HENARES, Rev. Geol., 2: 241-247 (1988)

RECURSOS DIDACTICOS DE UN MODELO PARA EXPLICAR LA FORMACION DE PLIEGUES Y FALLAS

Teresa M. Correig i Blanchar. Centre de Documentació i Experimentació de Ciències. BARCELONA.

RESUMEN

Se presenta la construcción de un equipo de diseño muy sencillo y de forma paralepipédica, con posibilidades de realizar un movimiento horizontal en una dirección y en ambos sentidos. Dicho aparato permite simular los movimientos de compresión y distensión que se dan en la corteza terrestre durante las fases de doformación.

Con dicho equipo se proponen una serie de ensayos de deformaciones, utilizando materiales diversos y estudiando en cada caso los resultados obtenidos, tanto desde el punto de vista geométrico-descriptivo, como del dinámico (sistemas de fuerzas teóricos actuantes).

ABSTRACT

The autor explain how to make easily a machine to produce "faults" and "folds".

By it, the teacher or the pupil can reproduce the movements of compression and distension that occurs in the Earth crust.

Making use of differents materials and studying in each case the results, it is possible to show not only the geometric aspects but also the dinamics ones (theorics systems forces playing).

CONSTRUCCION DE LA MAQUINA DE DEFORMACIONES

*** Material necesario**

- Aglomerado, de 1 cm. de grosor como mínimo:

  1 pieza de 35x13 cm.
  2 piezas de 13x19 cm.

- Aglomerado, de 1 cm. de grosor:

  2 piezas de 9x18 cm.
  2 piezas de 8x5 cm.

- Listón de sección cuadrada de 1 cm.; unos 2 m. en total.

- 2 cristales de ventana, de 34,5x18 cm.

- 4 ángulos para esquinas (planos, pequeños).

- Varilla roscada gruesa (10 mm. de diámetro) de 32 cm. de longitud, con dos tuercas y una palomilla.

- 2 varillas roscadas finas, de 38 cm. de longitud, con 4 tuercas y 8 hembrillas.

- 2 tornillos de 4 cm. de longitud, con tuerca.

- Tornillos para aglomerado, de 2, 3 y 4 cm. de longitud.

- Pegamento "Araldit".

*** Construcción** (Ver FIGURA 1)

a) Empezamos uniendo la pieza de aglomerado de 35x13 con las de 13x19, con tornillos de 3 ó 4 cm. de longitud.

   En una de las piezas de 13x19 habremos hecho un agujero con taladro, de aproximadamente 1 cm. de diámetro.

b) A continuación o entretanto, habremos pegado una tuerca (con Araldit) en la punta de la varilla roscada gruesa.

c) Realizada ya la unión anterior procederemos a confeccionar la parte móvil de la máquina. Cogemos una pieza de

