVERA DE GATA: PRIMER LLENADO

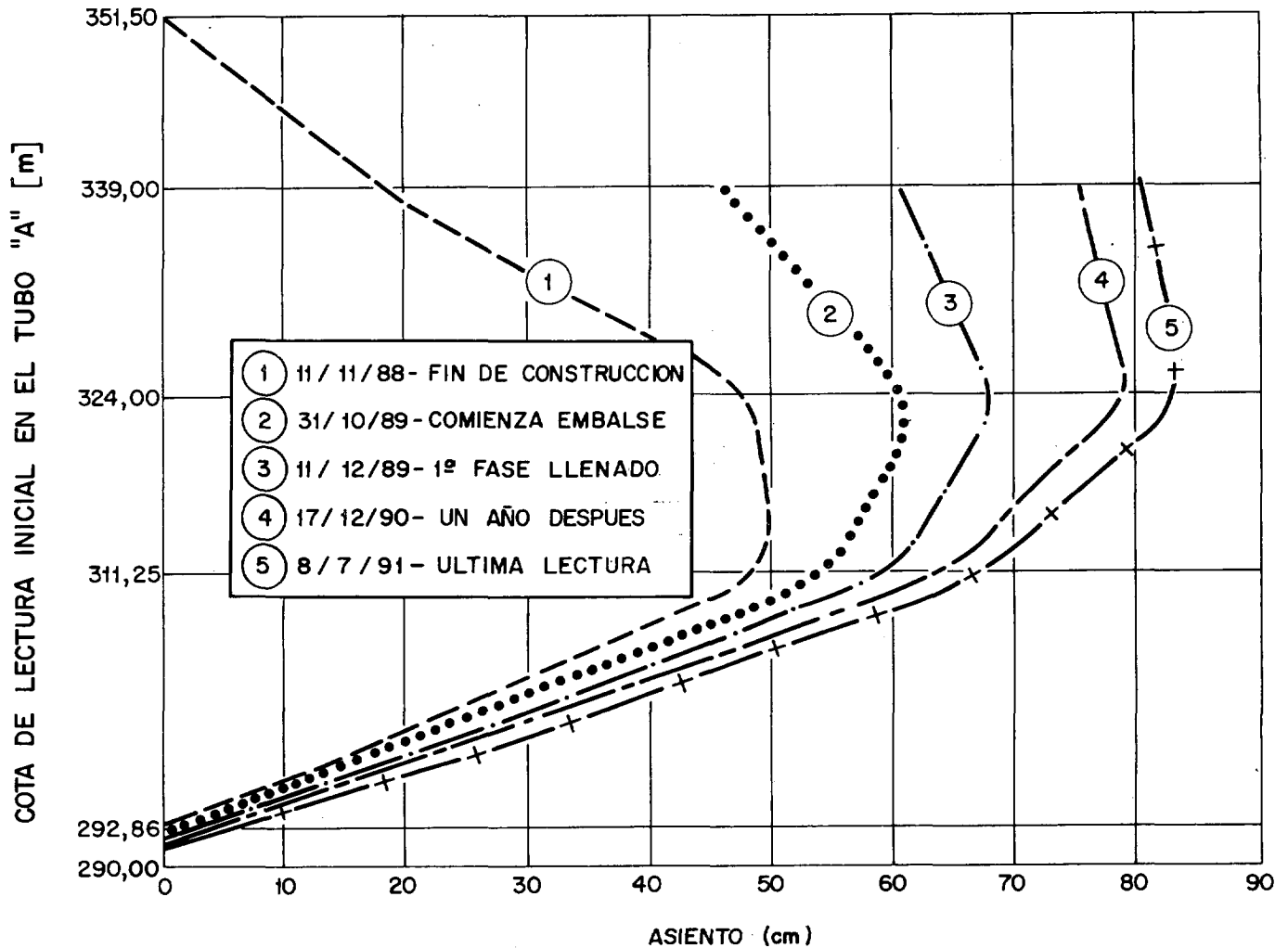


Figura 4. Asientos medidos por el Tubo "A".

tos. Si al principio la coronación asentó y se movió hacia aguas arriba, después siguió asentando pero desplazándose hacia aguas abajo. Según una sección longitudinal, los movimientos siguieron siendo cualitativamente semejantes. El máximo asiento ocurre en la zona central de la coronación lo que implica una extensión próxima a los estribos y una compresión en la zona central.

El seguimiento de los movimientos de la presa, tanto en el primer llenado como en la posterior explotación de la misma, ha sido posible gracias al sistema de auscultación que, en su día y a tal efecto, se dispuso. Tal sistema está formado por dos tubos para medida de asientos y dos inclinímetros, colocados en la zona de presa con mayor altura (ver Figura número 1), y una serie de referencias topográficas convenientemente dispuestas en el exterior

del cuerpo de presa.

Adicionalmente, y gracias al hecho de realizarse una nivelación de precisión al colocarse la barandilla de coronación (aguas arriba), se dispuso de un nuevo elemento de suministro de información especialmente útil durante el primer llenado de la presa. En la Figura número 3 se representa la evolución del asiento medido (desde el 15 de octubre de 1989, que constituye la fecha de referencia) en tres fechas correspondientes al mes de diciembre.

Este asiento de la barandilla de coronación puede evaluarse en unos 37 cm. durante la primera fase de este primer llenado, mientras que al completarse el mismo parece producirse un asiento adicional del orden de los 22 cm.

En la Figura número 4 se representan los asientos medidos por uno de los tubos de asiento exis-

