



¿Cómo manejamos los tiempos de la deformación?

- **Eventos de deformación** → eventos orogénicos.
- **Superposición de estructuras** → No siempre representan lapsos de tiempo importantes.
- En zonas de cizalla → **Deformación progresiva**.

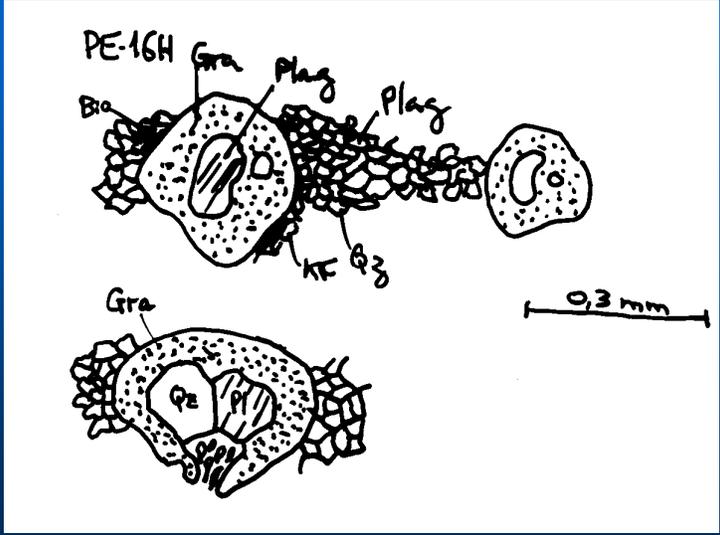
Duración de la deformación

- ¿Episódica o **progresiva**?
- ¿**Transitoria** o permanente?
- ¿Instantánea o **sostenida**?

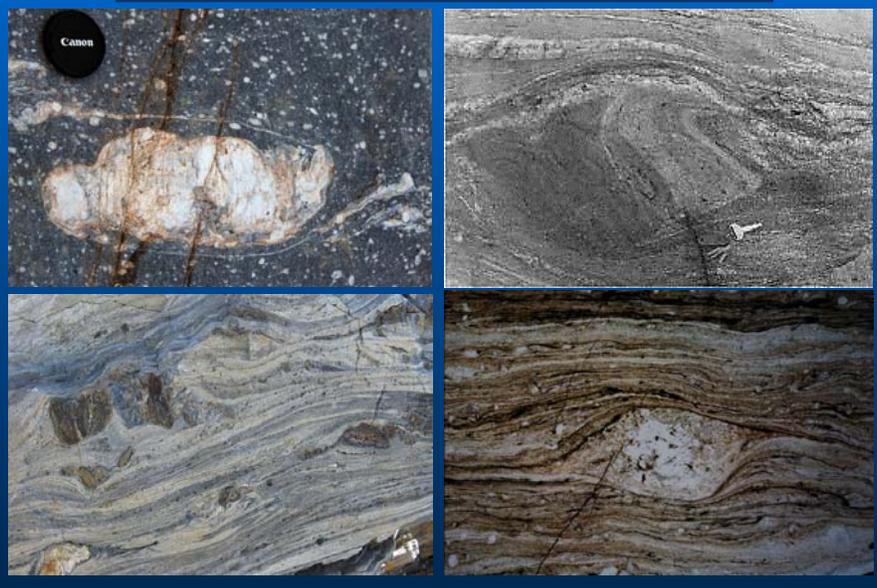
Fase de deformación

- **Fase**: Evento de duración determinada.
- Período de **tectogénesis** separado de otros por períodos de **calma tectónica**.
- **Evento cinemático**: Intervalo de tiempo entre dos inversiones tectónicas (cambio de **compatibilidad** en la **deformación** y el sentido de **desplazamiento**).
- **Patrones estructurales complejos** \neq **Fases superpuestas** (solo reflejan un comportamiento mecánico viscoplastico pasivo y no la superposición de dos eventos diferentes).

