

Richard W. Allmendinger

Técnicas Modernas

de

Análisis Estructural

ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

Serie B: DIDACTICA Y COMPLEMENTARIA N° 16



BUENOS AIRES
REPUBLICA ARGENTINA
1987

Técnicas Modernas de Análisis Estructural

*Curso de Actualización
Asociación Geológica Argentina*

27-31 Octubre, 1986

Richard W. Allmendinger
Department of Geological Sciences, y
Institute for the Study of Continents (INSTOC)
Cornell University
Ithaca, Nueva York 14853-1504
Estados Unidos

modificado por

C. Mpodozis
Servicio Nacional de Geología y Minería
Santiago, Chile

y

V. A. Ramos
Servicio Geológico Nacional
Buenos Aires, Argentina

PRESENTACION

En los últimos años el incesante avance de los conceptos que permiten comprender la dinámica de los procesos tectosedimentarios han experimentado una vertiginosa evolución que resulta difícil compatibilizarla con la normal posibilidad de puesto al día del investigador. Consciente de la necesidad de difusión de los avances científicos a medida que ellos se van produciendo, la ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA, especialmente en la última década, dedicó gran parte de sus esfuerzos a la realización de los ya clásicos Cursos de Actualización, algunos de ellos publicados. Tal es el caso del curso dictado oportunamente por el Prof. Dr. Richard Allmendinger (Cornell, U.S.A.) denominado Técnicas Modernas de Análisis Estructural del que precisamente surge la presente publicación.

El rápido avance de las técnicas y metodologías en uso actualmente en Geología Estructural convierte naturalmente a esta obra en una herramienta de consulta para los estudiosos de las Ciencias de la Tierra. El aporte brindado por las nuevas teorías de movilidad cortical, junto con un adecuado tratamiento interdisciplinario, hace que los principios estructurales sean claramente enunciados, pero con una comprensión del fenómeno geológico más integral y totalizadora.

Los sólidos conocimientos tectónicos del autor, amén de la utilización de un vocabulario acorde al que en castellano se utiliza en América del Sur gracias a la eximia colaboración de los doctores Constantino Mpodozis (Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile) y Victor A. Ramos (Servicio Geológico Nacional, Argentina) garantizan la plena utilización de ésta obra.

Al mismo tiempo, la numerosas ilustraciones y cuadros presentes que acompañan el texto, preparados por computación en la Universidad de Cornell (U.S.A.), facilitan enormemente la comprensión de los conceptos y hacen que el presente volumen pueda abarcar un amplio espectro de lectores, desde la obligada consulta profesional, hasta el estudio en los niveles medios y avanzados de la educación universitaria.

Es expreso deseo que esta nueva obra ofrecida por la ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA alcance a satisfacer en alguna medida las expectativas de los lectores y que posibilite en nuestro medio el estímulo a la investigación en el campo de la Geología Estructural.

COMISION DIRECTIVA

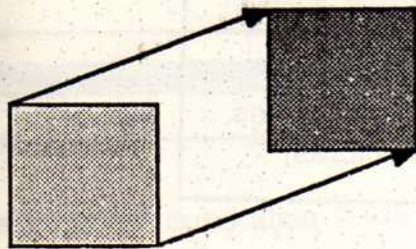
Noviembre, 1987.

INDICE

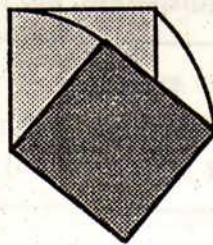
Conceptos Básicos de la Deformación	1
Deformación Cataclástica y Plástica; La Transición Frágil-Dúctil	8
Criterio de Fractura de Coulomb	10
Fricción	11
Deformación Plástica	14
Curvas Frágil-Plástica en Argentina y Interpretación Estructural	17
Análisis de Zonas de Cizalla Frágil y Dúctil	20
Indicadores del Sentido de Cizalla Frágil	20
Método Gráfico de Análisis Cinemático de Fallas Menores	23
Indicadores del Sentido de Cizalla Dúctil	24
Determinación del Desplazamiento; Cizalla Dúctil	26
Geometría Estructural de los Cinturones de Corrimientos	27
Geometría, Nomenclatura, y Reglas Básicas	27
Zonas Triangulares	30
Aspectos Tridimensionales	32
Análisis Detallado de Pliegues Relacionados a Fallas	33
Geometría Estructural Extensional	40
Fallas Rotacionales y No Rotacionales	40
Semejanzas Geométricas entre Fallas Extensionales y Cinturones Corridos	43
Modelos de Rifts Intracontinentales	44
Perfiles Balanceados	45
Métodos Comunes: Balance de Líneas y Área	46
Problemas Comunes en el Balanceo de Secciones	47
Método de "Dominios de Inclinación" de Suppe	48
Sísmica de Reflexión	52
Principios Básicos	52
Problemas ("Artifacts") en Sísmica de Reflexión	56
Ejemplos de Perfiles de Sísmica de Reflexión Profunda	60
Diccionario de Términos	69
Castellano-Inglés	69
Inglés-Castellano	71
Lista de Trabajos Citados en el Texto	75
Lista de Trabajos Generales	77

CONCEPTOS BASICOS DE DEFORMACION

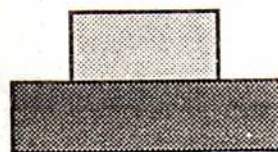
Un cuerpo puede ser deformado por una combinación de deformación interna, traslación o rotación, siendo muy importante diferenciar entre cada uno de esos componentes. Ese análisis no es fácil de efectuar ya que depende mucho de la escala de la observación. Por ejemplo, en los Andes existen numerosas fallas discretas con diferente desplazamiento. Sin embargo, desde la Luna, los Andes parecen un sistema montañoso homogéneo, sin discontinuidades internas.



Traslación
(cambio de posición)



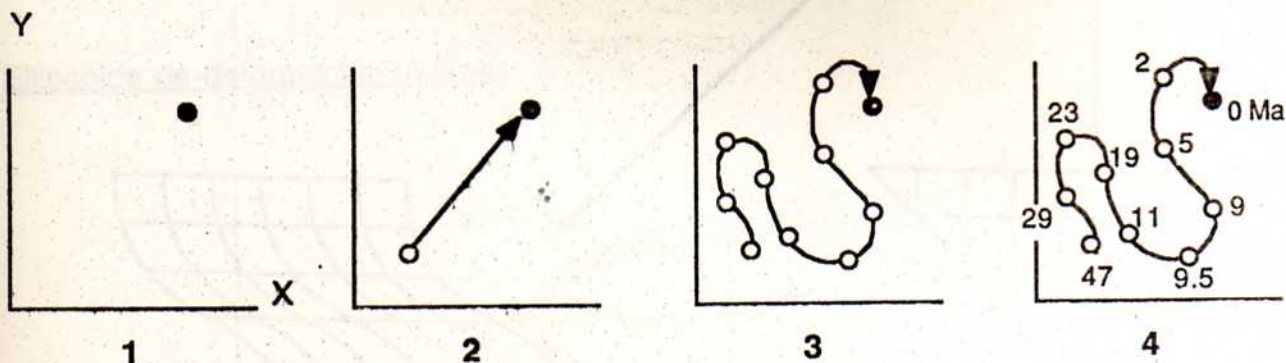
Rotación



Deformación interna
(cambio de forma)

Al analizar un sistema deformado hay que considerar:

1. La posición actual del objeto deformado;
2. Desplazamiento -- hay que conocer la última posición y la ubicación del objeto al inicio de la deformación;
3. Las posiciones durante la deformación ("camino de deformación"); y
4. La "edad" de cada una de las posiciones ocupadas por el objeto en el camino de deformación.



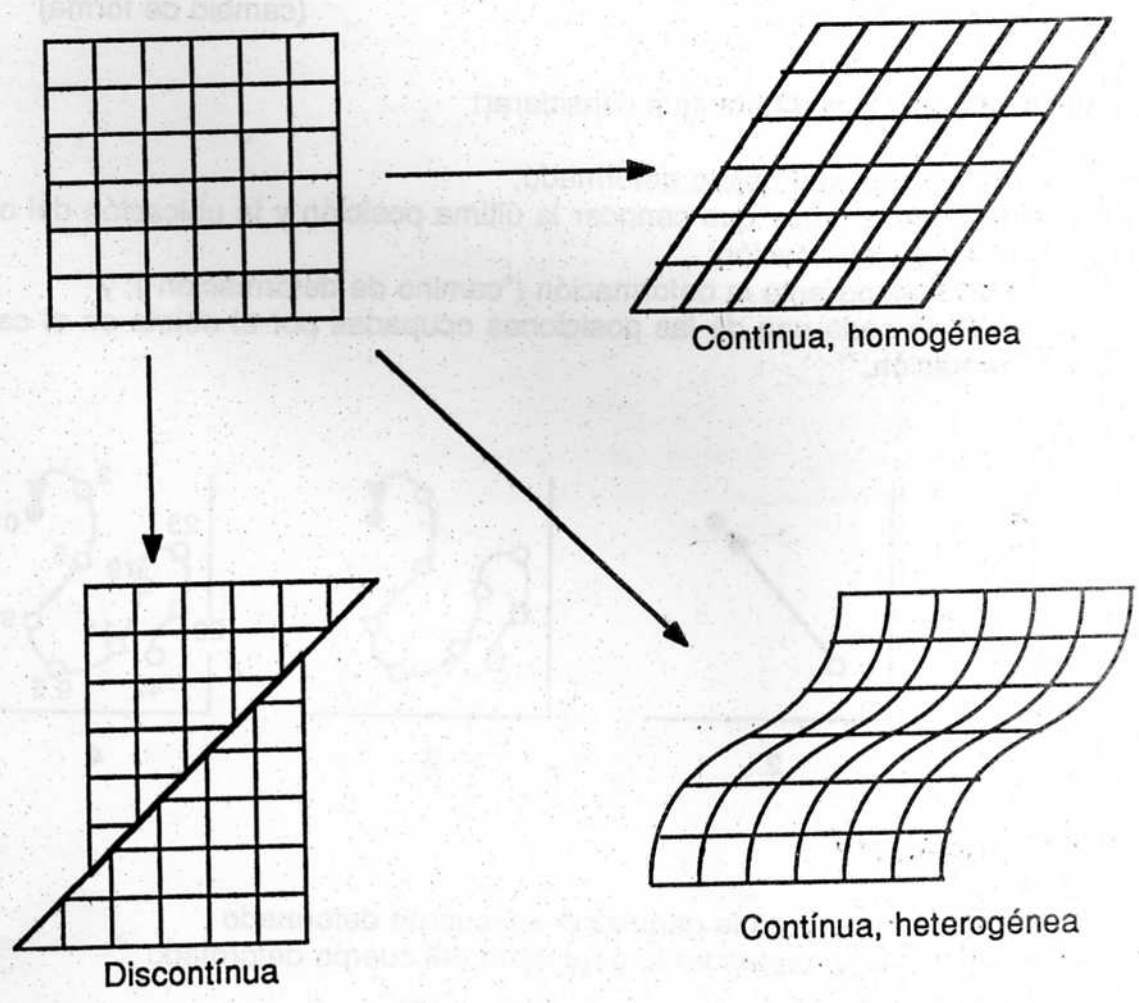
TIPOS DE DEFORMACION

- Continua: variación suave en la geometría del cuerpo deformado
 Discontinua: variaciones abruptas en la geometría del cuerpo deformado

Homogénea: las líneas rectas permanecen rectas después la deformación, y las líneas paralelas permanecen paralelas.

Heterogénea: las líneas rectas se transforman en curvas, y las líneas paralelas pierden el paralelismo original.

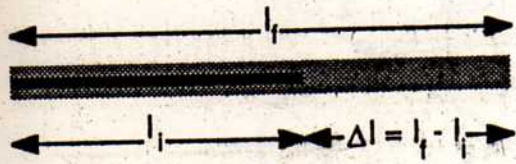
	CONTINUA	DISCONTINUA
HOMOGENEA	Posible (ej. fósiles deformados, etc.)	imposible
HETEROGENEA	Posible (ej. pliegues, zonas de cizalla dúctil)	Posible (ej. fallas frágiles, fracturas)



MEDIDAS DE LA DEFORMACION INTERNA (Parámetros de strain)

Para cuantificar la deformación de un cuerpo se pueden medir los cambios que se producen en la longitud de las líneas o bien variaciones en sus propiedades angulares.

Cambios en la longitud de las líneas:



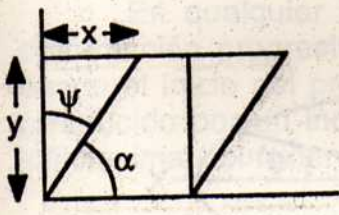
elongación = $e = \frac{\Delta l}{l_i} = \frac{l_f - l_i}{l_i} = \frac{l_f}{l_i} - 1$

para acortamiento, $e < 0$
para extensión, $e > 0$

elongación cuadrática: $\lambda = S^2 = (1 + e)^2$

"Stretch" = $S = \frac{l_f}{l_i} = 1 + e$

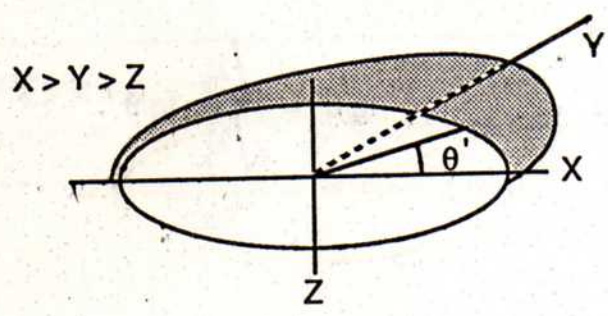
Cambios de ángulos:



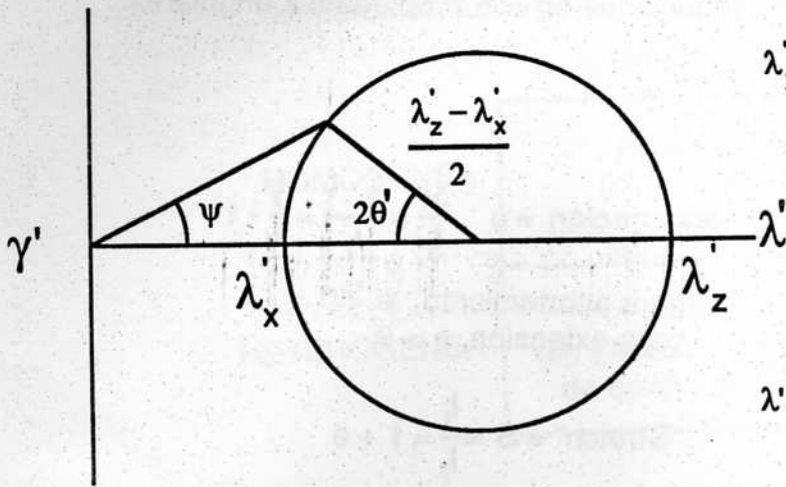
deformación interna por cizalla = $\frac{x}{y} = \text{tg } \psi = \gamma$
(shear strain)

$\psi =$ ángulo de cizalla

Elipsoide de deformación interna:



Círculo de Mohr para deformación interna:

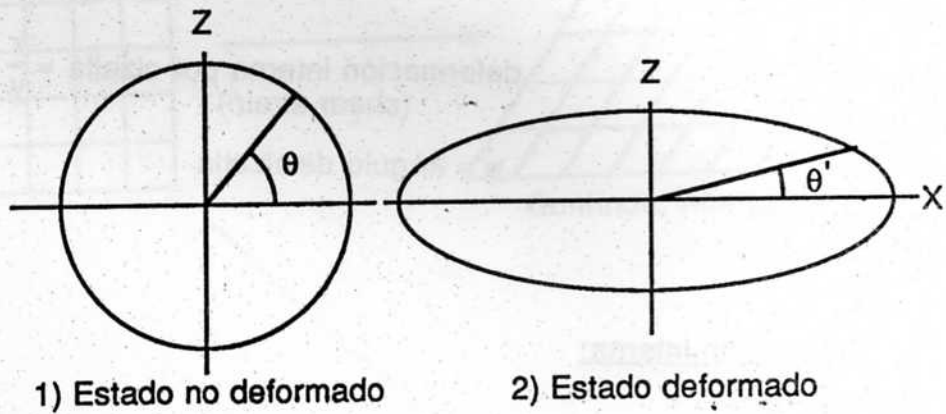


$$\lambda'_1 = \frac{\lambda'_z + \lambda'_x}{2} - \frac{\lambda'_z - \lambda'_x}{2} \cos 2\theta'$$

$$\gamma' = \frac{\gamma}{\lambda} = \frac{\lambda'_z - \lambda'_x}{2} \sin 2\theta'$$

$$\lambda' = \frac{1}{\lambda} = \text{elongación cuadrática recíproca}$$

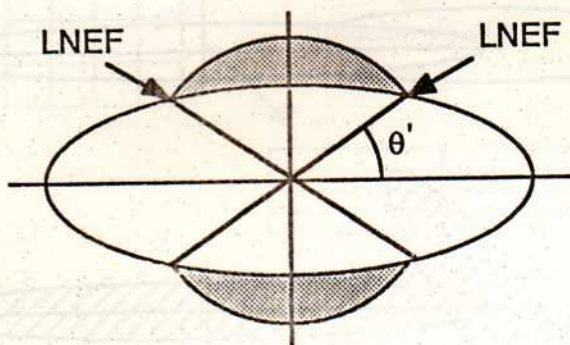
Orientación de líneas:



$$\text{tg } \theta' = \frac{\sqrt{\lambda'_z}}{\sqrt{\lambda'_x}} \text{tg } \theta$$

Líneas de no extensión finita (LNEF):

En cualquier caso de deformación existen dos líneas que conservan su longitud antes y después de la deformación (si no hay cambio de volumen). Estas líneas son importantes ya que constituyen "líneas de referencia" para el estudio de la deformación finita progresiva.



$$\cos 2\theta' = \frac{2 - \lambda'_z - \lambda'_x}{\lambda'_x - \lambda'_z}$$

Deformación interna infinitesimal vs. finita:

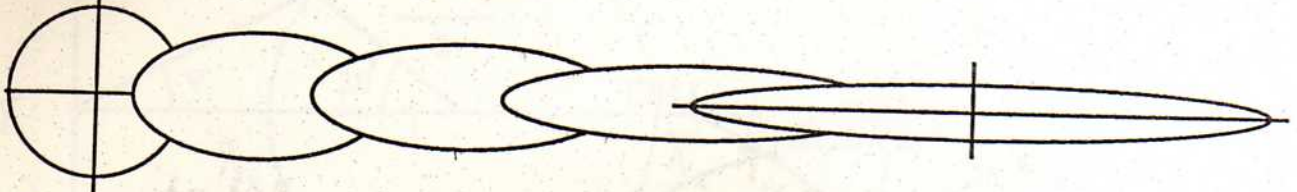
En cualquier instante existen dos elipsoides que caracterizan los procesos de deformación progresiva: 1) Un elipsoide de deformación finita (deformación acumulada desde el inicio del proceso hasta el instante considerado, y, 2) un elipsoide infinitesimal (producido por un incremento infinitesimal de la deformación). Si los ejes del elipsoide infinitesimal coinciden con los del elipsoide finito, la deformación es coaxial.

Deformación Finita	Deformación Infinitesimal
no rotacional cizalla pura	coaxial cizalla pura progresiva
rotacional cizalla simple	no coaxial cizalla simple progresiva

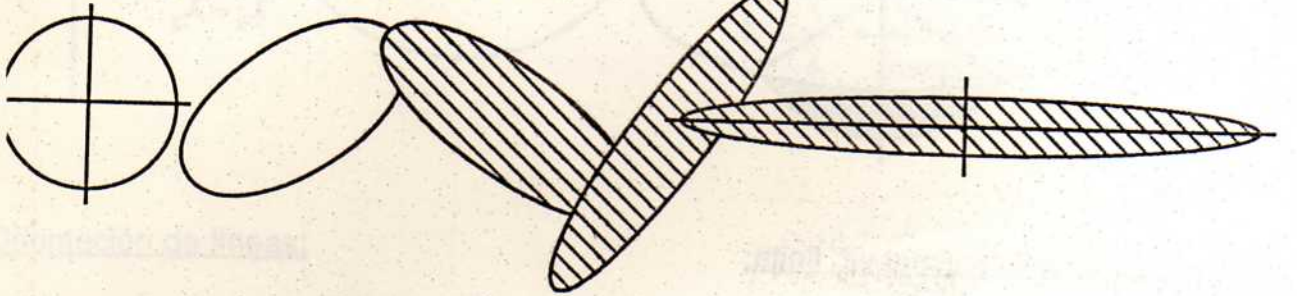
A. Deformación no coaxial, rotacional



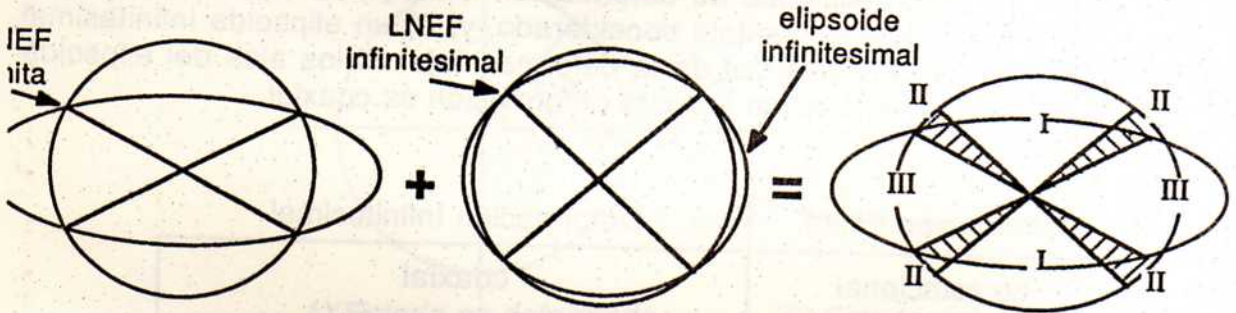
B. Deformación coaxial, no rotacional



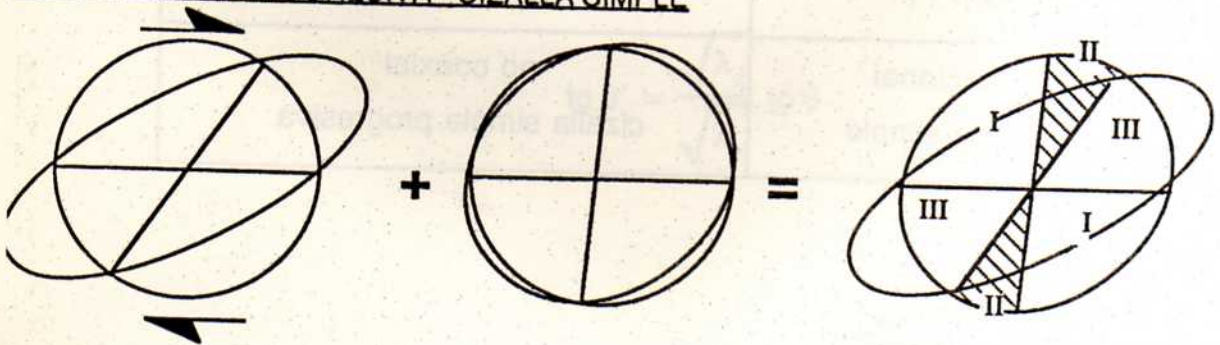
C. Deformación no coaxial, no rotacional



DEFORMACION PROGRESIVA - CIZALLA PURA



DEFORMACION PROGRESIVA - CIZALLA SIMPLE



I = Zona de acortamiento

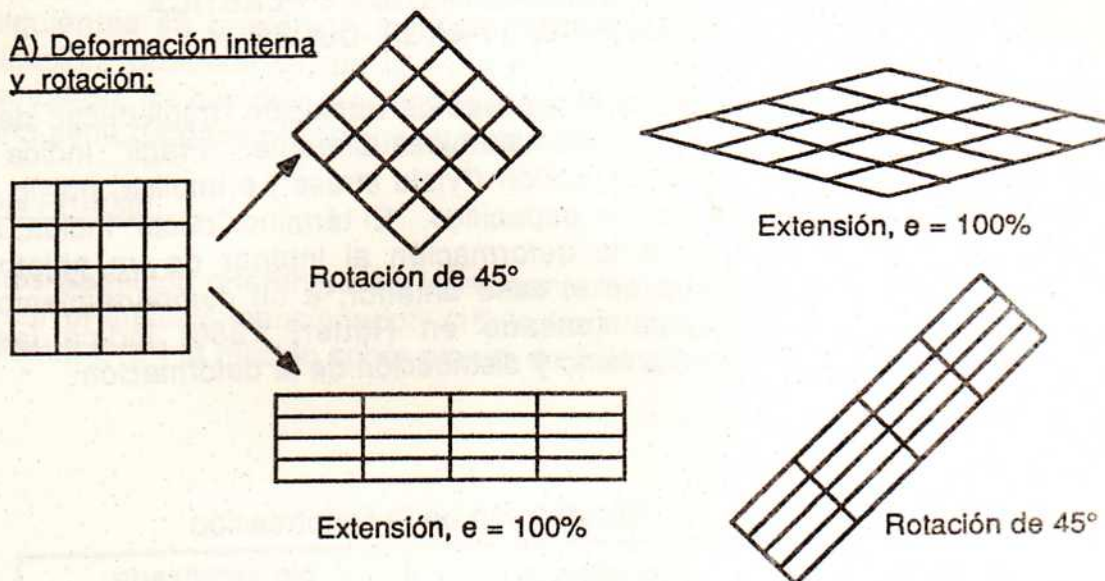
II = Campo de las líneas originalmente acortadas, pero en proceso de extensión

III = Zona de progresiva extensión

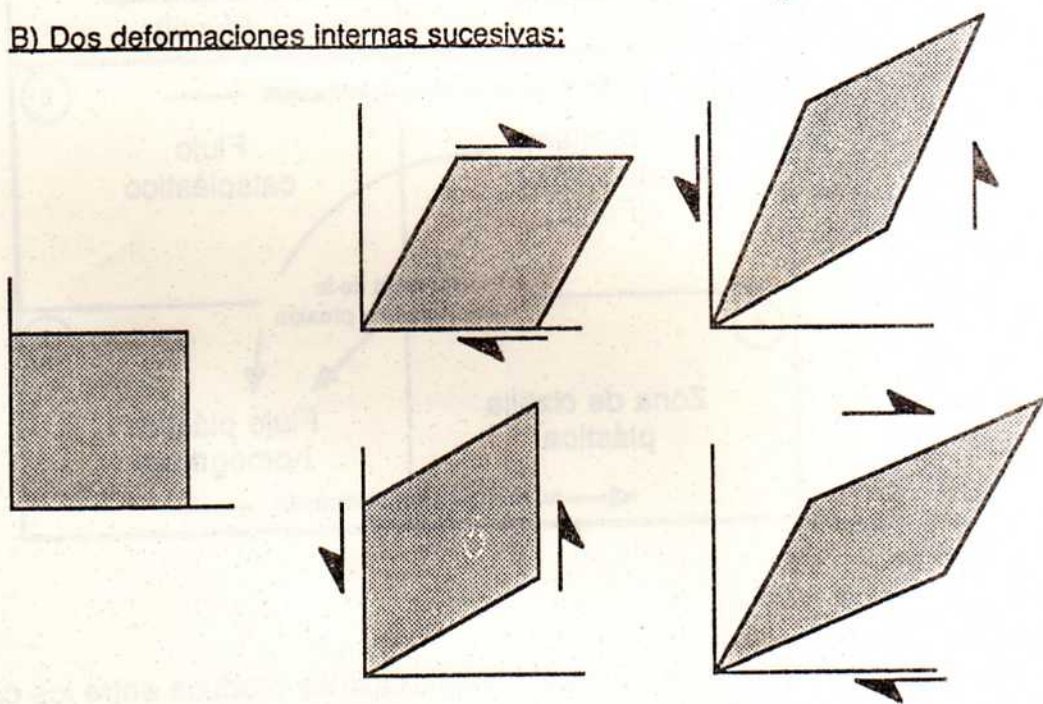
SUPERPOSICION DE DEFORMACION INTERNA Y ROTACION

La deformación interna y la rotación no son conmutativas; el orden de superposición afecta el estado deformado final.

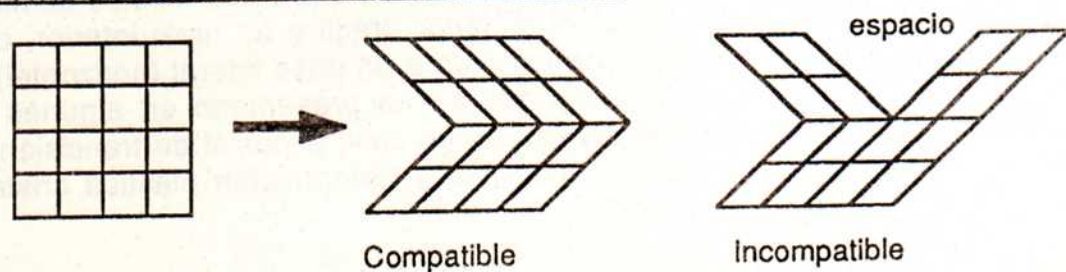
A) Deformación interna y rotación:



B) Dos deformaciones internas sucesivas:



COMPATIBILIDAD DE LA DEFORMACION INTERNA



DEFORMACION CATACLASTICA Y PLASTICA LA TRANSICION FRAGIL-DUCTIL

Es difícil describir exactamente el proceso de transición "frágil-dúctil" debido a que los dos términos involucran conceptos de naturaleza diferente. "Frágil" indica fractura en el campo elástico antes del punto de cesión ("yield stress") e implica, por lo tanto, a un proceso o mecanismo de deformación específico. El término "dúctil" indica, en cambio, una distribución no localizada de la deformación al interior de un objeto o cuerpo deformado y no se refiere, como en el caso anterior, a un comportamiento mecánico específico. El cuadro siguiente (basado en Rutter, 1986) indica las diversas combinaciones posibles entre mecanismo y distribución de la deformación:



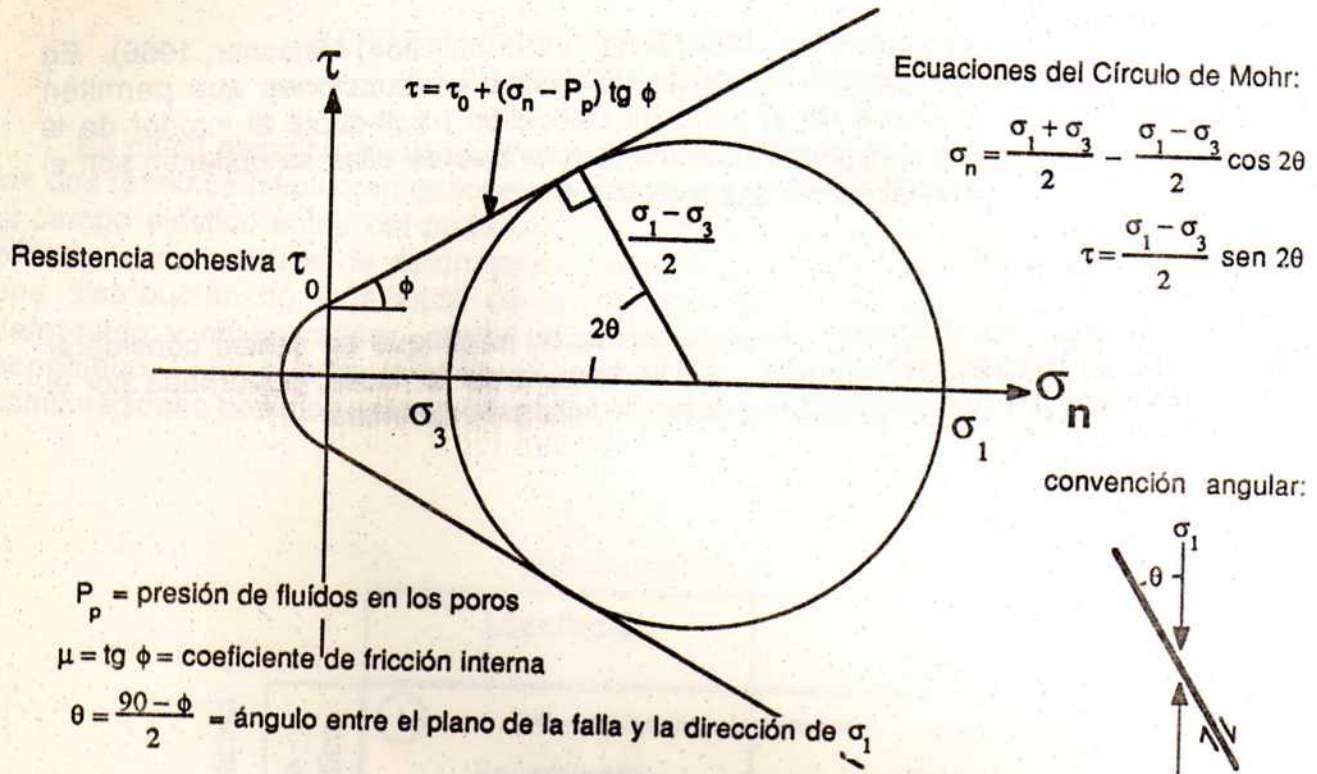
Mucha gente considera que la transición frágil-dúctil se produce entre los campos 1 y 3. Debido a esa concepción se ha llegado a la idea que existiría, en la corteza, un límite fundamental (una zona de desacople mecánico mayor) entre dos niveles dominados por uno u otro tipo de deformación: un nivel superior, frágil y un nivel inferior, dúctil. En realidad la transición también puede ocurrir debido a un paso lateral (horizontal) entre los campos 1 y 2. La transición frágil-dúctil que se ha presentado en algunas recientes publicaciones sobre la reología de la corteza es un caso especial de transición entre los campos 1 y 3/4 (paso entre fallamiento friccional y deformación plástica cristalina; ver:

Sibson, 1982, 1983; Meissner y Strehlau, 1982; Smith y Bruhn, 1984; Meissner, 1986). En las páginas siguientes se presentan los datos reológicos y ecuaciones que permiten calcular la ubicación (profundidad) de la zona de transición frágil-dúctil al interior de la corteza. Sin embargo, no hay que olvidar que los valores que de ellas se obtienen son el resultado de una serie de generalizaciones y supuestos.

DEFORMACION FRAGIL

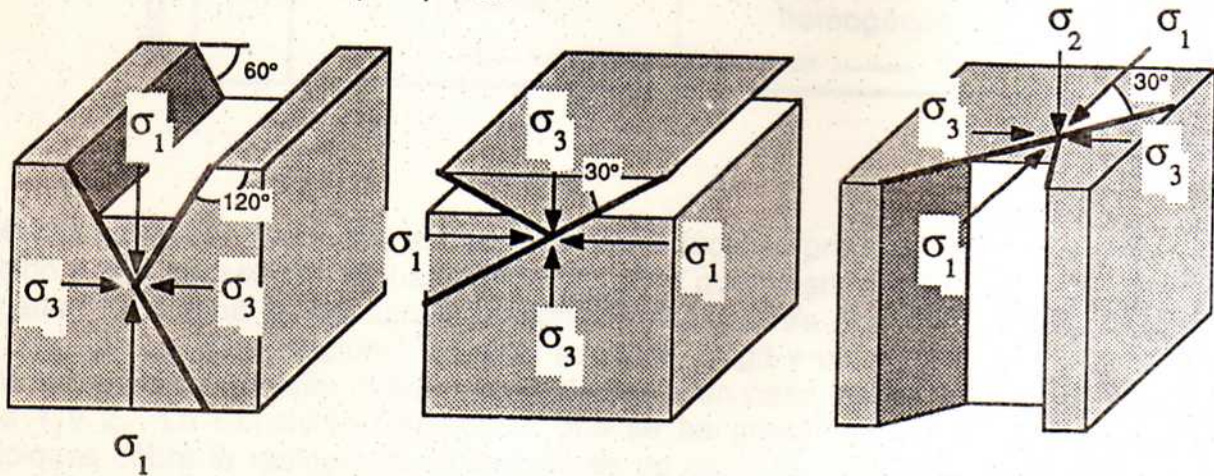
Existen dos aspectos diferentes de la deformación frágil que se deben considerar antes de efectuar el análisis mencionado: (1º) la fractura de la rocas, gobernada por el criterio de Coulomb, y (2º) la fricción sobre planos de falla preexistentes.

CRITERIO DE FRACTURA DE COULOMB



LEY DE ANDERSON

En general, no existen esfuerzos de cizalla paralelos a la superficie de la tierra. Por lo tanto uno de los tres esfuerzos principales debe ser perpendicular a ella. Usando el criterio de fractura de Coulomb y un ángulo de fricción interna de 30° , se puede predecir la orientación espacial de diferentes sistemas de fallas producidos con diversas orientaciones de los esfuerzos principales:



Fallas directas (normales)
("normal faults")

Corrimientos (fallas inversas)
("thrust / reverse faults")

Fallas de desplazamiento
en el rumbo ("strike-slip faults")

Fricción

Amonton demostró, hace casi 300 años, que la fricción depende sólo del esfuerzo normal al plano de la falla y no del área de la superficie de contacto.

La ley que expresa esta idea es muy simple:

$$\tau_f = \mu_s \sigma_n^*$$

donde

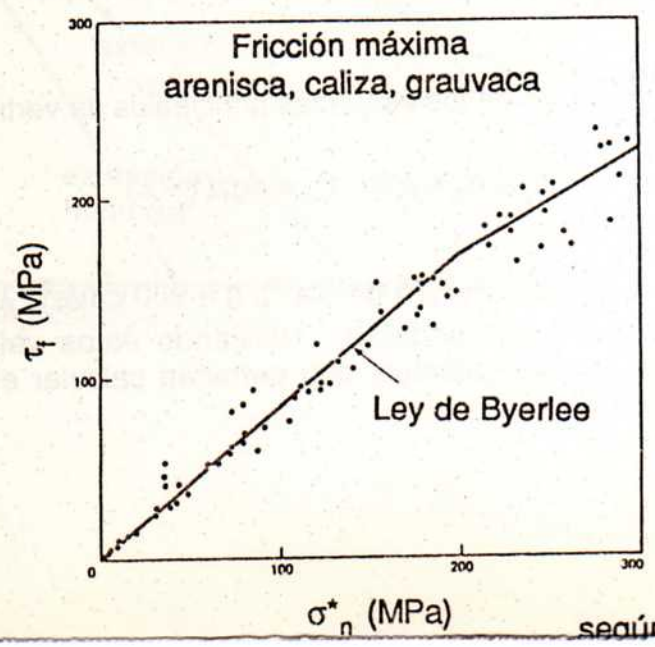
- τ_f = esfuerzo máximo de cizalla friccional
- μ_s = coeficiente de fricción de deslizamiento
- σ_n^* = esfuerzo normal efectivo = $\sigma_n - P_p$ (P_p = presión de fluidos en los poros)

Estudios experimentales efectuados por Byerlee (1978) y otros, indican que el coeficiente de fricción, μ_s , es independiente del tipo de roca (ver gráfico siguiente). Sólo la montmorilonita, la vermiculita, y la illita tienen valores más bajos del coeficiente μ_s . Dos relaciones ("ley de Byerlee") controlan el comportamiento friccional de las rocas en la corteza:

$$\tau_f = 0,85 \sigma_n^* \quad (\sigma_n^* < 0,2 \text{ GPa})$$

$$\tau_f = 50 \text{ MPa} + 0,6 \sigma_n^* \quad (0,2 \text{ GPa} < \sigma_n^* < 2 \text{ GPa})$$

(En el caso de la montmorilonita, vermiculita, e illita, $\tau_f = 0,18 \sigma_n^*$)



Si suponemos que la resistencia de la corteza superior es limitada, debido a la presencia de fallas y fracturas preexistentes, se pueden utilizar las relaciones de Amonton y Byerlee para calcular el esfuerzo de cizalla máximo que puede soportar la corteza. Este varía en función del esfuerzo normal, σ_n , y la presión de fluidos en los poros (P_p).

A continuación seguiremos el análisis de Meissner y Strehlau (1982).