# PRESA DE RIVERA DE GATA: PRIMER LLENADO

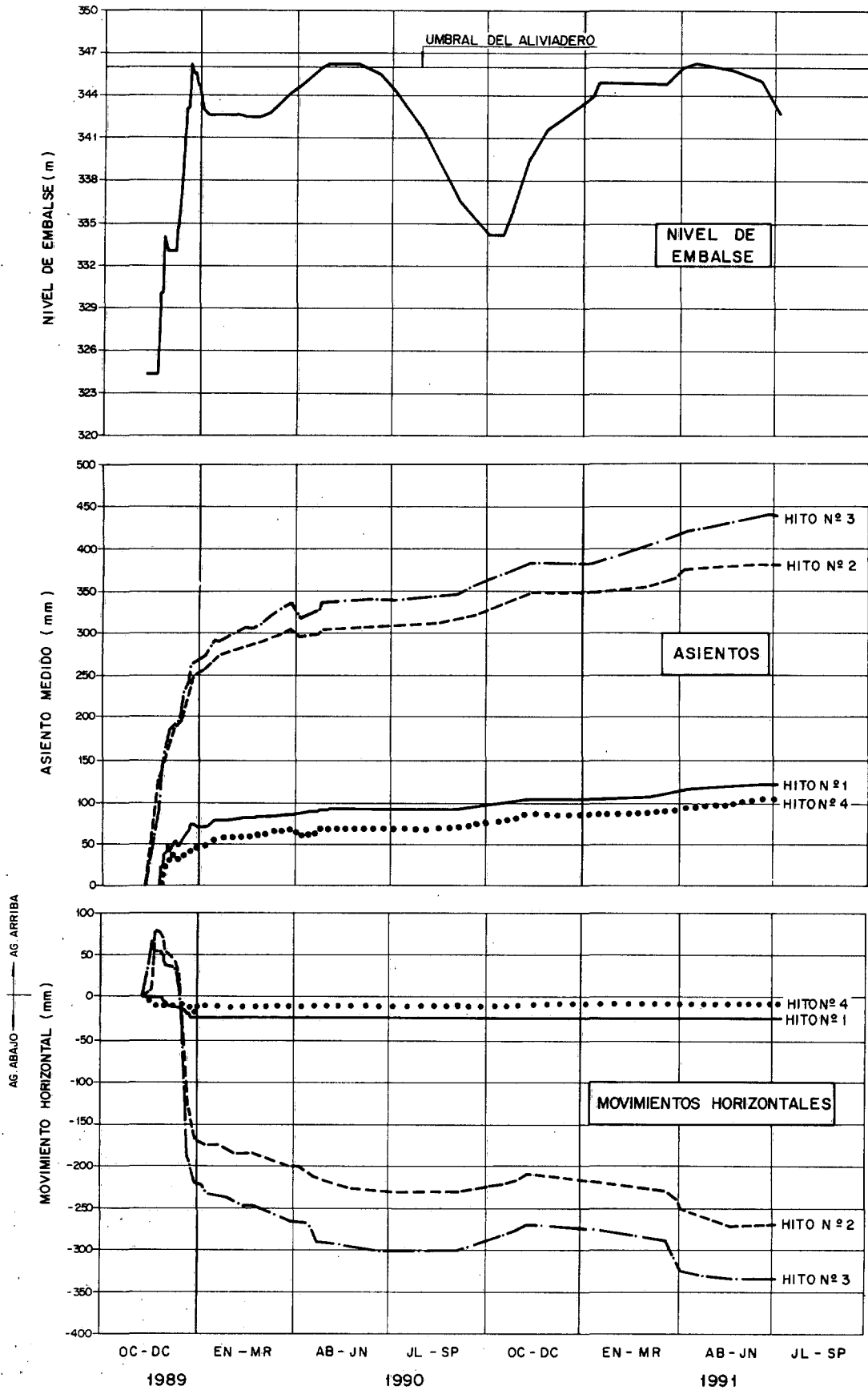


Figura 5. Evolución de movimientos de los hitos de coronación.

tentes (Tubo "A"), donde se observan movimientos apreciables posteriores a la situación de final de construcción (asientos diferidos) y anteriores al primer llenado de la presa. Ello parece indicar que el asiento total de la coronación debió ser del orden de 20-30 cm. superior al que se detecta por nivelación de la barandilla. Un año después del primer llenado de la presa se producen incrementos en los asientos observados por el Tubo "A" de apenas 10 cm. (0,8 cm/mes), mientras que en el año 1991 este ritmo parece decrecer a 0,6 cm/mes.

La información suministrada mediante control topográfico tiene como origen de lecturas la posición de la presa hacia mediados de noviembre de 1989, no existiendo, por tanto, reflejo de los movimientos postconstructivos previos.

En la Figura número 5 se representa, a modo de ejemplo, la evolución de los asientos y movimientos horizontales de una serie de hitos situados en la coronación de la presa. El hito número 3, situado en la zona de presa con mayor altura, es el que presenta mayores movimientos. El asiento asignable puede valorarse en unos 27 cm. (unos 10 cm.

inferior al máximo asiento detectado aguas arriba por nivelación de la barandilla), lo cual implicaría un cierto giro de la coronación del orden del 1%. Los asientos posteriores son moderados: 11 cm. durante el año 1990 (0,9 cm./mes) y de 5,5 cm. en el primer semestre de 1991 que implica un ritmo análogo (0,9 cm./mes) aunque con un nivel medio de embalse muy superior.

En cuanto a los movimientos horizontales, además de observarse esa inversión de tendencia ya comentada en las dos fases del primer llenado, puede destacarse una disminución acusada de los incrementos de movimientos hacia aguas abajo que inducen las distintas situaciones de máximo embalse:

Fecha	Mov. hacia Aguas	
	Abajo (u)	$\Delta u$
Diciembre-89	22 cm.	22 cm. (*)
Mayo-90	30 cm.	8 cm.
Abril-91	33 cm.	3 cm.

(\*) En realidad es mayor al indicado, puesto que existe un desplazamiento previo hacia aguas arriba del orden de 6 cm. desde el origen de lecturas.