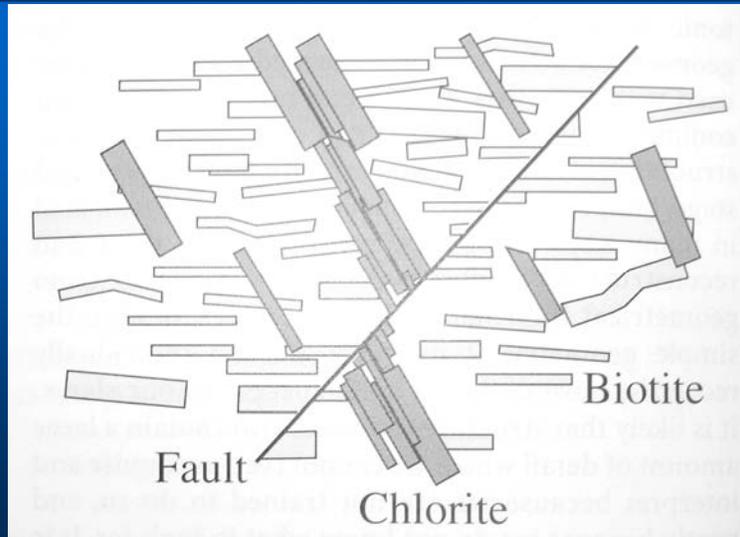
Noción de textura relíctica



Lentes tectónicas



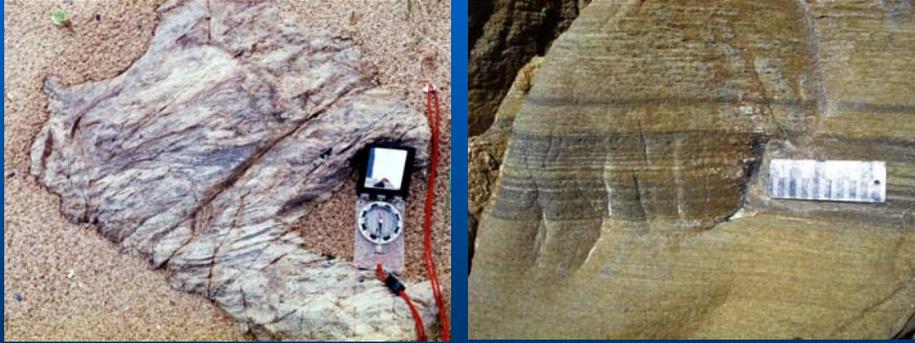
Relaciones de superposición



Superficie de referencia

- **Definición:**
 - Estructura penetrativa planar o linear pudiendo ser correlacionada entre afloramientos aislados.
- **Correlación cinemática:**
 - Método para delimitar espacialmente las zonas de alta deformación, principal objeto del **análisis cinemático**.

Relaciones de superposición entre fábricas



Tramas superpuestas

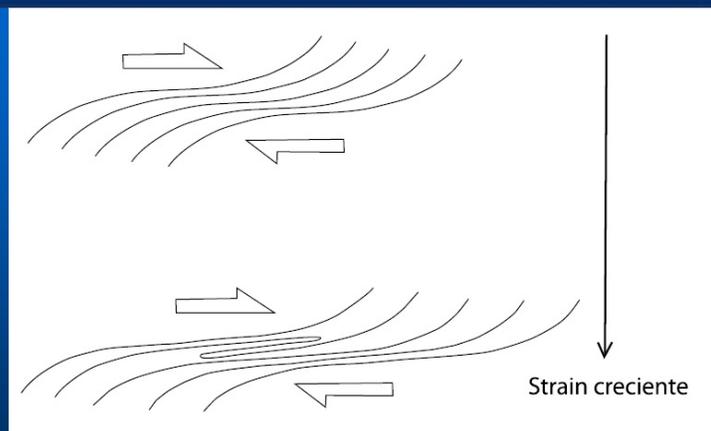
Problemas

- **Relaciones de superposición:**
 - producidas por una única fase de deformación.
- **Fases sucesivas:**
 - no necesariamente producen relaciones de superposición.
- **¿Edad relativa de fases de deformación?**
 - Depende de escala y lugar considerado
 - Deformación es **diacrónica**.

Noción de compatibilidad tectónica

- Estructuras que se perciben como **compatibles** desde el punto de vista **mecánico** (P. ej. *pliegues dentro de pliegues*).
- Estructuras que si bien no son mecánicamente similares son **temporalmente concomitantes** (Por ej.: *pliegue fallado*).

Concepto de deformación progresiva



Superposición estructural se interpreta como resultado de un **único** evento de deformación progresiva: Particularmente válido en contexto de **deformación heterogénea por cizalla**.