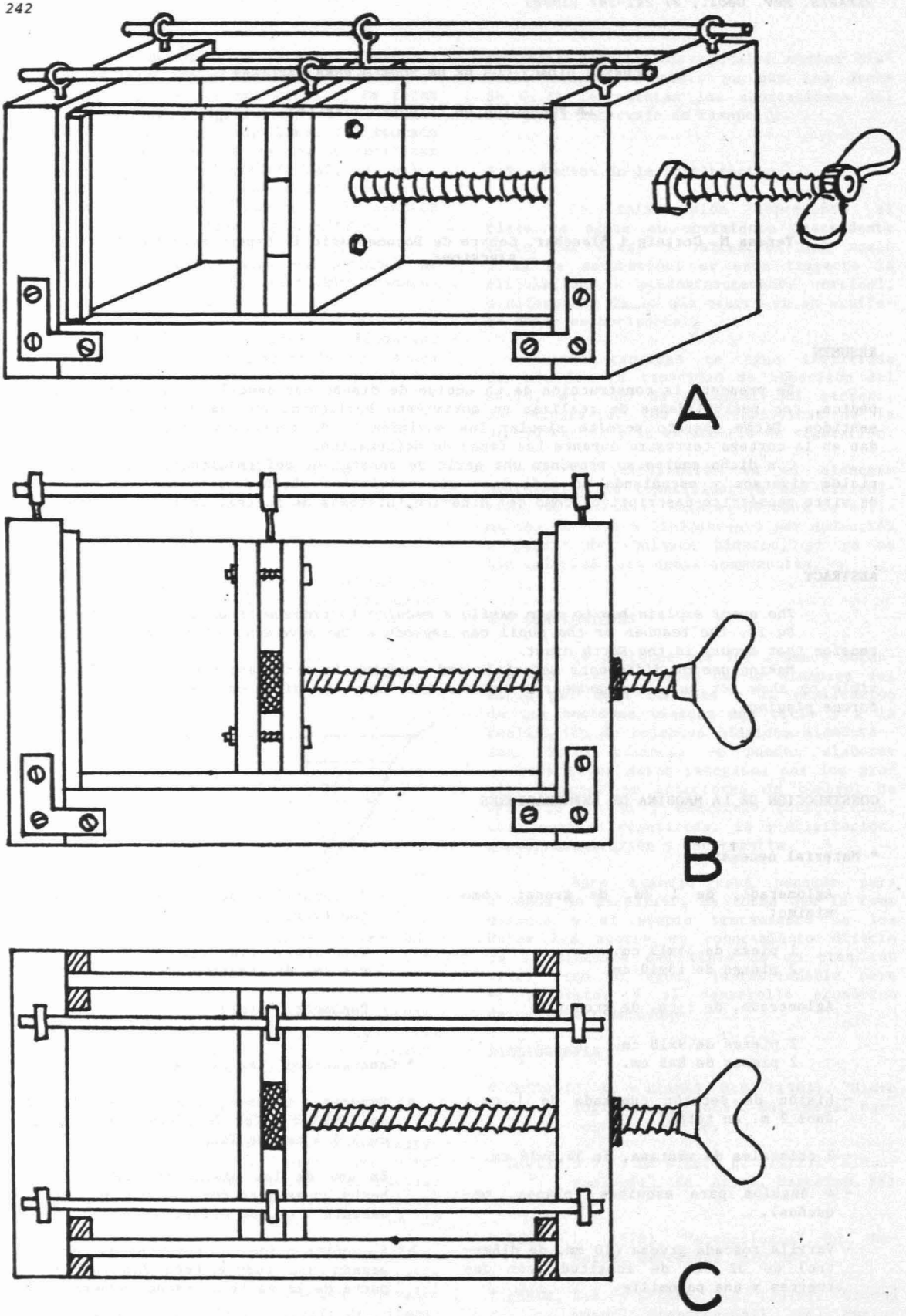

FIGURA 1.- Máquina de deformaciones:
A - Perspectiva
B - Alzado
C - Planta

aglomerado de 9x18, la introducimos verticalmente entre los dos cristales, y la colocamos delante de la pieza de 13x19 en la que habíamos realizado un agujero. Marcamos la situación del agujero en la pieza de 9x18, y luego la taladramos , con un taladro de diámetro idéntico al utilizado anteriormente.

Posteriormente, hacemos pasar la varilla - por el agujero de la pieza de 9x18, que no podemos aproximar totalmente por la presencia de la tuerca. Colocamos entre las dos piezas de 9x18, las de 8x5 y unimos todo con tornillos de 3 cm. Como dicha pieza deberá soportar los mayores esfuerzos, agujereamos (en dos sitios opuestos) todo el conjunto, con un taladro fino, y atravesamos con tornillos de punta plana de 4 cm., ajustados con tuerca.

e) Pondremos todo el conjunto realizado anteriormente dentro de la caja con cristales, e introducimos el extremo libre de la varilla por el orificio realizado en una cara de la caja. A continuación, roscaremos una tuerca por el extremo libre de la varilla, y con Araldit la pegaremos a la cara externa de la caja (esta operación la realizaremos con sumo cuidado, puesto que si se nos pegara la tuerca a la varilla roscada, nos inutilizaría todo el sistema).