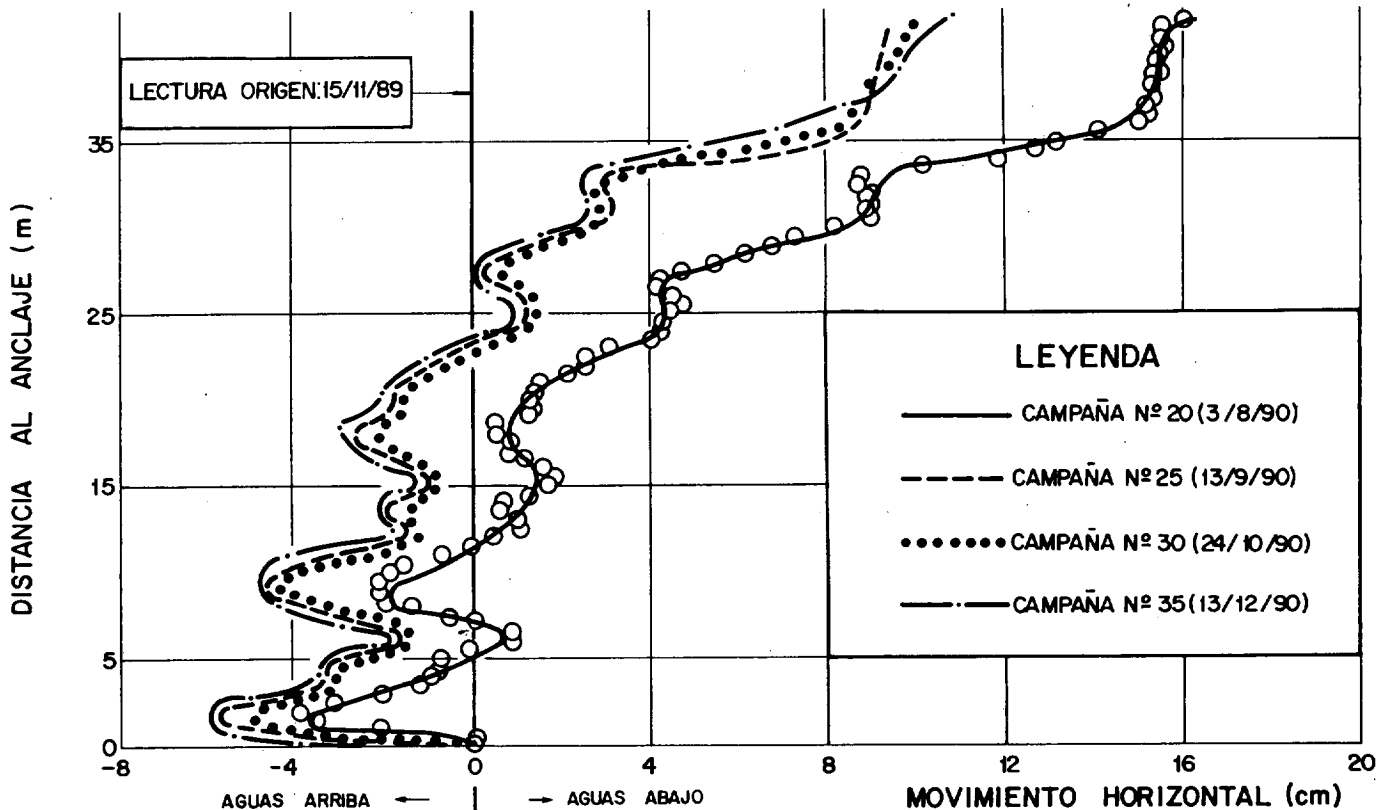


Figura 6. Movimientos horizontales del Inclínómetro "B".

Ello indicaría que estos incrementos de movimientos se producen cada año en una magnitud del orden de 2-3 veces inferior a la del año precedente.

El panorama de movimientos se completa con la información suministrada por los inclinómetros instalados. Desgraciadamente, uno de ellos (el denominado "A"), dejó de tener lecturas fiables en las primeras campañas realizadas. En la Figura número 6 se representan cuatro campañas de lecturas correspondientes al Inclinómetro "B", situado muy próximo al perfil donde se encuentra el hilo número 2. En esta figura se observa que el movimiento del punto de medida más alejado del anclaje (respecto a la lectura origen de noviembre 89) es en agosto de 1990, del orden de 16 cm., acorde con el control topográfico de la coronación. En los meses posteriores (septiembre y octubre) el descenso del nivel de embalse induce una cierta recuperación del movimiento (5 cm. aproximadamente). La campaña número 35 representada, corresponde al mes de diciembre, con un incremento apreciable del nivel de la lámina de agua, que no se ve reflejado, sin embargo, en las lecturas inclinométricas. Este hecho hace pensar que el aparato queda entonces atascado, confirmándose esta impresión en campañas posteriores.

### 3. PRESIONES TOTALES E INTERSTICIALES MEDIDAS EN EL NUCLEO

Existen tres secciones instrumentadas con células de presión total y piezómetros para medida de presiones en el núcleo. Estas secciones y la disposición de los aparatos es la señalada en la Figura número 1.

#### a) *Presiones totales en el núcleo.*

Se puede afirmar que la mitad de las células de presión total existentes se encuentran operativas y dan lecturas razonables.

Como resumen descriptivo de la evolución de las presiones totales en el núcleo (medidas con las células) se ha preparado la Figura número 7 donde se representa, por un lado, la situación antes y después del primer llenado y, por otro, se compara la situación tras el desembalse del verano de 1990 con

la que tuvo lugar tras el vertido de la primavera del año siguiente.

En lo que hace referencia al primer llenado se representan, además de las presiones medidas por las células, los valores teóricos de la presión geostática, calculada como producto de la altura de tierras por una densidad de  $2,00 \text{ Tn/m}^3$  y la presión intersticial máxima calculada como producto del peso específico del agua por la diferencia de cotas entre la célula y el umbral del aliviadero. En una misma sección del núcleo se han reflejado los datos de la sección central y las secciones laterales más próximas a los estribos.

Como comentarios más destacables pueden apuntarse los siguientes detalles:

- Antes del llenado se advierte que las células de la sección central tienen menor presión que las correspondientes del mismo nivel de las secciones laterales. El río está bastante encajado en la cerrada y parece existir cierto efecto arco que descarga la zona más baja del núcleo.
- Antes del llenado la situación es bastante simétrica, las presiones aguas arriba y aguas abajo del eje del núcleo son parecidas.
- El primer llenado del embalse ha producido en todas las células un aumento de la presión total, mayor en las células próximas a la cara de aguas abajo del núcleo.

En cualquier caso la presión total era entonces claramente superior a la máxima presión intersticial posible. El cociente entre ambas, después del primer llenado es mayor que 1,5 e incluso supera el valor de 2 en algunas células.

En la misma figura número 7 se representan, como ya se ha indicado, las presiones totales leídas después del desembalse del verano de 1990 y las que se leen tras el llenado del comienzo de la primavera siguiente. De esta evolución se puede destacar los siguientes hechos:

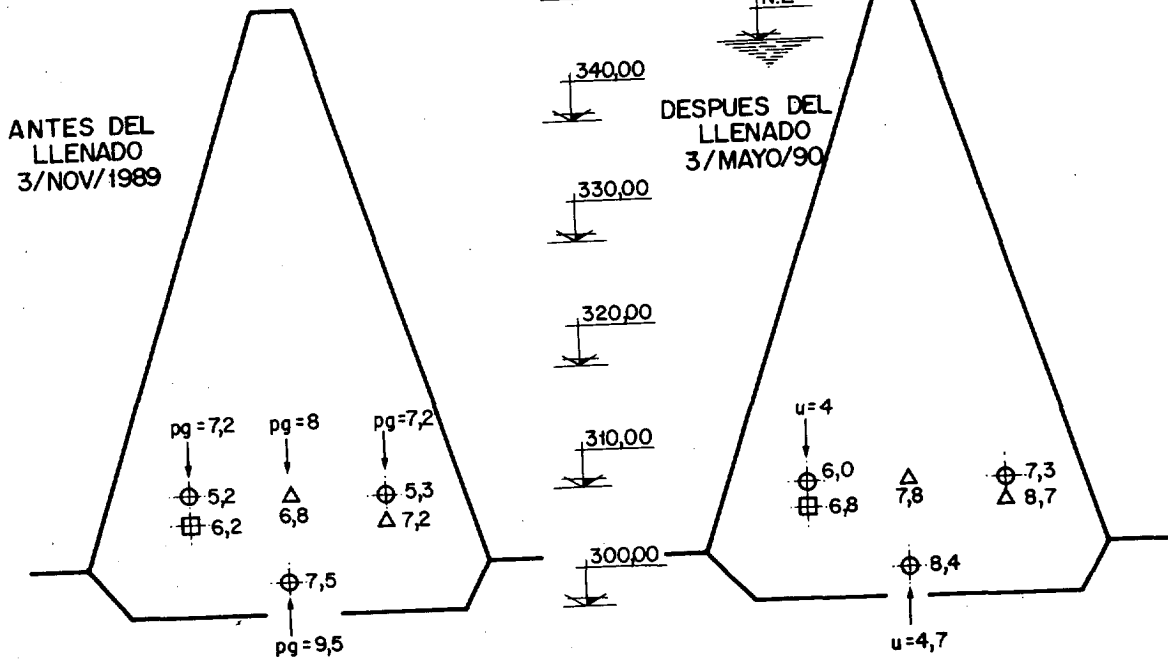
- El descenso del nivel de embalse en 13 m. (de la cota 346 a la cota 333) produce una caída desproporcionada de las presiones medidas en todas las secciones (más acentuada en la sección central).