En el círculo de Mohr, se observan las siguientes relaciones:

$$\tau_{\max} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

para el esfuerzo de cizalla máximo. Las ecuaciones para el círculo son:

$$\sigma_n = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} - \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \cos 2\theta = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} - \tau_{\max} \cos 2\theta$$

$$\sigma_n = \sigma_3 + \tau_{\max} (1 - \cos 2\theta) = \sigma_1 - \tau_{\max} (1 + \cos 2\theta)$$

Reemplazando las relaciones de Byerlee por σ_n y τ , arriba, y solucionando para τ_{\max} :

$$\tau_{\max} = \frac{0.85}{(\sin 2\theta - 0.85(1 - \cos 2\theta))} \sigma_3 = \frac{0.85}{(\sin 2\theta + 0.85(1 + \cos 2\theta))} \sigma_1$$

$$\tau_{\max} = \frac{0.6 \sigma_3 + 0.5}{(\sin 2\theta - 0.6(1 - \cos 2\theta))} = \frac{0.6 \sigma_1 + 0.5}{(\sin 2\theta + 0.6(1 + \cos 2\theta))}$$

Si suponemos que uno de los esfuerzos principales es vertical,

$$\sigma_1 \text{ o } \sigma_3 = \rho g z - P_p = \rho g z (1 - \lambda)$$

donde ρ = densidad de la corteza ($\approx 2.75 \text{ gm/cm}^3$), $g \approx 980 \text{ cm/s}^2$, $\lambda = P_p/\rho g z$ (≈ 0.36 para a presión hidrostática), y z = profundidad. Utilizando estos valores aproximados se pueden obtener las ecuaciones siguientes, que permiten calcular el esfuerzo máximo de cizalla en la parte alta de la corteza:

Para compresión horizontal (corrimientos):

$$\tau_{\max} = 51,93 (1 - \lambda) z \quad (\sigma_n^* < 0,2 \text{ GPa})$$

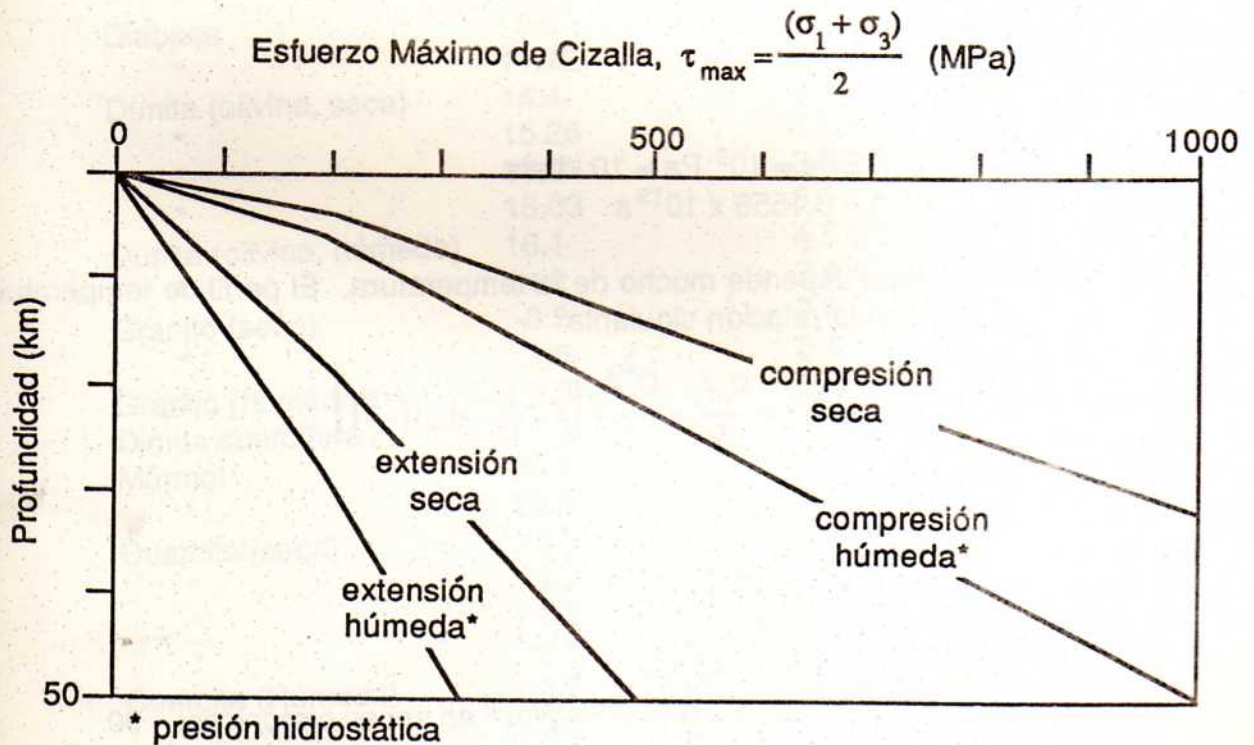
$$\tau_{\max} = 28,57 (1 - \lambda) z + 88,3 \quad (0,2 \text{ GPa} < \sigma_n^* < 2 \text{ GPa})$$

Para extensión horizontal (fallas directas):

$$\tau_{\max} = 10,7 (1 - \lambda) z \quad (\sigma_n^* < 0,2 \text{ GPa})$$

$$\tau_{\max} = 9,14 (1 - \lambda) z + 28,3 \quad (0,2 \text{ GPa} < \sigma_n^* < 2 \text{ GPa})$$

Ambas ecuaciones indican que los esfuerzos necesarios para la ruptura por compresión son 3-5 veces mayores que los esfuerzos requeridos para la ruptura extensional.



DEFORMACION PLASTICA (DUCTIL)

En la corteza continental, a temperaturas elevadas, la deformación plástica está controlada por procesos de "deslizamiento y subida" ("glide and climb") de las dislocaciones en la estructura atómica de los cristales. La ley que describe este proceso se denomina "ley de potencia de reptación" ("Power law creep") y tiene la forma siguiente:

$$\dot{\epsilon} = C_0 (\sigma_1 - \sigma_3)^n \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right)$$

donde

- $\dot{\epsilon}$ = velocidad de deformación geológica ("strain rate"; = 10^{-13} - 10^{-16} s⁻¹)
- σ_1 = esfuerzo principal máximo (compresivo)
- σ_3 = esfuerzo principal mínimo (compresivo o tensional)
- R = constante universal de los gases = $8,3144 \times 10^{-3}$ kJ mol⁻¹ °K⁻¹
- T = temperatura sobre el cero absoluto, en grados Kelvin (°K = °C + 273,16°)
- C₀ = constante (ver más abajo)
- Q = energía de activación (ver más abajo)
- n = potencia (ver más abajo)

Unidades de medida

- 1 MPa = 10^6 Pa = 10 bars; 1 GPa = 10^9 Pa = 10 kbars
- 1 año = $3,1556 \times 10^7$ s; 1 Ma = $3,1556 \times 10^{13}$ s

La deformación plástica depende mucho de la temperatura. El perfil de temperatura cortical se puede calcular con la relación siguiente:

$$T(z) = T_0 + \frac{q_0 z}{K} + \frac{D^2 A_0}{K} \left[1 - \frac{z}{D} - \exp\left(\frac{-z}{D}\right) \right]$$

donde

- z = profundidad en la corteza
- T(z) = temperatura a la profundidad z
- T₀ = temperatura en la superficie (≈ 10°C)
- q₀ = flujo calórico en la superficie, z = 0 (≈ 60 mWm⁻² en zonas cratónicas; ≈ 90 mWm⁻² en zonas de extensión actual; ≈ 120 mWm⁻² en regiones de volcanismo activo)

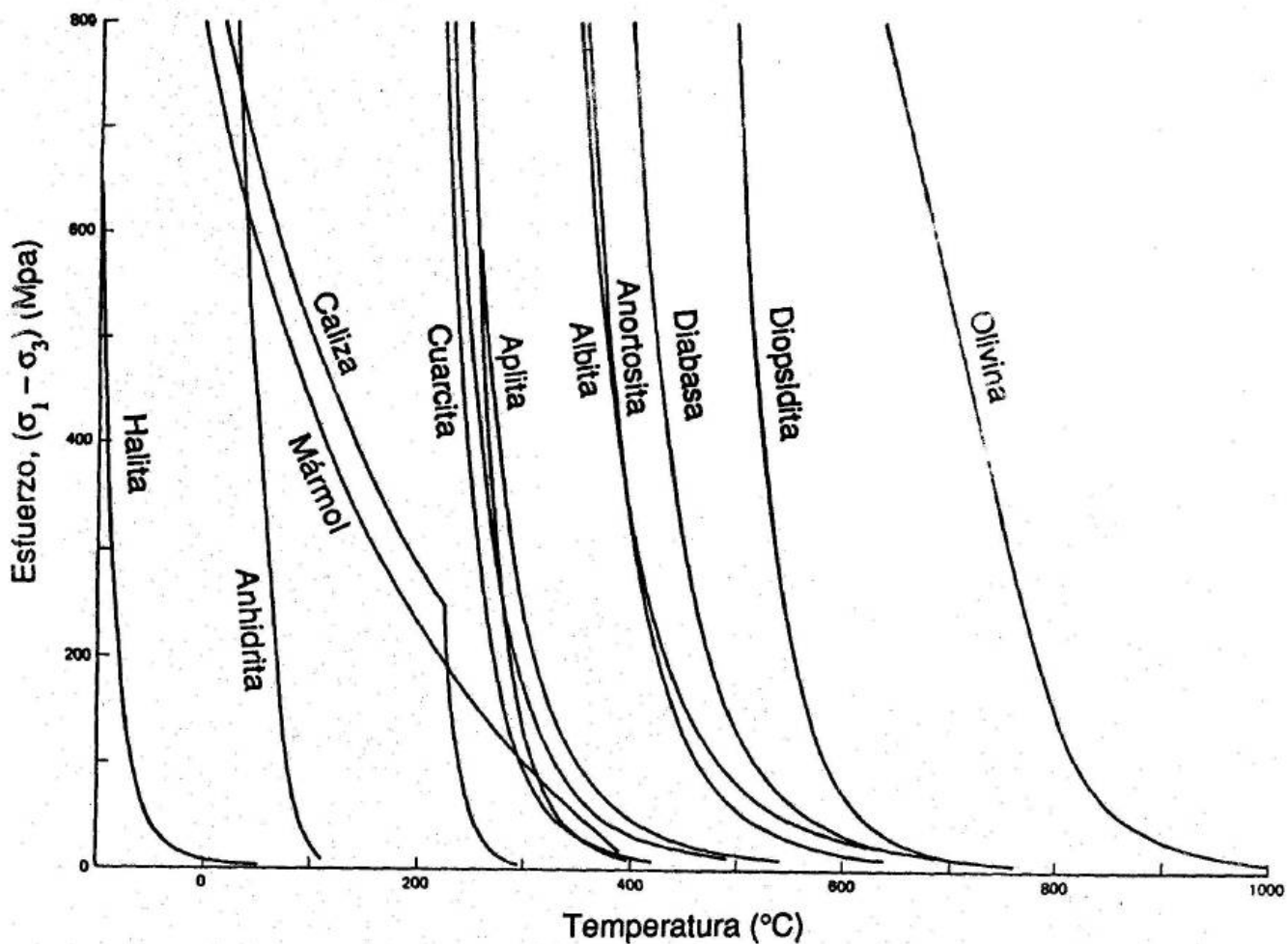
- K = conductibilidad térmica ($\approx 3 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$)
 D = profundidad característica de la radiactividad ($\approx 10 \text{ km}$)
 A₀ = producción de calor radiactivo en la superficie ($z = 0$), (en los Estados Unidos varía entre 0 y $4,8 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-3}$, alcanzando un promedio de $\sim 1,43 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-3}$)

CONSTANTES EXPERIMENTALES QUE CONTROLAN EL "POWER LAW CREEP" EN ROCAS Y MINERALES DE LA CORTEZA Y EL MANTO

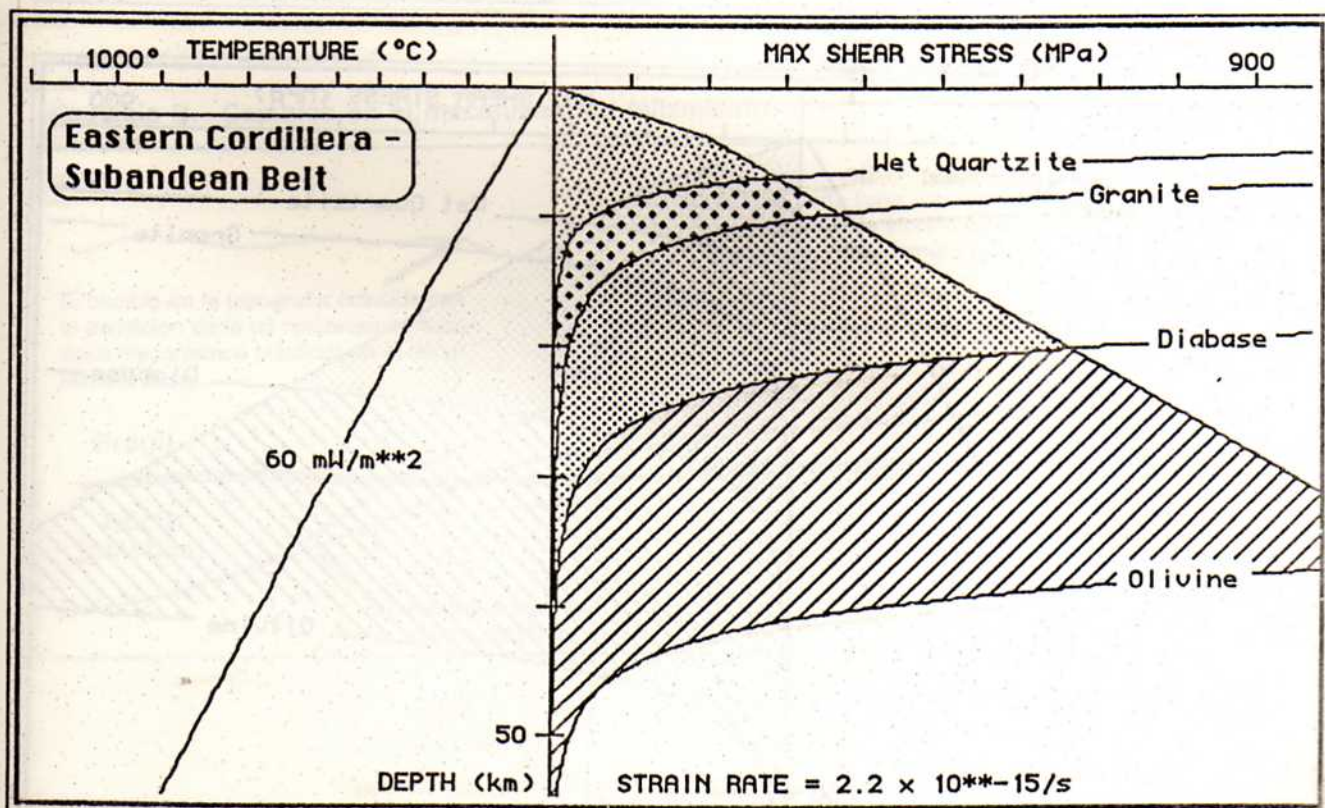
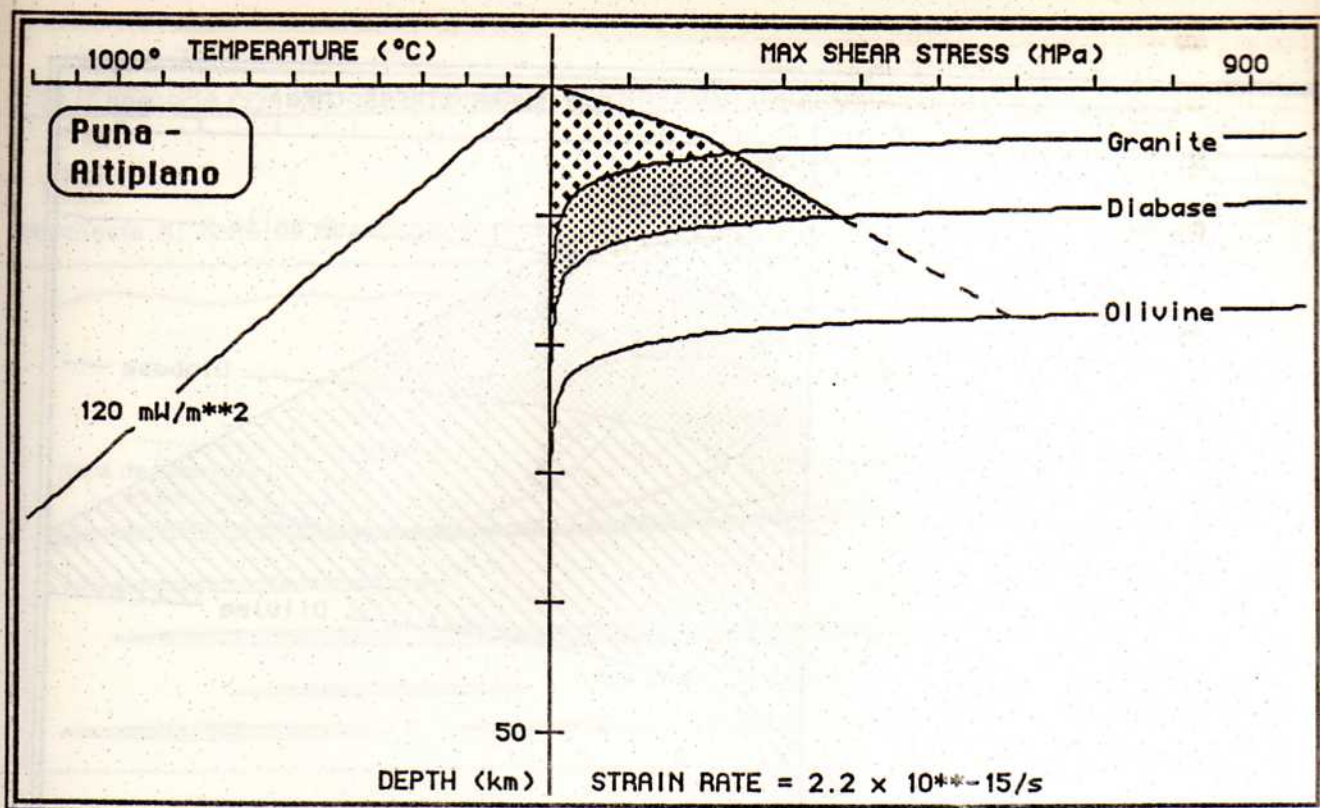
Material	$\text{Log}_{10}C_0$ ($\text{GPa}^{-n}\text{s}^{-1}$)	n	Q (kJ mol^{-1})
Roca de albita	6.1	3.9	234
Anortosita	6.1	3.2	238
Aplita	2.8	3.1	163
Caliza	9.9	2.1	210
Clinopiroxenita	9.0	2.6	335
"	14.4	6.4	444
Diabasa	6.5	3.4	260
"	11.72	3.0	356
Dunita (olivina, seca)	14.4	3.5 ± 0.6	528 ± 63
"	15.26	3.6 ± 0.2	535 ± 33
"	15.3	3.5 ± 0.6	533 ± 60
"	15.03	3.5	544
Dunita (olivina, húmeda)	16.1	4.5 ± 0.2	498 ± 38
"	14.2	3.4 ± 0.2	444 ± 24
Granito (seco)	-0.2	2.9	106
"	1.6	3.4	139
Granito (húmedo)	2.0	1.9	137
Diorita cuarcífera	4.3	2.4	219
Mármol	25.8	7.6	418
"	20.6	4.2	427
Cuarcita (seca)	3.0	2.0	167
"	1.9	2.9	149
"	1.2	1.9	123
"	2.0	2.8	184
Cuarcita (Húmeda)	3.2	2.4	160
"	3.0	2.6	134
"	3.7	1.8	167
Sal (Halita)	16.7	5.3	102

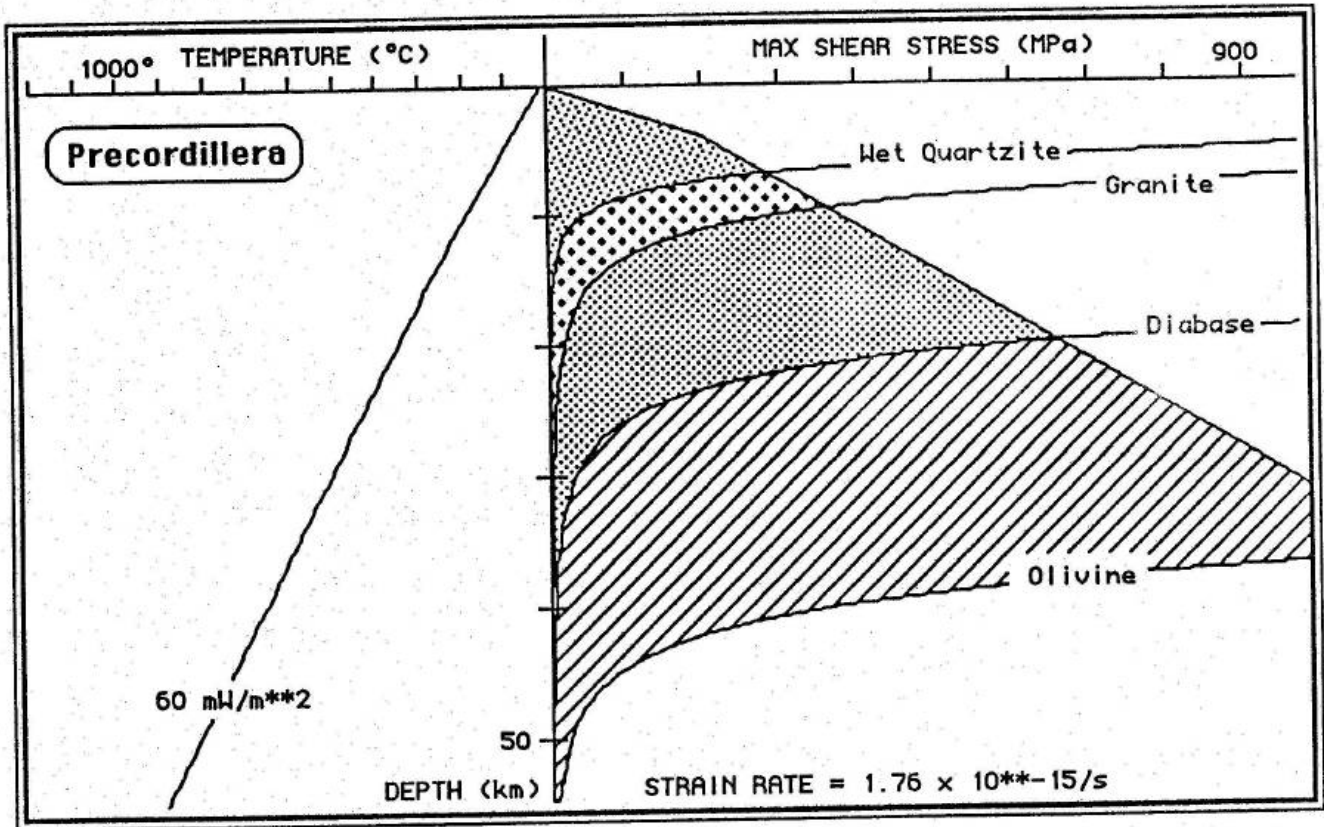
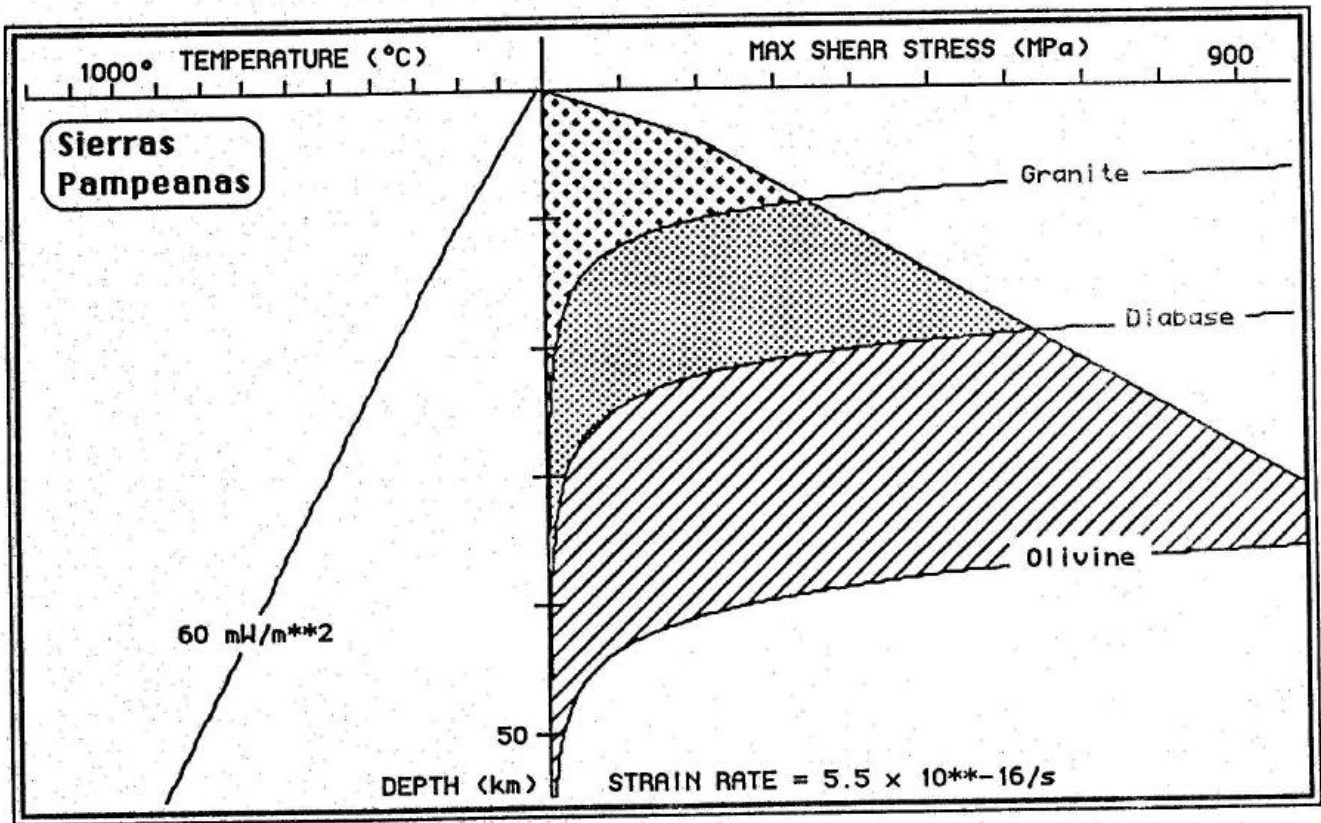
Las curvas siguientes muestran las relaciones entre la temperatura y el valor de $(\sigma_1 - \sigma_3)$ necesario para el inicio de la deformación en algunos minerales y rocas, construídas utilizando la ecuación del ley de potencia de reptación y una velocidad de deformación ("strain rate") de $10^{-14} s^{-1}$. En las partes bajas de las curvas, un pequeño incremento en la temperatura produce una disminución muy rápida del valor de $(\sigma_1 - \sigma_3)$ requerido para iniciar la deformación. Este cambio coincide, aproximadamente, con la transición entre comportamiento frágil y comportamiento dúctil.

Las curvas que se presentan en las páginas siguientes muestran combinaciones de curvas frágiles y curvas plásticas calculadas para diferentes provincias geológicas de la Argentina. Estas curvas deben considerarse sólo como aproximaciones debido a la falta de datos detallados de flujo calórico y de velocidad de deformación en muchas regiones del país.



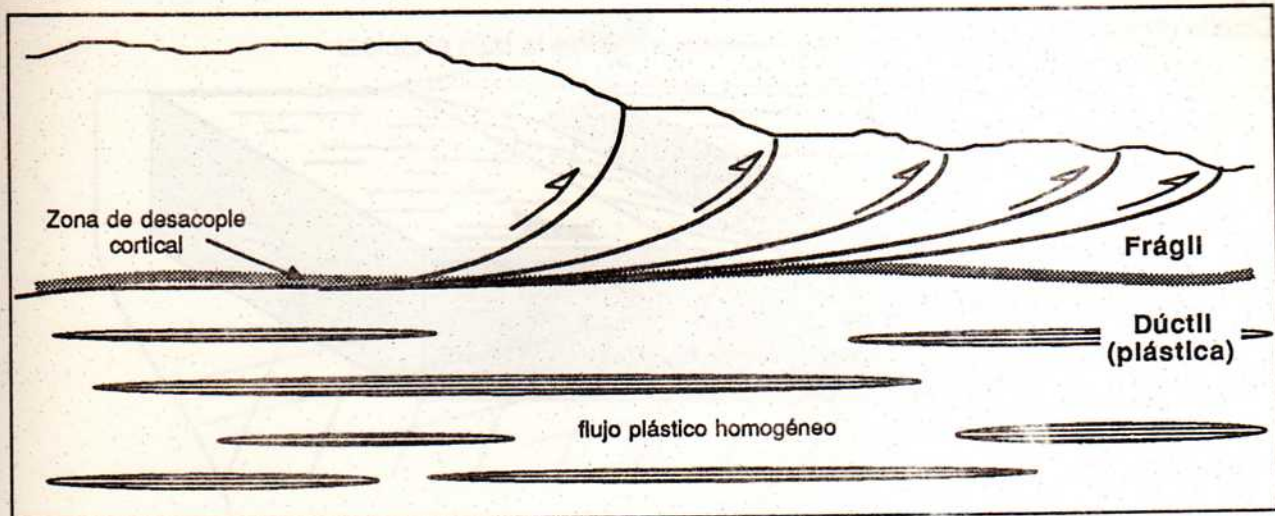
según Suppe (1986)



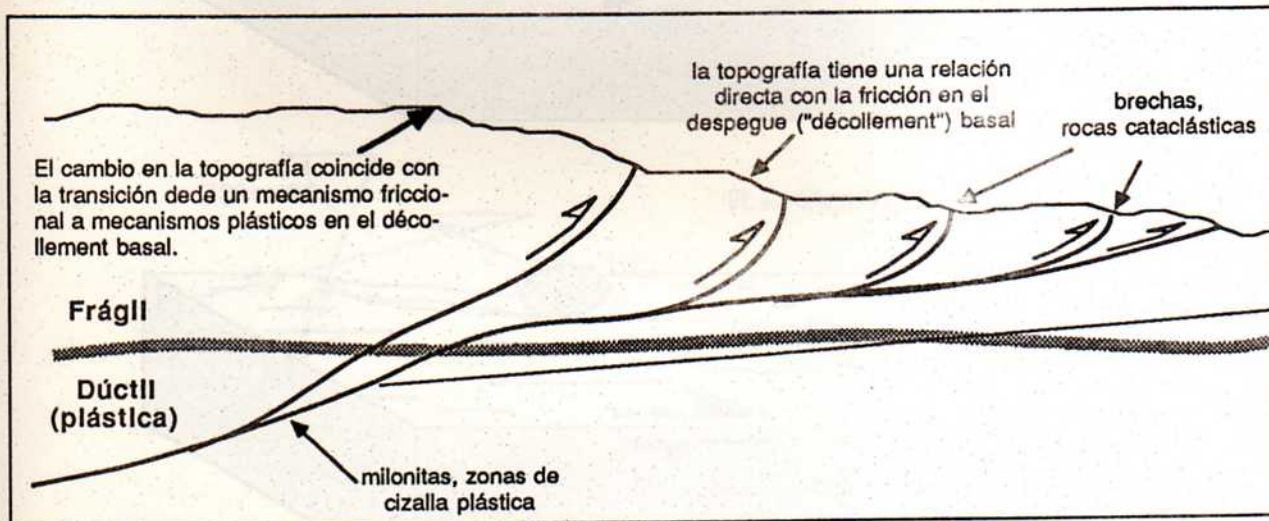


¿ Qué sucede con las estructuras en la transición frágil-dúctil?

Hipótesis A: Zona de desacople cortical

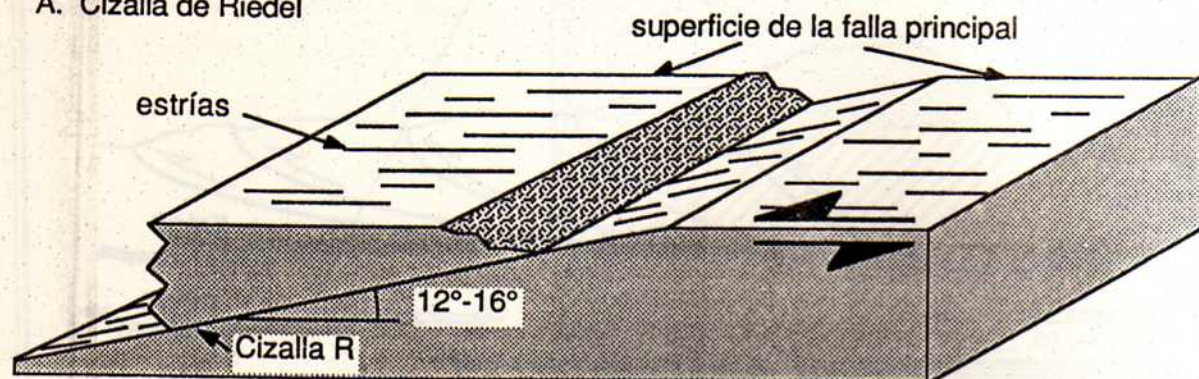


Hipótesis B. Cambios en el mecanismo de fallamiento

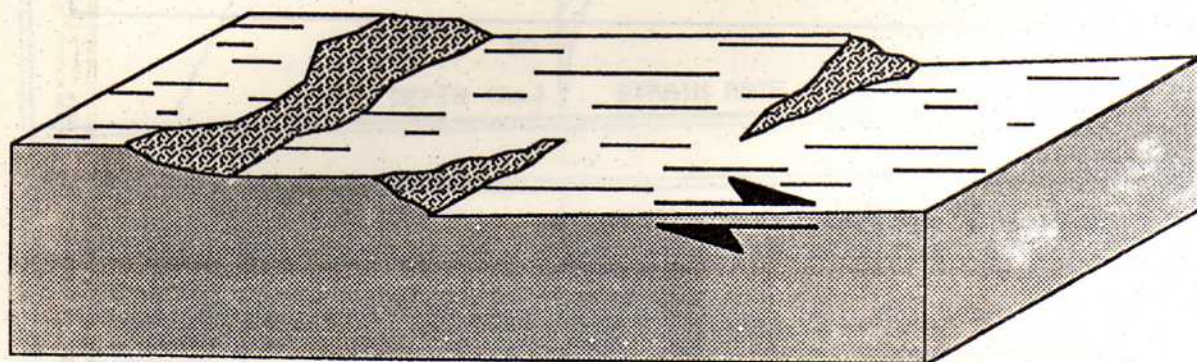


INDICADORES DEL SENTIDO DE CIZALLA

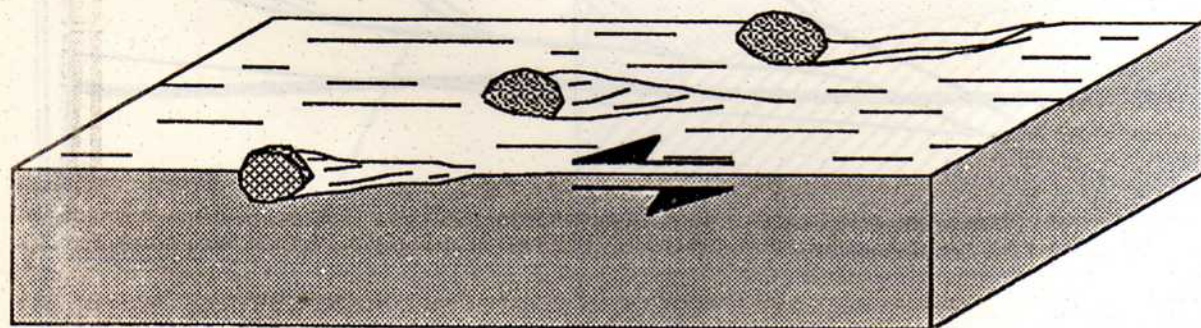
A. Cizalla de Riedel



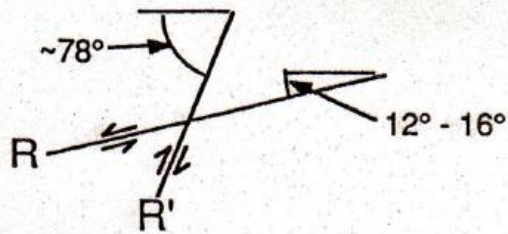
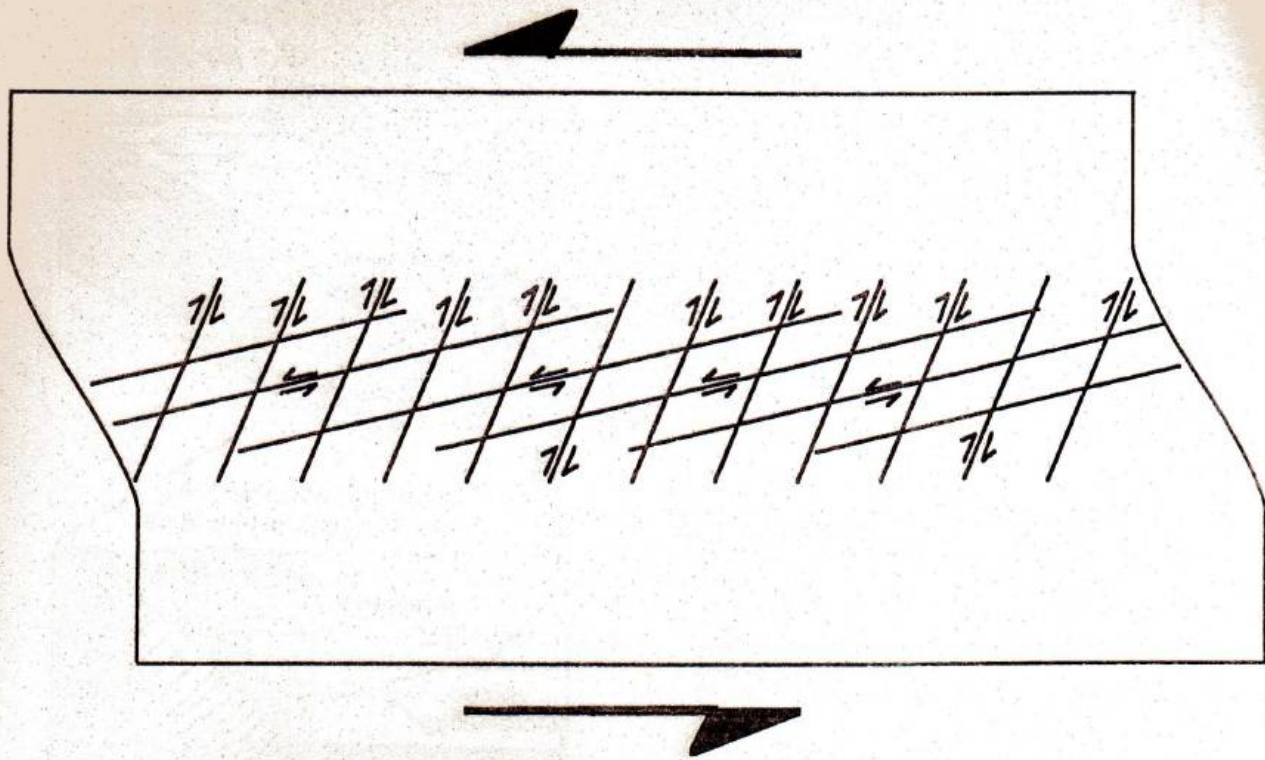
B. Escalones



C. Marcadores útiles

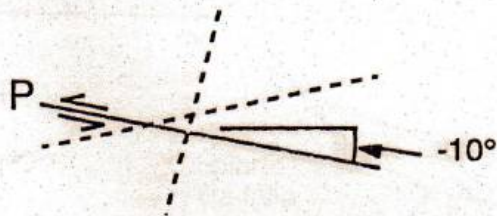


Cizallas de Riedel:



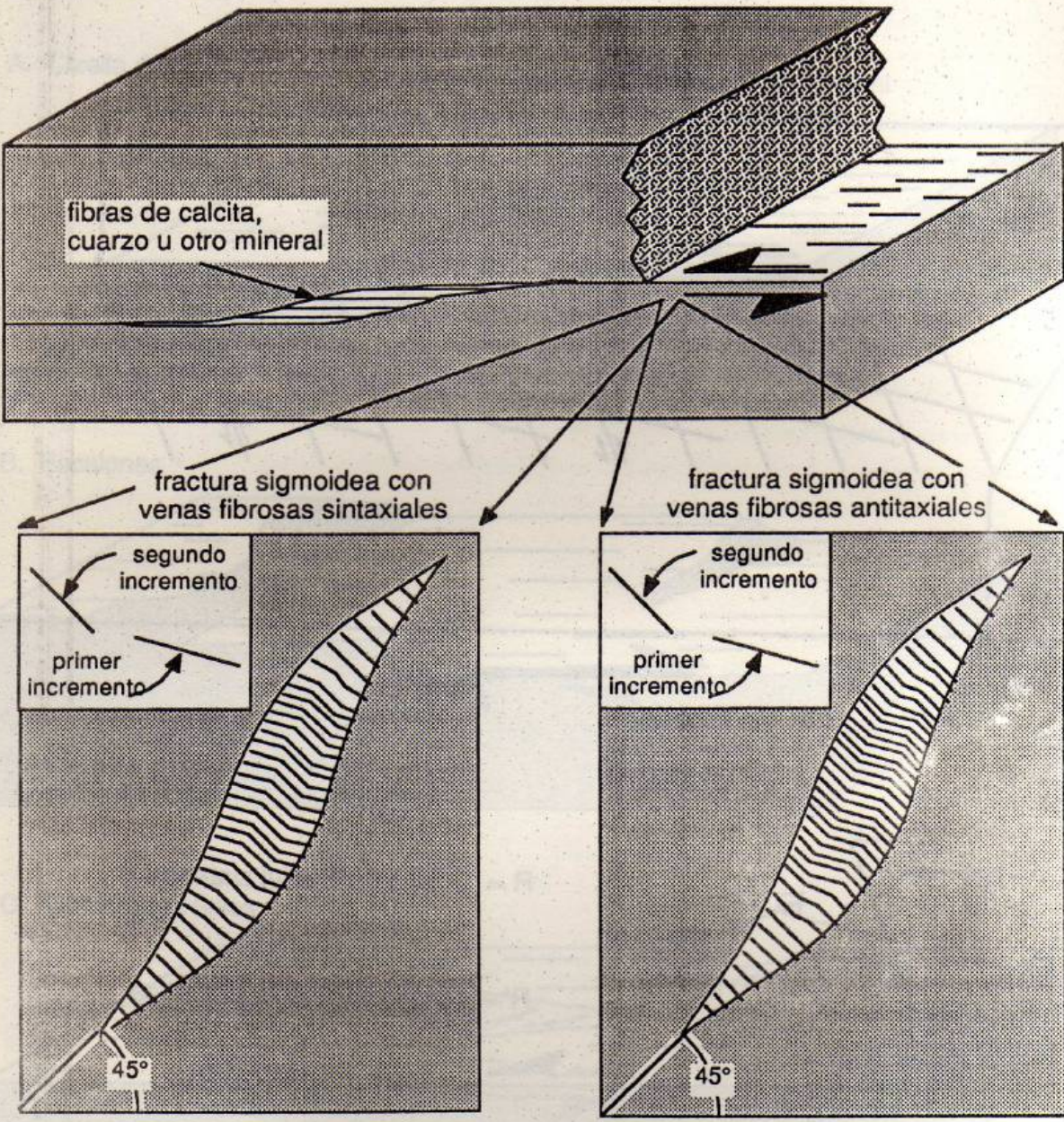
R = Cizalla de Riedel sintética

R' = Cizalla de Riedel antitética



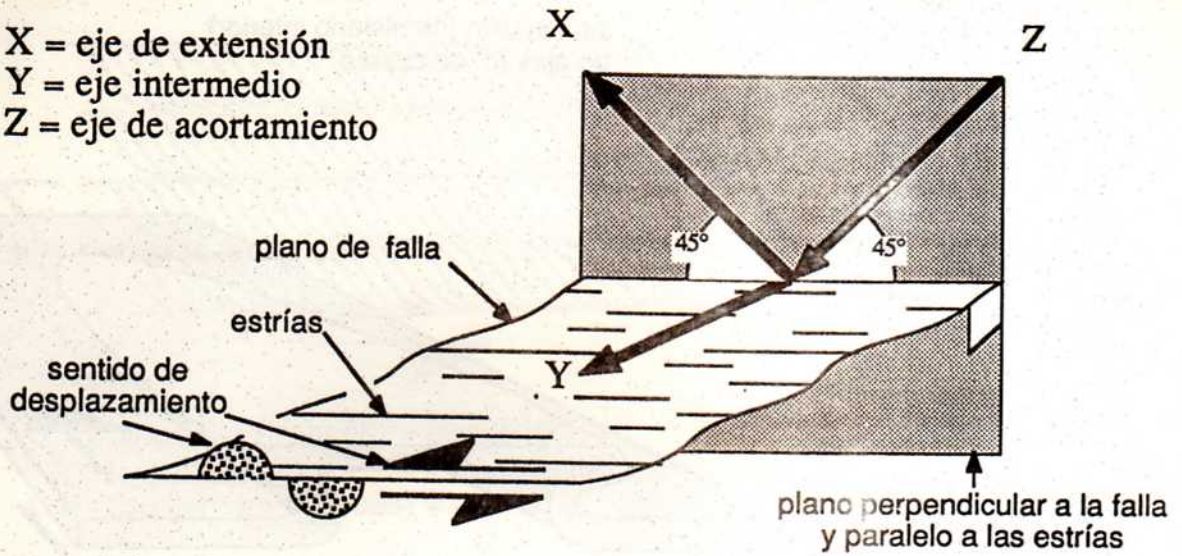
P = "Cizalla P" (se forman después de las cizallas de Riedel)

D. Venas y fracturas sigmoideas



METODO GRAFICO DE ANALISIS CINEMATICO DE FALLAS MENORES

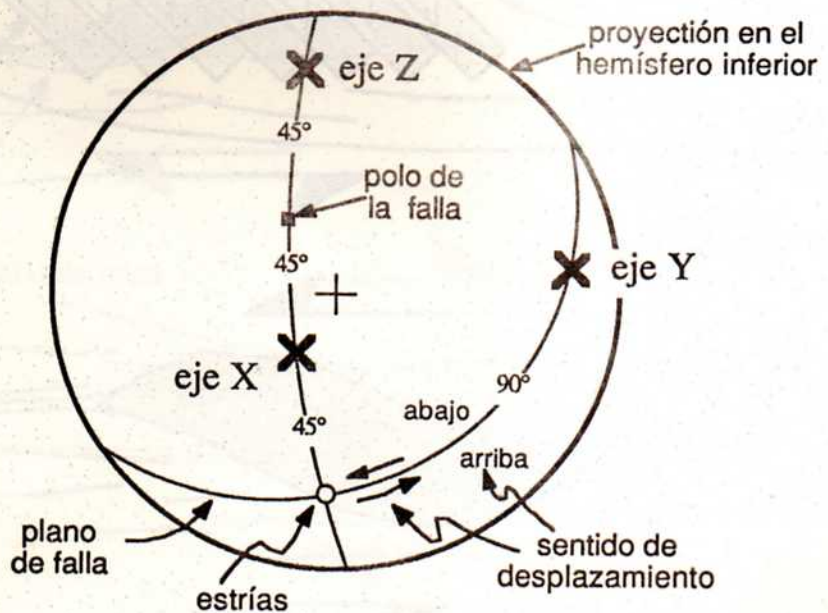
X = eje de extensión
 Y = eje intermedio
 Z = eje de acortamiento



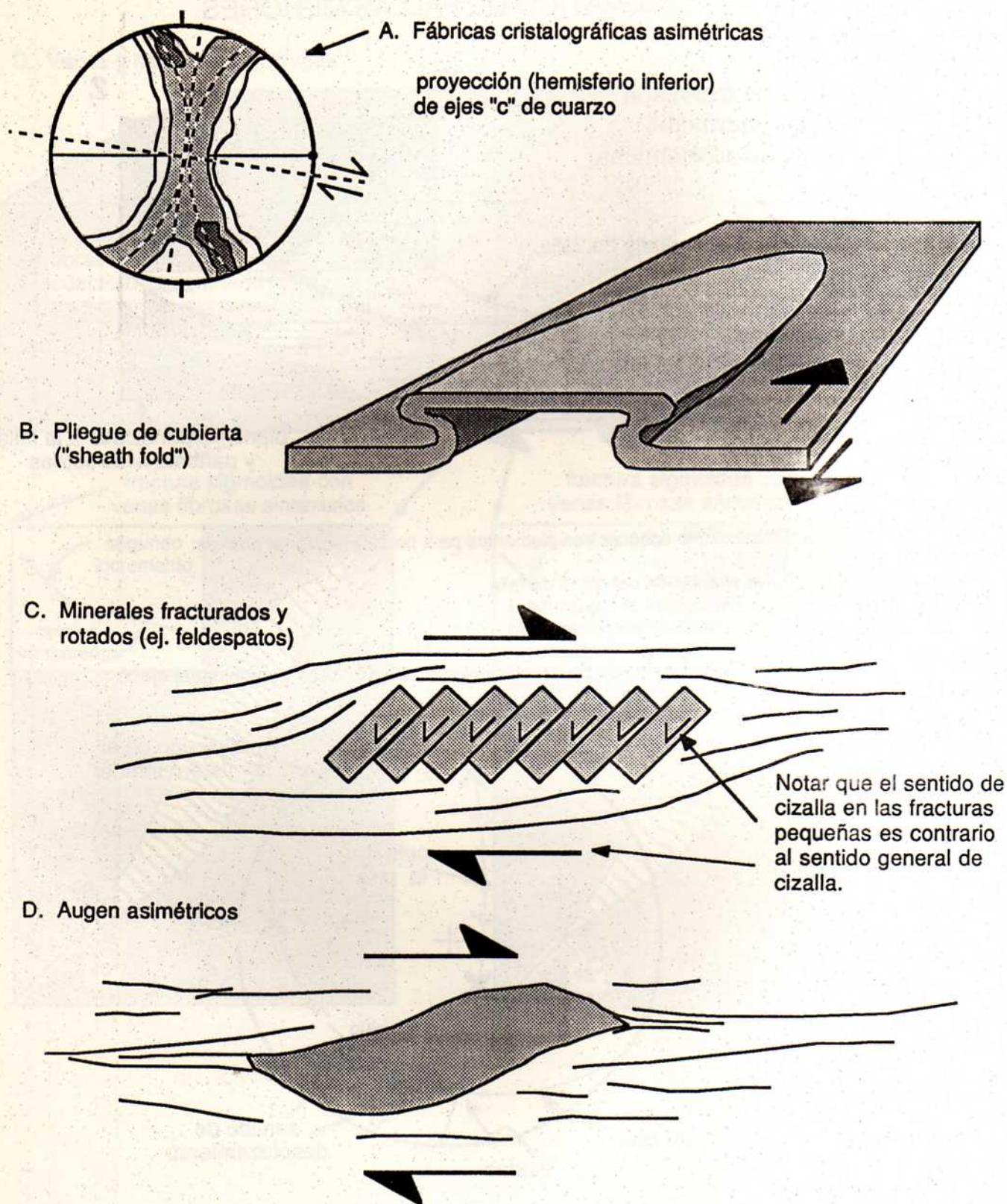
Es necesario conocer tres elementos para poder efectuar el análisis:

1. la orientación del plano de falla
2. la orientación de las estrías, y
3. el sentido de desplazamiento

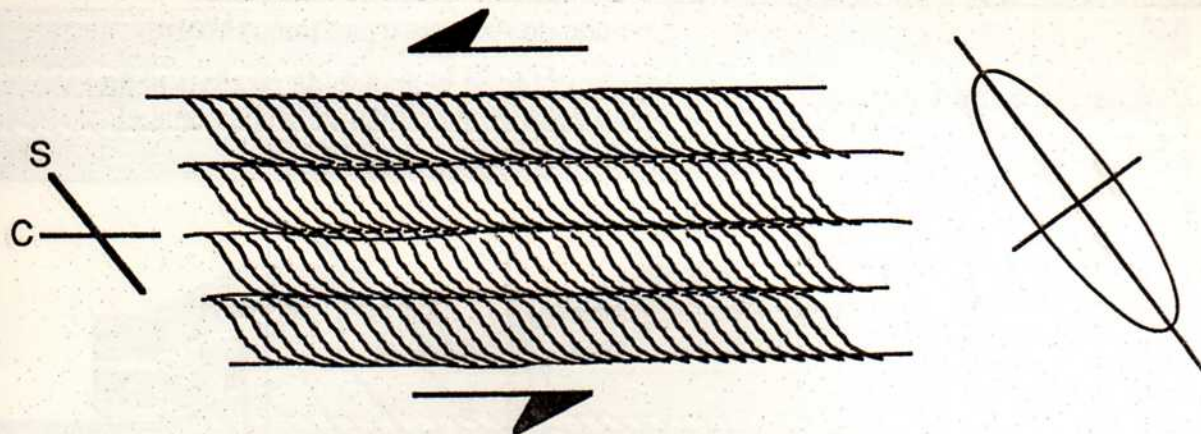
Sin conocer el sentido de desplazamiento sólo se puede determinar el eje Y



INDICADORES DEL SENTIDO DE CIZALLA, ZONAS DE CIZALLA DUCTIL



E. Fábricas S-C

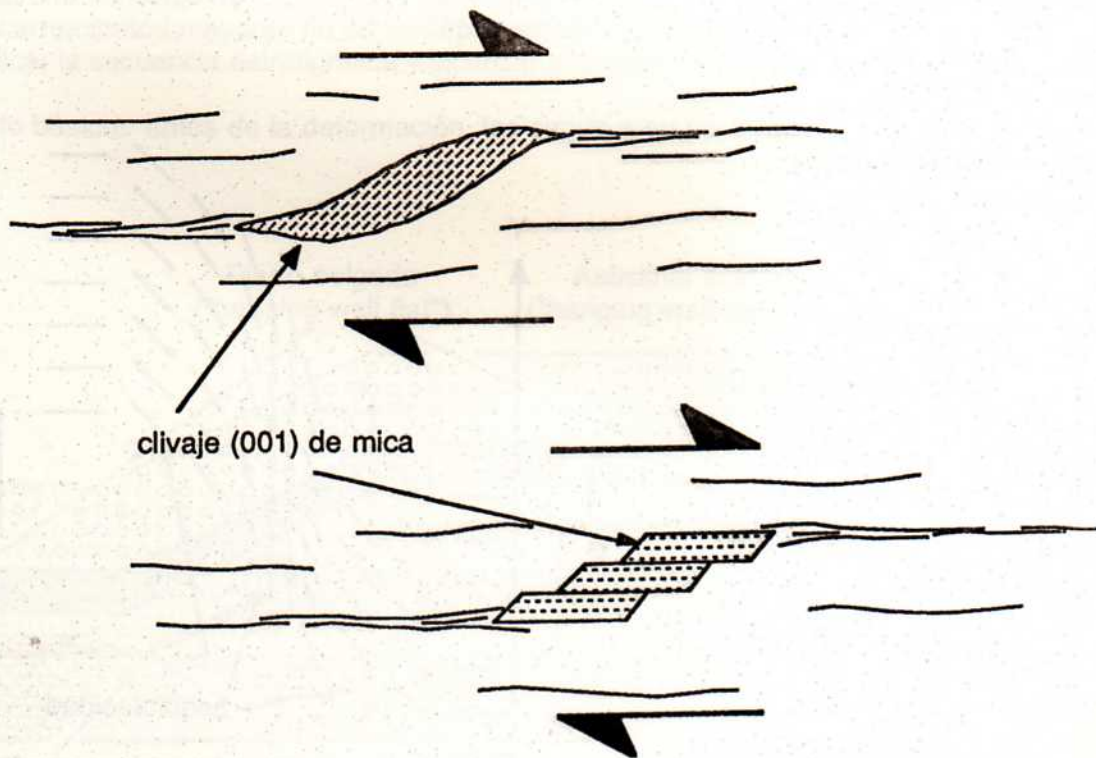


S = schistosité (francés) = esquistosidad

C = cisaillement (francés) = cizalla

elipsoide de deformación

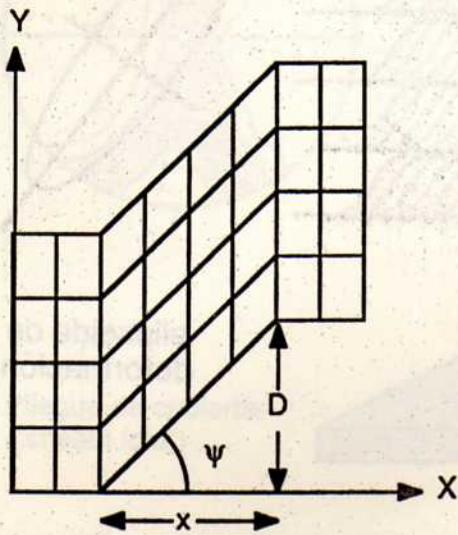
F. Mica en escama de pez ("mica fish")



DETERMINACION DEL DESPLAZAMIENTO EN UNA ZONA DE CIZALLA DUCTIL

(método de Ramsay y Graham, 1970)

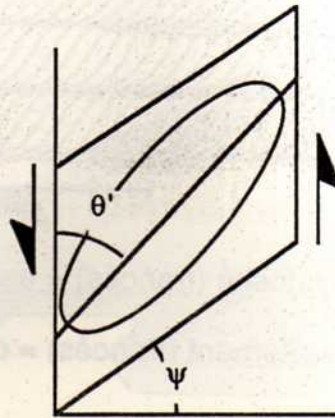
Zona de cizalla homogénea:



D = desplazamiento

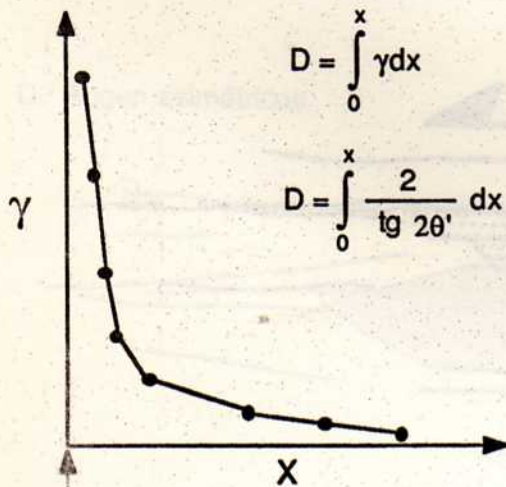
$$D = \gamma x \quad \gamma = \text{tg } \Psi$$

Relación entre el ángulo de cizalla y el ángulo entre el eje mayor del elipsoide y el borde de la zona de cizalla, θ'

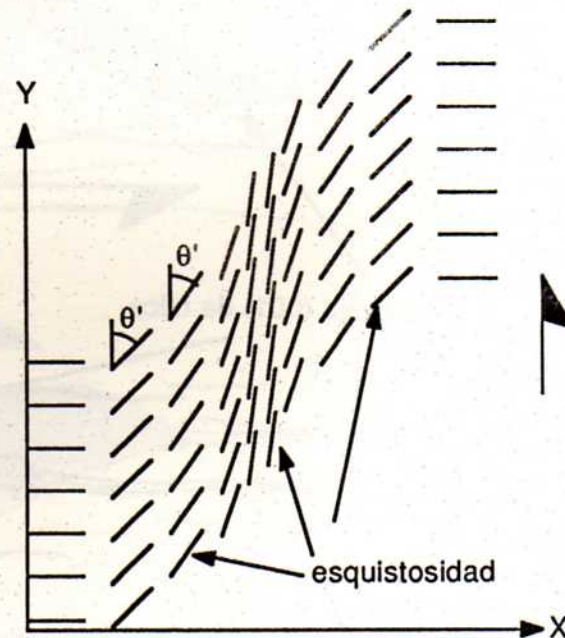


$$\text{tg } 2\theta' = \frac{2}{\gamma}$$

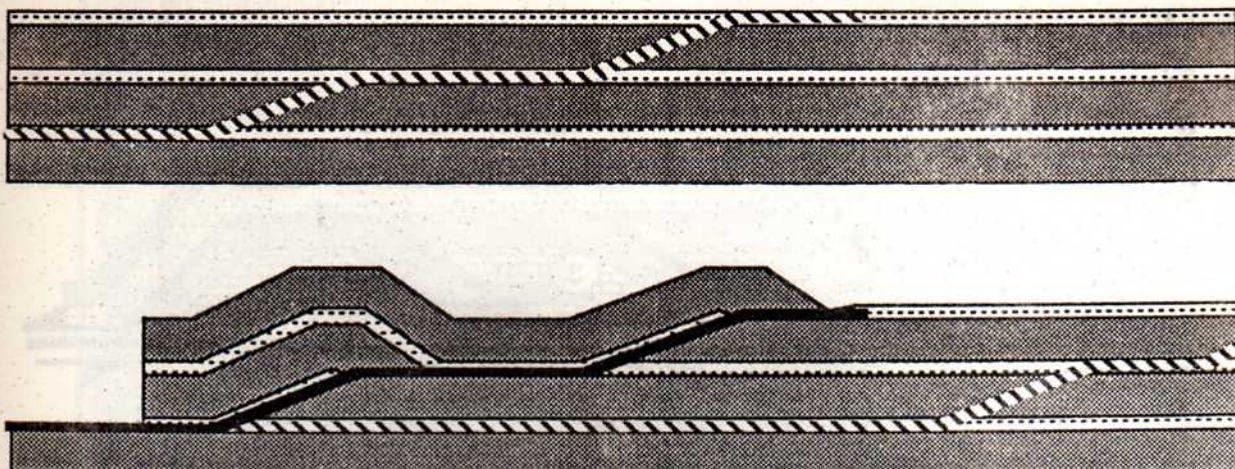
Para una zona de cizalla heterogénea:



centro de
la zona de
cizalla



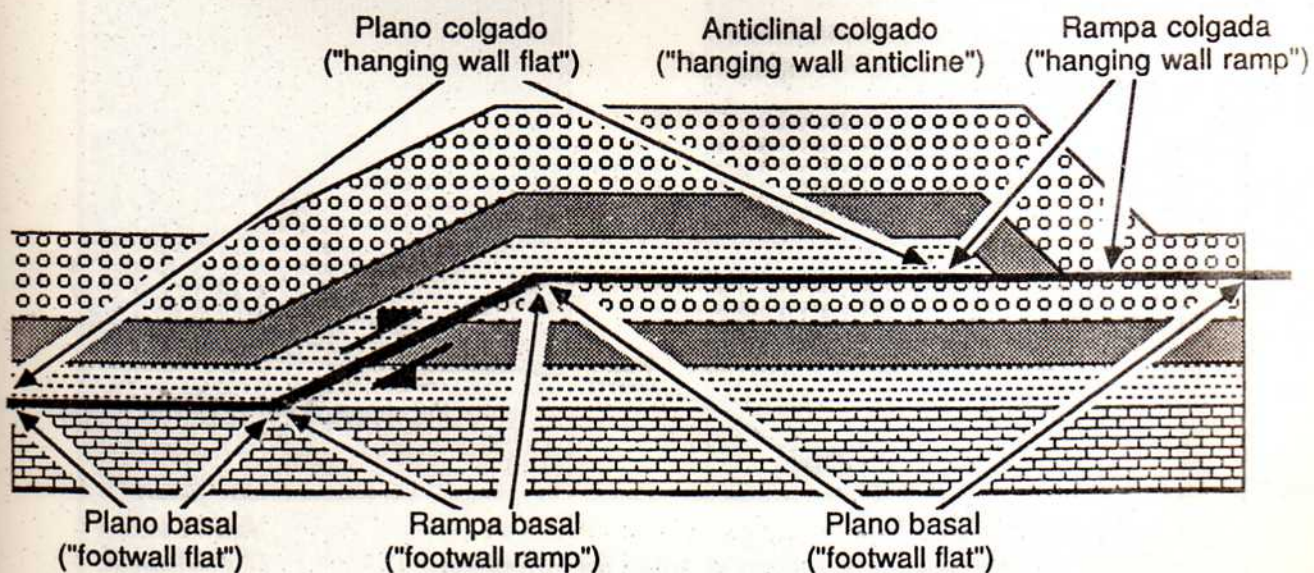
GEOMETRIA, NOMENCLATURA, Y REGLAS BASICAS DE LOS CORREMIENTOS



REGLAS DE DAHLSTROM (1970). MODIFICADAS POR ROYSE ET AL. (1975):

1. Los corremientos cortan estratigráficamente "hacia arriba" la secuencia en dirección del movimiento
2. Los corremientos son, generalmente, paralelos a los estratos incompetentes (sal, lutitas, etc.) y oblicuos a las capas competentes.
3. Los corremientos mayores se hacen más jóvenes en la dirección de movimiento.
4. Los pliegues asociados a los corremientos son paralelos (según Dahlstrom, concéntricos, una subclase de los pliegues paralelos).
5. Los corremientos mayores no se traslapan significativamente. Debido a ello se puede duplicar la secuencia estratigráfica y alcanzar acortamientos de hasta ~ 50 %.

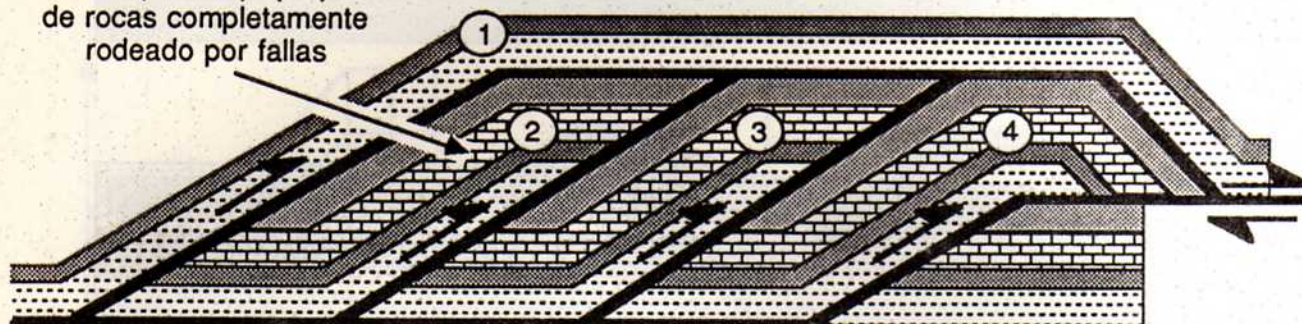
Supuesto básico: antes de la deformación, las capas eran paralelas y no estaban deformadas.



Notar que el desplazamiento "estratigráfico" a lo largo de la superficie de corrimiento es variable y no es un buen indicador del desplazamiento total.

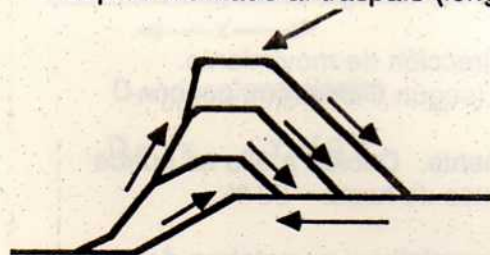
LOS DUPLEX:

"Horse" (caballo): paquete de rocas completamente rodeado por fallas

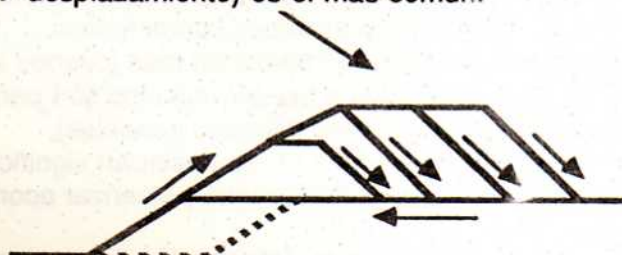


los números indican el orden de formación

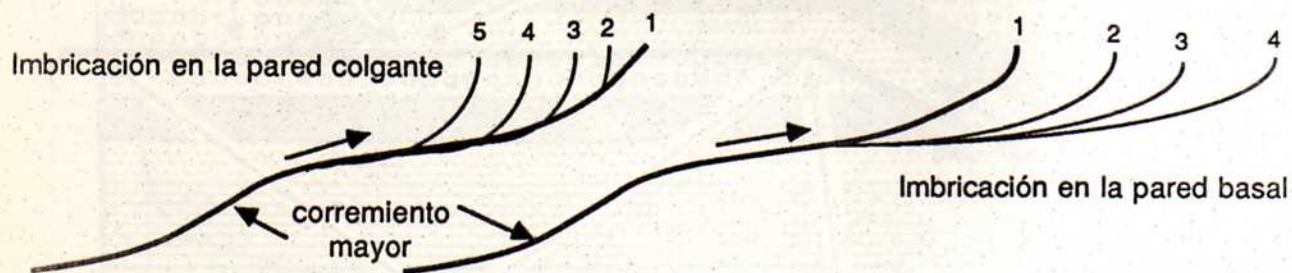
Existen variaciones geométricas que dependen de la relación entre la dimensión de los "horses" (caballos) y el desplazamiento. El tipo anterior: duplex inclinado al traspaís (longitud > desplazamiento) es el más común.



"Stack" anticlinal
(longitud de los "horses" \approx desplazamiento)

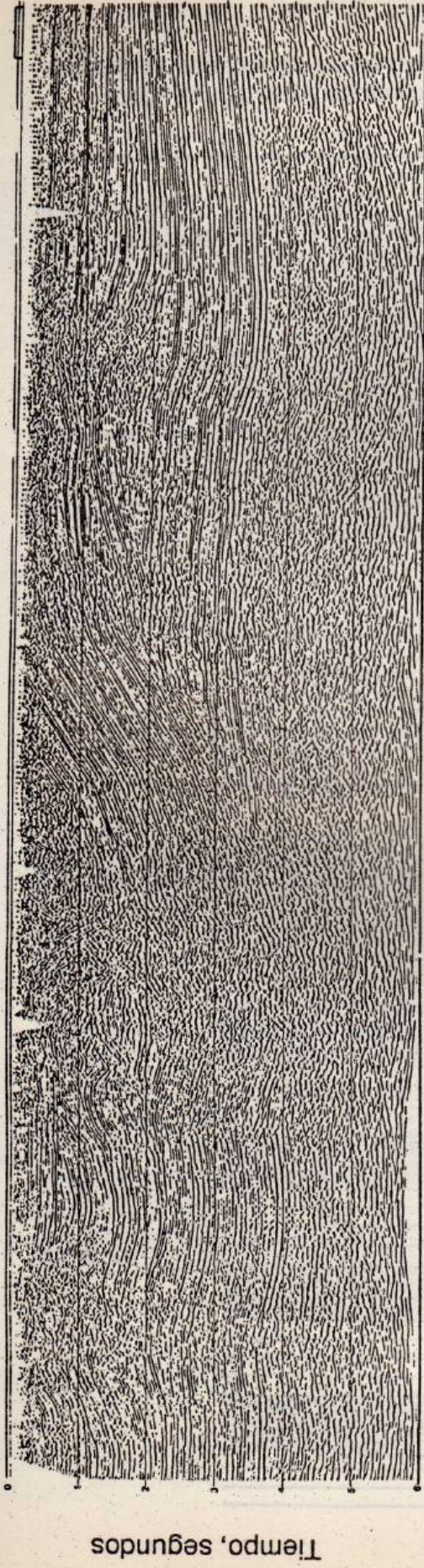


Duplex inclinado hacia el antepaís
(longitud de los "horses" < desplazamiento)

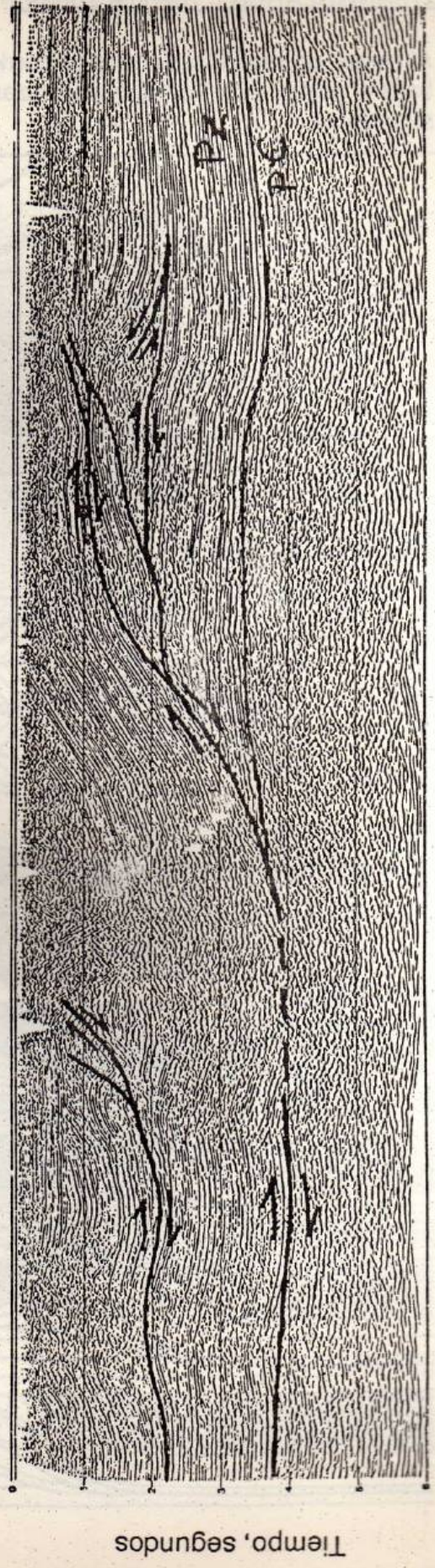
IMBRICACIONES

los números indican el orden de formación

Un buen ejemplo de las rampas y los duplex en el estado de Wyoming (EE. UU.):



perfil sísmico migrado

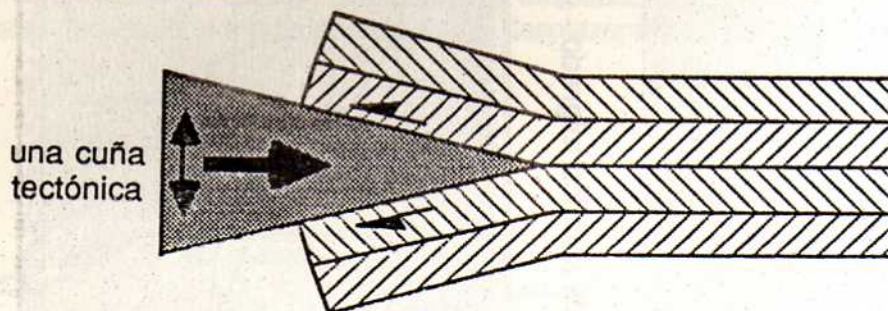


ZONAS TRIANGULARES ("Triangle Zones")

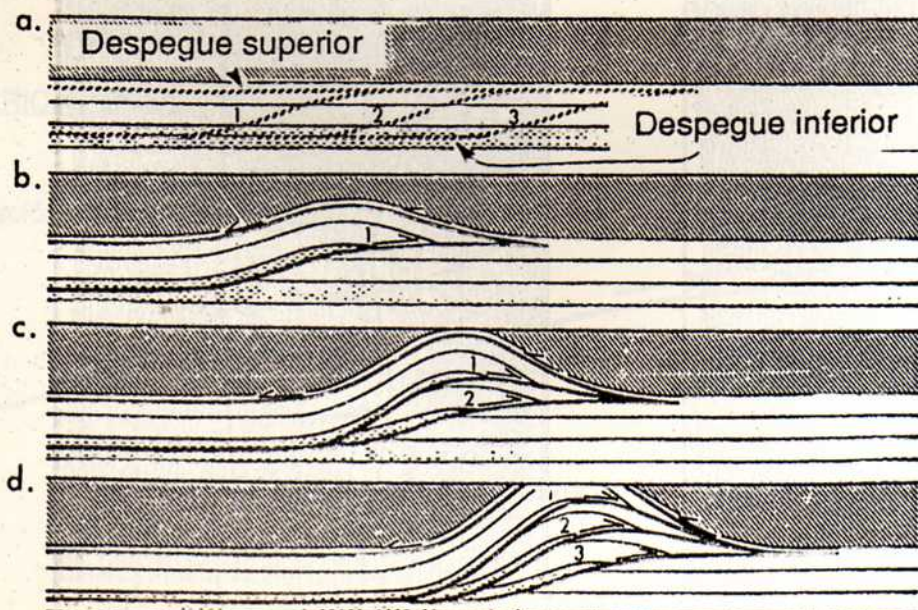
Al frente de muchos cinturones corridos existen áreas imbricadas conocidas bajo el nombre de zonas triangulares (ej. sinclinal de Alberta, ver figura siguiente)

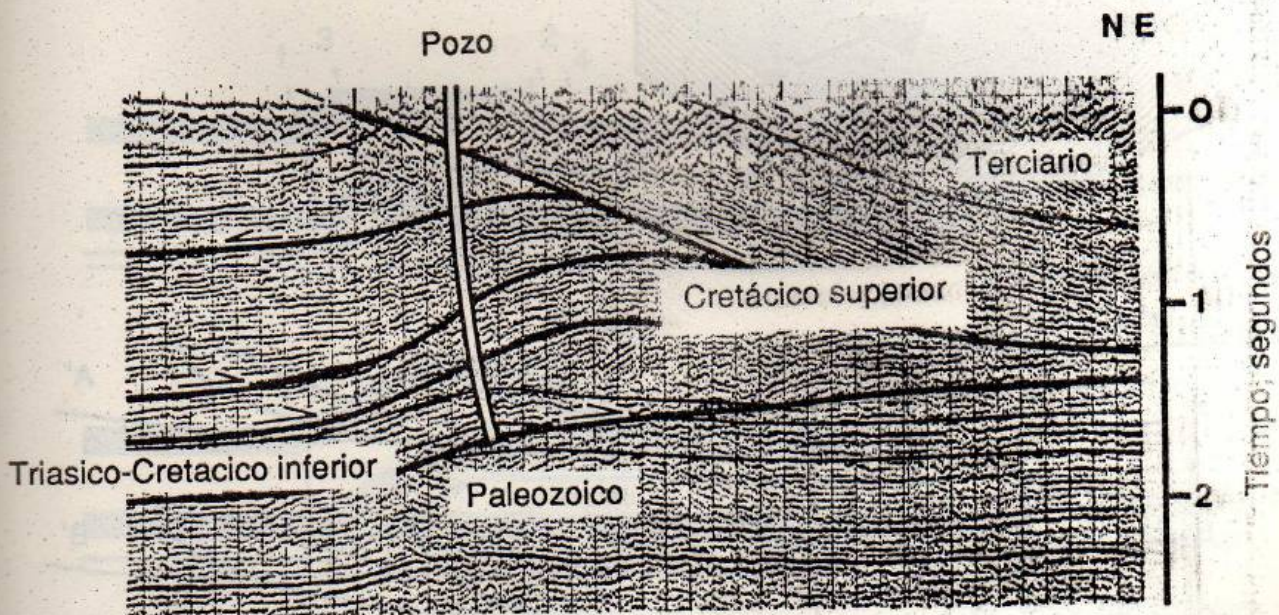
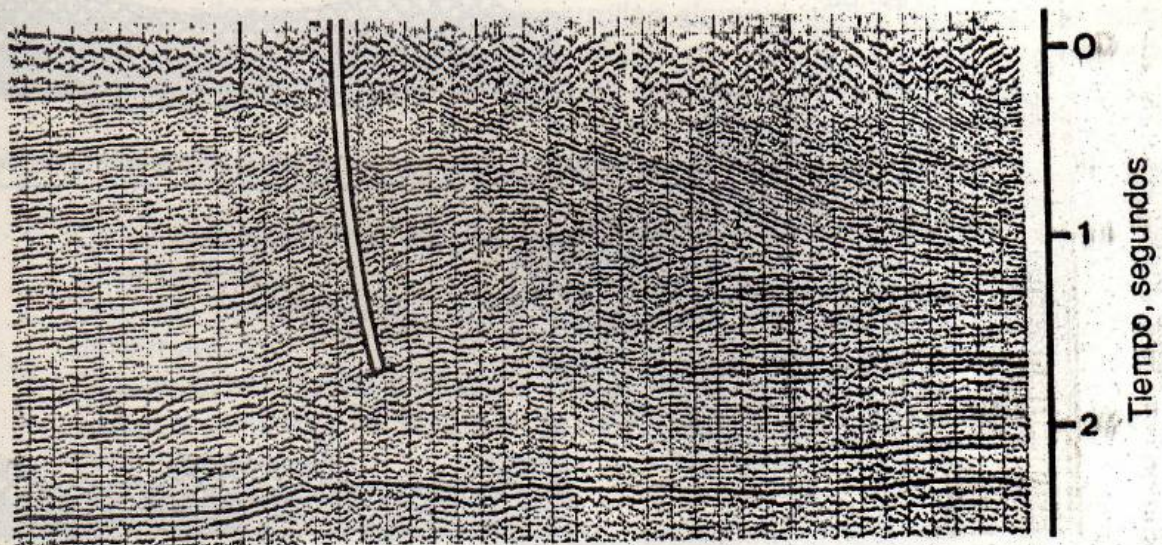


Modelos conceptuales:



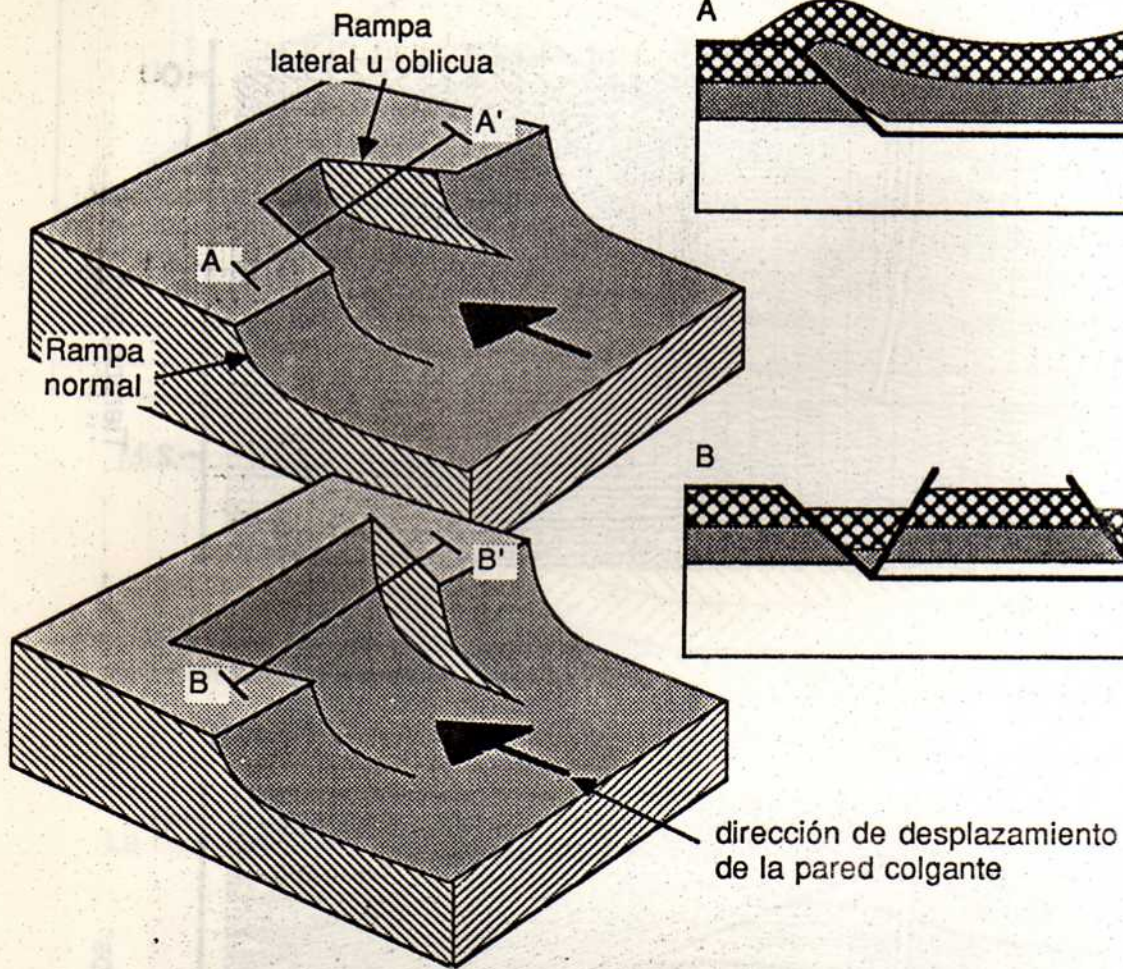
La figura inferior y perfiles sísmicos de la página siguiente, según Jones (1982)



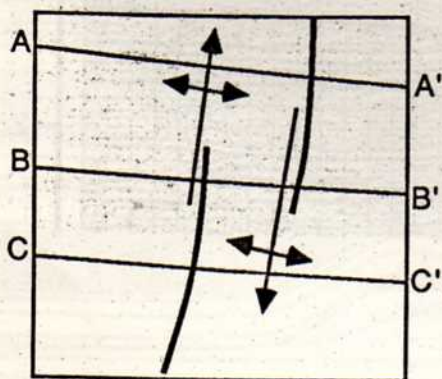


ASPECTOS TRIDIMENSIONALES DE LOS SOBRECORRIMIENTOS

Vista tridimensional de la pared basal de un corrimiento:



Zonas de Transferencia:



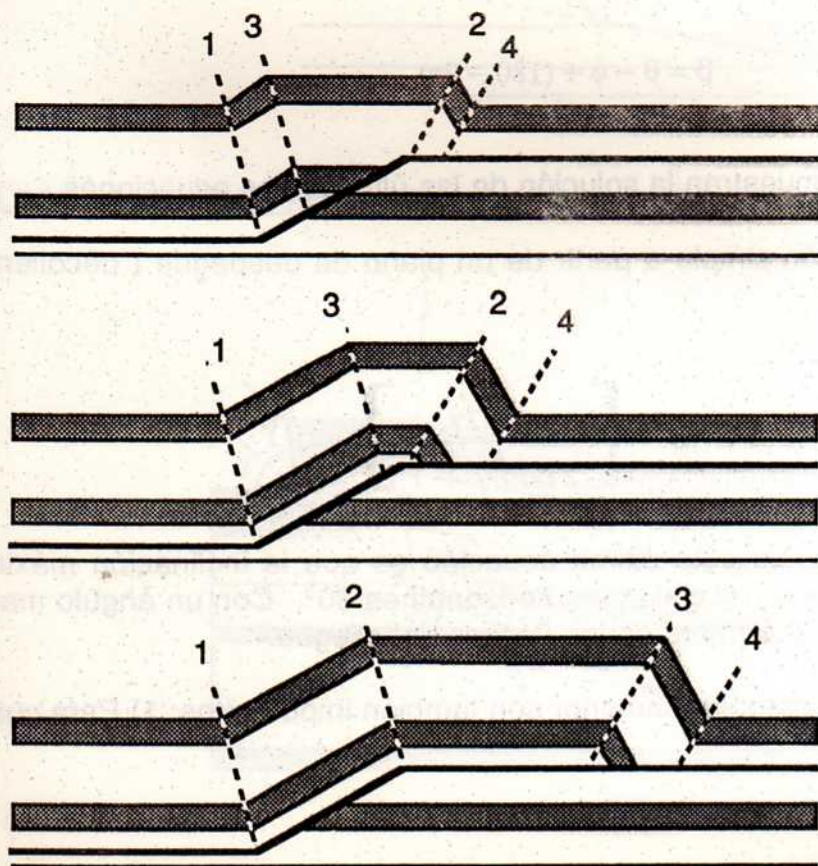
ANALISIS DETALLADO DE PLIEGUES RELACIONADOS A FALLAS

Suppe (1983, 1985, 1986) desarrolló un método preciso para analizar los pliegues en una faja de corrimientos. Este método se basa en el hecho que, en una faja de corrimientos, los pliegues mayores se desarrollan siempre sobre las zonas de rampas. La especial geometría de las rampas controla el tipo de pliegues. Estos se caracterizan por presentar formas de tipo "kink", muy fáciles de analizar por métodos cuantitativos.