También pegaremos con Araldit la palomilla a la punta de la varilla, para facilitar el movimiento de ésta.

f) Para ayudar a que la parte móvil se mantenga vertical y evitar al máximo el balanceo de dicha parte, haremos dos guías en la parte superior de la máquina, con la varilla roscada fina y las hembrillas. Todo quedará bien sujeto si ajustamos bien las tuercas en los extremos.

*** Material complementario**

- Arena, no muy gruesa (no se observan bien la deformaciones), ni muy fina (se escapa por las ranuras). El tamaño ótimo es el cercano a los 0,5 mm. de diámetro.

- Harina o yeso.

- Láminas de goma-espuma de distintos grosores y colores.

GUION DE OBSERVACIONES QUE PUEDEN HACERSE CON LA MAQUINA ANTERIOR

*** Introducción**

Toda masa rocosa de la superficie terrestre se ve sometida a la gravedad y a la presión. Las tensiones resultantes se pueden representar por tres fuerzas principales que actúen perpendicularmente entre si:

F_1 - la mayor

F_2 - la intermedia $\quad F_1 > F_2 > F_3$

F_3 - la menor

Si la máxima diferencia F_1-F_3 supera a la tenacidad de la roca, ésta se deforma, rompiéndose si es frágil, o cambiando de forma y tamaño si es plástica.

Los diversos tipos de fallas dependen de las relaciones que existen entre las tres fuerzas a las que nos hemos referido antes, suponiendo evidentemente que ne cada caso la diferencia F_1-F_3 sea suficiente para llevar a término la fractura y el movimiento. (FIGURA 2 y FIGURA 3).

Las fuerzas verticales son debidas principalmente a la acción de la gravedad y de la presión litoestática. Las fuerzas horizontales son debidas a compresión o tracción de la tierra.

*** Formación de fallas**

Colocamos una capa de arena dentro de la caja de la máquina de deformaciones, cuidando de que la superficie superior nos quede bien horizontal. A continuación, en la parte que toca al cristal, ponemos un poco de harina o yeso, alisándolo bien; encima volvemos a poner arena, y repetimos las anteriores operaciones tantas veces como queramos (depende del tamaño y resistencia de la caja).

Las capitas de harina o yeso, si las hacemos finitas, no tienen ningún efecto sobre las deformaciones de la arena. En realidad sólo las ponemos para que el alumno pueda observar mejor una serie de líneas que se doblan y quiebran, y así visualizar la deformación interior de la arena.

Antes de iniciar cualquier movimiento, las presiones sobre los granos de arena son iguales en todas direcciones. Esta presión es debida a la atmósfera y a los granos de arena suprayacente. (FIGURA 4).

1.- <u>Empujamos la parte móvil</u>

A medida que empujamos hacia la arena esta parte, la presión horizontal aumenta y causa primero un lento encorvamiento hasta que llega a ser suficiente para que la arena resbale sobre un plano.

Hemos modificado el sistema de fuerzas inicial de tal modo que aumentamos una de las fuerzas horizontales, y como que la arena no se puede expandir libremente, aumenta también "de rebote" la otra fuerza horizontal.

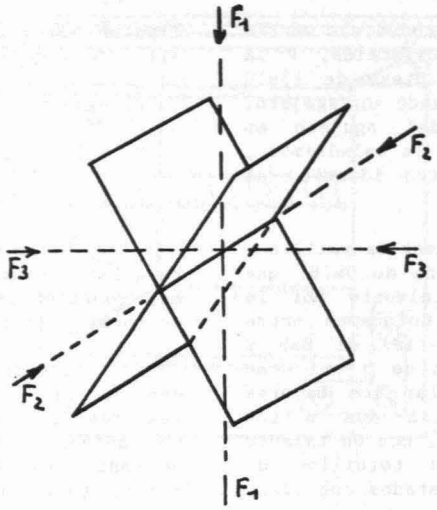

FIGURA 2.- Posición de los planos de cizalla o de rotura preferente, en relación con los esfuerzos.