Todas las células apuntaban valores estables y altos y repentinamente, al desembalsar, redu-



# PRESA DE RIVERA DE GATA: PRIMER LLENADO

## PRESIONES TOTALES EN EL NUCLEO ANTES Y DESPUES DEL PRIMER LLENADO



### LEYENDA:

- ⊕ SECCION CENTRAL, Nº 11
- ⊞ SECCION Nº 8
- △ SECCION Nº 12
- pg PRESION GEOSTATICA
- u MAXIMA PRESION INTERSTICIAL
- 3.0 PRESION TOTAL (Kp/cm<sup>2</sup>)

## PRESIONES TOTALES EN EL NUCLEO ANTES Y DESPUES DEL LLENADO DE 1991

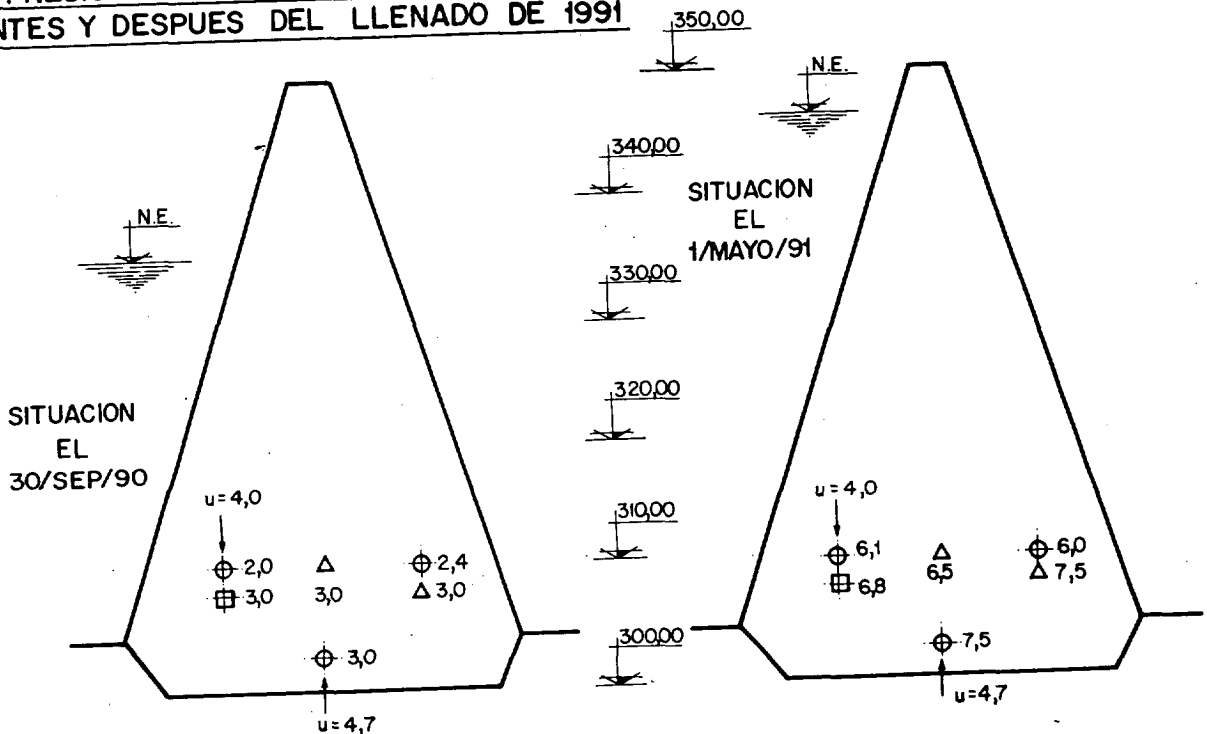


Figura 7. Presiones totales en el núcleo.

ieron drásticamente la presión. El hecho ha sido transitorio ya que en octubre de 1990, con el nuevo llenado del embalse, se recuperó la presión que volvió a ser tan alta como al principio cuando se completó el llenado. No se tiene explicación clara para este hecho. No se conoce, de momento, ningún mecanismo razonable para que esto ocurra.

- El posterior llenado del embalse restituye las presiones, en la zona baja del núcleo, a valores similares a los del primer llenado.
- Se siguen cargando más, debido al llenado, las células próximas a la cara de aguas abajo del núcleo pero con una diferencia menor que en el llenado anterior.

b) Presiones intersticiales en el núcleo.

Por otra parte, la evolución de las presiones intersticiales medidas con el sistema de piezómetros neumáticos existentes, puede considerarse razonable, si se tienen en consideración los siguientes

comentarios:

- A medida que transcurre el tiempo, sucesivos aparatos comienzan a registrar lectura positiva, lo cual es un índice del avance del frente de saturación del núcleo.
- Se cree que el tiempo de respuesta de este tipo de piezómetros es largo, independientemente de que el avance del frente de saturación en el núcleo puede ser lento.

Para ilustrar algo más estos comentarios se ha preparado la figura número 8, que resume las situaciones correspondientes a dos llenados (mayo 1990 y 1991), donde se representan las posibles redes de isobaras, proyectando los datos disponibles sobre una misma sección.

Como puede verse, en la primera fecha, el frente de saturación de piezómetros (más atrasado que el frente real de saturación del núcleo) estaba cerca del eje de la presa. Hasta ese momento únicamente los piezómetros de aguas arriba estaban en car-