El método de análisis se basa en cuatro premisas básicas:

1. Que los corrimientos tengan una geometría rampa-plano ideal (y las fallas no sean listricas);
2. Que no se produzcan cambios en el espesor de los estratos durante la deformación;
3. Que no exista cizalla paralela a los estratos horizontales; y
4. Que se conserve la longitud de las líneas estratales antes y después de la deformación.

Las últimas tres son las reglas del plegamiento paralelo. A continuación analizaremos dos tipos de estructuras utilizando los métodos de Suppe: 1) Los pliegues producidos por la flexión de fallas, y, 2) Los pliegues formados durante la propagación de una falla. La figura siguiente muestra la formación de pliegues por flexión de fallas.



Los ejes corresponden a:

1. Esquina inferior de la pared basal
2. Esquina superior de la pared basal
3. Esquina inferior de la pared colgante
4. Esquina superior de la pared colgante

Análisis del Plegamiento por flexión de fallas:

La ecuación más general que controla el plegamiento por flexión de fallas (ver página siguiente, 35, para los símbolos usados en las ecuaciones) es:

$$\phi = \text{tg}^{-1} \left\{ \frac{-\text{sen}(\gamma - \theta) [\text{sen}(2\gamma - \theta) - \text{sen} \theta]}{\cos(\gamma - \theta) [\text{sen}(2\gamma - \theta) - \text{sen} \theta] - \text{sen} \gamma \left[1 - \frac{\text{sen} \theta}{\text{sen}(\gamma - \theta)} \text{sen} \gamma \text{tg} \alpha \right]} \right\}$$

Si no hay cizalla paralela a los estratos horizontales ($\alpha = 0$), se puede simplificar la ecuación anterior a:

$$\phi = \text{tg}^{-1} \left\{ \frac{-\text{sen}(\gamma - \theta) [\text{sen}(2\gamma - \theta) - \text{sen} \theta]}{\cos(\gamma - \theta) [\text{sen}(2\gamma - \theta) - \text{sen} \theta] - \text{sen} \gamma} \right\}$$

El ángulo final de truncamiento, β es:

$$\beta = \theta - \phi + (180 - 2\gamma)$$

Los gráficos en la página 36 muestran la solución de las últimas dos ecuaciones.

En el caso de un escalón simple a partir de un plano de despegue ("décollement"), donde $\phi = \theta$:

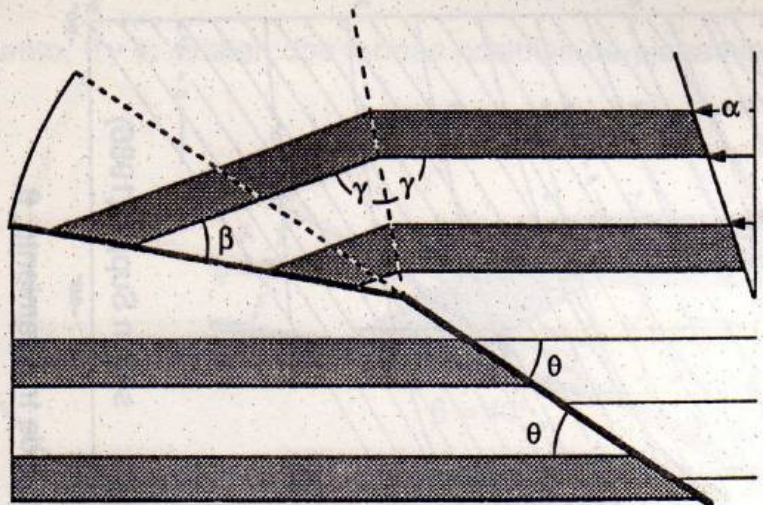
$$\phi = \theta = \text{tg}^{-1} \left\{ \frac{\text{sen} 2\gamma}{2 \cos^2 \gamma + 1} \right\}$$

Una consecuencia importante de esta última ecuación es que la inclinación máxima de una rampa formada a partir de un décollement horizontal es 30° . Con un ángulo mayor se produce adelgazamiento de los estratos en los flancos del pliegue.

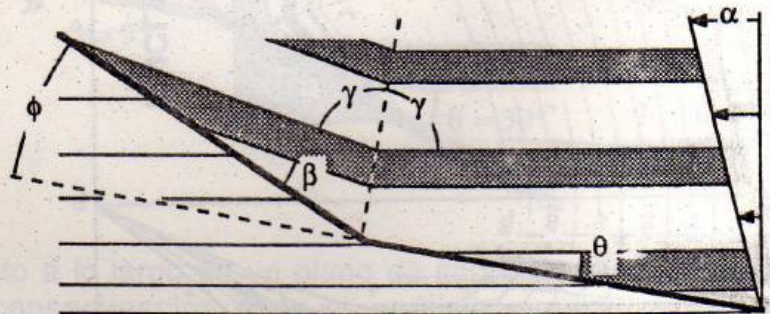
Otros dos resultados del análisis anterior son también importantes: 1) Para cualquier

PLEGAMIENTO POR FLEXION DE FALLAS ("Fault-bend folds")

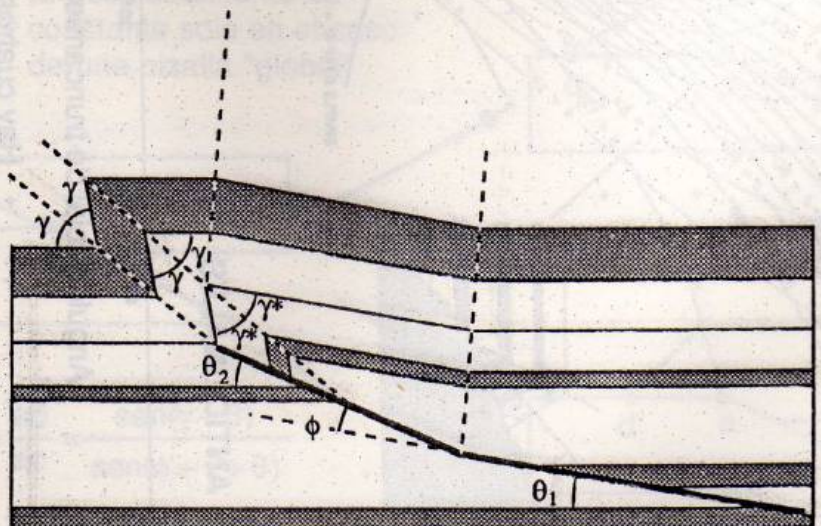
Anticlinal:



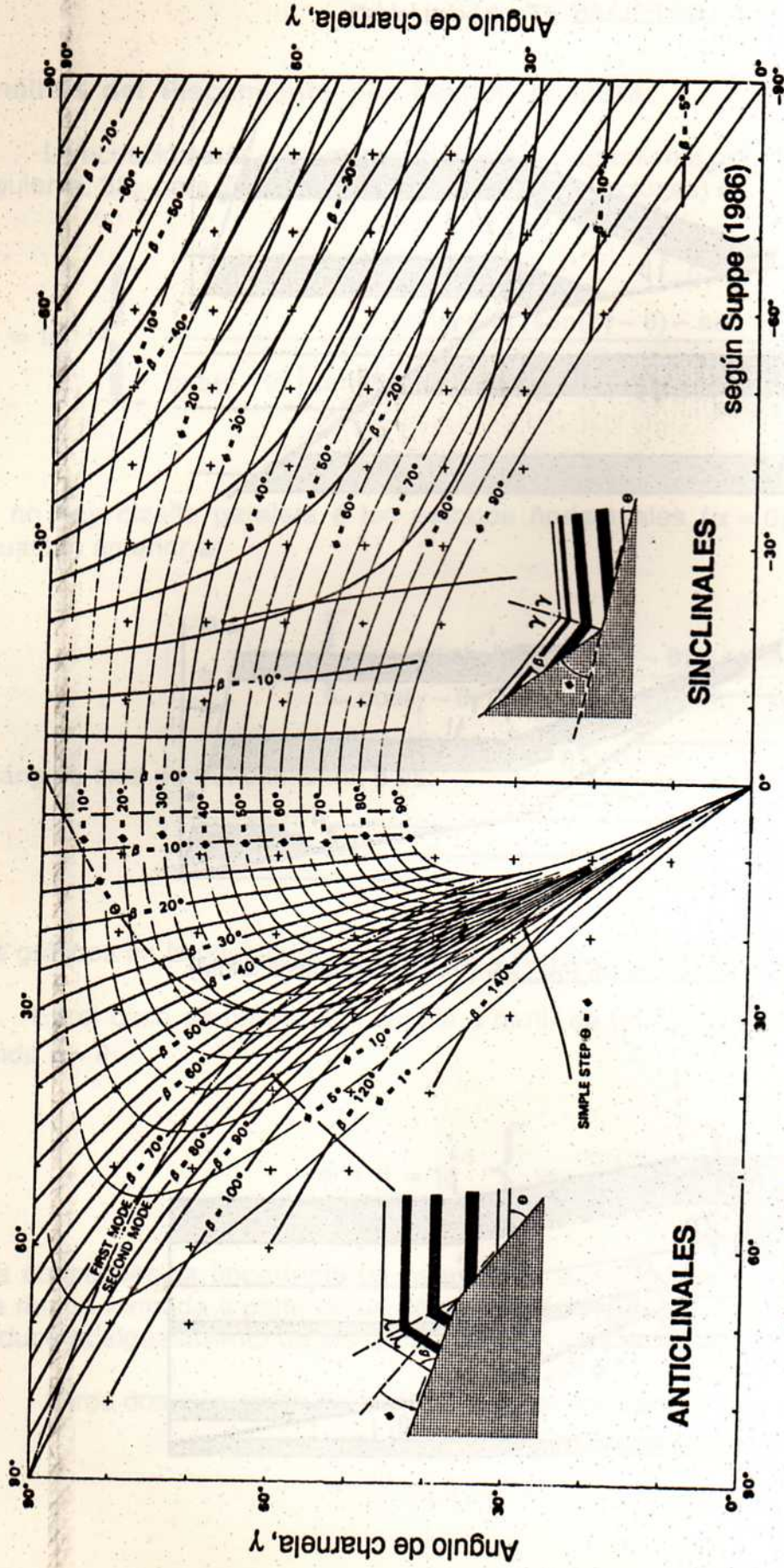
Sinclinal:



PLEGAMIENTO POR PROPAGACION DE FALLAS ("Fault-propagation folds")



Síntico de Suppe para Determinar los Angulos en un Análisis de Plegamiento por Flexión de Fallas

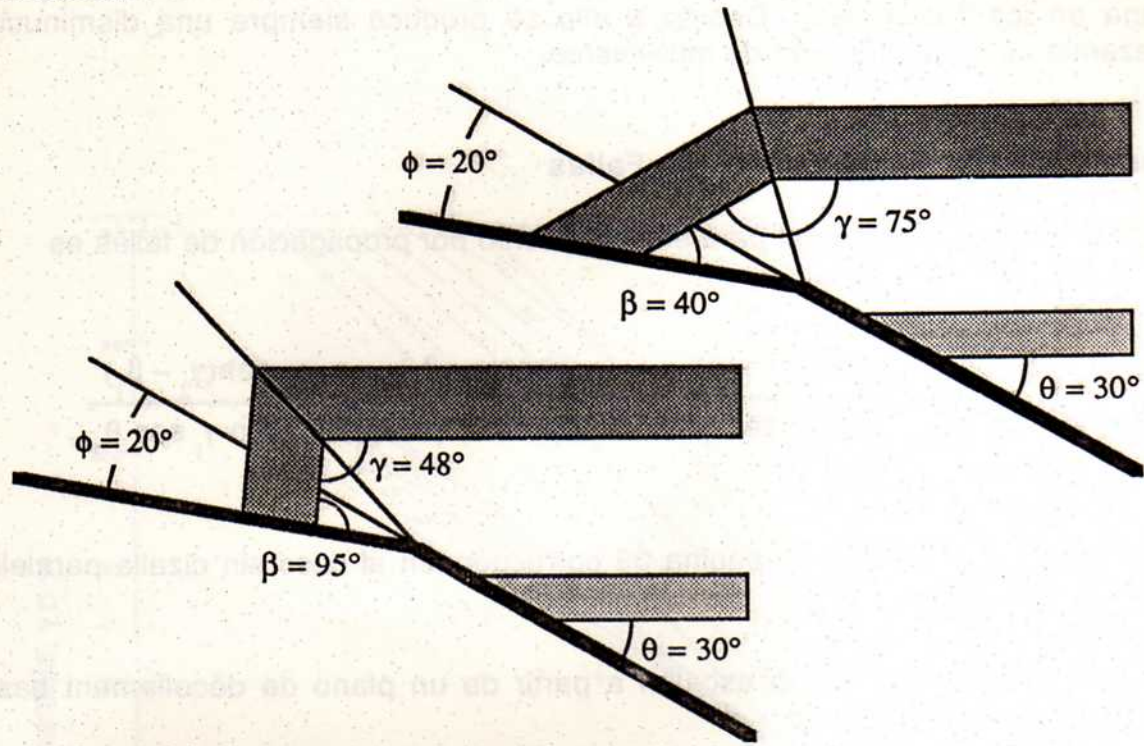


Angulo inicial de truncamiento, θ

Angulo inicial de truncamiento, θ

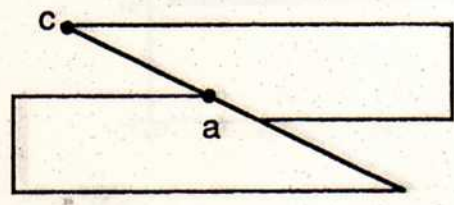
- Hay cuatros ángulos: $\theta, \phi, \beta, \gamma$
- Solo se necesita saber dos rie los cuatros y se puede determinar los otros
 - $\beta, \phi \rightarrow \gamma, \theta$
 - $\gamma, \theta \rightarrow \beta, \phi$
 - $\phi, \theta \rightarrow \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$
 - $\theta, \beta \rightarrow \gamma, \phi$
- En el campo, generalmente se puede determinar γ y a veces β o θ

ángulo de truncamiento, θ y ϕ , existen dos formas posibles de plegamiento, que se ilustran a continuación:

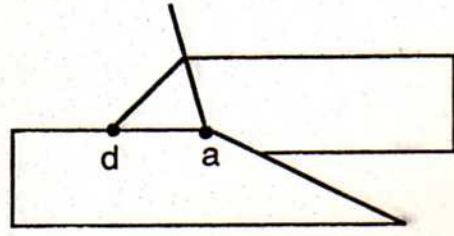
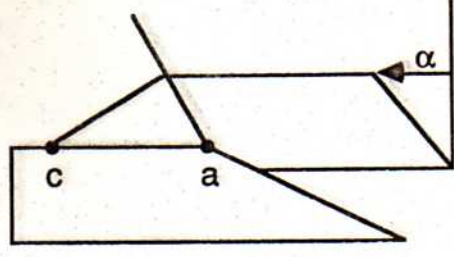


2) El desplazamiento a lo largo de un plano de sobrecorrimiento no es constante, lo cual tiene importantes consecuencias para el análisis general de un cinturón o faja de corrimientos:

El desplazamiento es constante solo en el caso de una cizalla "global"



$$R = \frac{ad}{ac} = \frac{\text{sen}(\gamma - \theta)}{\text{sen}(\phi + \gamma + \theta)}$$



• En el campo, generalmente se puede determinar γ y a veces β o θ

En los sinclinales, ($R > 1$) el desplazamiento aumenta en la dirección de movimiento; pero, en los anticlinales, ($R < 1$) el desplazamiento disminuye. En un sistema compuesto de anticlinales y sinclinales se pierde más desplazamiento en los anticlinales que lo que se gana en los sinclinales. Debido a ello se produce siempre una disminución del desplazamiento en la dirección de movimiento.

Plegamiento por Propagación de Fallas

La ecuación más general para el plegamiento por propagación de fallas es

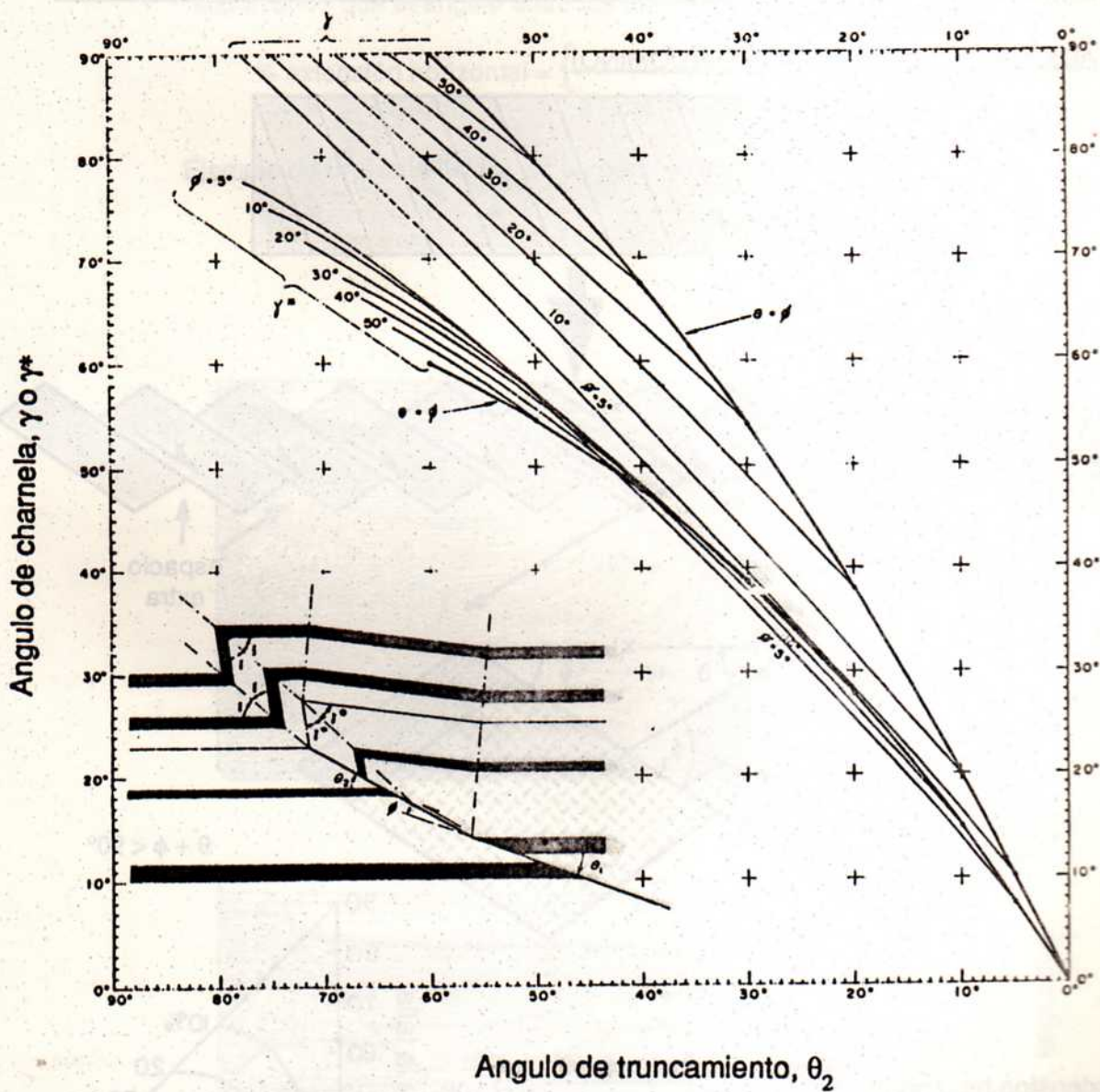
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{sen}(\gamma_1 - \gamma^*)}{\operatorname{sen} \gamma_1 \operatorname{sen} \gamma^*} + \frac{\operatorname{sen}(\gamma^* - \beta_1)}{\operatorname{sen} \gamma^* \operatorname{sen}(2\gamma^* - \beta_1)} - \frac{\operatorname{sen}(\gamma_2 - \beta_1)}{\operatorname{sen} \gamma_1 \operatorname{sen} \theta_2}$$

Las curvas en el gráfico de la página 39 corresponden al caso sin cizalla paralelo a los estratos ($\alpha = 0$).

En el caso simple de un escalón a partir de un plano de décollement basal (sin cizalla paralelo a los estratos):

$$2 \sec \theta - \cos \theta = \left\{ \frac{1 - 2\cos^2 \gamma^*}{\operatorname{sen} 2\gamma^*} \right\}$$

Gráfico de Suppe para Determinar los Angulos en un Análisis de Plegamiento por Propagación de Fallas



según Suppe (en Woodward et al., 1985)

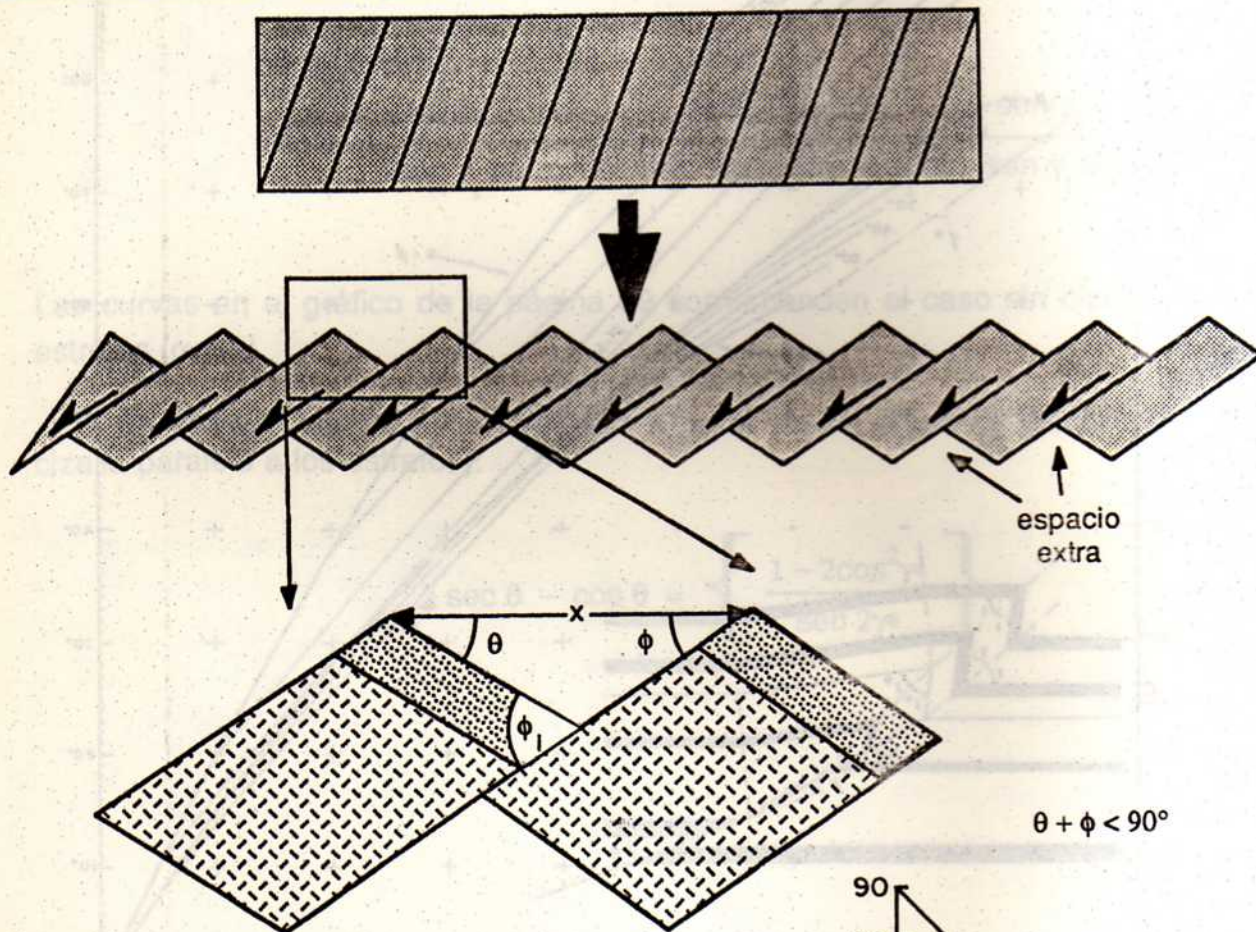
GEOMETRIA ESTRUCTURAL EXTENSIONAL

(según Wernicke y Burchfiel, 1982)

CLASIFICACION DE LAS FALLAS EXTENSIONALES

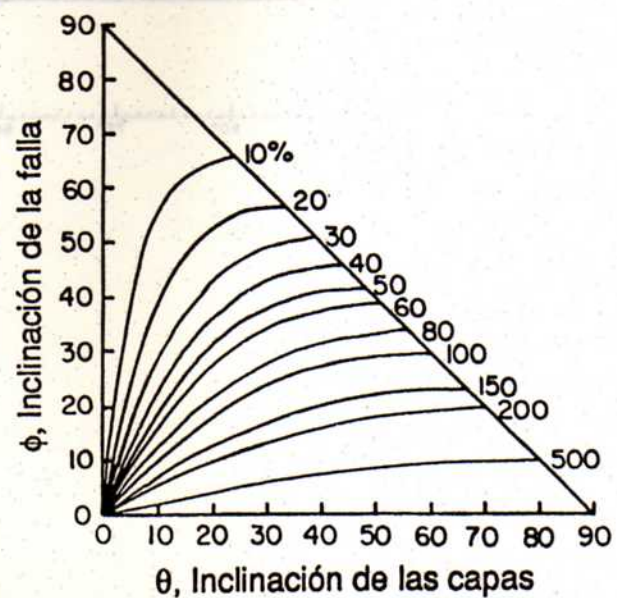
	Elementos rotados	Geometría de las fallas
No Rotacional		Planar
Rotacional	Estratos	Lítrica
	Estratos y fallas	Planar (dominó) y/o Lítrica

ROTACIONAL: FALLAS PLANARES (DOMINO)

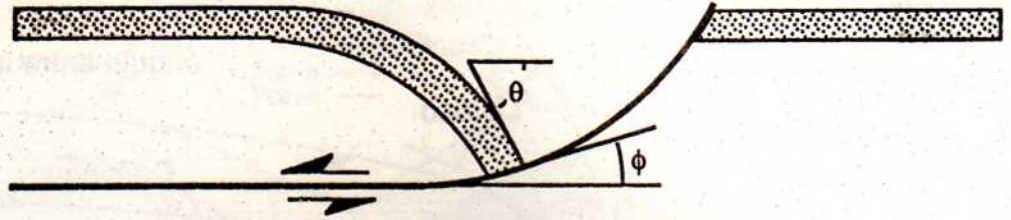


$$\% \text{ extension horizontal} = (x - 1) 100 = \left\{ \frac{\text{sen}(\phi + \theta)}{\text{sen} \phi} - 1 \right\} 100$$

$$\% \text{ extension horizontal} = (x - 1) 100 = \left\{ \frac{\text{sen} \phi_1}{\text{sen}(\phi_1 - \theta)} - 1 \right\} 100$$



ROTACIONAL: FALLAS LISTRICAS



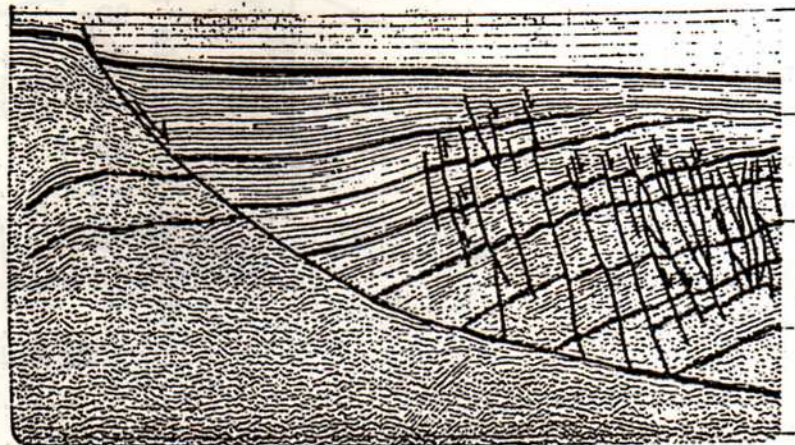
suponiendo que el ángulo entre los estratos y la falla es constante:

$$\% \text{ extensión horizontal} = \left\{ \frac{2}{\theta \left[\cot\left(\frac{\theta}{2}\right) - \cot(\theta + \phi) \right]} - 1 \right\} 100$$

Ejemplo de una falla listrica en un perfil sísmico de reflexión:

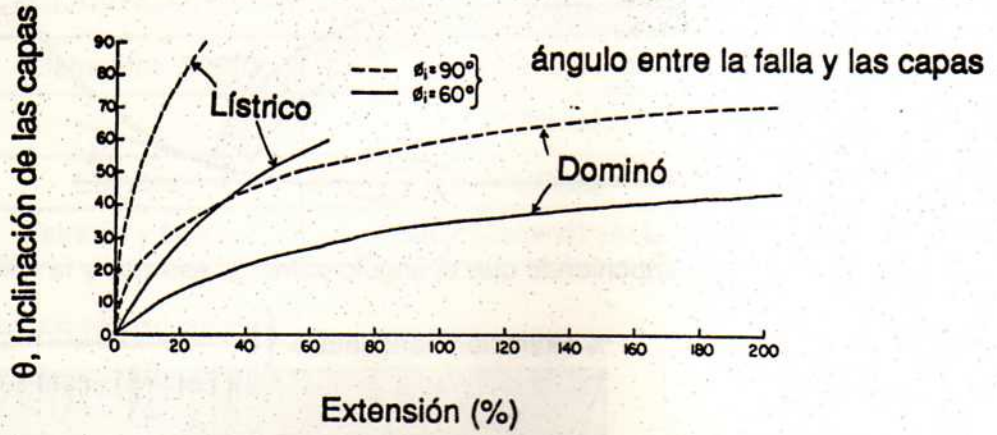


Tiempo, segundos

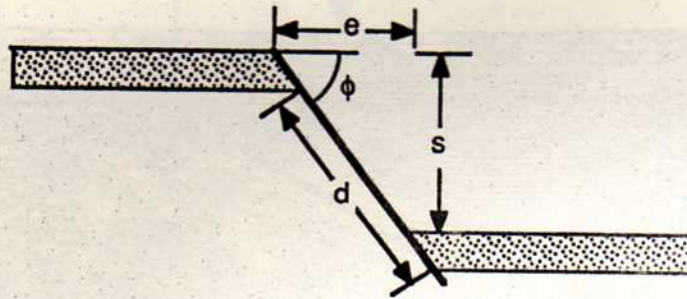


Tiempo, segundos

El modelo de dominó ("tilted block") puede producir una extensión mucho mayor que el modelo lístrico para una rotación de estratos equivalentes, como se muestra en el gráfico siguiente:



NO ROTACIONAL: FALLAS PLANARES



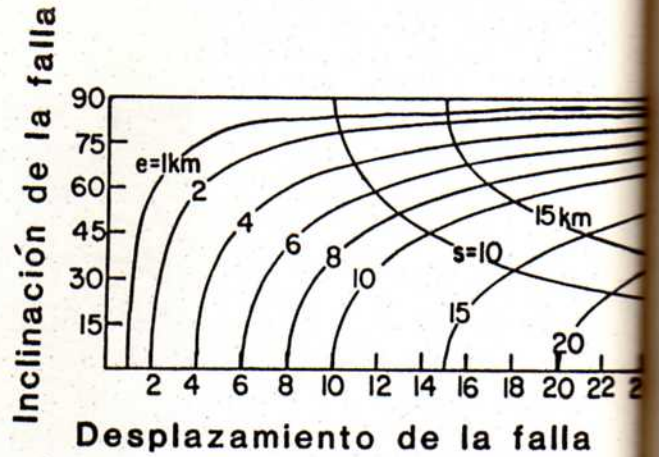
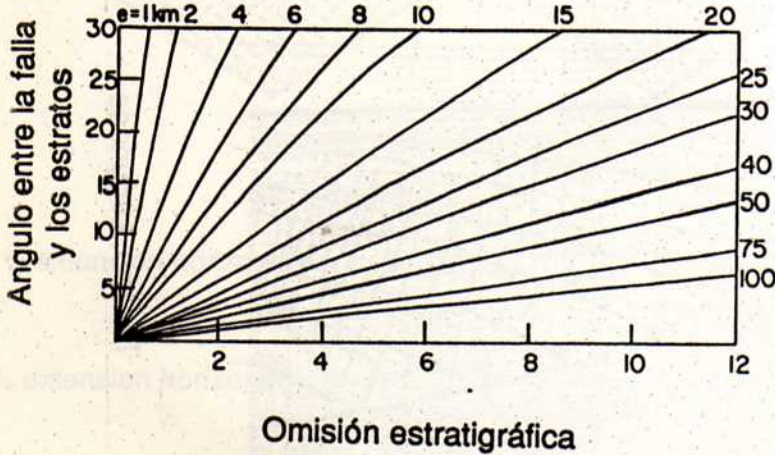
Estas ecuaciones se aplican para fallas de alto o bajo ángulo:

$$e = d \cos \phi$$

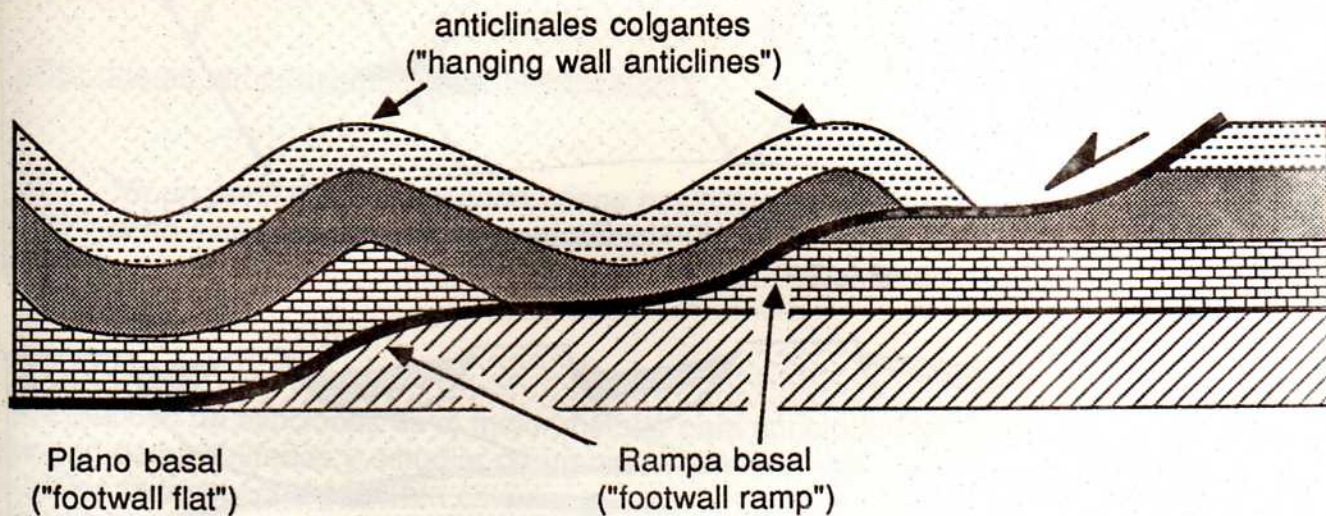
$$s = d \sin \phi$$

$$s = e \tan \phi$$

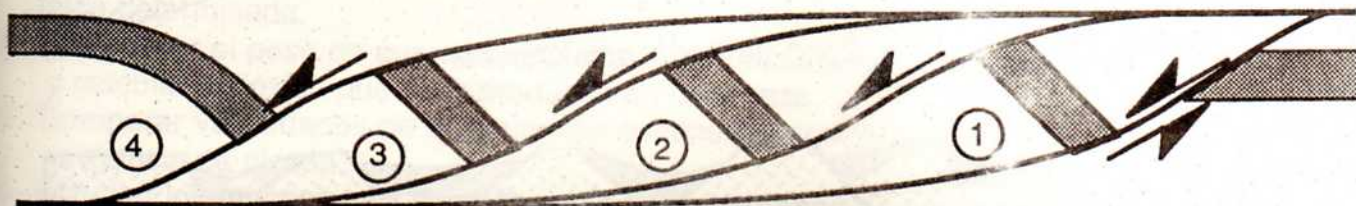
Los gráficos siguientes muestran las relaciones entre: 1) la inclinación de la falla y el desplazamiento, y 2) el ángulo entre la falla y los estratos y la omisión estratigráfica:



SEMEJANZAS GEOMETRICAS ENTRE FALLAS EXTENSIONALES Y CINTURONES CORRIDOS



Duplexes Extensionales



los números indican el orden de formación

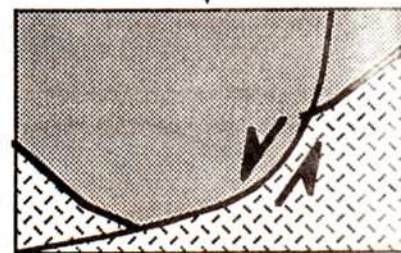
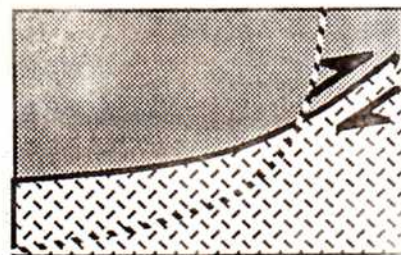
RELACIONES ENTRE FALLAS EXTENSIONALES Y CORRIMIENTOS PREEXISTENTES

Ejemplo clásico: Un corrimiento se reactiva por falla directa en la zona de rampa



DT = desplazamiento total

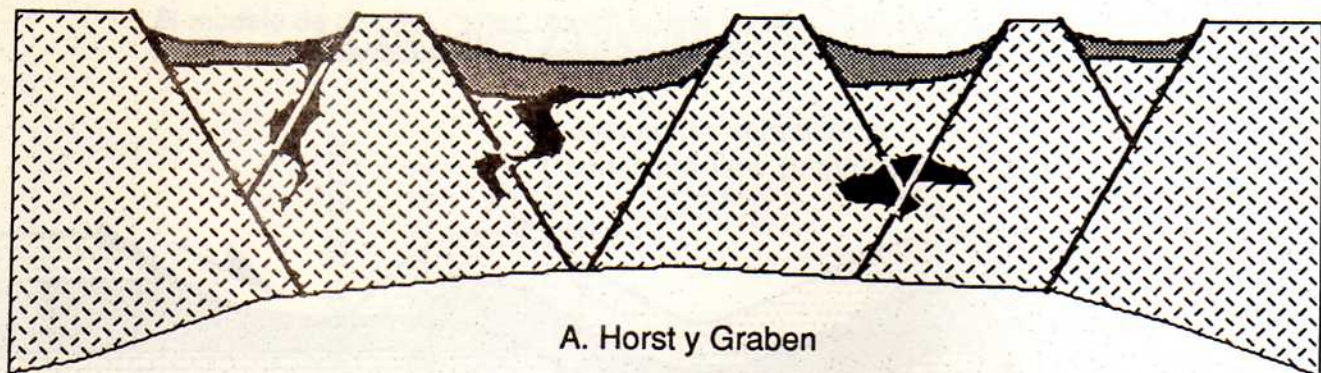
DT = Ext + Acort.