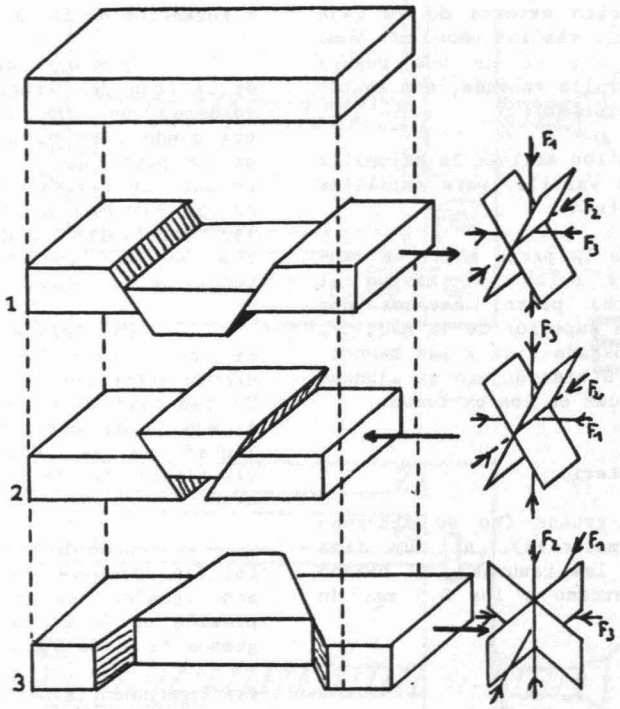

FIGURA 3.- Clasificación cinemática de las fallas:

1.- Fallas normales (esfuerzo mínimo en posición horizontal).

2.- Fallas inversas (esfuerzo máximo en posición horizontal).

3.- Fallas de desgarre (esfuerzos máximo y mínimo en posición horizontal).

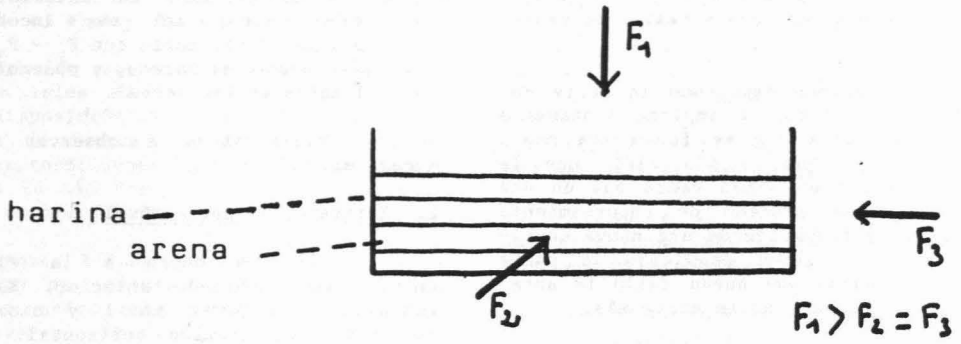

FIGURA 4.-

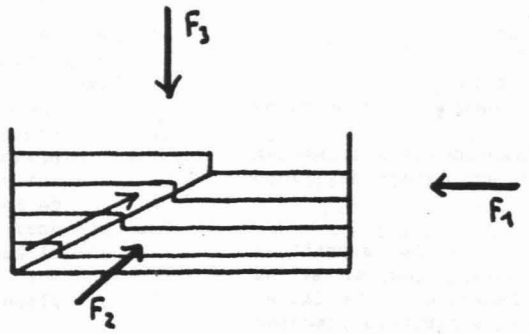

FIGURA 5.-

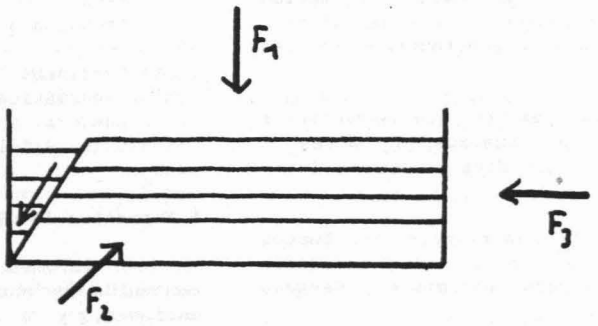

FIGURA 6.-

Observando detenidamente la deformación se puede ver que la fractura no forma un sólo plano, sino una zona de varios granos de arena de anchura; el deslizamiento a lo largo de esta fractura no es continuo, sino que progresa como una sucesión de pequeños saltos.