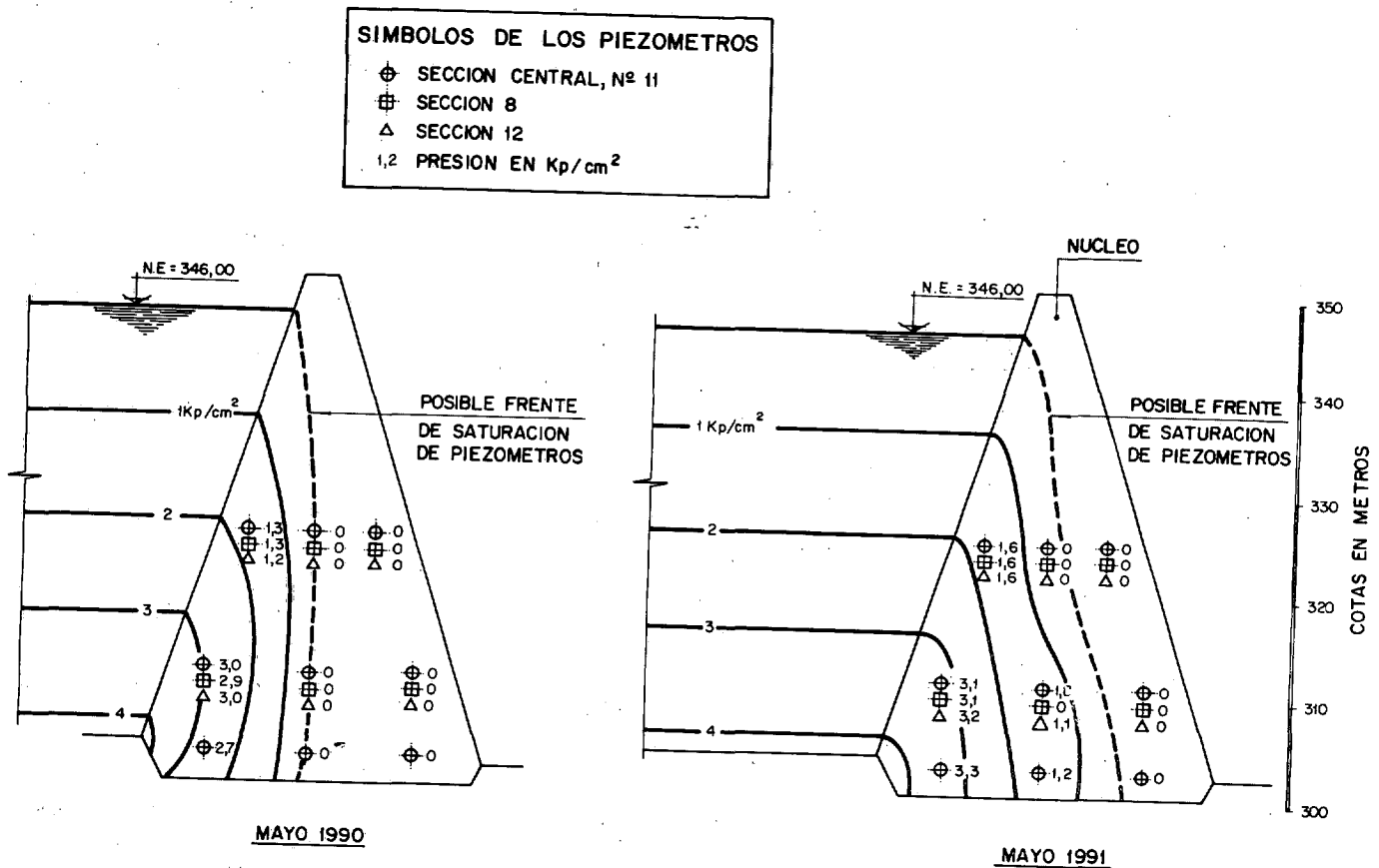


Figura 8. Esquema del avance del frente de saturación en el núcleo.

ga. Pero, un año después, el frente de saturación está más próximo al paramento de aguas abajo, con algunos piezómetros centrales que ya están en carga.

Los piezómetros deben proseguir su evolución lenta. Con el tiempo todos deben llegar a dar lectura positiva y similar a la carga del embalse a su nivel de instalación multiplicada por un factor de reducción similar al cociente entre la distancia del piezómetro al filtro de aguas abajo y el espesor del núcleo al nivel del piezómetro. Si eso ocurre, como se espera, el comportamiento del núcleo será adecuado. De momento sólo la mitad de los piezómetros están afectados por la saturación del núcleo. Puede que en dos o tres años ya todos hayan entrado en carga.

#### 4. CAUDALES AFORADOS

Con carácter general, puede afirmarse que las diferentes filtraciones controladas en la presa presentan una acusada estabilidad; sus caudales se repiten para análogas situaciones del nivel de embalse. Comparando, a modo de ejemplo, dos situaciones de embalse lleno (mayo 1990 y mayo 1991) se pueden realizar los siguientes comentarios:

- Los caudales de filtración que ocurrían con el embalse lleno en mayo de 1990 se han repetido en mayo de 1991, pero con la excepción del caudal del túnel de los desagües de fondo, que fue tratado, y cuyas filtraciones han quedado reducidas a un caudal que oscila entre 2 y 3 l/s. según sea el nivel del embalse.
- Las fugas que se producían en el pie de presa con el embalse lleno en el año 1990 (unos 13 l/s.) se repiten en 1991. Es notable que con el embalse 10 m. por debajo del umbral de aliviadero esas filtraciones se reducen a sólo el 20%. Se interpreta pues que la filtración se produce de una manera distribuida por la roca de apoyo y a niveles bastante altos.
- La filtración aforada en los tres diques que en 1990 alcanzaba, en cada uno de ellos, entre 3 y 5 l/s. vuelve a repetirse, quizás con menor intensidad en 1991. En las dos épocas de embalse alto se ha apreciado que estas filtraciones sólo aparecen cuando el embalse supera la cota 343 (a 3 m. bajo la cota del labio del aliviadero) y desaparecen cuando el embalse

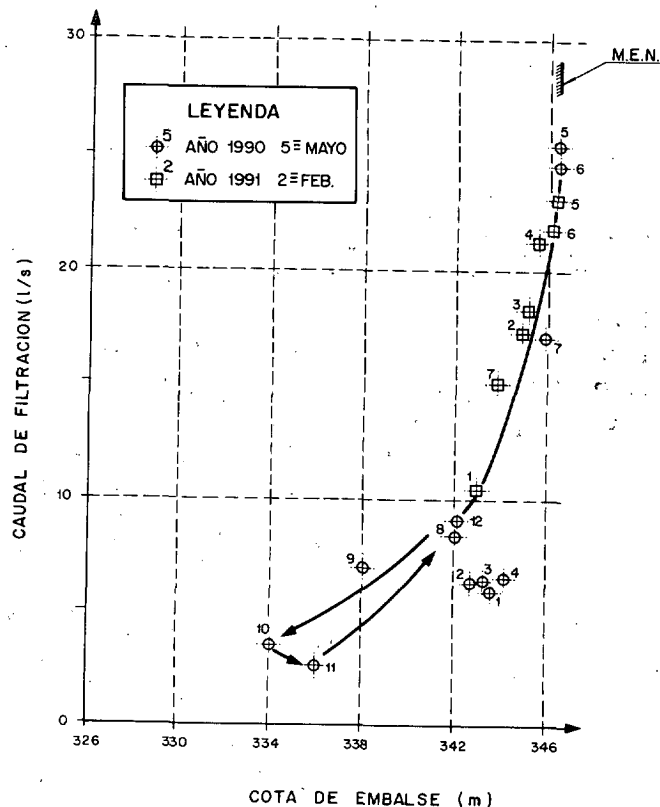


Figura 9. Evolución de las filtraciones observadas en función del nivel del embalse.

desciende bajo una cota similar (algo más baja debido a la inercia de la filtración). Los diques están cimentados hacia esa cota.

- El caudal que se afora en los manantiales oscila entre cero y poco más de 1 l/s., según sea el nivel de embalse de la presa.