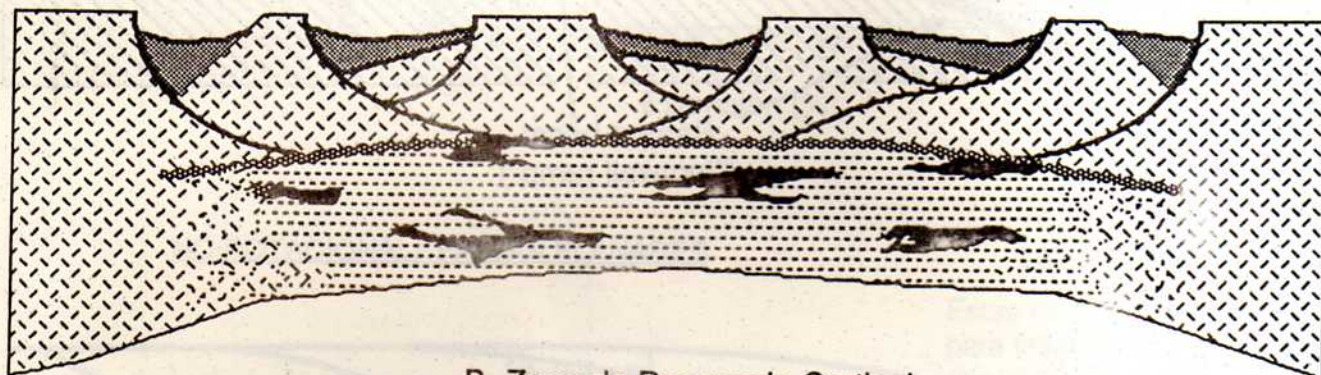
DT = Ext - Acort.

15 km
20
8 20 22 2
falla

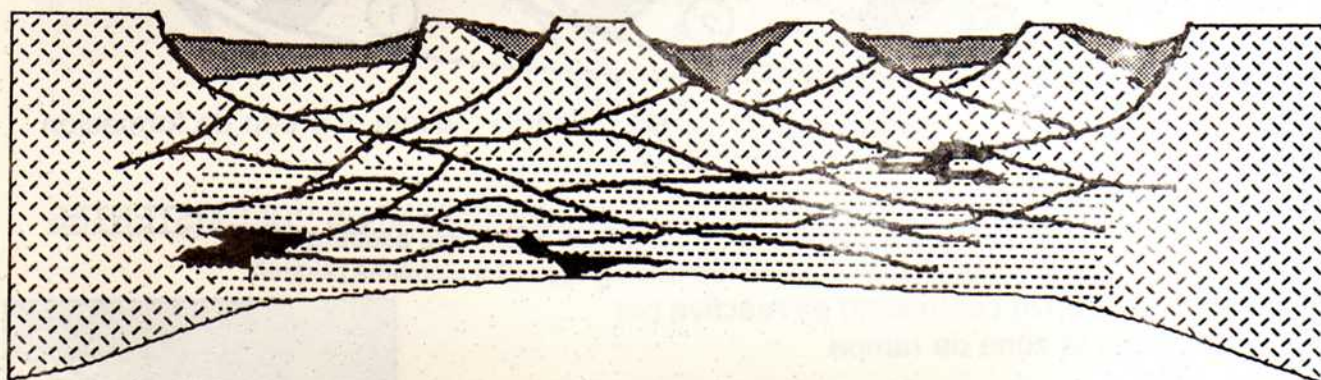
MODELOS DE RIFTS INTRACONTINENTALES



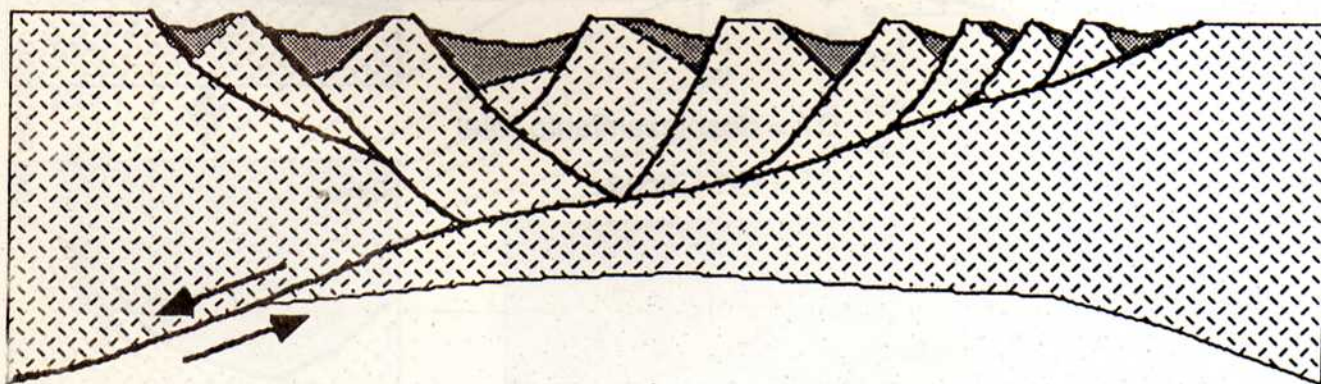
A. Horst y Graben



B. Zona de Desacople Cortical



C. Lentas y Zonas de Cizalla Anastomosadas



D. Falla directa de bajo ángulo afectando la totalidad de la Corteza

PERFILES BALANCEADOS

¿Por que se construyen perfiles balanceados?

"Si un perfil está balanceado, tiene posibilidades de ser correcto si no está balanceado, no es correcto."

- Dahlstrom, 1969

El balanceo de secciones es el mejor método para construir perfiles estructurales con datos limitados y estudiar de un modo cuantitativo la deformación. Los perfiles balanceados permiten calcular la magnitud del acortamiento o extensión en una zona, lo cual puede servir de base para:

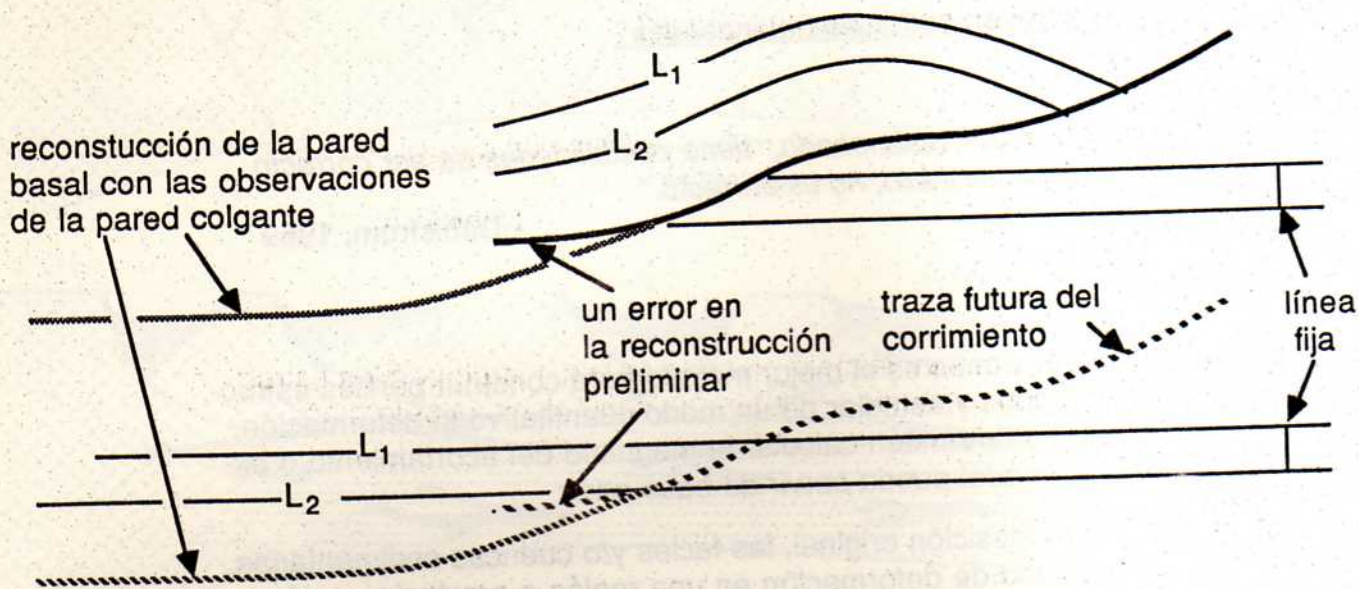
1. Reconstruir, en su posición original, las facies y/o cuencas sedimentarias.
2. Calcular la velocidad de deformación en una región o provincia geológica determinada.
3. Determinar el peso de cuerpos alóctonos (compresionales o extensionales) y calcular la flexión que ellos producen en la corteza.
4. Comparar velocidades de deformación continental con velocidades de convergencia de placas.
5. Estudiar los mecanismos de deformación en cinturones de corrimientos, etc.

Quizás el mejor ejemplo de la utilidad del método sea su uso extensivo en las empresas petroleras. La vida profesional de los geólogos que allí trabajan depende mucho más de la calidad de los perfiles que en el caso de los geólogos académicos.

Premisas básicas

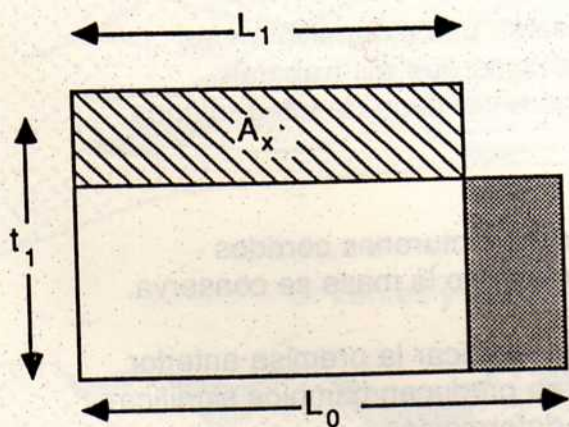
1. La materia no se crea ni destruye (Einstein). En los cinturones corridos muy poca materia se convierte en energía. Por lo tanto la masa se conserva.
2. En los cinturones corridos subaéreos se puede simplificar la premisa anterior al considerar que el volumen se conserva y no se producen cambios significativos en la densidad de las rocas a causa de la deformación.
3. Las áreas son un orden de magnitud menor que el volúmen (se necesitan diez veces menos datos y cálculos). Si la deformación es plana ("plane strain"), se puede suponer que las áreas se conservan
4. Las líneas son aún un orden de magnitud más simple de analizar que las áreas.

Métodos comunes :1) Balance de la longitud de líneas estratales:



El supuesto básico del balance de la longitud de líneas estratales es que el plegamiento sea de tipo flexo-deslizante ("flexural slip"). Este tipo de análisis no es válido en el caso de plegamiento por flujo ("flexural flow").

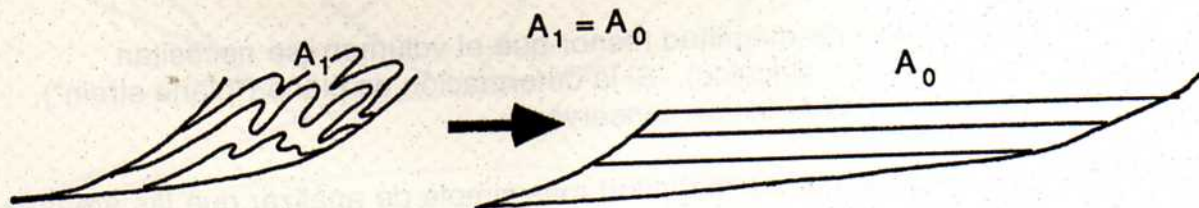
2). Balance de áreas:



t_1 = profundidad al plano de despegue ("décollement")

$$t_1 = \frac{A_x}{L_0 - L_1}$$

A_x = exceso de área



El balance de áreas se cumple también en el caso de plegamiento por flujo

PROBLEMAS COMUNES EN EL BALANCEO DE SECCIONES

1. Deformación tridimensional fuera del perfil:

- fallas con desplazamiento en el rumbo paralelas al cinturón corrido
- rampas laterales

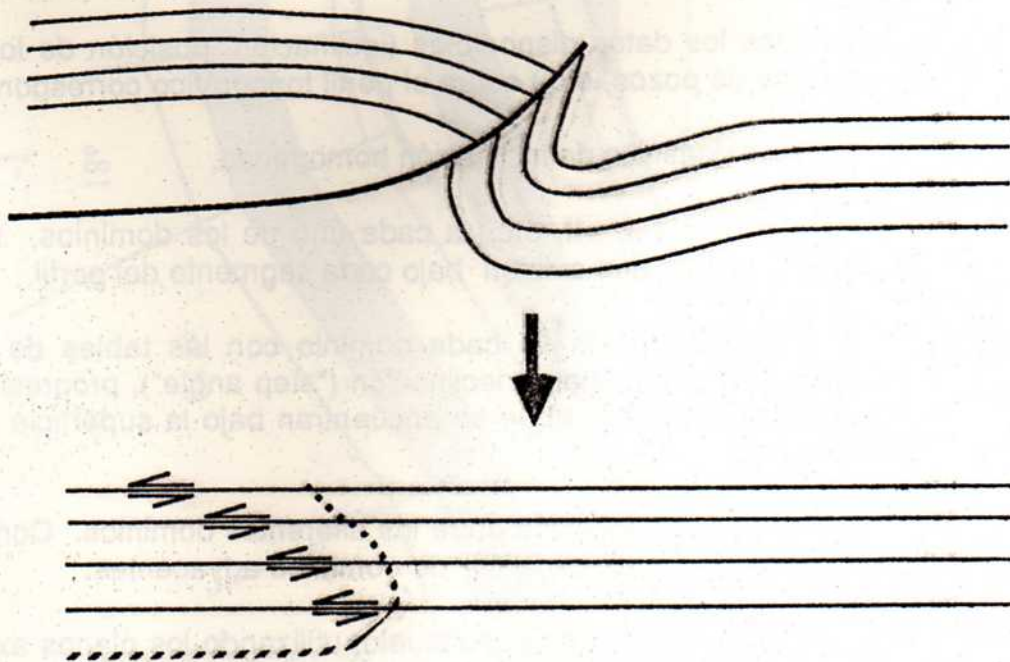
2. Cambios de volumen

- compactación sintectónica de los estratos
- disolución por presión ("pressure solution")
- intrusiones y diapiros

3. Utilizar la premisa de desplazamiento constante

- resulta en una cizalla "global"

4. Estratos volcados:



- una traza supuesta de los corrimientos irreal
- una "cizalla global" en el alóctono a la izquierda

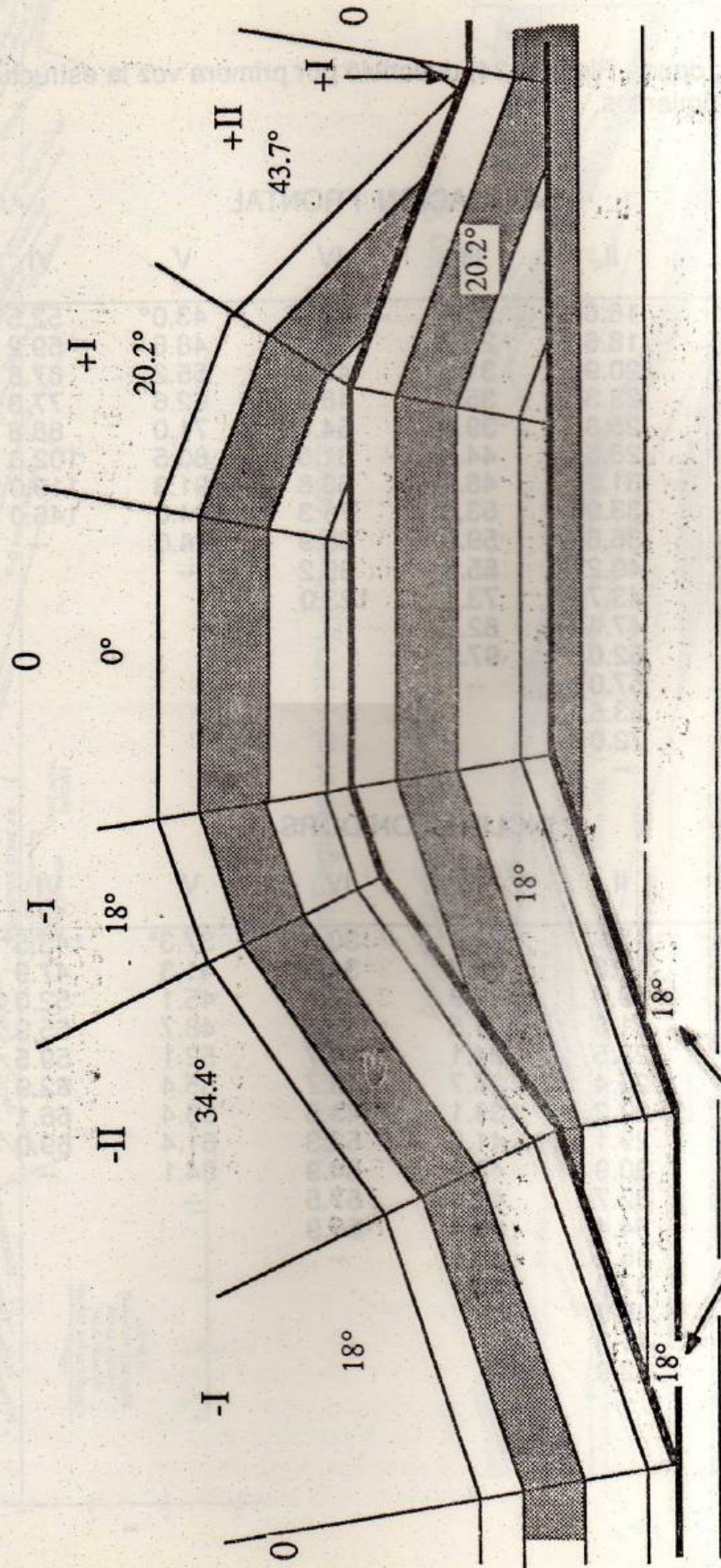
"DOMINIOS DE INCLINACION" DE SUPPE -- METODO DE BALANCE DE PLIEGUES ASOCIADOS A LA FLEXION DE FALLAS EN UN CINTURON DE CORRIMIENTOS

Basándose en el análisis de los pliegues inducidos por la flexión de fallas, Suppe (1983, 1985; Woodward et al., 1985) elaboró un nuevo método para construir perfiles balanceados. Los supuestos fundamentales de este método son: 1) En un sistema de corrimientos, la inclinación ("step up angle") de las rampas en el primer escalón a partir del décollement basal, es siempre constante. 2) Cada "dominio" de inclinación homogénea que se observe en las secuencias aflorantes en superficie o sea detectado en pozos, indica la presencia de una rampa (o una serie de rampas) en el subsuelo. Los perfiles construidos por este método quedan automáticamente balanceados.

El dibujo de la página 49 ilustra los conceptos básicos del método. En este caso, las rampas basales poseen un "step angle" inicial de 18°. En superficie se distinguen varios dominios de inclinación homogénea: 1) Dominios frontales (+I, +II) y, 2) Dominios dorsales (-I, -II, etc.), con inclinación creciente a partir de la zona de charnela (Dominio 0) del anticlinal. El número asignado a cada dominio indica el número de rampas que existen bajo la superficie (bajo el dominio +I, una rampa, bajo el -II, dos, etc.). Los planos que bisectan los ángulos entre cada par de dominios contiguos limitan los extremos de las rampas en el subsuelo. Para construir una sección balanceada utilizando este método se debe proceder, según Suppe (en Woodward et al., 1985), de la siguiente forma:

1. Ubicar todos los datos disponibles (inclinación, posición de los afloramientos, fallas, datos de pozos, etc.) sobre el perfil topográfico correspondiente.
2. Identificar los dominios de inclinación homogénea.
3. Asignar números (+I, +II, etc.) a cada uno de los dominios. Estos indican el número de rampas que existen bajo cada segmento del perfil.
4. Comparar la inclinación de cada dominio con las tablas de la página 50 y utilizarlas para determinar la inclinación ("step angle"), progresivamente menor, de las diferentes rampas que se encuentran bajo la superficie en cada uno de los dominios.
5. Ubicar las líneas de inflexión entre los diferentes dominios. Construir los planos axiales bisectores para cada par de dominios adyacentes.
6. Interpretar la estructura en el subsuelo, utilizando los planos axiales bisectores como límite de las rampas. Esta etapa es difícil y requiere de una gran experiencia.

En la página 51 se presenta un ejemplo de la aplicación del método en una zona al



18° ángulo de escalón inicial
 ("fundamental step-up angle")

sur de los Apalaches, donde Rich (1934) describió por primera vez la estructura de rampas de un cinturón de corrimientos.

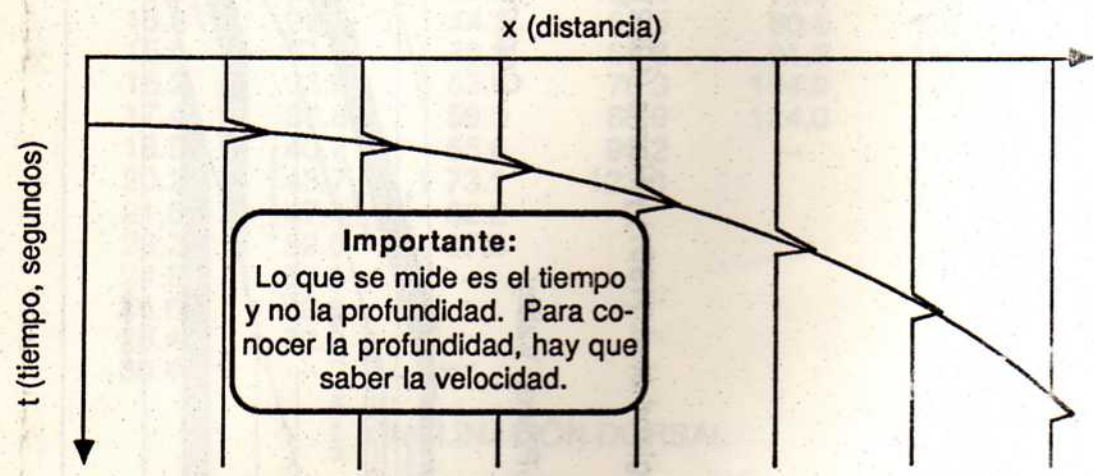
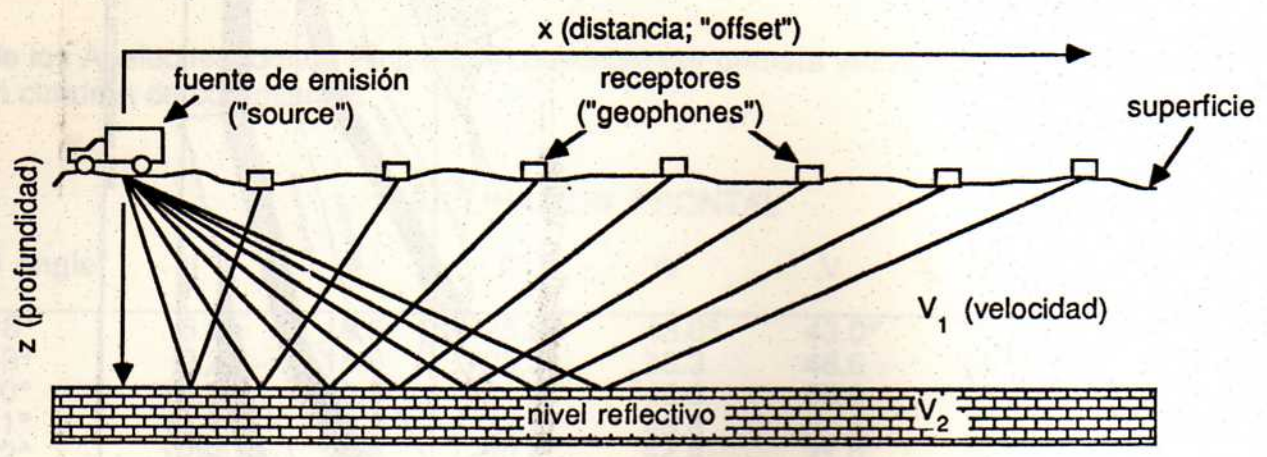
INCLINACION FRONTAL

'Step angle"	I	II	III	IV	V	VI	VII
8°	8.2°	16.6°	25.2°	43.0°	43.0°	52.5°	61.6°
9°	9.2	18.6	28.3	38.3	48.6	59.2	70.2
10°	10.3	20.9	31.9	43.3	55.2	67.6	80.6
11°	11.4	23.3	35.7	48.8	62.6	77.3	93.1
12°	12.6	25.8	39.8	54.8	71.0	88.8	109.0
13°	13.8	28.5	44.3	61.5	80.5	102.0	128.0
14°	15.0	31.2	48.9	68.6	91.3	119.0	160.0
15°	16.2	33.9	53.6	76.3	104.0	146.0	--
16°	17.4	36.8	59.0	85.9	124.0	--	--
17°	18.8	40.2	65.6	99.2	--	--	--
18°	20.2	43.7	73.1	123.0	--	--	--
19°	21.6	47.4	82.2	--	--	--	--
20°	23.2	52.0	97.6	--	--	--	--
21°	24.8	57.0	--	--	--	--	--
22°	26.6	63.6	--	--	--	--	--
23°	28.4	72.0	--	--	--	--	--
24°	30.4	--	--	--	--	--	--

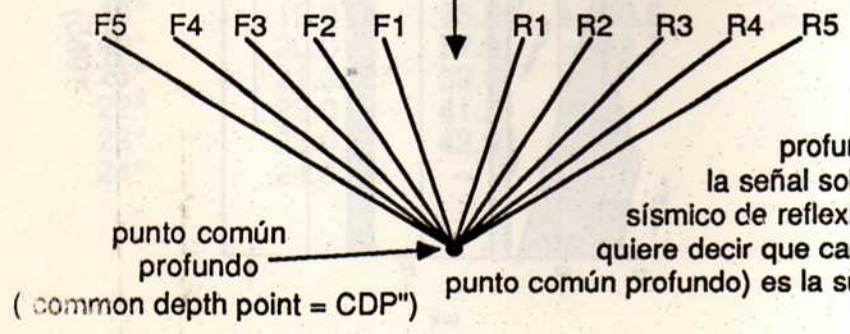
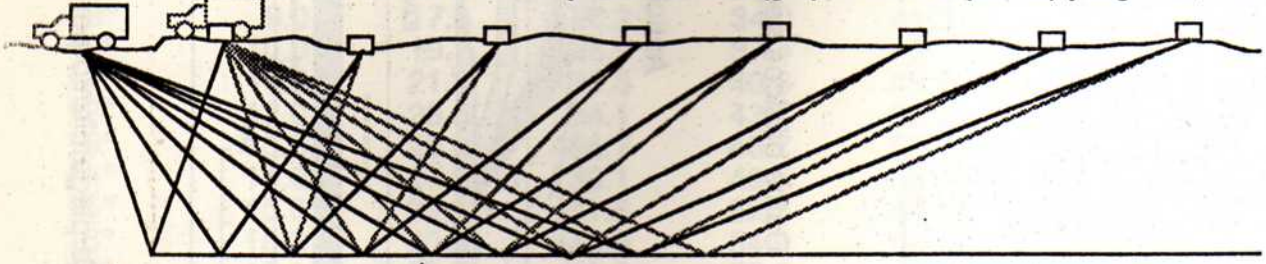
INCLINACION DORSAL

	I	II	III	IV	V	VI	VII
8°	8.0°	15.9°	23.4°	30.6°	37.3°	43.5°	49.3°
9°	9.0	17.8	26.2	34.0	41.3	47.9	53.9
10°	10.0	19.7	28.9	37.4	45.1	52.0	58.2
11°	11.0	21.6	31.5	40.6	48.7	55.9	62.2
12°	12.0	23.5	34.1	43.7	52.1	59.5	65.9
13°	13.0	25.4	36.7	46.7	55.4	62.9	69.4
14°	14.0	27.2	39.1	49.5	58.4	66.1	72.5
15°	15.0	29.1	41.5	52.3	61.4	69.0	75.5
16°	16.0	30.9	43.9	54.9	64.1	--	--
17°	17.0	32.7	46.2	57.5	--	--	--
18°	18.0	34.4	48.4	59.9	--	--	--
19°	19.0	36.2	50.6	--	--	--	--
20°	20.0	37.9	52.7	--	--	--	--
21°	21.0	39.6	--	--	--	--	--
22°	22.0	41.3	--	--	--	--	--
23°	23.0	42.9	--	--	--	--	--
24°	24.0	--	--	--	--	--	--

PRINCIPIOS BASICOS DE LA SISMICA DE REFLEXION



Los sistemas modernos tienen entre 96 y 120 canales (grupos de receptores) y algunos, más de 1000



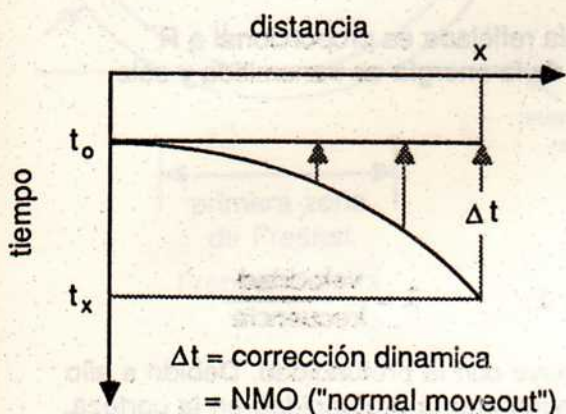
Las trazas se ordenan por punto común profundo. Con este método se puede aumentar la señal sobre el ruido. Cuando se dice que un perfil sísmico de reflexión tiene un cubrimiento ("fold") de 2400% quiere decir que cada traza en el perfil (que corresponde a un punto común profundo) es la suma de 24 trazas recolectadas en terreno.

VELOCIDADES:

La determinación de velocidades es muy importante por dos razones:

- (1ª) La calidad del procesamiento está directamente vinculada con la correcta determinación de las velocidades, y
- (2ª) Para construir un perfil geológico, hay que conocer la manera de transformar los valores de tiempo en profundidad.

La resolución de velocidades está directamente vinculada con la distancia, x , entre la fuente y el receptor más lejano ("offset")

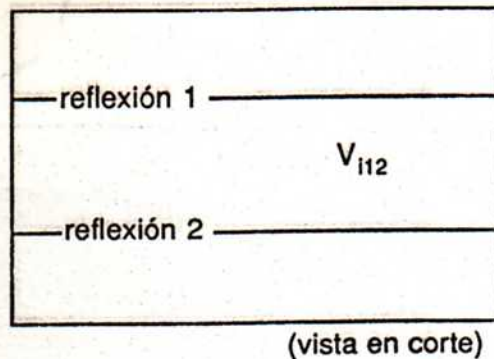
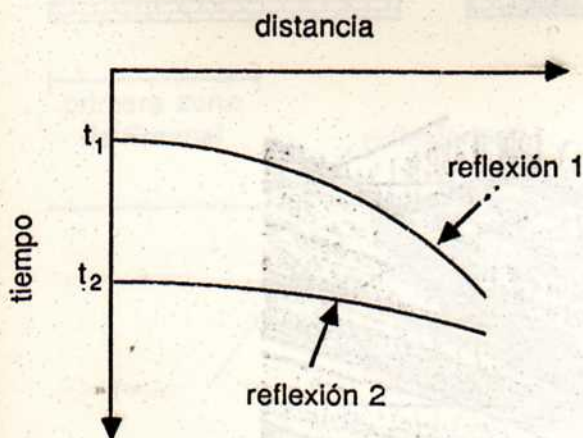


$$t_x^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{V_s^2}$$

$$\Delta t = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{V_s^2}} - t_0$$

$$V_s = \sqrt{\frac{x^2}{t_x^2 - t_0^2}}$$

La velocidad de "stacking", V_s , no tiene una relación directa con la velocidad de la onda en la roca, y por eso se necesita calcular la velocidad del intervalo, V_i , entre dos reflexiones sucesivas



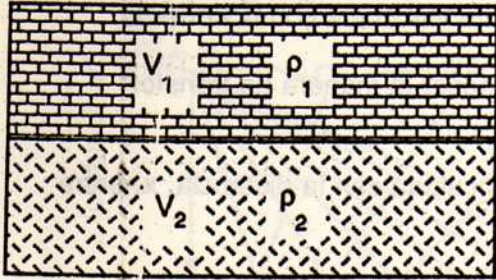
La ecuación de Dix indica la velocidad del intervalo: $V_{i12}^2 = \frac{V_{s2}^2 t_2 - V_{s1}^2 t_1}{t_2 - t_1}$

1000

omún
mentar
perfil
400%
a un
rreno.

¿QUE FACTORES CONTROLAN LA EXISTENCIA DE REFLEXIONES?

Las diferencias en la impedancia acústica a través de un contacto geológico producen la reflexión de las ondas sísmicas



impedancia acústica = $V \rho$ ρ = densidad
("acoustic impedance")

coeficiente de reflexión = $R = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1}$
("reflection coefficient")

En la Tierra, R es muy pequeño ($R = 0,01$). La energía reflejada es proporcional a R y, por eso, en la mayoría de los contactos, el 99,9% de la energía es transmitida y sólo un 0,01% se refleja.

RESOLUCION:

La resolución es una función de la longitud de onda, λ :

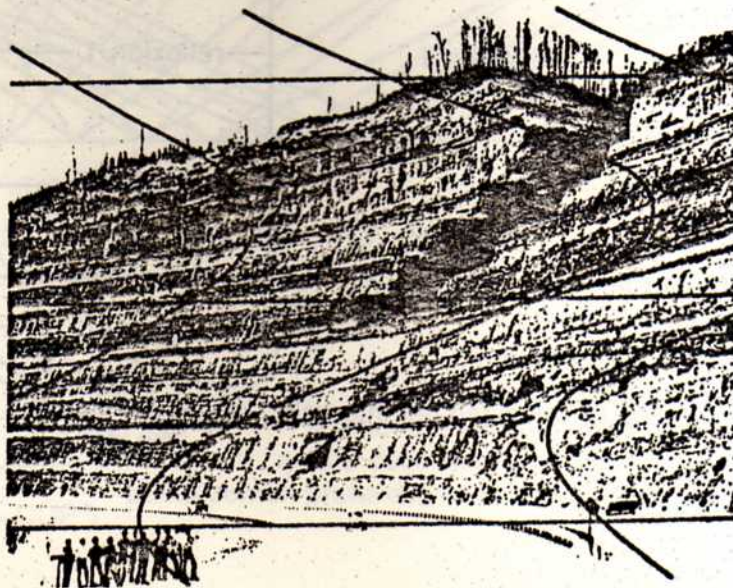
$$\lambda = \frac{\text{velocidad}}{\text{frecuencia}}$$

En la Tierra, la velocidad sube y la frecuencia disminuye con la profundidad. Debido a ello los datos de reflexión sísmica pierden resolución al aumentar la profundidad en la corteza.