Si seguimos empujando la parte móvil, la "falla" anterior empieza lentamente a encorvarse hasta que se forma una nueva falla recta, ya que es más fácil que la arena se deslice en línea recta que en una zona curva. Este proceso de encorvamiento de una falla y formación de una nueva continuará mientras sigamos empujando la parte móvil. Al formarse una nueva falla la anterior queda inactiva y no se mueve más.

A partir de esta observación, que podemos repetir varias veces, pedimos al alumno que:

a) Haga un esquema de la posición final, con el sistema de fuerzas actuantes correspondiente (FIGURA 5).

b) Haga un dibujo con perspectiva de la posición final y rotule en el lugar correspondiente:

- labio levantado
- labio hundido
- plano de la falla
- medida del buzamiento del plano de la falla
- el labio levantado, ¿se encuentra por encima o por debajo del plano de la falla?

c) Fije la atención en la superficie exterior de la arena, por si se ha formado el escarpamiento de la falla. En caso afirmativo observarlo detenidamente, ya que paralelamente a la formación del escarpamiento, veremos fenómenos de erosión, transporte y sedimentación de la arena del labio levantado hacia el labio hundido.

d) Pediremos al alumno cómo se llama el tipo de deformación que se nos ha formado, y si esta deformación implica engrosamiento o adelgazamiento, y estiramiento o acortamiento de las rocas.

e) Le pediremos también que esquematice al máximo las fuerzas actuantes - (--> <--) y que diga su nombre (compresión).

f) Que razone la importancia del factor tiempo (puede repetir la deformación anterior, primero lentamente y después rápidamente).

g) Podemos pedirle que razone por qué se nos ha formado una sola serie de planos de fractura (si el aparato tuviera dos partes móviles podríamos formar dos series de planos de fractura).

h) Finalmente podemos plantear las ventajas de utilizar el material arena sobre otros (al ser incoherente, podemos movilizarlo con F_1 - F_3 pequeño; además es barata, y podemos reutilizarla muchas veces).

Vamos ahora a observar lo que sucede si:

2.- Estiramos la parte móvil

Volvemos ahora a la situación inicial del apartado anterior. Estiramos lentamente la parte móvil y disminuimos por tanto la presión horizontal. Se nos forma primero una falla normal, y si continuamos estirando conseguiremos una serie de fallas.

A partir de esta observación, que podemos repetir tantas veces como queramos, pedimos al alumno que:

a) Haga un esquema de la posición final, con el sistema correspondiente de fuerzas actuantes (FIGURA 6).

b) Haga un dibujo con perspectiva de la posición final, y rotule en el lugar correpondiente:
- labio levantado
- labio hundido
- plano de falla
- medida del buzamiento del plano de la falla
- escarpamiento de la falla
- el labio levantado, ¿se encuentra por encima o por debajo del plano de la falla?

c) Pediremos escriba el nombre del tipo de falla que se nos ha formado y si esta deformación implica engrosamiento o adelgazamiento, y estiramiento o acortamiento de las rocas.

d) Le pediremos también que esquematice al máximo las fuerzas actuantes - (--> <--) y que escriba su nombre (tensión o distensión).

e) Podríamos finalmente hacer diseñar esquemáticamente una máquina que pudiera producir el tercer tipo de falla señalado en la introducción.

*** Formación de pliegues**

Debemos vaciar totalmente la arena contenida en la caja de la máquina de deformaciones, y a continuación colocamos en dicha caja piezas de goma-espuma de la medida adecuada, y de distintos colores y grosores.

A continuación empezamos a empujar

la parte móvil hacia la goma espuma, hasta que ésta empiece a plegarse.