Con el embalse lleno las filtraciones totales son, por lo tanto, del orden de 25 l/s. y con el embalse a la cota 334 las filtraciones se reducen a unos 5 l/s. Este régimen de variación de las filtraciones con la carga de embalse se refleja esquemáticamente en la Figura número 9 donde se ha representado los puntos correspondientes al día primero de cada mes de los dos últimos años de observación de caudales. Los primeros meses de 1990 parecen de menor filtración debido a que el sistema de aforo no estaba completo esos meses.

Como puede verse los últimos dos metros de embalse son causa de más de la mitad del caudal de filtración.




5. INTERPRETACION DE MOVIMIENTOS DEBIDOS AL PRIMER LLENADO

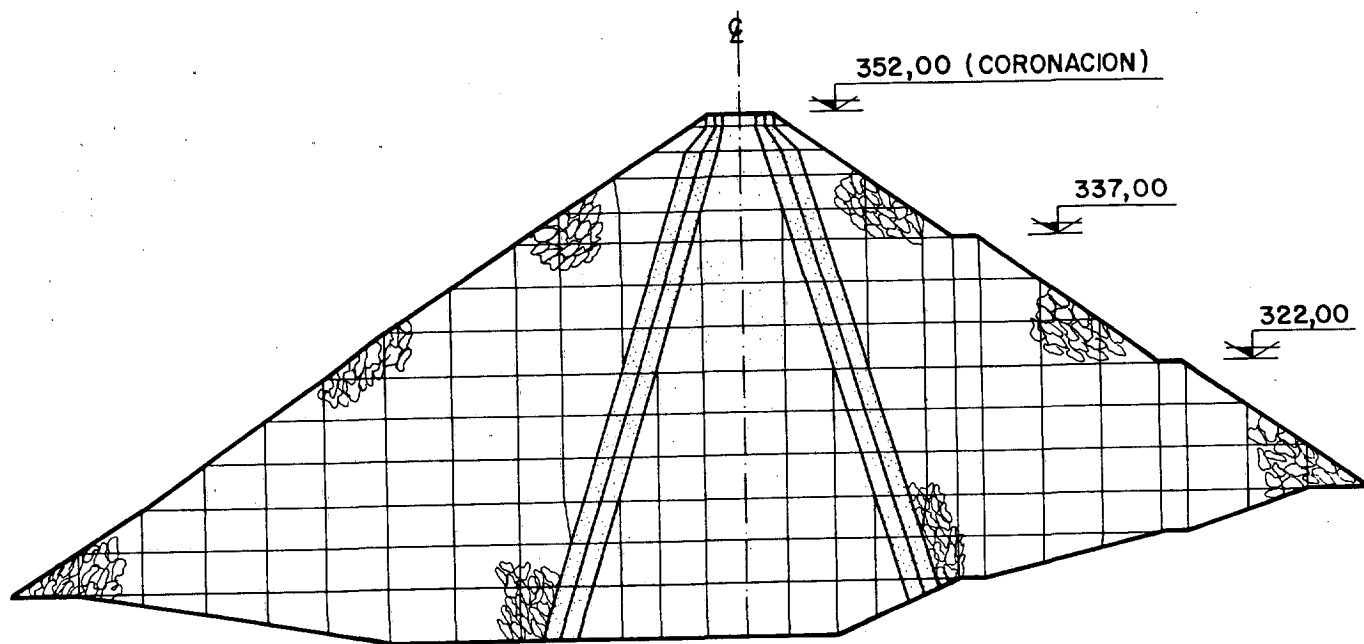
Parece claro que el hecho más significativo, que confiere cierta singularidad al comportamiento de la presa de Rivera de Gata, lo constituye la magnitud y evolución de movimientos derivados del primer llenado. Estos han de calificarse de importantes y conviene saber si pueden considerarse normales en el sentido de corresponder a una situación estable (dentro de la seguridad prevista en proyecto) o, por el contrario, son debidos a circunstancias especiales que impliquen una seguridad deficiente.

Conviene explicar, si es posible, el tipo de comportamiento de los materiales que conduce a los movimientos observados e intentar modelizar este comportamiento. Aquí se presenta, muy brevemente, un primer intento de modelización numérica de los movimientos observados. Un desarrollo más detallado puede verse en el artículo citado como referencia 6.

a) *Movimientos durante construcción.*

Es amplia la experiencia existente en la simulación de la construcción de la presa en tongadas sucesivas, mediante el procedimiento ya clásico de los

PARAMETROS DEL MODELO HIPERBOLICO								
MT	DENOMINACION	K	n	Rf	$\gamma$	$\delta(T/m^3)$	$C(T/m^2)$	$\theta^\circ$
	ESCOLLERA	400*	0.70	0.80	0.30	2.10	0.00	45.0°
	FILTRO	400	0.70	0.80	0.30	1.80	0.00	35.0°
	NUCLEO	200	0.70	0.80	0.45	2.00	2.30	15.7°



\* NOTAS: - DESPUES DE SATURACION K=300  
 - EN DESCARGA  $K_x=300, K_y=1500$

Figura 10. Malla de Cálculo y Parámetros del modelo hiperbólico.

## PRESA DE RIVERA DE GATA: PRIMER LLENADO

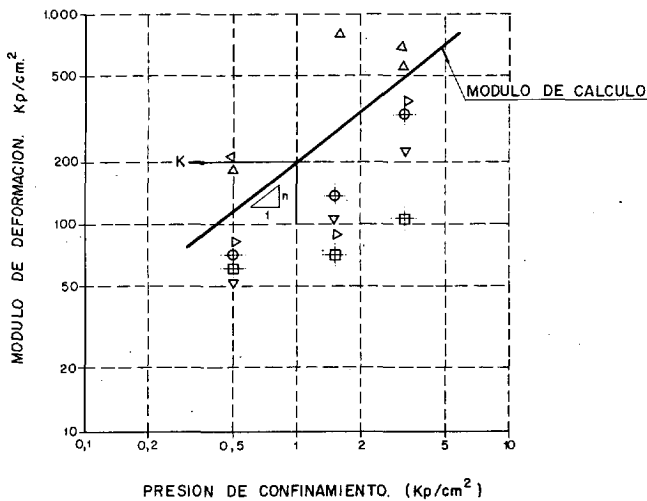


Figura 11. Comparación del módulo de cálculo con el resultado de los ensayos triaxiales.

elementos finitos. En este caso se ha utilizado la malla de cálculo de la Figura número 10 que reproduciría una sección próxima a la más alta de las presa.

Las características de los materiales se simulan mediante una serie de parámetros que definen un modelo hiperbólico de comportamiento (Referencia 1), y también se incluyen en la figura citada.

La obtención de los parámetros citados para el material utilizado en la construcción del núcleo se realiza a partir de la interpretación de cinco ensayos triaxiales y otros tantos edómetros. A modo de ejemplo, en la Figura número 11, se compara el Módulo de Cálculo (parámetros  $k$  y  $n$ ) con el resultado de algunos ensayos triaxiales.