Resolución Vertical:

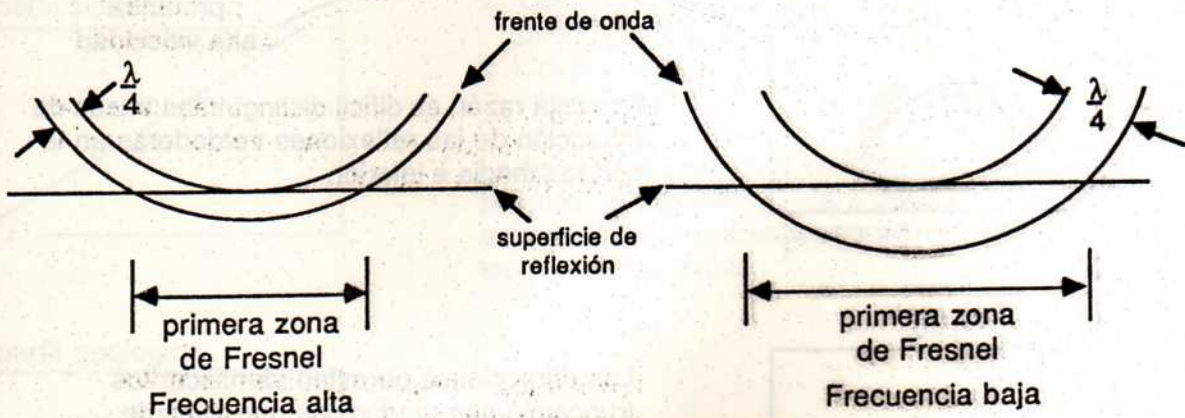


Generalmente, el espesor del banco más delgado que se puede detectar varía entre $0,25 \lambda$ y $0,125 \lambda$

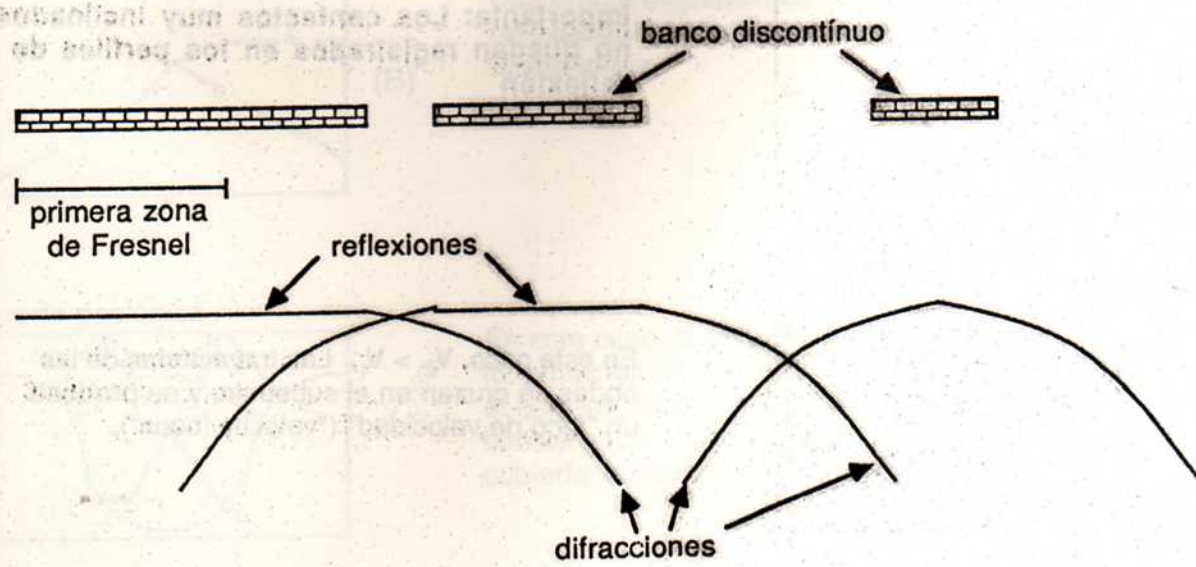


Resolución horizontal:

La mínima resolución horizontal es equivalente a la primera zona de Fresnel, (gráfico inferior). Con frecuencia bajas, la zona de Fresnel se hace más grande y la resolución disminuye.



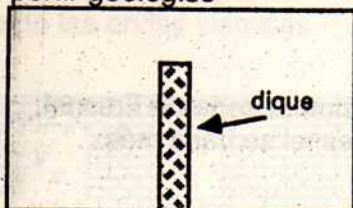
¿Que pasa si un contacto tiene buena reflectividad pero dimensiones más pequeñas (menor longitud) que la primera zona de Fresnel?



PROBLEMAS ("ARTIFACTS") EN SISMICA DE REFLEXION

Difracciones:

perfil geológico



La curvatura de las difracciones depende de la velocidad las ondas y de la profundidad a que se encuentre el cuerpo que la produce:



superficial
velocidad baja

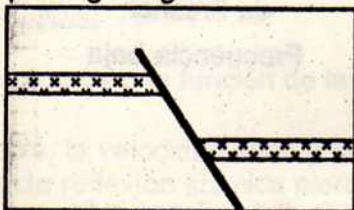
perfil sísmico



profunda
alta velocidad

Por esta razón es difícil distinguir las trazas de difracción de las reflexiones verdaderas en la corteza media e inferior.

perfil geológico



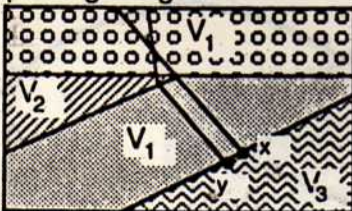
Las difracciones permiten identificar los truncamientos producidos por fallas de alto ángulo demasiado inclinadas, y que no aparecen directamente por reflexión.

perfil sísmico



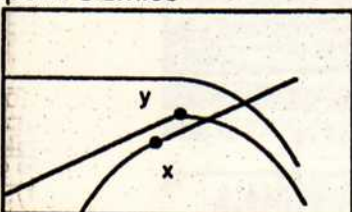
Importante: Los contactos muy inclinados no quedan registrados en los perfiles de reflexión

perfil geológico



En este caso, $V_2 > V_1$. Las trayectorias de las ondas se cruzan en el subsuelo, y se produce un "foco de velocidad" ("velocity focus").

perfil sísmico



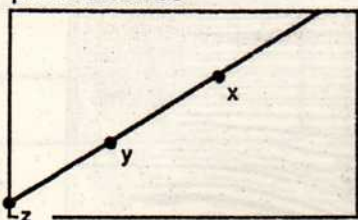
Debido a ello se genera un efecto de "difracción fantasma" ("phantom diffraction") a pesar que no existe truncamiento en el contacto entre "x" e "y".

Migración:

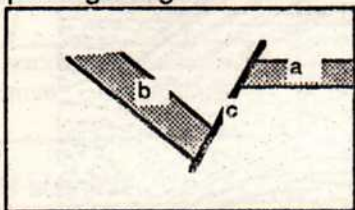
perfil geológico



perfil sísmico

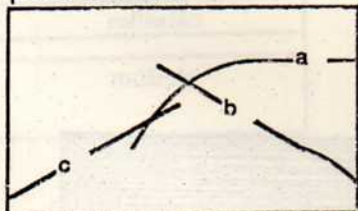


perfil geológico



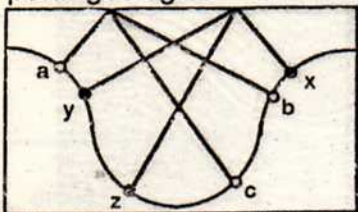
(A)

perfil sísmico

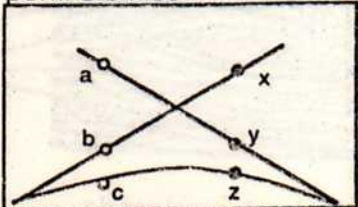


(B)

perfil geológico



perfil sísmico



Una supuesto básico del análisis utilizando "puntos comunes profundos" es que todas las reflexiones derivan de puntos situados verticalmente bajo la fuente. Este supuesto es correcto en el caso de contactos horizontales pero produce errores en el cálculo de la posición de contactos inclinados.

Estos errores son:

1. Las reflexiones parecen menos inclinadas que los contactos verdaderos.
2. Las reflexiones parecen desplazadas lateralmente en dirección de la inclinación.

La solución al problema se logra a través del proceso de "migración." Para obtener una buena migración se necesita conocer muy bien la velocidad de las ondas.

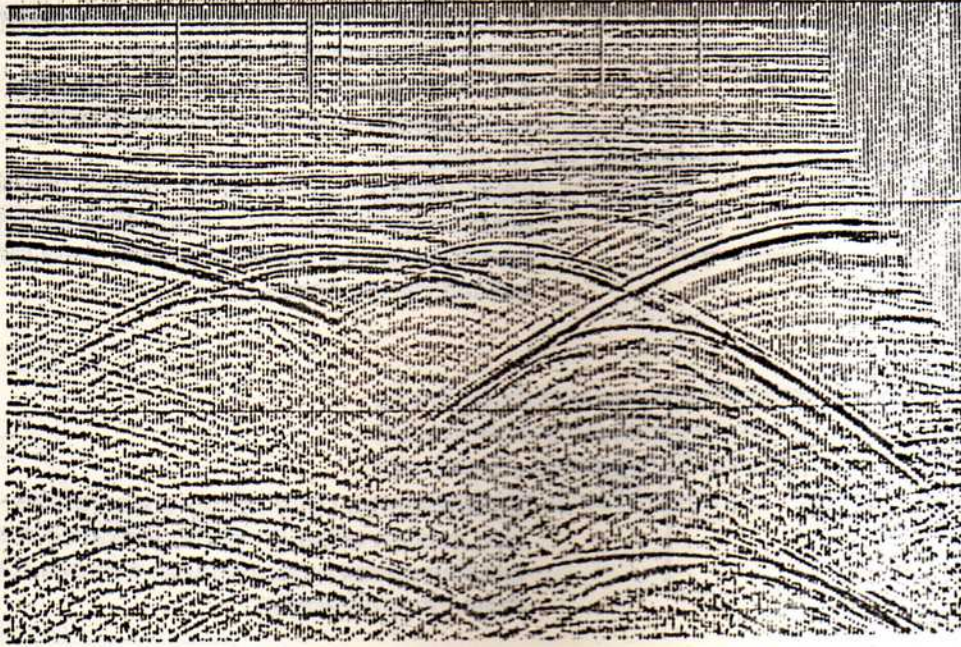
En las figuras (A) y (B) se observan las diferencias que existen entre un perfil geológico real y la sección sísmica no migrada, con sus trazas de reflexión y difracción.

Una buena migración es capaz de volver las reflexiones a su lugar correcto y eliminar las difracciones.

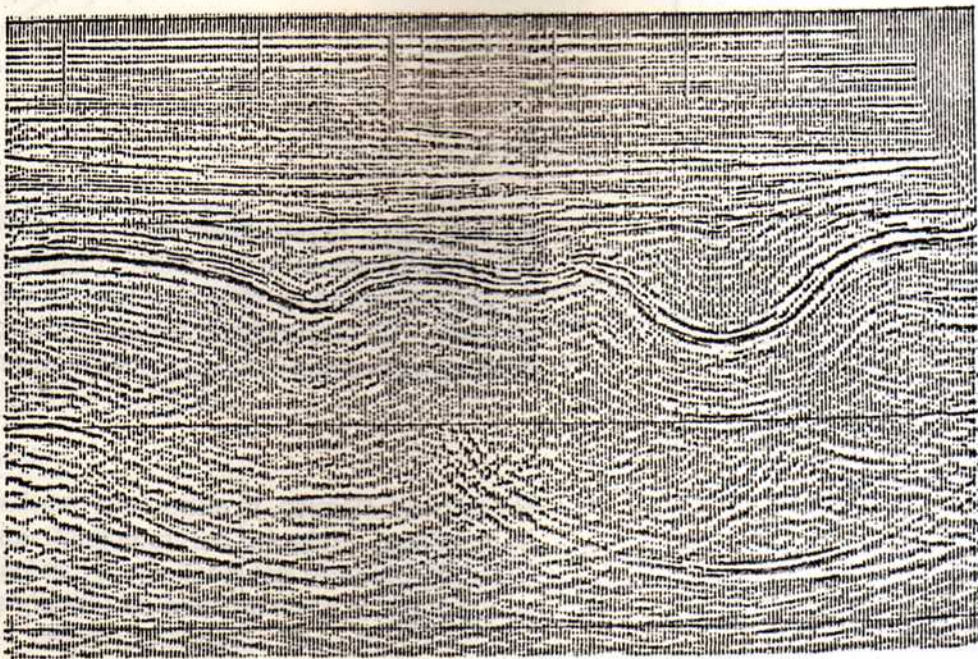
En este caso, la presencia de un sinclinal causa la formación de un foco cubierto ("buried focus") en el cual las ondas se reflejan como en un espejo cóncavo. La probabilidad de encontrar un foco cubierto aumentan con la profundidad en la corteza.

En el perfil sísmico, la estructura resultante parece un anticlinal. El techo del "anticlinal" corresponde, en realidad, al fondo del sinclinal. En la página siguiente se presenta el perfil sísmico de una zona con focos cubiertos y el perfil migrado corregido.

Perfil sísmico de reflexión del Mar Adriático (según Sheriff, 1981)

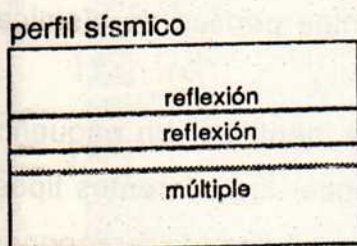
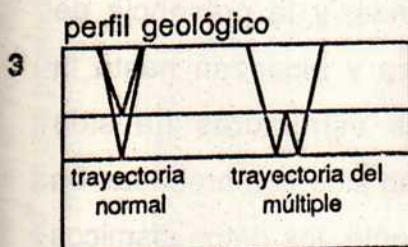
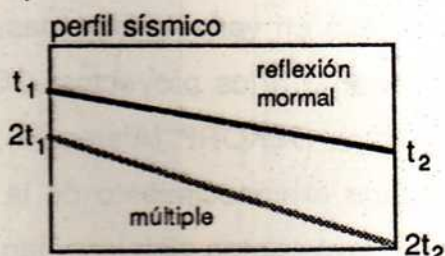
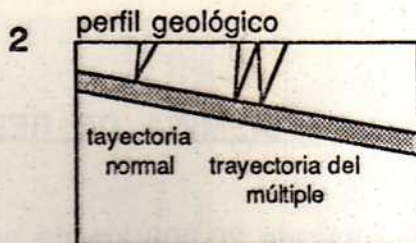
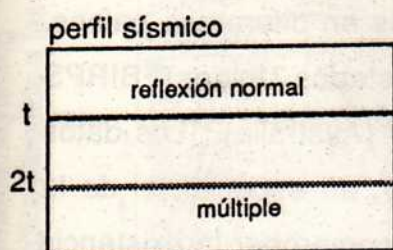
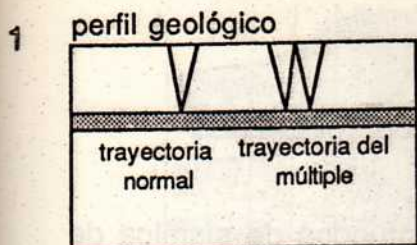


Tiempo, segundos



Tiempo, segundos

perfil sísmico migrado

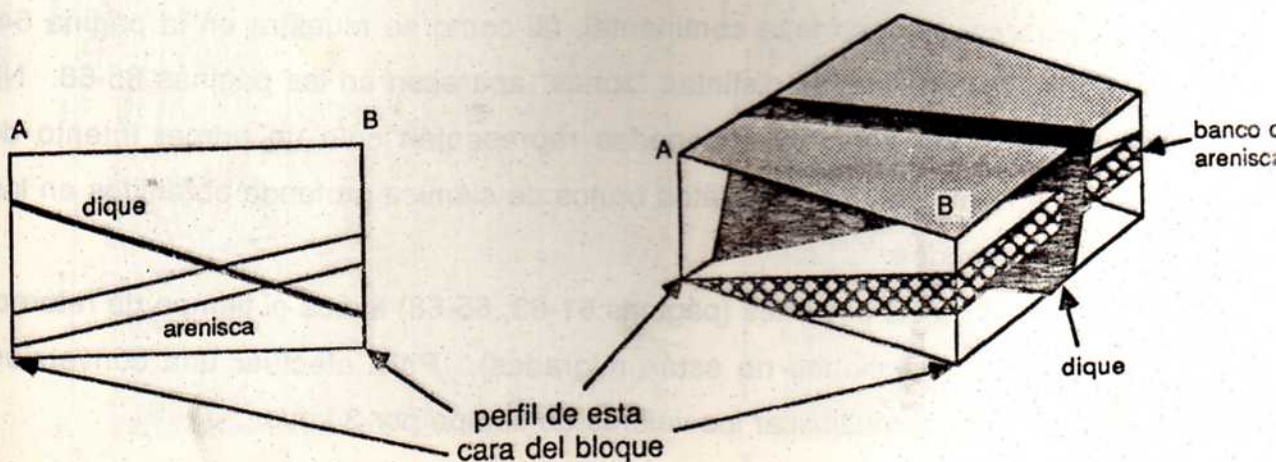
Reflexiones Múltiples:

Para múltiples simples (casos 1 y 2), el coeficiente de reflexión (R), es mucho menor que el coeficiente de la reflexión principal:

$$R_m = R_o^2$$

$$= (0,01)^2 = 0,0001$$

Debido a ello, en el registro sólo se reciben los múltiples de reflectores muy fuertes, como por ejemplo, el fondo marino, un contacto entre basaltos y conglomerados, etc.

Barrido Lateral:

EJEMPLOS DE PERFILES DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN PROFUNDA

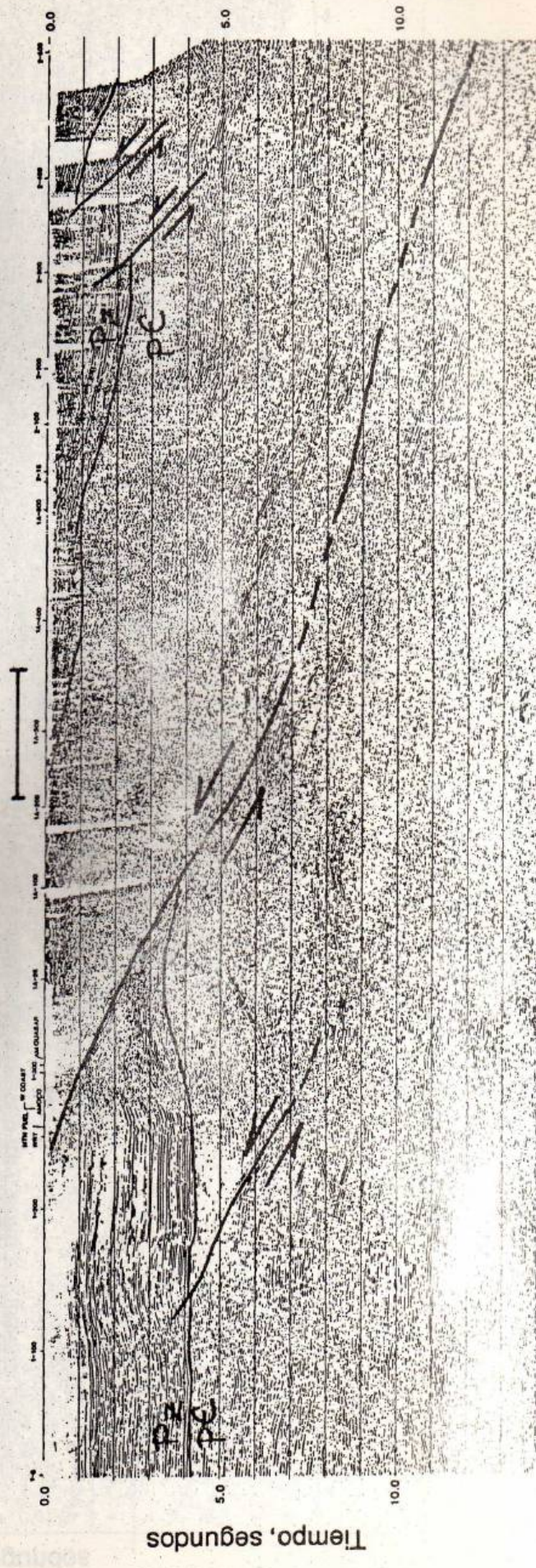
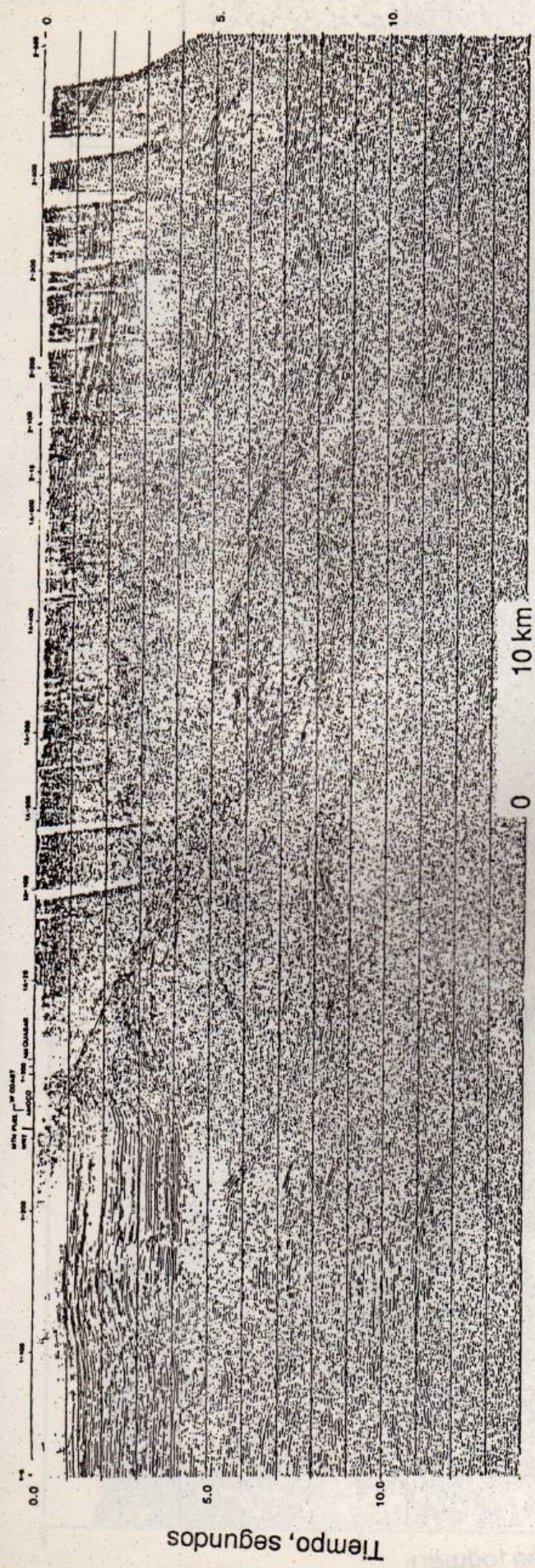
En la última década, más de 20.000 km de perfiles profundos de sísmica de reflexión han sido recolectados en varios programas, efectuados en diferentes países. Entre estos hay que mencionar a los proyectos: COCORP (Estados Unidos), BIRPS (Inglaterra), ECORS (Francia), DEKORP (Alemania), y ACORP (Australia). Los datos obtenidos han revolucionado el conocimiento de la litósfera, y, en especial, el de la corteza continental. Los nuevos datos sísmicos han permitido comprobar la existencia de fallas normales de bajo ángulo; el cabalgamiento, por más de 150 km, de delgadas láminas de basamento cristalino sobre secuencias sedimentarias, y la presencia de grandes corrimientos que atraviesan completamente la corteza y alcanzan hasta la discontinuidad de Mohorovicic. La interpretación de esas estructuras ha sido confirmada ya que, en muchos casos, las trazas de reflexión han sido comprobadas en sondajes superficiales o bien se ha podido relacionar, directamente, los datos sísmicos con estructuras expuestas en superficie. Ejemplos de diferentes perfiles de sísmica profunda aparecen en las páginas siguientes (61-63).

Debido a que en los perfiles profundos sólo es posible identificar un pequeño número de reflectores, trabajos recientes han tratado de reconocer los diferentes tipos de "fábricas sísmicas" en los distintos perfiles. De este modo se ha llegado a proponer un concepto nuevo, de naturaleza similar aunque no idéntico, al de las fábricas estructurales y metamórficas (Allmendinger et al., en prensa). A la fecha se han reconocido cuatro tipos básicos de fábricas (o "zonas") sísmicas. Estas parecen tipificar a diferentes sectores de la corteza continental, tal como se muestra en la página 64. Secciones representativas de las distintas "zonas" aparecen en las páginas 65-68. No hay que olvidar que las zonas mencionadas representan sólo un primer intento de clasificación del enorme volumen de datos brutos de sísmica profunda obtenidos en los proyectos ya mencionados.

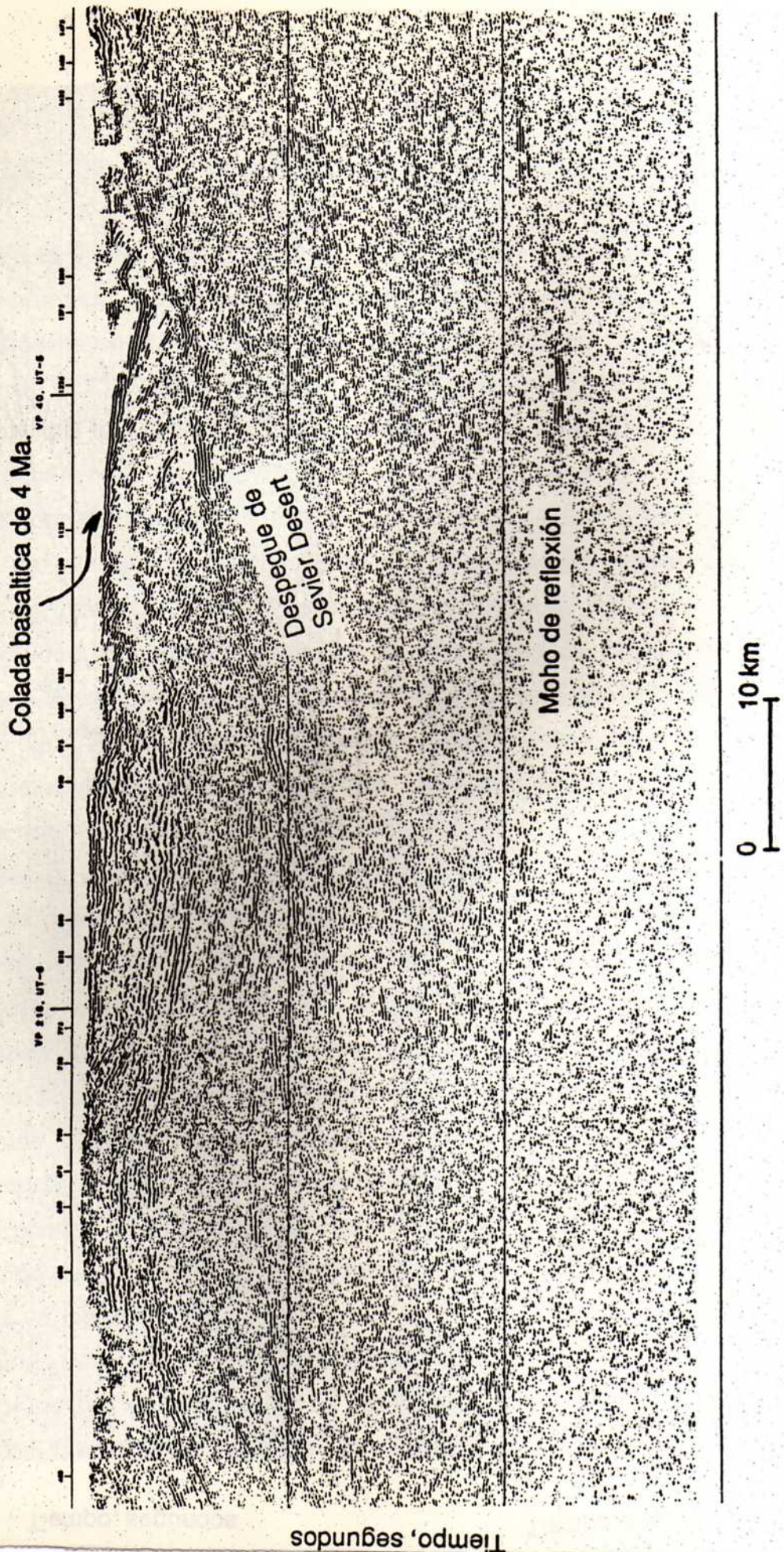
El eje vertical de las secciones (páginas 61-63, 65-68) indica el tiempo de retorno, no la profundidad (las secciones no están migradas). Para efectuar una conversión aproximada, a kilómetros, multiplicar los valores de tiempo por 3 km/s.

Perfil sísmico de reflexión profundo (COCORP) en el Estado de...

Perfil sísmico de reflexión profundo (COCORP) en el "Wind River Mountains, Wyoming" mostrando corrimientos del tipo "thick-skinned" en una provincia geológica parecida a las Sierras Pampeanas (según Smithson et al., 1978; Sharry et al., 1986):

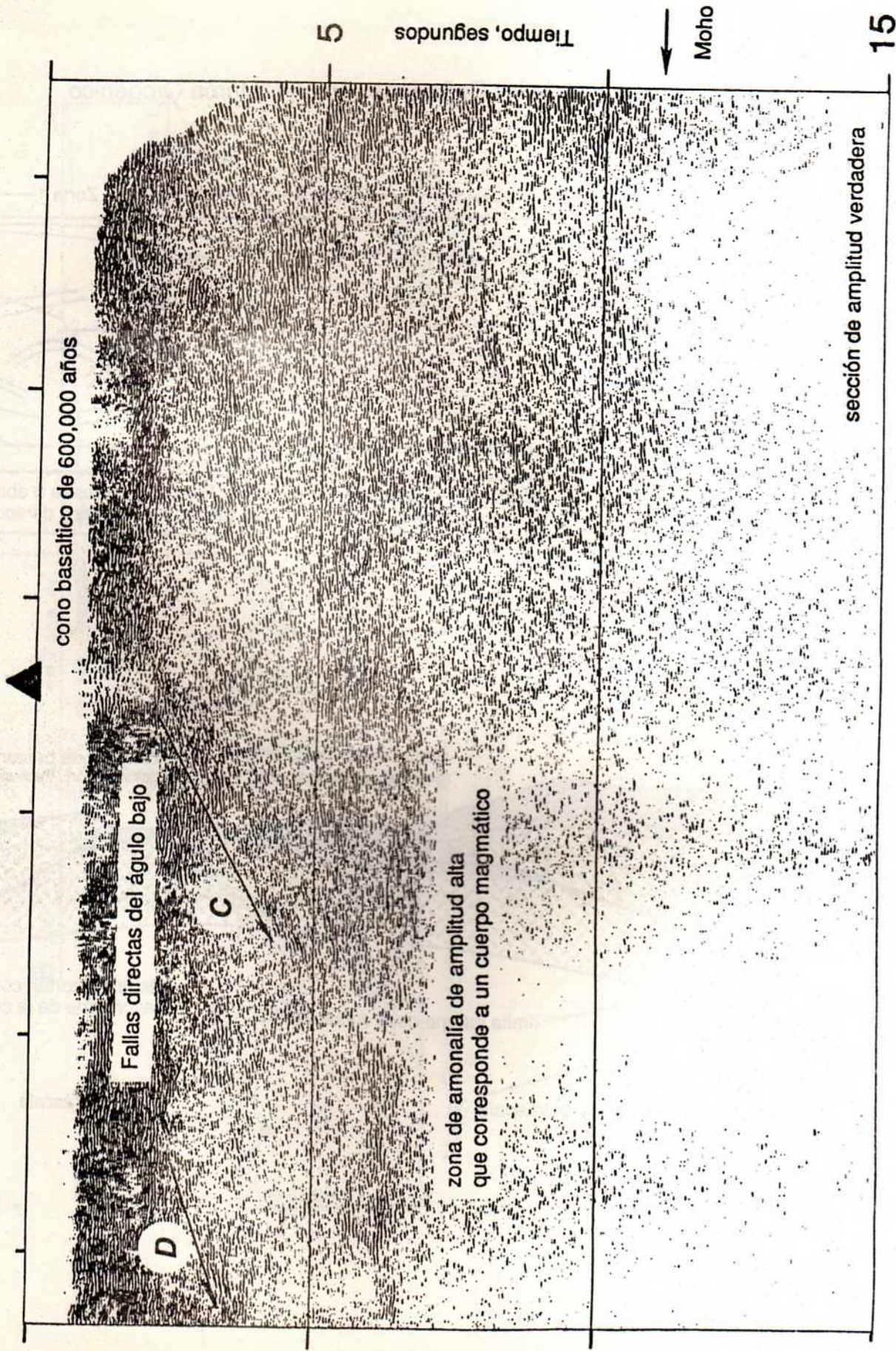


Perfil sísmico de reflexión profunda (VUUUHP) en el "Sevier Desert, Utah" mostrando fallas directas del ángulo bajo (según Allmendinger et al., 1983):

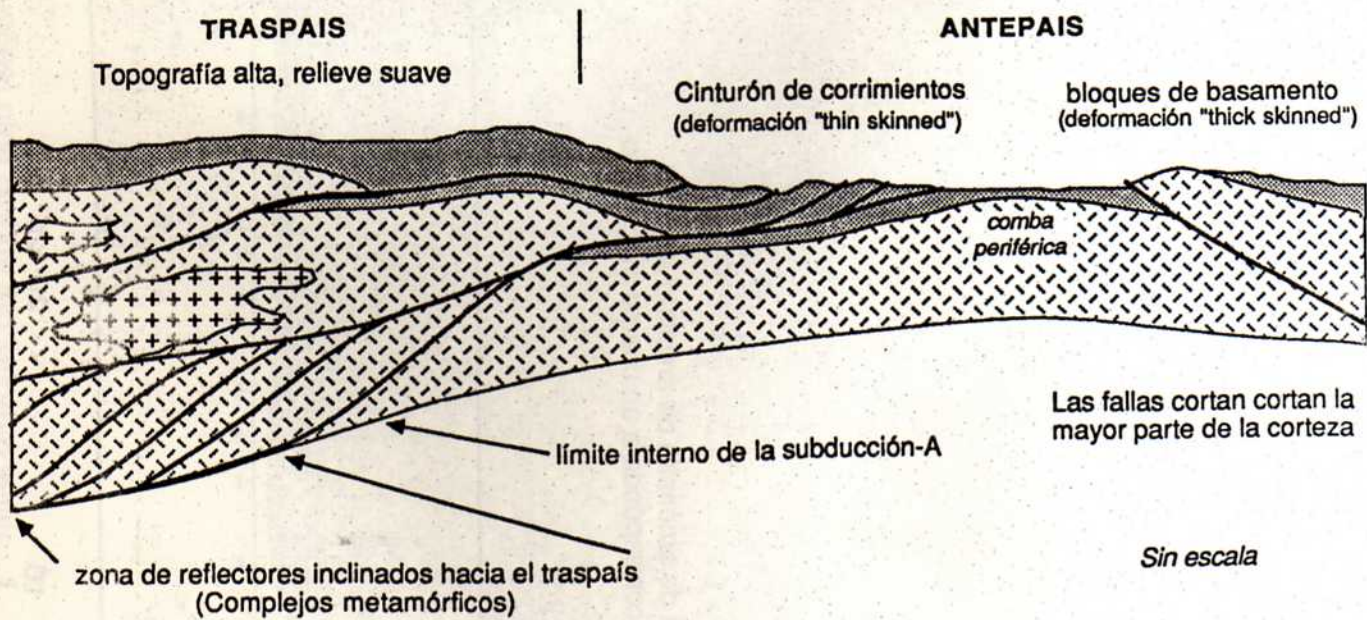
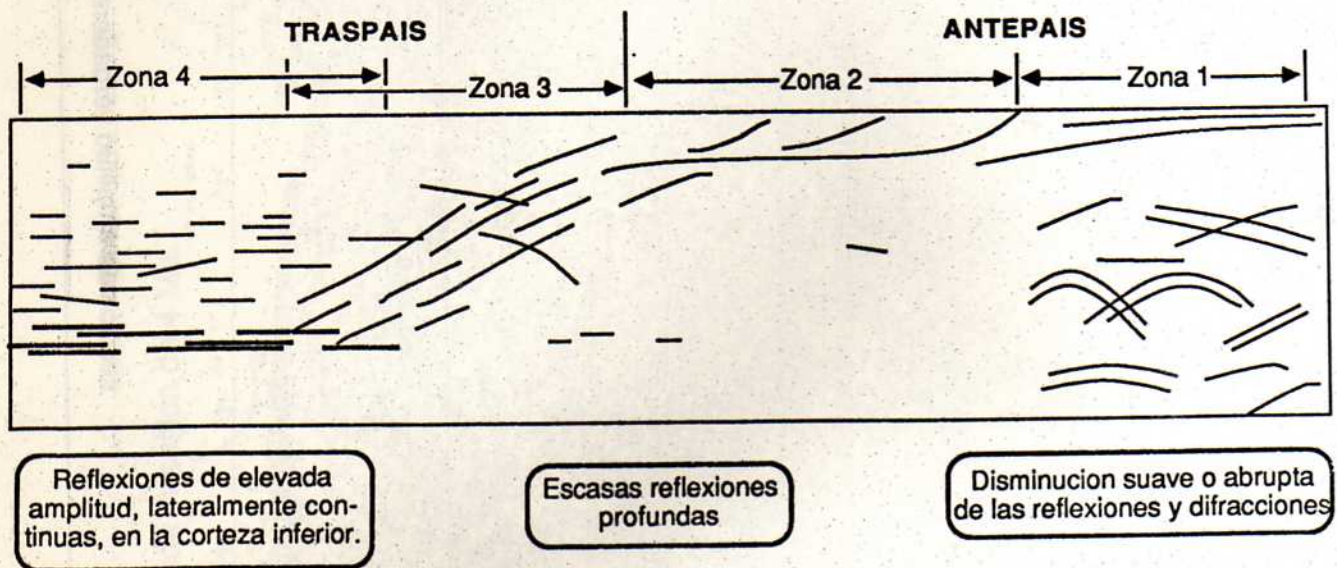


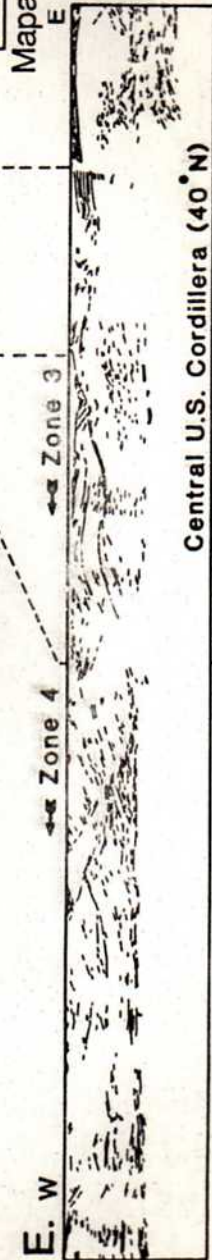
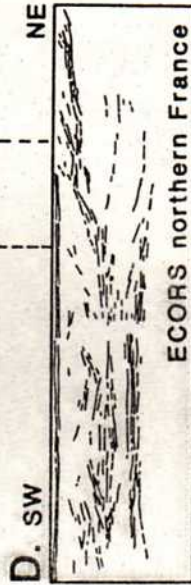
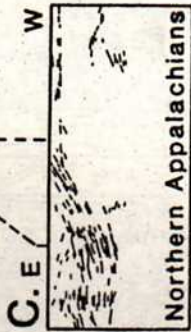
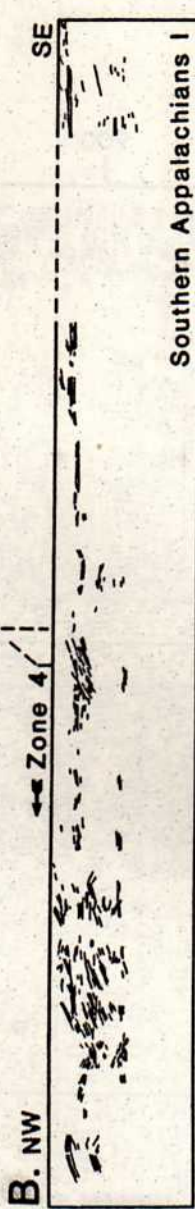
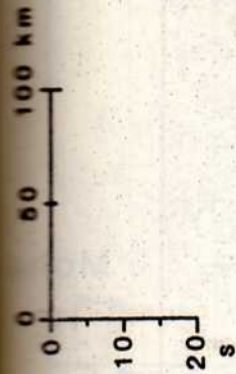
0 10 km

Perfil sísmico de reflexión profundo (COCORP) en el estado de California (EE.UU.)
mostrando un cuerpo magmático (según de Voogd et al., 1986):