Una vez hecha esta observación y repetida tantas veces como queramos, podemos sugerirle al alumno una serie de cuestiones:

a) Haga un esquema de las condiciones iniciales de la observación anterior (disposición de los materiales y sistema de fuerzas actuantes), y otro de las condiciones finales. Que nos escriba lo más brevemente posible los cambios ocurridos.

b) Busque alguna analogía entre este tipo de deformación y alguna de las efectuadas con anterioridad (falla inversa). En caso de encontrarla diga en que consiste, y busque también las diferencias que haya.

c) Haga un dibujo del pliegue obtenido, y rotule en él:
   - núcleo
   - flancos
   - charnelas
   - eje del pliegue
   - buzamiento de alguna "capa"

d) Tipo de pliegues o pliegues obtenidos (anticlinal, sinclinal, ...; simétrico, asimétrico, ...).

e) Podemos pedirle critique esta observación como modelo simulador de la realidad.

NOTA: debemos guardar goma-espuma bien plana, puesto que se deforma permanentemente con una gran facilidad.

CRITICA A ESTE MODELO TECTONICO

El modelo presentado aventaja con mucho a la mayor parte de modelos usados para fines didácticos, que son meramente estáticos. Suelen hacerse fallas y pliegues con plastilina, que una vez confeccionados sólo se pueden usar para estudiar el desplazamiento de los materiales, o sea un estudio geométrico-descriptivo de la deformación tridimensional, con todo el problema de falseamiento de la realidad que representa un bloque levantado (en una falla), totalmente rígido y desonectado de los materiales que tiene debajo. Es más usual, en cambio, usar algún tipo de máquina (por ejemplo un gato de coche) para producir los plegamientos, y observar cómo se producen.

El modelo que se presenta utiliza un material a deformar sumamente barato (arena, harina, goma-espuma) y reutilizable muchas veces, nos permite efectuar fuerzas tanto de compresión como de distensión, y en los resultados obtenidos consigue un gran parecido en la forma y/o orientación de la capa y/o planos de fractura.

También hay un cierto parecido dinámico cualitativo, pero no en cambio cuantitativo, puesto que en la naturaleza la fuerza de la deformación excede muy poco a la resistencia y de esta forma la deformación es extremadamente lenta (implica unos períodos de tiempo muy grandes). En nuestras observaciones la diferencia entre la fuerza de deformación y la de resistencia la hacemos muy grande, puesto que queremos ver enseguida el resultado.

Vamos a citar ahora algunas de las objeciones que se pueden hacer a las deformaciones obtenidas:

- Al aplicar presión en el bloque móvil, se desplaza el contenido una cierta distancia hacia el lado estacionario; además tanto el fondo como los laterales ejercen una fricción sobre el material móvil, lo que determina una disminución del esfuerzo realizado por el bloque móvil. El resultado es que en estas observaciones la deformación se inicia cerca del bloque móvil, y hasta que éste no se ha deformado intensamente, no se inicia la siguiente deformación. (En la naturaleza, con una extensión lateral de la deformación mucho mayor, la influencia de la fricción es muy pequeña, y se puede desarrollar simultáneamente todo un cinturón).

- La presión exterior es otra dificultad. El pliegue inicial tiende a levantarse verticalmente mucho más que los pliegues naturales. Podemos intentar imitar la presión litoestática con carga de arenas. Ahora bien, la dificultad está en que la gravedad es la misma, tanto en el modelo como en la naturaleza; en cambio la masa del material experimental es mucho más pequeña. Ponerle una carga encima no modifica mucho el resultado.

BIBLIOGRAFIA

* FAVRO, L. y DUSSAUD, R. (1972). "Appareil a former les plisements". Bul. A.P.B.G. - nº 2, pp. 195-197.

* ALVAREZ, F. (1986). "Models de geologia per a C.O.U.". Monografic-2. Les Ciènces Naturals. pp. 49. Ed. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya.

* HOLMES, A. (1966). "Geología física". Ed. Omega.

* DE SITTER, L.V.(1962). "Geología estructural". Ed. Omega.

* ANGUITA. F. y MORENO, F. (1978). "Geología. Procesos internos". Ed. Edelvives.

* HELLER y SOLA (1967). "Geología y ciencias afines". México.