La escollera y los filtros no se han ensayado y sus características de deformación y resistencia son necesariamente supuestas en base a otras experiencias y de manera que los resultados obtenidos del cálculo ajusten bien los movimientos registrados con los tubos de asientos durante la construcción de la presa.

### b) Movimientos durante el llenado.

Cuando la escollera se sumerge existen al menos dos motivos que pueden provocar la deformación del material. Por un lado el material se humedece, los contactos entre los distintos fragmentos se reblandecen y la estructura de la escollera tiende a

densificarse. Este fenómeno, que también ocurriría durante la construcción si se utiliza un riego abundante, es tanto más notorio cuanto menores hayan sido el riego y la compactación durante la construcción.

Por otro lado, una determinada capa de escollera, después de haber sido sumergida, experimenta una disminución de la presión vertical efectiva al sumergirse las tongadas que descansan sobre ella, por ese motivo sufriría un aumento de volumen.

Ha sido tradicional, en los cálculos de simulación del llenado de presas, suponer que el movimiento vertical es nulo y estudiar únicamente los movimientos hacia aguas abajo provocados por el empuje del agua. No existe, que se sepa ningún procedimiento más o menos aceptado para simular las deformaciones de reblandecimiento durante el llenado.

En la presa de Rivera de Gata estas deformaciones han sido dominantes (igual ha ocurrido en otros casos). Por eso se ha querido hacer un intento de simulación de tales deformaciones.

Existe un criterio simple utilizado en el estudio de las deformaciones de humectación en suelos que bien podría aplicarse al estudio de deformaciones de humectación de la escollera. Tal criterio consiste en admitir que existe un modelo de comportamiento húmedo similar al del comportamiento seco pero con módulos de deformación distintos, más bajos. La humectación provocaría que el material se deformase desde el estado de deformaciones correspondientes al modelo seco hasta el estado de deformaciones correspondientes al modelo húmedo para el mismo ambiente de tensiones efectivas.

Así se ha hecho en este caso postulando la escollera se comporta, en seco, durante construcción, según el modelo antes citado y estando saturada se comporta con un modelo semejante pero regido por otros parámetros. (Referencia 6).

Más compleja resulta la simulación de las deformaciones que ocurren después, debidas a la disminución del peso efectivo provocado por la inmersión de las capas superiores. Es sabido que, en descarga, la mayoría de los materiales sueltos sólo recuperan parte de la deformación, el módulo en descarga es varias veces superior al que tuvo en carga. Por eso, para simular este proceso conviene utili-

zar un módulo mayor. Ocurre, sin embargo, que existe al mismo tiempo una deformación de corte, provocada por el empuje del agua que hace moverse a la presa hacia aguas abajo. Si se supone un módulo muy alto la presa se comporta de manera rígida, el espaldón de aguas arriba impedirá que se produzca las deformaciones realmente observadas. Es claro que frente a descargas verticales el comportamiento es rígido mientras que para deformaciones de corte horizontal no lo es. Esta anisotropía se ha simulado numéricamente mediante un modelo que podría denominarse "modelo hiperbólico anisótropo". (Referencia 6).

c) Resultado de la simulación

Hay una causa de deformación que no ha sido introducida en la simulación, que es la fluencia de materiales a tensión prácticamente constante ("creep"), aunque estas deformaciones diferidas debieron ser pequeñas en diciembre de 1989, dada la rapidez del primer llenado. Es evidente que después, han sido y siguen siendo la causa principal (prácticamente la única) que hace moverse al cuerpo de presa.

Como comentario general cabe afirmar que los resultados de la simulación deben juzgarse satisfactorios. En la Figura número 12 se incluye la panorámica de movimientos de la presa tras la construcción y en etapas sucesivas del llenado.

Tiene gran interés la comparación de las tensiones con las tensiones máximas que puede admitir cada material. Esa comparación se ofrece en la Figura número 13, donde se representa el grado de movilización de la resistencia al corte como cociente entre la tensión desviadora existente (semidiferencia de las tensiones principales) y la tensión desviadora que produciría la rotura del material suponiendo que la tensión principal menor se mantuviera. Este grado de movilización de la resistencia al corte es una medida de la seguridad de la presa. De hecho, su inversa puede considerarse como el coeficiente de seguridad local y la integración del valor a lo largo de una línea que corte la presa se podría interpretar como coeficiente de seguridad al deslizamiento. La Figura citada corresponde a la situación de embalse lleno.

Si al final de la construcción la mayor parte de los espaldones de aguas arriba y aguas abajo, tie-

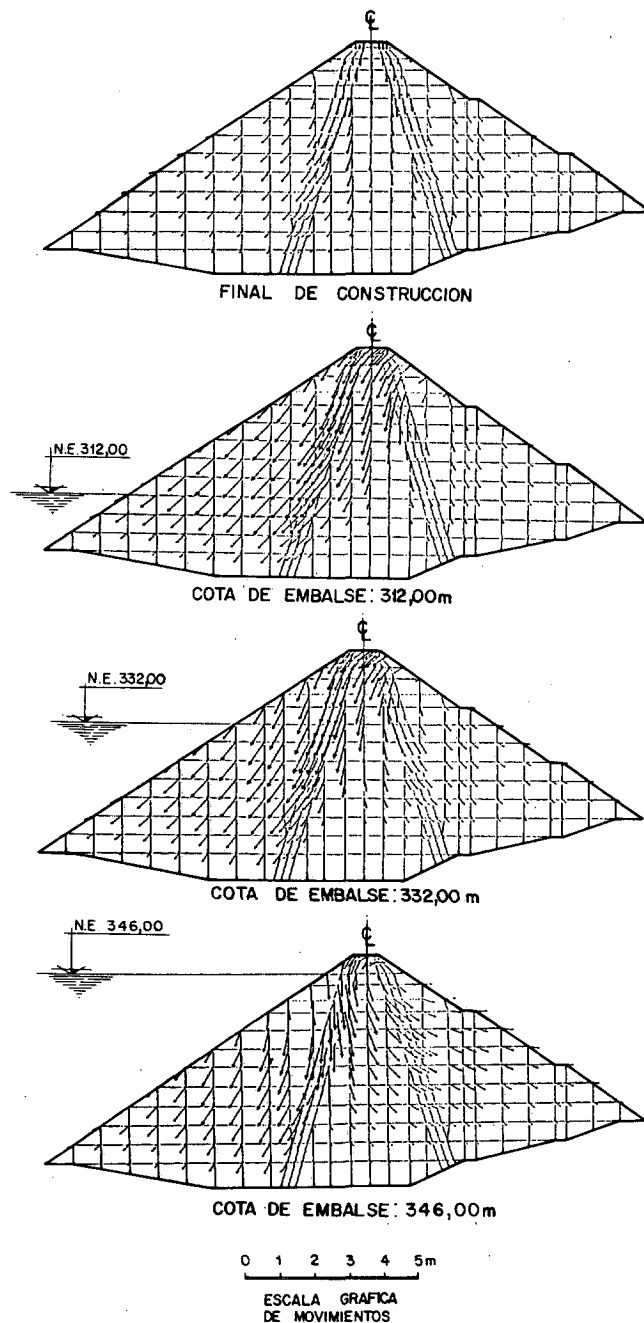


Figura 12. Esquema de los movimientos obtenidos en la simulación.