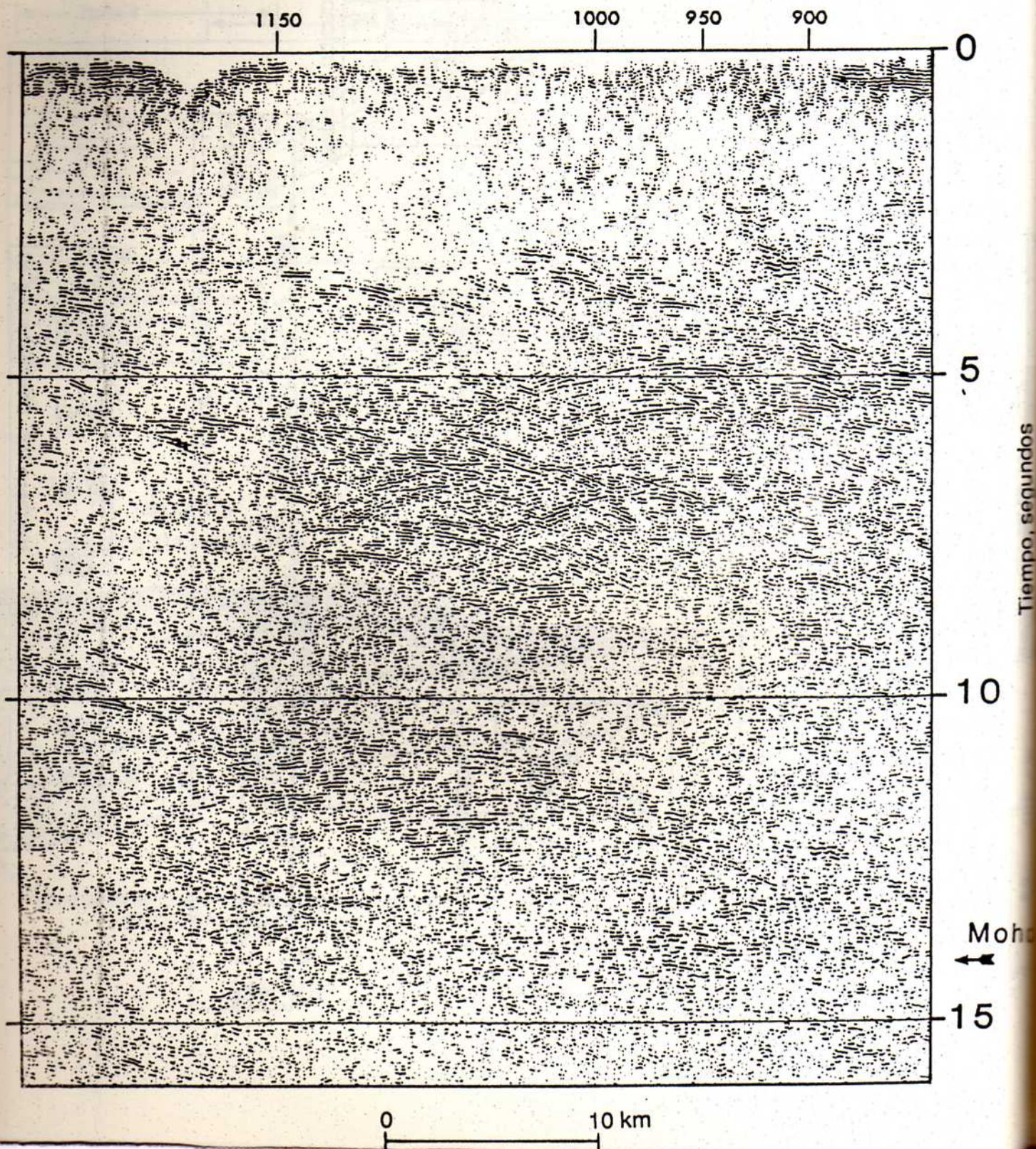


Geometría General de las Reflexiones en un Cinturón Orogénico

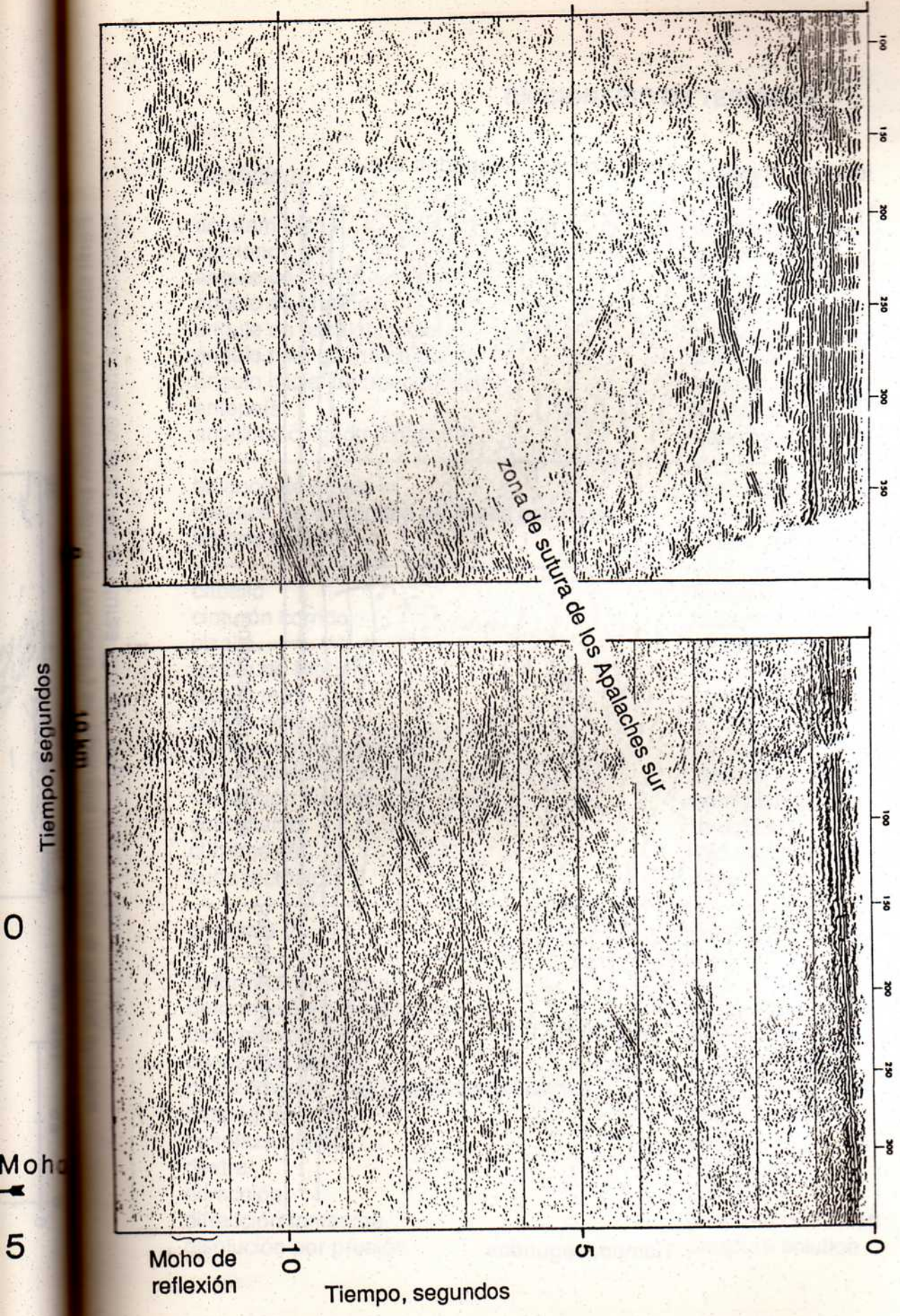




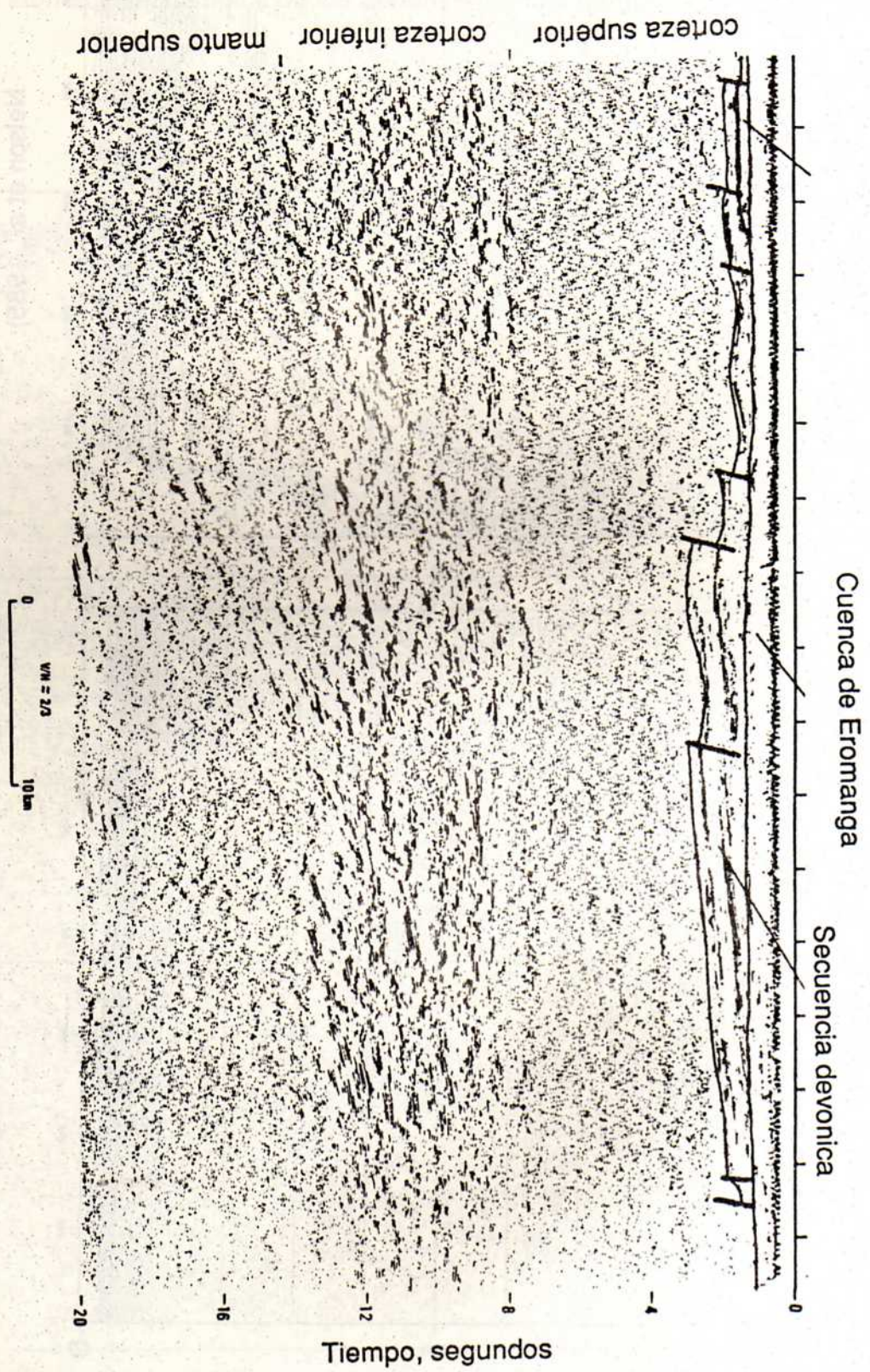
Perfil sísmico de reflexión profundo (COCORP) en el estado de Kansas (EE.UU.)
mostrando la fábrica sísmica típica de los cratones (Zona 1; según Brown et al., 1983):



Perfil sísmico de reflexión profundo (COCORP) en el estado de Georgia (EE.UU.) mostrando la fábrica sísmica típica del margen del continente deformado (Zona 3; según Nelson et al., 1985):



Perfil sísmico de reflexión profunda (ACORP) en Australia mostrando la tectónica típica de las zonas de altas temperaturas (Zona 4; según Moss y Mather, 1983):



DICCIONARIO DE TERMINOS

Castellano

Inglés

acortamiento	shortening
alóctono	allochthon
ángulo de cizalla <i>angular</i>	angular shear
ángulo de charnela	axial (hinge) angle
ángulo de escalón inicial	initial step-up angle
ángulo final de truncamiento	final cutoff angle
ángulo inicial de truncamiento	initial cutoff angle
antepaís	foreland
anticlinal colgado (colgante)	hanging wall anticline
<hr/>	
balance de áreas	area balancing
balance de la longitud de líneas estratales	bed-length balancing
barrido lateral	sideswipe
<hr/>	
caballo	horse
cinturón corrido	thrust belt
cizalla	shear
cizalla de Riedel	Riedel shear
cizalla pura	pure shear
cizalla simple	simple shear
coeficiente de reflexión	reflection coefficient
conductibilidad térmica	thermal conductivity
corrección dinámica	normal moveout (NMO)
corrimiento	thrust fault
cubrimeinto	fold (seismic reflection)
cuña tectónica	tectonic wedge
<hr/>	
charnela	hinge
<hr/>	
deformación interna	strain
deformación interna por cizalla	shear strain
deformación plana	plane strain
desacople cortical	crustal decoupling
deslizamiento y subida de dislocaciones	dislocation glide and climb
despegue	décollement, detachment
desplazamiento	displacement
dextral	right-lateral
difracción	diffraction
difracción fantasma	phantom diffraction
disolución por presión	pressure solution

dominio de inclinación	dip domain
dominio de inclinación frontal	forward dip domain
dominio de inclinación dorsal	rear (hindward) dip domain
dominó	domino
duplex	duplex
<hr/>	
elipsoide de deformación	strain ellipsoid
energía de activación	activation energy
escalones	steps
esfuerzo	stress
esfuerzo normal efectivo	effective normal stress
estrías	striae
extensión	extension
<hr/>	
fábrica S-C	S-C fabric
falla directa (normal)	normal fault
falla inversa	reverse fault
falla de desplazamiento en el rumbo	strike-slip fault
flujo calórico	heat flow
foco cubierto	buried focus (seismic reflection)
foco de velocidad	velocity focus
fractura sigmoidea	sigmoidal fracture
fuelle de emisión	source (seismic reflection)
fuerza	force
<hr/>	
impedancia acústica	acoustic impedance
inclinación de las rampas en el primer escalón	fundamental step-up angle
inclinación frontal	forward dip
inclinación dorsal	rear (hindward) dip
<hr/>	
ley de potencia (o poder) de reptación	power law creep
línea fija	pinning line (point)
lística	listric
longitud de la onda	wavelength
<hr/>	
marcadores útiles	tool marks
mica en escama de pez	mica fish
migración	migration (seismic reflection)
<hr/>	
perfil de sísmica de reflexión profunda	deep seismic reflection profile
plano basal	footwall flat
plano colgado (colgante)	hanging wall flat
plegamiento por flexión de fallas	fault-bend folding
plegamiento por flexión y deslizamiento	flexural-slip folding
plegamiento por flujo	flexural flow folding

plegamiento por propagación de fallas	fault-propagation folding
pliegue de cubierta	sheath fold
presión de fluídos en los poros	pore fluid pressure
presión hidrostática	hydrostatic pressure
proyección en el hemisfero inferior	lower hemisphere projection
punto común profundo	common depth point (CDP)
punto de cesión	yield stress

rampa	ramp
rampa basal	footwall ramp
rampa colgada (colgante)	hanging wall ramp
rampa lateral	lateral ramp
receptores	geophones (seismic reflection)
reflexión	reflection
resistencia cohesiva	cohesive strength

sinestral	left-lateral
-----------	--------------

traspais	hinterland
----------	------------

velocidad de deformación	strain rate
velocidad del intervalo	interval velocity
velocidad de stack	stacking velocity
venas fibrosas antitaxiales	antitaxial fibrous veins
venas fibrosas sintaxiales	syntaxial fibrous veins

zona de Fresnel	Fresnel zone
zona de transferencia	transfer zone
zona triangular	triangle zone

Inglés

acoustic impedance
 activation energy
 allochthon
 angular shear
 antitaxial fibrous veins
 area balancing
 axial (hinge) angle

Castellano

impedancia acústica
 energía de activación
 alóctono
 ángulo de cizalla
 venas fibrosas antitaxiales
 balance de áreas
 ángulo de charnela

bed-length balancing
 buried focus (seismic reflection)

balance de la longitud de líneas estratales
 foco cubierto

cohesive strength

resistencia cohesiva

common depth point (CDP)	punto común profundo
crustal decoupling	desacople cortical
décollement, detachment	despegue
deep seismic reflection profile	perfil de sísmica de reflexión profunda
diffraction	difracción
dislocation glide and climb	deslizamiento y subida de dislocaciones
displacement	desplazamiento
dip domain	dominio de inclinación
domino	dominó
duplex	duplex
effective normal stress	esfuerzo normal efectivo
extension	extensión
fault-bend folding	plegamiento por flexión de fallas
fault-propagation folding	plegamiento por propagación de fallas
final cutoff angle	ángulo final de truncamiento
flexural flow folding	plegamiento por flujo
flexural-slip folding	plegamiento por flexión y deslizamiento
fold (seismic reflection)	cubrimeinto
footwall flat	plano basal
footwall ramp	rampa basal
force	fuerza
foreland	antepaís
forward dip	inclinación frontal
forward dip domain	dominio de inclinación frontal
Fresnel zone	zona de Fresnel
fundamental step-up angle	inclinación de las rampas en el primer escalón
geophones (seismic reflection)	receptores
hanging wall anticline	anticlinal colgado (colgante)
hanging wall flat	plano colgado (colgante)
hanging wall ramp	rampa colgada (colgante)
heat flow	flujo calórico
hinge	charnela
hinterland	traspais
horse	caballo
hydrostatic pressure	presión hidrostática
initial step-up angle	ángulo de escalón inicial
initial cutoff angle	ángulo inicial de truncamiento
interval velocity	velocidad del intervalo

lateral ramp	rampa lateral
left-lateral	sinistral
listric	lítrica
lower hemisphere projection	proyección en el hemisfero inferior
mica fish	mica en escama de pez
migration (seismic reflection)	migración
normal fault	falla directa (normal)
normal moveout (NMO)	corrección dinamica
phantom diffraction	difracción fantasma
pinning line (point)	línea fija
plane strain	deformación plana
pore fluid pressure	presión de fluidos en los poros
power law creep	ley de potencia (o poder) de reptación
pressure solution	disolución por presión
pure shear	cizalla pura
ramp	rampa
rear (hindward) dip	inclinación dorsal
rear (hindward) dip domain	dominio de inclinación dorsal
reflection	reflexión
reflection coefficient	coeficiente de reflexión
reverse fault	falla inversa
Riedel shear	cizalla de Riedel
right-lateral	dextral
S-C fabric	fábrica S-C
shear	cizalla
shear strain	deformación interna por cizalla
sheath fold	pliegue de cubierta
shortening	acortamiento
sideswipe	barrido lateral
sigmoidal fracture	fractura sigmoidea
simple shear	cizalla simple
source (seismic reflection)	fuelle de emisión
stacking velocity	velocidad de stack
steps	escalones
strain	deformación interna
strain ellipsoid	elipsoide de deformación
strain rate	velocidad de deformación
stress	esfuerzo
striae	estrías

Lista de Trabajos Citados en el Texto

- Allmendinger, R. W., en prensa. Contractional tectonics of the western United States, exclusive of the accreted terranes. en Burchfiel, B. C., Zoback, M. L., y Lipman, P., The Cordilleran orogen: Coterminous U. S., Geological Society of America, DNAG Special Series.
- Allmendinger, R. W., Nelson, D. K., Potter, C. J., Barazangi, M., Brown, L. D., y Oliver, J. E., en prensa, 1987. Deep seismic reflection characteristics of the continental crust. *Geology*.
- Allmendinger, R. W., Sharp, J. W., Von Tish, D., Serpa, L., Kaufman, S., Oliver, J., y Smith, R. B., 1983. Cenozoic and Mesozoic structure of the eastern Basin and Range Province, Utah, from COCORP seismic reflection data. *Geology*, 11:532-536.
- Brown, L. D., Serpa, L., Setzer, T., Oliver, J., Kaufman, S., Lillie, R., Steiner, D., y Steeples, D., 1983. Intracrustal complexity in the U. S. Mid- continent: Preliminary results from COCORP surveys in N.E. Kansas. *Geology*, 11:25-30.
- Byerlee, J., 1978. Friction of rocks. *Pure and Applied Geophysics*, 116:615-626.
- Dahlstrom, C. D. A., 1969. Balanced cross sections. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 6:743-757.
- Dahlstrom, C. D. A., 1970. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. *Can. Petrol. Geol. Bulletin*, 18:332-406.
- de Voogd, B., Serpa, L., Brown, L., Huaser, E., Kaufman, S., Oliver, J., Troxel, B., Willemin, J., y Wright, L., 1986. Death Valley bright spot: A mid-crustal magma body in the southern Great Basin, California?. *Geology*, 14:64-67.
- Jones, P. B., 1982. Oil and gas beneath east-dipping underthrust faults in the Alberta Foothills, Canada. en Powers, R. B., *Geologic studies of the Cordilleran thrust belt*, Rocky Mountain Association of Geologists, 61-74, Denver.
- Meissner, R., y Strehlau, J., 1982. Limits of stresses in continental crust and their relation to the depth-frequency distribution of shallow earthquakes. *Tectonics*, 1:73-89.
- Meissner, R., 1986. *The continental crust, a geophysical approach*, Academic Press, Inc., 426 p., New York.
- Moss, F. J., y Mathur, S. P., 1986. A review of continental reflection profiling in Australia. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, *Geodynamics Series* 13:67-76.
- Nelson, K. D., Arnow, J. A., McBride, J. H., Willemin, J., Huang, J., Zheng, L., Oliver, J., Brown, L., y Kaufman, S., 1985. New COCORP profiling in the southeastern United States. Part I: Late Paleozoic suture and Mesozoic rift basin. *Geology*, 13:714-718.
- Ramsay, J. G., y Graham, R. H., 1970. Strain variation in shear belts. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 7:786-813.

- Royse, F., Jr., Warner, M. A., y Reese, D. L., 1975. Thrust belt structural geometry and related stratigraphic problems, Wyoming-Idaho-northern Utah. In Bolyard, D. W., Deep drilling frontiers of the central Rocky Mountains, Rocky Mountain Association of Geologists, 41-54, Denver.
- Rutter, E. H., 1986. On the nomenclature of mode of failure transitions in rocks. *Tectonophysics*, 122:381-387.
- Sharry, J., Langan, R. T., Jovanovich, D. B., Jones, G. M., Hill, N. R., y Guidish, T. M., 1986. Enhanced imaging of the COCORP seismic line, Wind River Mountains. In Barazangi, M., y Brown, L. D., Reflection seismology: A global perspective, American Geophysical Union, Geodynamics Series 13:223-236.
- Sheriff, R. E., 1982. Structural interpretation of seismic data, American Association of Petroleum Geologists, Education Course Note Series 23:73 p.
- Sibson, R. H., 1983. Continental fault structure and the shallow earthquake source. *Jour. Geol. Soc. London*, 140:741-767.
- Sibson, R. H., 1982. Fault zone models, heat flow, and the depth distribution of earthquakes in the continental crust of the United States. *Bulletin Seis. Soc. Am.*, 72:151-163.
- Suppe, J., 1983. Geometry and kinematics of fault-bend folding. *American Journal of Science*, 283:684-721.
- Suppe, J., 1985. Principles of structural geology. Prentice-Hall, Inc., 537 p., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Wernicke, B., y Burchfiel, B. C., 1982. Modes of extensional tectonics. *Journal of Structural Geology*, 4:105-115.
- Woodward, N. B., Boyer, S. E., y Suppe, J., 1985. An outline of balanced cross-sections. University of Tennessee, Dept. of Geological Sciences, Knoxville, TN.

Reología de la Corteza

- Brace, W. F., y Kohlstedt, D. L., 1980. Limits on lithospheric stress imposed by laboratory experiments. *Journal of Geophysical Research*, 85:6248-6252.
- Gay, N. C., 1974. Modification of deformation lamellae during brittle-ductile deformation of quartzite. *Geological Society of America Bulletin*, 85:1237-1242.
- Gibson, R. G., y Gray, D. R., 1985. Ductile-to-brittle transition in shear during thrust sheet emplacement, Southern Appalachian thrust belt. *Journal of Structural Geology*, 7:513-525.
- Glazner, A. F., y Bartley, J. M., 1985. Evolution of lithospheric strength after thrusting. *Geology*, 13:42-45.
- Kirby, S. H., 1983. Rheology of the lithosphere. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 21:1458-1487.
- Kirby, S. H., 1985. Rock mechanics observations pertinent of the rheology of the continental lithosphere and the localization of strain along shear zones. *Tectonophysics*, 119:1-27.
- Meissner, R., y Strehlau, J., 1982. Limits of stresses in continental crust and their relation to the depth-frequency distribution of shallow earthquakes. *Tectonics*, 1:73-89.
- Rutter, E. H., 1986. On the nomenclature of mode of failure transitions in rocks. *Tectonophysics*, 122:381-387.
- Sibson, R. H., 1983. Continental fault structure and the shallow earthquake source. *Jour. Geol. Soc. London*, 140:741-767.
- Sibson, R. H., 1982. Fault zone models, heat flow, and the depth distribution of earthquakes in the continental crust of the United States. *Bulletin Seis. Soc. Am.*, 72:151-163.
- Simpson, C., 1985. Deformation of granitic rocks across the brittle-ductile transition. *Journal of Structural Geology*, 7:503-511.
- Smith, R. B., y Bruhn, R. L., 1984. Intraplate extensional tectonics of the eastern Basin-Range: Inferences on structural style from seismic reflection data, regional tectonics, and thermal-mechanical models of brittle-ductile deformation. *Journal of Geophysical Research*, 89:5733-5762.

Milonitas y Criterio de Cizalla

- Behrmann, J. H., 1983. Microstructure and fabric transitions in calcite tectonites from the Sierra Alhamilla (Spain). *Geologische Rundschau*, 72:605-618.
- Bell, T. H., y Etheridge, M. A., 1976. The deformation and recrystallization of quartz in a mylonite zone, central Australia. *Tectonophysics*, 32:235-267.
- Berthé, D., Choukroune, P., y Jegouzo, P., 1979. Orthogneiss, mylonite, and non-coaxial deformation of granites: The example of the South Armorican shear zone. *Journal of Structural Geology*, 1:31-42.
- Bouchez, J. L., Lister, G. S., y Nicolas, A., 1983. Fabric asymmetry and shear sense in movement zones. *Geologische Rundschau*, 72:401-419.
- Burg, J. P., 1986. Quartz shape fabric variations and c-axis fabrics in a ribbon-mylonite: Arguments for an oscillating foliation. *Journal of Structural Geology*, 8:123-131.
- Carreras, J., Estrada, A., y White, S., 1977. The effects of folding on the c-axis fabrics of a quartz mylonite. *Tectonophysics*, 36:3-24.
- Carreras, J., Cobbold, P. R., Ramsay, J. G., y White, S. H., (eds.), 1980. Shear zones in rocks. *Journal of Structural Geology*, 2:1-287.
- Christie, J. M., y Ord, A., 1980. Flow stresses from microstructures of mylonites: Example and current assesment. *Journal of Geophysical Research*, 85:6253-6262.
- Etheridge, M. A., y Wilke, J. C., 1981. An assessment of dynamically recrystallized grain size as

- a paleopiezometer in quartz-bearing mylonite zones. *Tectonophysics*, 78:475-508.
- Fountain, D. M., Hurich, C. A., y Smithson, S. B., 1984. Seismic reflectivity of mylonite zones in the crust. *Geology*, 12:195-198.
- Hanmer, S., 1986. Asymmetrical pull-aparts and foliation fish as kinematic indicators. *Journal of Structural Geology*, 8:111-122.
- Jensen, L. N., y Starkey, J., 1985. Plagioclase microfabrics in the ductile shear zone from the Jotun Nappe, Norway. *Journal of Structural Geology*, 7:527-539.
- Jones, T., y Nur, A., 1982. Seismic velocity and anisotropy in mylonites and the reflectivity of deep crustal faults. *Geology*, 10:260-263.
- Jones, T., y Nur, A., 1984. The nature of seismic reflections from deep crustal fault zones. *Journal of Geophysical Research*, 89:3153-3171.
- Kohlstedt, D. L., y Weathers, M. S., 1980. Deformation induced microstructures, paleopiezometers, and differential stresses in deeply eroded fault zones. *Journal of Geophysical Research*, 85:6269-6285.
- Law, R. D., Knipe, R. J., y Dayan, H., 1984. Strain path partitioning within thrust sheets: microstructural and petrofabric evidence from the Moine thrust zone at Loch Eriboll, northwest Scotland. *Journal of Structural Geology*, 6:477-498.
- Lister, G. H., 1977. Cross-girdle c-axis fabrics in quartzites plastically deformed by plane strain and progressive simple shear. *Tectonophysics*, 39:51-54.
- Lister, G. S., y Snoke, A. W., 1984. S-C mylonites. *Journal of Structural Geology*, 6:617-639.
- Lister, G. S., y Williams, P. F., 1979. Fabric development in shear zones: Theoretical controls and observed phenomena. *Journal of Structural Geology*, 1:283-297.
- Ord, A., y Christie, J. M., 1984. Flow stresses from microstructures in mylonitic quartzites of the Moine thrust zone, Assynt area, Scotland. *Journal of Structural Geology*, 6:639-654.
- Ramsay, J. G., 1980. Shear zone geometry: A review. *Journal of Structural Geology*, 2:83-100.
- Schmid, S. M., Casey, M., y Starkey, J., 1981. The microfabric of calcite tectonites from the Helvetic Nappes (Swiss Alps). In McClay, K. R., y Price, N. J., Thrust and nappe tectonics, Geological Society of London, 151-158, Oxford.
- Simpson, C., 1985. Deformation of granitic rocks across the brittle-ductile transition. *Journal of Structural Geology*, 7:503-511.
- Simpson, C., 1980. Oblique girdle orientation patterns of quartz c-axes from a shear zone in the basement core of the Maggia Nappe, Ticino, Switzerland. *Journal of Structural Geology*, 2:243-248.
- Simpson, C., 1980. Oblique girdle orientation patterns of quartz c-axes from a shear zone in the basement core of the Maggia Nappe, Ticino, Switzerland. *Journal of Structural Geology*, 2:243-248.
- Simpson, C., y Schmid, S. M., 1983. Microstructural indicators of sense of shear in shear zones. *Geological Society of America Bulletin*, 94:1281-1288.
- Weathers, M. S., Bird, J. M., Cooper, R. F., y Kohlstedt, D. L., 1979. Differential stress determined from deformation induced microstructures of the Moine thrust zone. *Journal of Geophysical Research*, 84:7495-7509.
- White, S. H., Burrows, S. E., Carreras, J., Shaw, N. D., y Humphreys, F. J., 1980. On mylonites in ductile shear zones. *Journal of Structural Geology*, 2:175-188.
- Wilson, C. J. L., 1975. Preferred orientations in quartz ribbon mylonites. *Geological Society of America Bulletin*, 86:968-974.

Análisis de Fallas Menores

- Aleksandrowski, P., 1985. Graphical determination of principal stress directions for slickenside

- lineation populations: An attempt to modify Arthaud's method. *Journal of Structural Geology*, 7:73-82.
- Allmendinger, R. W., 1986. Tectonic development, southeastern border of the Puna Plateau, northwest Argentine Andes. *Geological Society of America Bulletin*, 97:1070-1082.
- Anderson, E. M., 1951. The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- Angelier, J., 1985. Extension and rifting: the Zeit region, Gulf of Suez. *Journal of Structural Geology*, 7:605-611.
- Angelier, J., Colletta, B., y Anderson, R. E., 1985. Neogene paleostress changes in the Basin and Range: A case study at Hoover Dam, Nevada-Arizona. *Geological Society of America Bulletin*, 96:347-361.
- Angelier, J., 1984. Tectonic analysis of fault slip data sets. *Journal of Geophysical Research*, 89:5835-5848.
- Armijo, R., Carey, E., y Cisternas, A., 1982. The inverse problem in microtectonics and the separation of tectonic phases. *Tectonophysics*, 82:145-160.
- Arthaud, F., 1969. Méthode de détermination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement et intermédiaire d'une population de failles. *Bulletin Société Géologique de France*, 11:729-737.
- Compton, R. R., 1966. Analysis of Pliocene-Pleistocene deformation and stresses in northern Santa Lucia Range, California. *Geological Society of America Bulletin*, 77:1361-1380.
- Etchecopar, A., Vasseur, G., y Daignieres, M., 1981. An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault striation analysis. *Journal of Structural Geology*, 3:51-65.
- Gephart, J. W., y Forsythe, D. W., 1984. An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: Application to the San Fernando earthquake sequence. *Journal of Geophysical Research*, 89:9305-9320.
- Michael, A. J., 1984. Determination of stress from slip data: Faults and folds. *Journal of Geophysical Research*, 89:11,517-11,526.
- Molnar, P., 1983. Average regional strain due to slip on numerous faults of different orientations. *Journal of Geophysical Research*, 88:6430-6432.
- Molnar, P., y Deng, Q., 1984. Faulting associated with large earthquakes and the average rate of deformation in central and eastern Asia. *Journal of Geophysical Research*, 89:6203-6227.
- Price, R. A., 1967. The tectonic significance of mesoscopic subfabrics in the Southern Rocky Mountains of Alberta and British Columbia. *Canadian Journal Earth Sciences*, 4:39-70.
- Reches, Z., 1983. Faulting of rocks in three-dimensional strain fields: II. Theoretical analysis. *Tectonophysics*, 95:133-156.
- Wojtal, S., 1986. Deformation within foreland thrust sheets by populations of minor faults. *Journal of Structural Geology*, 8:341-360.

Fajas de Sobrecorrimientos

- Armstrong, F. C., y Oriol, S. S., 1965. Tectonic development of Idaho-Wyoming thrust belt. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49:1847-1866.
- Armstrong, R. L., 1968. Sevier orogenic belt in Nevada and Utah. *Geological Society of America Bulletin*, 79:429-458.
- Bally, A. W., Gordy, P. L., y Stewart, G. A., 1966. Structure, seismic data, and orogenic evolution of southern Canadian Rocky Mountains. *Bulletin Can. Petrol. Geol.*, 14:337-381.
- Bombolakis, E. G., 1986. Thrust fault mechanics and origin of a frontal ramp. *Journal of Structural Geology*, 8:281-290.

- Boyer, S. E., 1986. Styles of folding within thrust sheets: Examples from the Appalachian and Rocky Mountains of the U.S.A. and Canada. *Journal of Structural Geology*, 8:325-339.
- Boyer, S. E., y Elliott, D., 1982. Thrust systems. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 66:1196-1230.
- Brumbaugh, D. S., y Dresser, H. W., 1976. Exposed step in Laramide thrust fault, southwest Montana. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 60:2142-2149.
- Bucher, W. H., 1956. The role of gravity in orogenesis. *Geological Society of America Bulletin*, 67:1295-1318.
- Butler, R. W. H., 1985. The restoration of thrust systems and displacement continuity around the Mont Blanc massif, NW external Alpine thrust belt. *Journal of Structural Geology*, 7:569-581.
- Chapple, W. M., 1978. Mechanics of thin-skinned fold and thrust belts. *Geological Society of America Bulletin*, 1978:89.
- Cooper, M. A., y Trayner, P. M., 1986. Thrust-surface geometry: Implications for thrust-belt evolution and section balancing techniques. *Journal of Structural Geology*, 8:305-312.
- Crittenden, M. D., 1974. Regional extent and age of thrusts near Rockport Reservoir and relation to possible exploration targets in northern Utah. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 58:2428-2435.
- Dahlstrom, C. D. A., 1969. Balanced cross sections. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 6:743-757.
- Dahlstrom, C. D. A., 1970. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. *Can. Petrol. Geol. Bulletin*, 18:332-406.
- Davis, D., Suppe, J., y Dahlen, F. A., 1983. Mechanics of fold-and-thrust belts and accretionary wedges. *Journal of Geophysical Research*, 88:1153-1172.
- Diegel, F. A., 1986. Topological constraints on imbricate thrust networks, examples from the Mountain City window, Tennessee, U.S.A. *Journal of Structural Geology*, 8:269-279.
- Dixon, J. S., 1982. Regional structural synthesis, Wyoming salient of western overthrust belt. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 66:1560-1580.
- Elliott, D., 1976. The energy balance and deformation mechanisms of thrust sheets. *Phil. Trans. Roy. Astron. Soc. Lond.*, A-283:289-312.
- Elliott, D., 1976. The motion of thrust sheets. *Journal of Geophysical Research*, 81:949-963.
- Elliott, D., y Johnson, M. R. W., 1980. Structural evolution in the northern part of the Moine thrust belt, NW Scotland. *Trans. Royal. Soc. Edinburgh*, 71:69-96.
- Fox, F. G., 1959. Structure and accumulation of hydrocarbons in southern Foothills, Alberta, Canada. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 43:992-1025.
- Gibson, R. G., y Gray, D. R., 1985. Ductile-to-brittle transition in shear during thrust sheet emplacement, Southern Appalachian thrust belt. *Journal of Structural Geology*, 7:513-525.
- Gretnener, P. E., 1972. Thoughts on overthrust faulting in a layered sequence. *Bulletin Can. Petrol. Geol.*, 20:583-607.
- Gwinn, V. E., 1964. Thin-skinned tectonics in the Plateau and northwestern Valley and Ridge provinces of the Central Appalachians. *Geological Society of America Bulletin*, 75:863-900.
- Hubbert, M. K., y Rubey, W. W., 1959. Role of fluid pressure in overthrust faulting, I. Mechanics of fluid-filled porous solids and its applications to overthrust faulting. *Geological Society of America Bulletin*, 70:115-166.
- Jones, P. B., 1971. Folded faults and sequence of thrusting in Alberta Foothills. *American Association Petroleum Geologists Bulletin*, 55:292-306.
- Jordan, T. E., 1981. Thrust loads and foreland basin evolution, Cretaceous, western United States. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 65:2506-2520.
- Julivert, M., y Arboleya, M. L., 1986. Areal balancing and estimate of areal reduction in a thin-skinned fold-and-thrust belt (Cantabrian zone, NW Spain): Constraints on its

- emplacement mechanism. *Journal of Structural Geology*, 8:407-414.
- Lagarde, J. L., y Michard, A., 1986. Stretching normal to the regional thrust displacement in a thrust-wrench shear zone, Rehamna Massif, Morocco. *Journal of Structural Geology*, 8:483-492.
- Link, T. A., 1949. Interpretations of foothills structures, Alberta, Canada. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 33:1475-1501.
- Mitra, G., y Boyer, S. E., 1986. Energy balance and deformation mechanisms of duplexes. *Journal of Structural Geology*, 8:291-304.
- Mitra, S., 1986. Duplex structures and imbricate thrust systems: Geometry, structural position, and hydrocarbon potential. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 70:1087-1112.
- Mossman, R. W., y Viniegra, F., 1976. Complex fault structures in Veracruz province of Mexico. *American Association Petroleum Geologists Bulletin*, 60:379-388.
- Nicholas, R. L., y Rozendal, R. A., 1975. Subsurface positive elements within Ouachita foldbelt in Texas and their relation to Paleozoic cratonic margin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 59:193-216.
- Oriel, S. S., y Armstrong, F. C., 1966. Times of thrusting in Idaho-Wyoming thrust belt: Reply. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 50:2614-2621.
- Price, R. A., 1981. The Cordilleran foreland thrust and fold belt in the southern Canadian Rocky Mountains. in McClay, K. R., y Price, N. J., *Thrust and Nappe Tectonics*, Blackwell Scientific Publ., 427-448, Oxford.
- Price, R. A., 1967. The tectonic significance of mesoscopic subfabrics in the Southern Rocky Mountains of Alberta and British Columbia. *Canadian Journal Earth Sciences*, 4:39-70.
- Quinlan, G. M., y Beaumont, C., 1984. Appalachian thrusting, lithospheric flexure, and the Paleozoic stratigraphy of the eastern interior of North America. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21.
- Rich, J. L., 1934. Mechanics of low-angle overthrust faulting as illustrated by Cumberland thrust block, Virginia, Kentucky, and Tennessee. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 18:1584-1596.
- Rodgers, J., 1949. Evolution of thought on structure of middle and southern Appalachians. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 33:1643-1654.
- Rodgers, J., 1950. Mechanics of Appalachian folding as illustrated by Sequatchie anticline, Tennessee and Alabama. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 34:672-681.
- Roeder, D., y Mull, C. G., 1978. Tectonics of Brooks Range ophiolites, Alaska. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 62:1696-1702.
- Royse, F., Jr., Warner, M. A., y Reese, D. L., 1975. Thrust belt structural geometry and related stratigraphic problems, Wyoming-Idaho-northern Utah. In Bolyard, D. W., *Deep drilling frontiers of the central Rocky Mountains*, Rocky Mountain Association of Geologists, 41-54, Denver.
- Scott, J. C., 1951. Folded faults in Rocky Mountain foothills of Alberta, Canada. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 35:2316-2347.
- Suppe, J., 1983. Geometry and kinematics of fault-bend folding. *American Journal of Science*, 283:684-721.
- Vann, I. R., Graham, R. H., y Hayward, A. B., 1986. The structure of mountain fronts. *Journal of Structural Geology*, 8:215-227.
- Wiltschko, D. V., y Chapple, W. M., 1977. Flow of weak rocks in Appalachian Plateau folds. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 61:653-670.
- Wojtal, S., 1986. Deformation within foreland thrust sheets by populations of minor faults. *Journal of Structural Geology*, 8:341-360.

- Woodward, N. B., Gray, D. R., y Spears, D. B., 1986. Including strain data in balanced cross-sections. *Journal of Structural Geology*, 8:313-324.
- Woodward, N. B., Boyer, S. E., y Suppe, J., 1985. An outline of balanced cross-sections. University of Tennessee, Dept. of Geological Sciences, Knoxville, TN.

Sísmica de Reflexión

- Allmendinger, R. W., Farmer, H., Hauser, E., Sharp, J., Von Tish, D., Oliver, J., y Kaufman, S., 1986. Phanerozoic tectonics of the Basin and Range-Colorado Plateau transition from COCORP data and geologic data: A review. En Barazangi, M. y Brown, L. D., *Reflection seismology: The continental crust*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 14:257-268, Washington.
- Allmendinger, R. W., Hauge, T., Hauser, E. C., Potter, C., y Oliver, J., 1987. Tectonic Heredity and the layered lower crust in the Basin and Range Province, western United States. En Coward, M., Dewey, J., y Hancock, P., *Continental extensional tectonics*, Geological Society of London, Special Publication.
- Allmendinger, R. W., Sharp, J. W., Von Tish, D., Serpa, L., Kaufman, S., Oliver, J., y Smith, R. B., 1983. Cenozoic and Mesozoic structure of the eastern Basin and Range Province, Utah, from COCORP seismic reflection data. *Geology*, 11:532-536.
- Ando, C. J., Cook, F. A., Oliver, J. E., Brown, L. D., y Kaufman, S., 1983. Crustal geometry of the Appalachian orogen from seismic reflection studies. En Hatcher, R. D., Jr., Williams, H., y Zietz, I., *Contributions to the tectonics and geophysics of mountain chains*, Geological Society of America, Memoir 158:83-102.
- Ando, C. J., Czuchra, B. L., Klemperer, S. L., Brown, L. D., Cheadle, M. J., Cook, F. A., Oliver, J. E., Kaufman, S., Walsh, T., Thompson, J. B., Jr., Lyons, J. B. y Rosenfeld, J. L., 1984. Crustal profile of mountain belt: COCORP deep seismic reflection profiling in New England Appalachians and implications for architecture of convergent mountain chains. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 68:819-837.
- Barton, P. J., 1986. Comparison of deep reflection and refraction structures in the North Sea. En Barazangi, M. y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 13:297-300.
- Blundell, D. J., y Raynaud, B., 1986. Modeling lower crust reflections observed on BIRPS profiles. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 13:287-296.
- Bois, C., Cazes, M., Damotte, B., Galdéano, A., Hirn, A., Mascle, A., Matte, P., Raoult, J. F., y Torreilles, G., 1986. Deep seismic profiling of the crust in northern France: the ECORS Project. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 13:21-30.
- Braile, L. W., y Chiang, C. S., 1986. The continental Mohorovicic Discontinuity: Results from near-vertical and wide-angle seismic reflection studies. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 13:257-272.
- Brewer, J. A., y Smythe, D. K., 1986. Deep structure of the foreland to the Caledonian orogen, NW Scotland: Results of the BIRPS WINCH profile. *Tectonics*, 5:171-194.
- Brewer, J. A., y Smythe, D. K., 1984. MOIST and the continuity of crustal reflector geometry along the Caledonian-Appalachian orogen. *Journal Geological Society of London*, 141:105-120.
- Brewer, J. A., Matthews, D. H., Warner, M. R., Hall, J. R., Smythe, D. K., y Whittington, R. J., 1983. BIRPS deep seismic reflection studies of the British Caledonides. *Nature*,

- Brown, L. D., Ando, C., Klemperer, S., Oliver, J., Kaufman, S., Czuchra, B., Walsh, T., y Isachsen, Y. W., 1983. Adirondack-Appalachian crustal structure: The COCORP northeast traverse. *Geological Society of America Bulletin*, 94:1173-1184.
- Brown, L. D., Barazangi, M., Kaufman, S., y Oliver, J., 1986. The first decade of COCORP: 1974-1984. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, *Geodynamics Series* 13:107-120.
- Brown, L. D., Krumhansl, P. A., Chapin, C. E., Sanford, A. R., Cook, F. A., Kaufman, S., Oliver, J. E., y Schilt, F. S., 1979. COCORP seismic reflection studies of the Rio Grande rift. En Rieker, R. E., *Rio Grande Rift: Tectonics and Magmatism*, American Geophysical Union, 169-184, Washington.
- Brown, L. D., Serpa, L., Setzer, T., Oliver, J., Kaufman, S., Lillie, R., Steiner, D., y Steeples, D., 1983. Intracrustal complexity in the U. S. Mid-continent: Preliminary results from COCORP surveys in N.E. Kansas. *Geology*, 11:25-30.
- Cook, F. A., Albaugh, D. S., Brown, L. D., Kaufman, S., Oliver, J. E., y Hatcher, R. D., Jr., 1979. Thin-skinned tectonics in the crystalline southern Appalachians: COCORP seismic reflection profiling of the Blue Ridge and Piedmont. *Geology*, 7:563-567.
- Cook, F. A., Brown, L. D., Kaufman, S., Oliver, J. E., y Peterson, T. A., 1981. COCORP seismic reflection profiling of the Appalachian orogen beneath the Coastal Plain of Georgia. *Geological Society of America Bulletin*, 92:738-748.
- de Voogd, B., Serpa, L., Brown, L., Huaser, E., Kaufman, S., Oliver, J., Troxel, B., Willemin, J., y Wright, L., 1986. Death Valley bright spot: A mid-crustal magma body in the southern Great Basin, California?. *Geology*, 14:64-67.
- Fountain, D. M., 1986. Implications of deep crustal evolution for seismic reflection interpretation. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: The continental crust*, American Geophysical Union, *Geodynamics Series* 14:1-8.
- Fountain, D. M., Hurich, C. A., y Smithson, S. B., 1984. Seismic reflectivity of mylonite zones in the crust. *Geology*, 12:195-198.
- Gibbs, A. K., 1986. Seismic reflection profiles of Precambrian crust: A qualitative assesment. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: The continental crust*, American Geophysical Union, *Geodynamics Series* 14:95-106.
- Gibbs, A. K., Payne, B., Setzer, T., Brown, L. D., Oliver, J. E., y Kaufman, S., 1984. Seismic reflection study of the Precambrian crust of central Minnesota. *Geological Society of America Bulletin*, 95:280-294.
- Hurich, C. A., Smithson, S. B., Fountain, D. M., y Humphreys, M. C., 1985. Seismic evidence of mylonite reflectivity and deep structure in the Kettle dome metamorphic core complex, Washington. *Geology*, 13:577-580.
- Hutchinson, D. R., Grow, J. A., Klitgord, K. D., y Detrick, R. S., 1986. Moho reflections from the Long Island Platform, eastern United States. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: The continental crust*, American Geophysical Union, *Geodynamics Series* 14:173-188.
- Jones, T., y Nur, A., 1984. The nature of seismic reflections from deep crustal fault zones. *Journal of Geophysical Research*, 89:3153-3171.
- Jones, T., y Nur, A., 1982. Seismic velocity and anisotropy in mylonites and the reflectivity of deep crustal faults. *Geology*, 10:260-263.
- Klemperer, S. L., Hauge, T. A., Hauser, E. C., Oliver, J. E., y Potter, C. J., 1986. The Moho in the northern Basin and Range, Nevada, along the COCORP 40°N seismic reflection transect. *Geological Society of America Bulletin*, 97:603-618.
- Lillie, R. J., 1984. Tectonic implications of subthrust structures revealed by seismic profiling of Appalachian-Ouachita orogenic belt. *Tectonics*, 3:619-646.

- Lillie, R., Nelson, K. D., deVoogd, B., Brewer, J., Oliver, J., Brown, L., Kaufman, S., y Viele, G. W., 1982. Crustal structure of the Ouachita Mountains, Arkansas: A model based on the integration of COCORP reflection profiles and regional geophysical data. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 67:907-931.
- Mathur, S. P., 1983. Deep crustal reflection results from the central Eromanga Basin, Australia. *Tectonophysics*, 100:163-173.
- Matthews, D. H., y Cheadle, M. J., 1986. Deep reflections from the Caledonides and Variscides west of Britain and comparison with the Himalayas. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 13:5-20.
- Mayer, J. R., y Brown, L. D., 1986. Signal penetration in the COCORP Basin and Range-Colorado Plateau survey. *Geophysics*, 51:1050-1055.
- Meissner, R., 1986. *The continental crust, a geophysical approach*, Academic Press, Inc., 426 p., New York.
- Meissner, R., 1973. The "Moho" as a transition zone. *Geophysical Surveying*, 1:195-216.
- Meissner, R., y Wever, T., 1986. Nature and development of the crust according to deep reflection data from the German Variscides. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 13:31-42.
- Moss, F. J., y Mathur, S. P., 1986. A review of continental reflection profiling in Australia. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: A global perspective*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 13:67-76.
- Nelson, K. D., Arnou, J. A., McBride, J. H., Willemin, J., Huang, J., Zheng, L., Oliver, J., Brown, L., y Kaufman, S., 1985. New COCORP profiling in the southeastern United States. Part I: Late Paleozoic suture and Mesozoic rift basin. *Geology*, 13:714-718.
- Nelson, K. D., McBride, J. H., Arnou, J. A., Oliver, J., Brown, L., y Kaufman, S., 1985. New COCORP profiling in the southeastern United States. Part II: Brunswick and east coast magnetic anomalies, opening of the north-central Atlantic Ocean. *Geology*, 13:718-721.
- Nelson, K. D., Lillie, R., deVoogd, B., Brewer, J., Oliver, J., Kaufman, S., Brown, L., y Viele, G. W., 1982. COCORP seismic reflection profiling in the Ouachita Mountains of western Arkansas: Geometry and geologic interpretation. *Tectonics*, 1:413-430.
- Oliver, J., Cook, F., y Brown, L. D., 1983. COCORP and the continental crust. *Journal of Geophysical Research*, 88:3329-3347.
- Phinney, R. A., 1986. A seismic cross section of the New England Appalachians: The orogen exposed. En Barazangi, M., y Brown, L. D., *Reflection seismology: The continental crust*, American Geophysical Union, Geodynamics Series 14:157-172.
- Potter, C. J., Sanford, W. E., Yoos, T. R., Prussen, E. I., Keach, R. W., II, Oliver, J. E., Kaufman, S., y Brown L. D., 1986. COCORP deep seismic reflection traverse of the interior of the North American Cordillera, Washington and Idaho: Implications for orogenic evolution. *Tectonics*, 5:1007-1025.
- Potter, C. J., Liu, C.-S., Huang, J., Zheng, L., Hauge, T. A., Hauser, E. C., Allmendinger, R. W., Oliver, J. E., Kaufman, S., y Brown, L., 1987. Crustal structure of north-central Nevada: Results from COCORP deep seismic profiling. *Geological Society of America Bulletin*, 98:En press.
- Serpa, L., Setzer, T., Farmer, H., Brown, L., Oliver, J., Kaufman, S., Sharp, J., y Steeples, D. W., 1984. Structure of the southern Keweenaw Rift from COCORP surveys across the midcontinent geophysical anomaly in northeastern Kansas. *Tectonics*, 3:367-384.
- Smith, R. B., y Bruhn, R. L., 1984. Intraplate extensional tectonics of the eastern Basin-Range: Inferences on structural style from seismic reflection data, regional tectonics, and thermal-mechanical models of brittle-ductile deformation. *Journal of Geophysical Research*,

89:5733-5762.

- Smithson, S. B., Johnson, R. A., y Hurich, C. A., 1986. Crustal reflections and crustal structure. En Barazangi, M., y Brown, L. D., Reflection seismology: The continental crust, American Geophysical Union, Geodynamics Series 14:21-32.
- Smithson, S. B., Brewer, J. A., Kaufman, S., Oliver, J., y Hurich, C., 1978. Nature of Wind River thrust, Wyoming, from COCORP deep reflection data and from gravity data. *Geology*, 6:648-652.

Clivaje y Foliación

- Alterman, I. B., 1973. Rotation and dewatering during slaty cleavage formation: Some new evidence and interpretations. *Geology*, 1:33-36.
- Alterman, I. B., Maxwell, J. C., Powell, C. McA., y Geiser, P. A., 1976. Slaty cleavage and the dewatering hypothesis: An examination of critical evidence [comments and replies]. *Geology*, 4:789-794.
- Alvarez, W., Engelder, T., y Geiser, P. A., 1978. Classification of solution cleavage in pelagic limestones. *Geology*, 6:263-266.
- Alvarez, W., Engelder, T., y Lowrie, W., 1976. Formation of spaced cleavage and folds in brittle limestone by dissolution. *Geology*, 4:698-701.
- Bayly, B. M., Borradaile, G. J., y Powell, C. McA., Atlas of rock cleavage. University of Tasmania Special Publication.
- Bell, A., 1985. Strain paths slaty cleavage formation -- the role of volume loss. *Journal of Structural Geology*, 7:563-567.
- Beutner, E. C., Jancin, M. D., y Simon, R. W., 1977. Dewatering origin of cleavage in light of deformed calcite veins and clastic cikes in Martinsburg Slate, Delaware Water Gap, New Jersey. *Geology*, 5:118-122.
- Beutner, E. C., 1978. Slaty cleavage and related strain in Martinsburg slate, Delaware Water Gap, New Jersey. *American Journal of Science*, 278:1-23.
- Beutner, E. C., 1980. Slaty cleavage unrelated to tectonic dewatering: The Siamo and Michigamme slates revisited. *Geological Society of America Bulletin*, 91:171-178.
- Borradaile, G. J., Bayly, M. B., y Powell, C. McA., (eds.), 1982. Atlas of deformational and metamorphic rock fabrics. Springer-Verlag, Berlin.
- Borradaile, G. J., 1977. On cleavage and strain: Results of a study in West Germany using tectonically deformed sand dykes. *Journal of the Geological Society of London*, 133:146-164.
- Boulter, C. A., 1974. Tectonic deformation of soft sedimentary clastic dikes from Precambrian rocks of Tasmania, Australia with particular reference to their relations with cleavage. *Geological Society of America Bulletin*, 85:1413-1420.
- Clark, R. B., 1970. Mechanical formation of preferred orientation in clays. *American Journal of Science*, 269:250-266.
- Cosgrove, J. W., 1976. The formation of crenulation cleavage. *Journal of the Geological Society of London*, 132:155-178.
- Dalziel, I. W. D., y Stirewalt, G. L., 1975. Stress history of folding and cleavage development, Baraboo syncline, Wisconsin. *Geological Society of America Bulletin*, 86:1671-1690.
- Dieterich, J. H., 1969. Origin of cleavage in folded rocks. *American Journal of Science*, 267:155-165.
- Etheridge, M. A., 1973. Experimentally produced slaty and crenulation cleavage during a single deformation. *Journal of the Geological Society of Australia*, 20:223-227.
- Etheridge, M. A., Paterson, M. S., y Hobbs, B. E., 1974. Experimentally produced preferred

- 80
- orientations in synthetic mica aggregates. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 44:275-294.
- Fletcher, R. C., 1977. Quantitative theory for metamorphic differentiation in development of crenulation cleavage. *Geology*, 5:185-187.
- Geiser, P. A., 1974. Cleavage in some sedimentary rocks of the central Valley and Ridge Province, Maryland. *Geological Society of America Bulletin*, 85:1399-1412.
- Geiser, P. A., 1975. Slaty cleavage and the dewatering hypothesis - an examination of some critical evidence. *Geology*, 3:717-720.
- Gray, D. R., 1978. Cleavages in deformed psammitic rocks from southeastern Australia: Their nature and origin. *Geological Society of America Bulletin*, 89:577-590.
- Gray, D. R., 1977. Differentiation associated with discrete crenulation cleavages. *Lithos*, 10:89-101.
- Gray, D. R., 1979. Microstructure of crenulation cleavages: An indicator of cleavage origin. *American Journal of Science*, 279:97-128.
- Gray, D. R., 1977. Morphologic classification of crenulation cleavage. *Journal of Geology*, 85:229-235.
- Gray, D. R., y Durney, D. W., 1979. Crenulation cleavage differentiation: Implications of solution-deposition processes. *Journal of Structural Geology*, 1:73-80.
- Gray, D. R., y Durney, D. W., 1979. Investigations on the mechanical significance of crenulation cleavage. *Tectonophysics*, 58:35-80.
- Groshong, R. H., Jr., 1975. "Slip" cleavage caused by pressure solution in a buckle fold. *Geology*, 3:411-413.
- Groshong, R. H., Jr., 1976. Strain and pressure solution in the Martinsburg Slate, Delaware Water Gap, New Jersey. *American Journal of Science*, 276:1131-1146.
- Hobbs, B. E., Means, W. D., y Williams, P. F., 1976. An outline of structural geology, John Wiley & Sons, New York.
- Holeywell, R. C., y Tullis, T. E., 1975. Mineral reorientation and slaty cleavage in the Martinsburg Formation, Lehigh Gap, Pennsylvania. *Geological Society of America Bulletin*, 86:1296-1304.
- Leith, C. K., 1905. Rock cleavage. *U. S. Geological Survey Bulletin*.
- Maxwell, J. C., 1962. Origin of slaty and fracture cleavage in the Delaware Water Gap area, New Jersey and Pennsylvania. In *Petrologic studies: a volume in honor of A. F. Buddington*, Geological Society of America, 281-311, New York.
- Means, W. D., 1977. Experimental contributions to the study of foliations in rocks: A review of research since 1960. *Tectonophysics*, 39:329-354.
- Means, W. D., 1975. Natural and experimental microstructures in deformed micaceous sandstone. *Geological Society of America Bulletin*, 86:1221-1229.
- Means, W. D., y Williams, P. F., 1974. Compositional differentiation in an experimentally deformed salt-mica specimen. *Geology*, 2:15-16.
- Moore, J. C., y Geigle, J. E., 1974. Slaty cleavage: Incipient occurrence in the deep sea. *Science*, 183:509-510.
- Oertel, G., 1970. Deformation of a slaty, lapillar tuff in the Lake district, England. *Geological Society of America Bulletin*, 81:1173-1188.
- Oertel, G., y Curtis, C. D., 1972. Clay-ironstone concretion preserving fabrics due to progressive compaction. *Geological Society of America Bulletin*, 83:2597-2606.
- Powell, C. McA., 1979. A morphological classification of rock cleavage. *Tectonophysics*, 58:21-34.
- Rickard, M. J., 1961. A note on cleavage in crenulated rocks. *Geological Magazine*, 98:324-332.
- Ross, J. V., y Barnes, W. C., 1975. Development of cleavages within diamictites of southeastern British Columbia. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 12:1291-1306.

- Siddans, A. W. B., 1972. Slaty cleavage: A review of research since 1815. *Earth Science Reviews*, 8:205-232.
- Siddans, A. W. B., 1977. The development of slaty cleavage in a part of the French Alps. *Tectonophysics*, 39:533-557.
- Sorby, H. C., 1853. On the origin of slaty cleavage. *Edinburgh New Philosophical Journal*, 55:137-148.
- Tullis, T. E., 1976. Experiments on the origin of slaty cleavage and schistosity. *Geological Society of America Bulletin*, 87:745-753.
- Tullis, T. E., y Wood, D. S., 1975. Correlation of finite strain from both reduction bodies and preferred orientation of mica in slate from Wales. *Geological Society of America Bulletin*, 86:632-638.
- Williams, P. F., 1977. Foliation: A review and discussion. *Tectonophysics*, 39:305-328.
- Williams, P. F., 1976. Relationships between axial plane foliations and strain. *Tectonophysics*, 30:181-196.
- Williams, P. F., Means, W. D., y Hobbs, B. E., 1977. Development of axial plane slaty cleavage and schistosity in experimental and natural materials. *Tectonophysics*, 42:139-158.
- Williams, P. F., y Schoneveld, Chr., 1981. Garnet rotation and the development of axial plane crenulation cleavage. *Tectonophysics*, 78:307-334.
- Williams, P. F., Collins, A. R., y Wiltshire, R. G., 1969. Cleavage and penecontemporaneous deformation structures in sedimentary rocks. *Journal of Geology*, 77:415-425.
- Wood, D. S., 1974. Current views of the development of slaty cleavage. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, 2:369-401.
- Wood, D. S., 1973. Patterns and magnitudes of natural strain in rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A274:373-382.
- Wright, T. O., y Platt, L. B., 1982. Pressure solution and cleavage in the Martinsburg Shale. *American Journal of Science*, 282:122-135.

Deformación de Calcita

- Allmendinger, R. W., 1982. Analysis of microstructures in the Meade plate of the Idaho-Wyoming foreland thrust belt, U.S.A. *Tectonophysics*, 85:221-251.
- Allmendinger, R. W., y Jordan, T. E., 1984. Mesozoic structure of the Newfoundland Mountains, Utah: Horizontal shortening and subsequent extension in the hinterland of the Sevier belt. *Geological Society of America Bulletin*, 95:1280-1292.
- Behrmann, J. H., 1983. Microstructure and fabric transitions in calcite tectonites from the Sierra Alhamilla (Spain). *Geologische Rundschau*, 72:605-618.
- Briegel, U., y Goetze, C., 1978. Estimates of differential stress recorded in the dislocation structure of Lochseiten Limestone. *Tectonophysics*, 48:61-76.
- Burger, R. H., y Hamill, M. N., 1976. Petrofabric analysis of the Dry Creek anticline, Montana. *Geological Society of America Bulletin*, 87:555-566.
- Carter, N. L., y Friedman, M., 1965. Dynamic analysis of deformed quartz and calcite from the Dry Creek anticline, Montana. *American Journal of Science*, 263:747-758.
- Carter, N. L., y Raleigh, C. B., 1969. Principal stress directions from plastic flow in crystals. *Geological Society of America Bulletin*, 80:1231-1264.
- Dietrich, D., 1986. Calcite fabrics around folds as indicators of deformation history. *Journal of Structural Geology*, 8:655-668.
- Dietrich, D., y Song, H., 1984. Calcite fabrics in a natural shear environment, the Helvetic nappes of western Switzerland. *Journal of Structural Geology*, 6:19-32.
- Friedman, M., Teufel, L. W., y Morse, J. D., 1976. Strain and stress analyses from calcite twin

- lamellae in experimental buckles and faulted drape-folds. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A-283:87-107.
- Groshong, R. H., Jr., 1974. Experimental test of least-squares strain gauge calculation using twinned calcite lamellae. *Geological Society of America Bulletin*, 85:1855-1864.
- Groshong, R. H., Jr., 1972. Strain calculated from twinning in calcite. *Geological Society of America Bulletin*, 83:2025-2038.
- Groshong, R. H., Jr., Pfiffner, O. A., y Pringle, L. R., 1984. Strain partitioning in the Helvetic thrust belt of eastern Switzerland from the leading edge to the internal zone. *Journal of Structural Geology*, 6:5-18.
- Hugman, R. H. H., III and Friedman, M., 1979. Effects of texture and composition on mechanical behavior of experimentally deformed carbonate rocks. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63:1478-1489.
- Jamison, W. R., y Spang, J. H., 1976. Use of calcite twin lamellae to infer differential stress. *Geological Society of America Bulletin*, 87:868-872.
- Kern, H., 1977. Preferred orientation of experimentally deformed limestone marble, quartzite, and rock salt at different temperatures and states of stress. *Tectonophysics*, 39:103-120.
- Laurent, P., Bernard, P., Vasseur, G., y Etchecopar, A., 1981. Stress tensor determination from the study of e-twins in calcite: A linear programmed method. *Tectonophysics*, 78:651-660.
- Patterson, M. S., y Turner, F. J., 1970. Experimental deformation of constrained crystals of calcite in extension. In Paulitsch, P., *Experimental and natural rock deformation*, Springer-Verlag, 109-141, Berlin.
- Rutter, E. H., 1977. The influence of temperature, strain rate, and interstitial water in the experimental deformation of calcite rocks. *Tectonophysics*, 22:311-334.
- Rutter, E. H., y Rusbridge, M., 1977. The effect of non-coaxial strain paths on the crystallographic preferred orientation development in the experimental deformation of marble. *Tectonophysics*, 39:73-86.
- Schmid, S. M., Casey, M., y Starkey, J., 1981. The microfabric of calcite tectonites from the Helvetic Nappes (Swiss Alps). In McClay, K. R., y Price, N. J. *Thrust and nappe tectonics*, Geological Society of London, 151-158, Oxford.
- Spang, J. H., 1972. Numerical method for dynamic analysis of calcite twin lamellae. *Geological Society of America Bulletin*, 83:467-472.
- Teufel, L. W., 1980. Strain analysis of experimental superposed deformation using calcite twin lamellae. *Tectonophysics*, 65:291-309.
- Turner, F. J., Griggs, D. T., y Heard, H. C., 1954. Experimental deformation of calcite crystals. *Geological Society of America Bulletin*, 65:883-934.
- Turner, F. J., y Weiss, L. E., *Structural analysis of metamorphic tectonites*, McGraw-Hill, New York.
- Vernon, R. H., 1981. Optical microstructure of partly recrystallized calcite in some naturally deformed marbles. *Tectonophysics*, 78:601-612.

Deformación de Cuarzo

- Allmendinger, R. W., 1982. Analysis of microstructures in the Meade plate of the Idaho-Wyoming foreland thrust belt, U.S.A. *Tectonophysics*, 85:221-251.
- Allmendinger, R. W., y Jordan, T. E., 1984. Mesozoic structure of the Newfoundland Mountains, Utah: Horizontal shortening and subsequent extension in the hinterland of the Sevier belt. *Geological Society of America Bulletin*, 95:1280-1292.
- Ave'Lallement, H. G., y Carter, N. L., 1971. Pressure dependence of quartz deformation lamellae orientations. *American Journal of Science*, 270:218-235.

- Ball, A., y White, S., 1977. An etching technique for revealing dislocation structures in deformed quartz grains. *Tectonophysics*, 37:T9-T14.
- Bell, T. H., y Etheridge, M. A., 1976. The deformation and recrystallization of quartz in a mylonite zone, central Australia. *Tectonophysics*, 32:235-267.
- Blacic, J. D., 1975. Plastic deformation mechanisms in quartz: The effect of water. *Tectonophysics*, 27:271-294.
- Blenkinsop, T. G., y Rutter, E. H., 1986. Cataclastic deformation of quartzite in the Moine thrust zone. *Journal of Structural Geology*, 8:669-681.
- Bouchez, J.-L., 1977. Plastic deformation of quartzites at low temperature in an area of natural strain gradient. *Tectonophysics*, 39:25-50.
- Burg, J. P., 1986. Quartz shape fabric variations and c-axis fabrics in a ribbon-mylonite: Arguments for an oscillating foliation. *Journal of Structural Geology*, 8:123-131.
- Burger, R. H., y Hamill, M. N., 1976. Petrofabric analysis of the Dry Creek anticline, Montana. *Geological Society of America Bulletin*, 87:555-566.
- Carreras, J., Estrada, A., y White, S., 1977. The effects of folding on the c-axis fabrics of a quartz mylonite. *Tectonophysics*, 36:3-24.
- Carter, N. L., Christie, J. M., y Griggs, D. T., 1964. Experimental deformation and recrystallization of quartz. *Journal of Geology*, 72:687-733.
- Carter, N. L., 1971. Static deformation of silica and silicates. *Journal of Geophysical Research*, 76:5514-5540.
- Carter, N. L., y Friedman, M., 1965. Dynamic analysis of deformed quartz and calcite from the Dry Creek anticline, Montana. *American Journal of Science*, 263:747-758.
- Carter, N. L., y Raleigh, C. B., 1969. Principal stress directions from plastic flow in crystals. *Geological Society of America Bulletin*, 80:1231-1264.
- Christie, J. M., Griggs, D. T., y Carter, N. L., 1964. Experimental evidence of basal slip in quartz. *Journal of Geology*, 72:734-756.
- Christie, J. M., y Ardell, A. J., 1974. Substructure of deformation lamellae in quartz. *Geology*, 2:405-408.
- Dalziel, I. W. D., y Stirewalt, G. L., 1975. Stress history of folding and cleavage development, Baraboo syncline, Wisconsin. *Geological Society of America Bulletin*, 86:1671-1690.
- Dell'Angelo, L. N., y Tullis, J., 1986. A comparison of quartz c-axis preferred orientations in experimentally deformed aplites and quartzites. *Journal of Structural Geology*, 8:683-692.
- Dietrich, D., y Grant, P. R., 1985. Cathodoluminescence petrography of syntectonic quartz fibres. *Journal of Structural Geology*, 7:541-553.
- Etheridge, M. A., y Wilke, J. C., 1981. An assessment of dynamically recrystallized grain size as a paleopiezometer in quartz-bearing mylonite zones. *Tectonophysics*, 78:475-508.
- Gay, N. C., 1974. Modification of deformation lamellae during brittle-ductile deformation of quartzite. *Geological Society of America Bulletin*, 85:1237-1242.
- Green, H. W., Griggs, D. T., y Christie, J. M., 1970. Syntectonic and annealing recrystallization of fine-grained quartz aggregates. In Paulitsch, P., *Experimental and natural rock deformation*, Springer-Verlag, 272-335, Berlin.
- Hobbs, B. E., 1968. Recrystallizations of single crystals of quartz. *Tectonophysics*, 6:353-401.
- Kern, H., 1977. Preferred orientation of experimentally deformed limestone marble, quartzite, and rock salt at different temperatures and states of stress. *Tectonophysics*, 39:103-120.
- Kohlstedt, D. L., y Weathers, M. S., 1980. Deformation induced microstructures, paleopiezometers, and differential stresses in deeply eroded fault zones. *Journal of Geophysical Research*, 85:6269-6285.
- Law, R. D., 1986. Relationships between strain and quartz crystallographic fabrics in the Roche Maurice quartzites of Plougastel, western Brittany. *Journal of Structural Geology*, 8:493-515.

- Law, R. D., Knipe, R. J., y Dayan, H., 1984. Strain path partitioning within thrust sheets: microstructural and petrofabric evidence from the Moine thrust zone at Loch Eriboll, northwest Scotland. *Journal of Structural Geology*, 6:477-498.
- Lawrence, R. D., 1978. Tectonic significance of petrofabric studies along the Chewack-Pasayten fault, north central Washington. *Geological Society of America Bulletin*, 89:731-743.
- Lister, G. H., 1977. Cross-girdle c-axis-fabrics in quartzites plastically deformed by plane strain and progressive simple shear. *Tectonophysics*, 39:51-54.
- Lister, G. S., Paterson, M. S., y Hobbs, B. E., 1978. The simulation of fabric development in plastic deformation and its application to quartzite. *Tectonophysics*, 45:107-158.
- Lister, G. S., y Snoke, A. W., 1984. S-C mylonites. *Journal of Structural Geology*, 6:617-639.
- Mitra, S., 1978. Microscopic deformation mechanisms and flow laws in quartzites within the South Mountain anticline. *Journal of Geology*, 86:129-152.
- Mitra, S., y Tullis, J., 1979. A comparison of intracrystalline deformation in naturally and experimentally deformed quartzites. *Tectonophysics*, 53:T21-T28.
- Narahara, D. K., y Wiltschko, D. V., 1986. Deformation in the hinge region of a chevron fold, Valley and Ridge Province, central Pennsylvania. *Journal of Structural Geology*, 8:157-168.
- Ord, A., y Christie, J. M., 1984. Flow stresses from microstructures in mylonitic quartzites of the Moine thrust zone, Assynt area, Scotland. *Journal of Structural Geology*, 6:639-654.
- Scott, W. H., Hansen, E., y Twiss, R. J., 1965. Stress analysis of quartz deformation lamellae in a minor fold. *American Journal of Science*, 263:729-746.
- Shelley, D., 1980. Quartz [0001]-axes preferred orientation, Bluff, New Zealand: Origin elucidated by grain size measurements. *Tectonophysics*, 62:321-338.
- Simpson, C., 1980. Oblique girdle orientation patterns of quartz c-axes from a shear zone in the basement core of the Maggia Nappe, Ticino, Switzerland. *Journal of Structural Geology*, 2:243-248.
- Simpson, C., 1980. Oblique girdle orientation patterns of quartz c-axes from a shear zone in the basement core of the Maggia Nappe, Ticino, Switzerland. *Journal of Structural Geology*, 2:243-248.
- Spang, J. H., y Van Der Lee, J., 1975. Numerical dynamic analysis of quartz deformation lamellae and calcite and dolomite twin lamellae. *Geological Society of America Bulletin*, 86:1266-1272.
- Sylvester, A. G., y Christie, J. M., 1968. The origin of crossed-girdle orientations of optic axes in deformed quartzites. *Journal of Geology*, 76:571-580.
- Tullis, J., Christie, J. M., y Griggs, D. T., 1973. Microstructures and preferred orientations of experimentally deformed quartzites. *Geological Society of America Bulletin*, 84:297-314.
- Tullis, J., 1977. Preferred orientation of quartz produced by slip during plane strain. *Tectonophysics*, 36:87-102.
- Turner, F. J., y Weiss, L. E., *Structural analysis of metamorphic tectonites*, McGraw-Hill, New York.
- White, S., 1973. Deformation lamellae in naturally deformed quartz. *Nature*, 245:26-28.
- White, S., 1976. The effects of strain on the microstructures, fabrics, and deformation mechanisms in quartzites. *Philosophical Transactions, Royal Society of London*, A-283:69-86.
- Wilson, C. J. L., 1975. Preferred orientations in quartz ribbon mylonites. *Geological Society of America Bulletin*, 86:968-974.

La presente entrega se terminó de imprimir
el 3 de noviembre de 1987 en la Asociación
Geológica Argentina, Maipú 645, 1er. piso.
1006 Buenos Aires, República Argentina

ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

(Miembro de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas IUGS)

COMISION DIRECTIVA (1985-1987)

Presidente: DR. CARLOS CINGOLANI

Vicepresidente: DR. LUIS SPALLETTI

Secretario: DR. HÉCTOR LEANZA

Tesorero: LIC. NORMA PEZZUTTI

Vocales:

LIC. JORGE CANGINI

DR. ARMANDO MASSABIE

DR. OSCAR LÓPEZ GAMUNDI

Vocales Suplentes:

LIC. EUGENIO ARAGÓN

LIC. JORGE PISETTA

LIC. JUAN IDIART

Director de la Revista: DR. VÍCTOR RAMOS

Director de Publicaciones: DR. FRANCISCO NULLO

Coordinadores: LIC. GRACIELA MARÍN

LIC. LUIS FAUQUE

COMITE EDITORIAL

ING. VICTORIO ANGELELLI, DR. HORACIO H. CAMACHO, DR. ROBERTO CAMINOS, DR. CARLOS CINGOLANI, DR. GUALTER CHEBLI, DR. FÉLIX GONZÁLEZ BONOMO, DR. EMILIO GONZÁLEZ DÍAZ, DR. ENRIQUE LINARES, DR. NORBERTO MALUMIÁN, DR. FRANCISCO NULLO, DR. MARIO TERUCCI y DR. MARCELO R. YRIGOVEN

DELEGADOS EN EL INTERIOR

Bahía Blanca: Dra. Graciela Mas. Universidad Nacional del Sur. 8000 Bahía Blanca.
Catamarca: Dr. Gustavo A. Toselli. Dr. Adolfo Cano 1876, B° Güemes, 4700 Catamarca.
Corrientes: Lic. Oscar Orfeo, C. C. 217, 3400 Corrientes.
Comodoro Rivadavia: Dr. Ricardo Clavijo, Y.P.F., Departamento de Geología de Exploración, Golfo San Jorge, km 3, 9005 Comodoro Rivadavia.
Córdoba: Lic. Zarela Herrera, FCEF y N-UNC, Cátedra de Estratigrafía, Av. Vélez Sársfield 299, 5000 Córdoba.
Jujuy: Lic. José Alcalde, Dinamarea 1043, 4500 S. S. de Jujuy.
La Rioja: Dra. Ana Prieri de Vega, Plan La Rioja, C. C. 1538, 5300 La Rioja.
La Plata: Lic. Sergio D. Matheos, Museo de La Plata, Paseo del Bosque, 1900 La Plata.
Mar del Plata: José L. Clonchi, C. C. 722, Correo Central, 7600 Mar del Plata.
Mendoza: Lic. Jorge Anselmo Solís, Cent. de Exp. Minera I, Allaymé y G. Cruz, 5519 S. José.
Mendoza: Lic. Julio César Benítez, Y.P.F., Departamento Geológico Cuyo, San Martín Sur 36, 5501 Godoy Cruz, Mendoza.
Mendoza: Lic. Juan C. Zanettini, Dirección de Fabricaciones Militares, Mendoza.
Mina Aguilar: Lic. Pablo Dicciandio, Dpto. de Geología, 4634 Mina Aguilar, Jujuy.
Neuquén: Lic. Carlos Gulsano, Comisión Geológica N° 1, C.C. 25, 8300 Neuquén.
Paraná: Lic. Juan C. Bertolini, Corrientes 476, 3100 Paraná, Entre Ríos.
Plaza Huincul: Lic. Fernando Bettini, Casa N° 245, Campamento 1, Y.P.F., 8318 Plaza Huincul.
Río Cuarto: Lic. Mario Cantú, Univ. Nac. de Río Cuarto, Est. N° 9, 5800 Río Cuarto.
Río Gallegos: Lic. Muriel Miller, C. C. 246, 9400 Río Gallegos, Santa Cruz.
Río Turbio: Lic. Oscar R. Cabrera, Y.P.F., División Geología, 9407 Río Turbio, Santa Cruz.
Rosario: Dra. Pierina Pasotti, Av. Pellegrini 494, 2000 Rosario.
Salta: Dr. José Antonio Salfity, Pasaje N. Roldán 57, 4400 Salta.
San Juan: Lic. Silvio H. Peralta, FCEF y N. Av. del Libertador 1106, Oeste, 5400 San Juan.
San Luis: Dr. Jorge Fernández Tasende, C. C. 213, 5700 San Luis.
Santa Fe: Dra. Ofelia Tujchneider, Juan de Garay 2871, 3000 Santa Fe.
Santa Rosa: Lic. Silvio Casadio, Mendoza 685, 6300 Santa Rosa, La Pampa.
Santiago del Estero: Lic. Julia Cortés, Mitre 337, 4200 Santiago del Estero.
Tucumán: Dr. Hugo A. Peña, Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 205, 4000 S. M. de Tucumán.
Vespucio: Lic. Bernardo Pozo, Distrito Geológico, Campamento Vespucio, 4562 Salta.
Viedma: Dra. Elena Bernabé de Greco, Rivadavia 1027, 8500 Viedma.
Ushuaia: Lic. Gustavo Bujalevsky, CADIC, C. C. 92, 9410 Ushuaia.
Zapala: Lic. Marta Franchini, Dir. Gral. de Minería, Etcheluz y Monti, 8340 Zapala, Neuquén.

DELEGADOS INSTITUCIONALES EN BUENOS AIRES

Agua y Energía: Lic. Guillermo Turazzini, Alem 1134.
Banco Nacional de Desarrollo: Dr. Pedro Grandi, Cochabamba 54, 3° piso (1064).
Bridas S.A.P.I.C.: Lic. Marcos Mozetic, Av. Leandro N. Alem 1180 (1001).
CIRGEO: Dr. Juan P. Spikerman, Ramírez de Velasco 839 (1414).
Comisión Nacional de Energía Atómica: Lic. Oscar Elena, Libertador 8250 (1429).
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (F.A.): Lic. Magdalena Koukharsky, Mitre 3100 (1663) San Miguel.
Consejo Federal de Inversiones: Lic. Roberto M. Sarudiansky, San Martín 871 (1004).
Dirección General de Fabricaciones Militares: Dr. Vicente Méndez, Cabildo 63 (1426).
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: U.B.A. Dr. Carlos Aycuy, Ciudad Universitaria, Pabellón 2, 1428 Núñez.
Servicio de Hidrografía Naval: Lic. Roberto A. Violante, Montes de Oca 2124 (1271).
Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hidráulicas: Lic. Graciela S. Felici, Casilla de Correo 9, 1802 Ezeiza.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: Lic. Luis Moscatelli, Cabañas y Reseros, 1712 Castellar.
Instituto Nacional de Tecnología Industrial: Lic. Alejandra Pietrielli, Av. Gral. Paz s/n., 1630 San Martín.
Museo Argentino de Ciencias Naturales: Muriel Soria, Ang. Gallardo 470 (1405).
Obras Sanitarias de la Nación: Dra. Margarita Santos de Bertol, M. T. de Alvear 1842 (1129).
Secretaría de Minería: Lic. Luis E. Fauqué, Avda. Santa Fe 1548 (1000).
Yacimientos Carboníferos Fiscales: Dr. Federico Bergmann, Ding. R. Sáenz Peña 1190 (1110).
Yacimientos Petrolíferos Fiscales: Lic. Raúl V. Marinelli, Diagonal Norte 777 (1364).

DELEGADOS EN EL EXTERIOR

Brasil: Dra. Norma M. de Melo Da Costa, Lamin, Secao de Bioestratigrafia, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, CPRM, Av. Pasteur 401 - Praia Vermelha 20000, Rio de Janeiro.
Dr. I. de Madeiros Tinoco, Escola de Geologia, Universidad Federal de Pernambuco, Recife. Caixa Postal 2492.
Dr. Oscar Roster, Instituto de Geociencias USP, Caixa Postal 20899, 01.00 São Paulo.
Chile: Dr. John Davidson, Dep. Geol. Univ. Chile, Casilla 13518 - C. 21, Santiago.
Francia: Dr. Jean Claude Vicente, Laboratoire de Geologie Structurale, 4 Place Jussieu, Tour 26, 3° Etage, 75230 Paris, Francia.
Paraguay: Dr. Gustavo Vera Morinigo - C.C. 1862 - Asunción.
Perú: Dr. Jean Claude Vicente, Departamento de Geología, Univ. Nac. San Agustín, Casilla 572, Arequipa.
Uruguay: Dr. Graciano Elizalde, Departamento Geominero, Río Branco 1388, Montevideo.