nen un grado de movilización comprendido entre el 30 y el 45%, a medida que la presa se llena el panorama de la resistencia movilizada cambia gradualmente hasta una situación final bien distinta. El contacto del espaldón de aguas arriba con el núcleo, esto es, la zona del filtro de aguas arriba, se rompe y tal rotura se propaga hacia la coronación. Este resultado del modelo es el reflejo del agrieta-

SIMULACION NUMERICA: NIVEL DE TENSIONES  
LLENADO COMPLETO

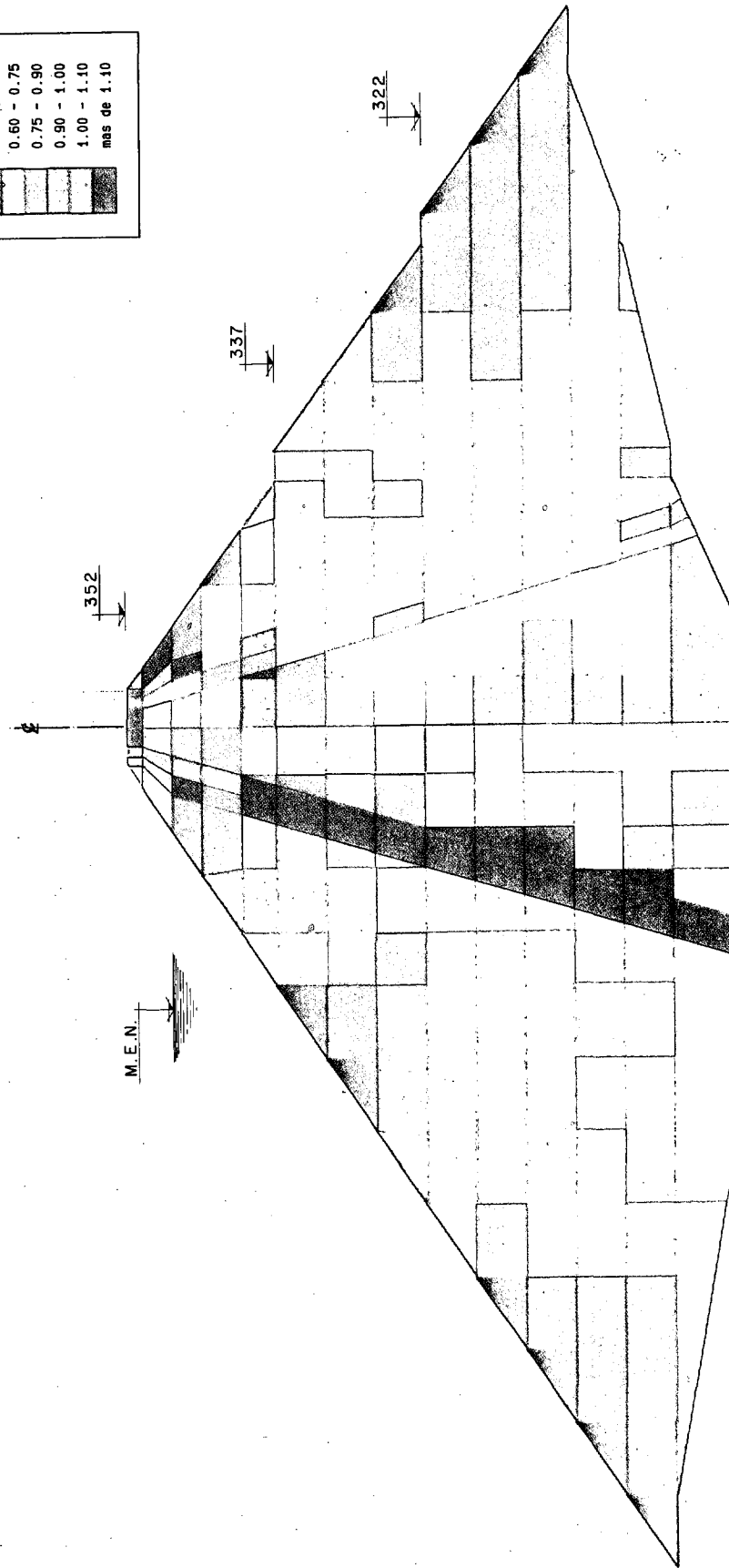
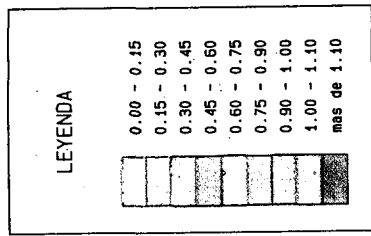


Figura 13. Nivel de tensiones después del primer llenado, según resultados del modelo.

miento que se observara en la coronación de la presa (deslizando el espaldón de aguas arriba respecto del núcleo).

Con el embalse lleno buena parte de los espaldones tienen un grado de movilización de su resistencia inferior al 50%. La seguridad de la presa a embalse lleno es aceptable. No ha sido necesario modificar la resistencia (y por tanto la seguridad nominal que se define en el proyecto) para explicar las deformaciones observadas.

## 6. COMENTARIOS FINALES

De todo lo expuesto puede deducirse que la presa de Rivera de Gata presenta un comportamiento adecuado en relación a su estabilidad y estanqueidad.

Se espera que con el paso del tiempo la presa entre en un régimen de comportamiento estacionario y claro y permita ampliar los plazos de la observación. Hoy aún es una presa joven y conviene seguir de cerca su evolución.

## REFERENCIAS

1. KULHAWAY, F.H. DUNCAN, J.M. and H.B. SEED. "Finite Element Analyses of stresses and movements in embankments during construction". Report número TE 69-4 Dptment. of Civil Eng. University of California. Berkeley.
2. ALONSO, E.E. "Efecto del agua en terraplenes y pedraplenes. Comportamiento". Simposio sobre el Agua y el Terreno en las infraestructuras Viarias, Torremolinos. nov. 1989.
3. VEIGA PINYO, A.A (1983) "Previsao do comportamento estructural de barragens de enrocamento". Laboratorio Nacional de Engenharia Civil. Lisboa.
4. LNEC (1988) "Barragem de Beliche. Observacao da fase inicial do primeiro enchimento". Relatorio 73/88. Lisboa.
5. SORIANO, A. "Puesta en obra y compactación de rellenos en obras de infraestructura viaria". Simposio sobre el Agua y el Terreno en las infraestructuras Viarias. Torremolinos. Nov. 1989.
6. SORIANO, A. SANCHEZ, F. y SERRANO, C. "Simulation of wetting deformations of rock fills". 2nd European Specialty Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering. Santander. Sept. 1990.