Edad relativa

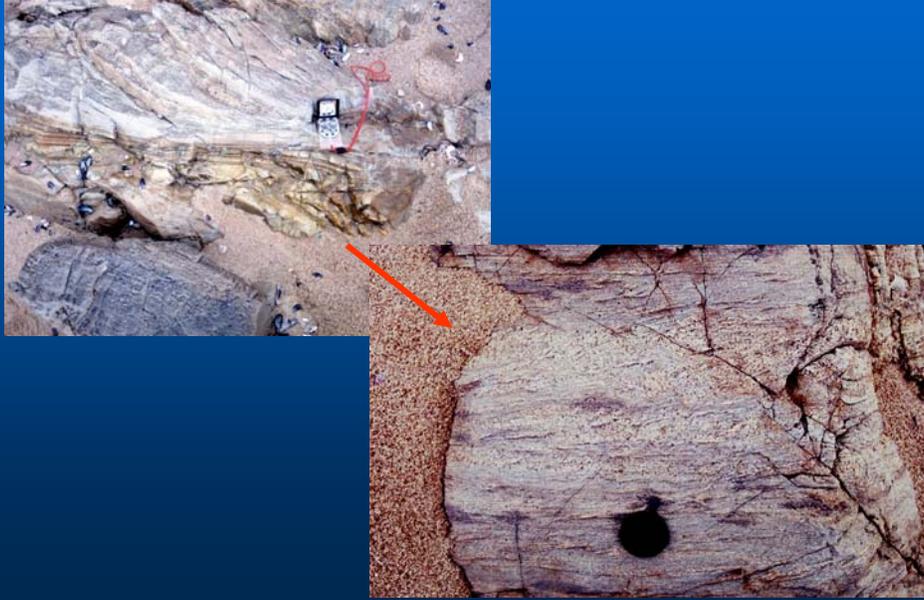
- **Reología cambia en corto intervalo temporal:**
 - Superposición de fracturación a estructuras dúctiles no nos permite determinar cuánto tiempo ha pasado entre ambas.
 - No siempre se puede saber si corresponden o no a la misma fase.
- **Para superposiciones de trama:**
 - Solo si las condiciones metamórficas son bien distintas para dos fases de deformación una separación temporal mínima puede establecerse (**trayectoria P-T-t-d**).

Estructuras que recortan en idénticas condiciones metamórficas



Reología cambia en idénticas condiciones P-T

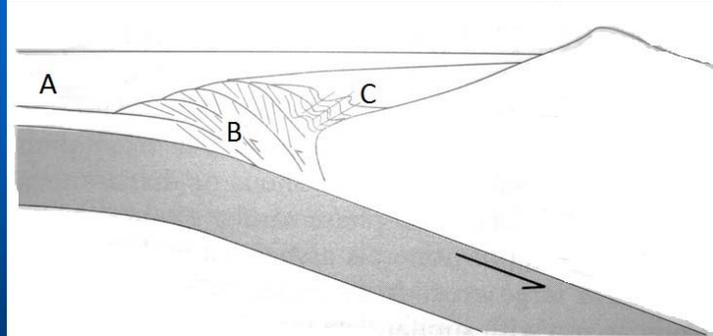
Condiciones metamórficas distintas



Definición de "Fase" depende de la escala



Diacronismo de la deformación



Representación de un prisma de acreción:

En A no hay deformación; en B una primer fase de deformación D1 es responsable por cabalgamientos hacia el océano, probablemente acompañados de pliegues y foliación en niveles profundos.

Mientras que esas estructuras D1 ocurren en B, una segunda fase de deformación D2 desarrolla retro-corrimento ya se está superponiendo a las estructuras D1 en el sitio C.

Criterios prácticos

Criterio 1

- Dos **estructuras superpuestas** compuestas por diferentes asociaciones minerales representando una discontinuidad en el grado metamórfico pueden pertenecer a **fases de deformación diferentes**.

Criterio 2

- **Foliaciones** que se recortan una a la otra mutuamente se perciben en la escala microscópica como 2 fases, pero hay excepciones:
 - **Trama oblicua**
 - **Clivajes de bandas de cizalla**

Criterio 3

- **Pliegues superpuestos** con superficie axial oblicua representan diferentes fases de deformación.
- **Problemas:**
 - Pliegues replegados con ejes paralelos.
 - Pliegues isoclinales que pueden formarse durante una única fase.

Pliegues superpuestos de mismo estilo



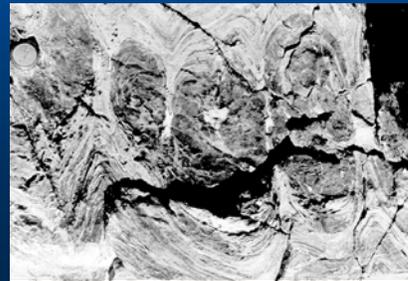
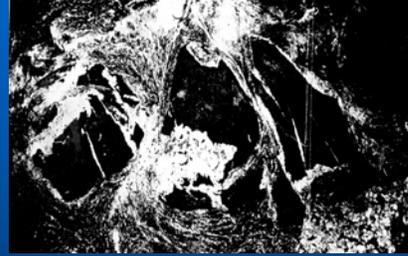
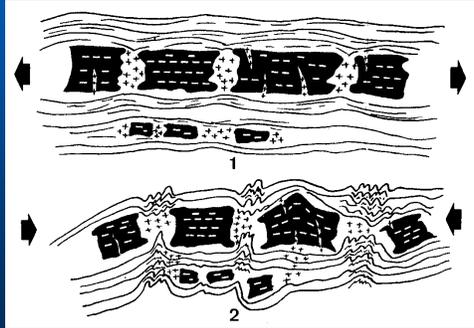
Pliegues superpuestos de estilo diferente



Criterio 4

- **Budines acortados** son comúnmente formados por la superposición de dos fases (Passchier 1990a).
- **¡Cuidado!** Estructuras que se desarrollan durante la **DEFORMACIÓN PROGRESIVA** (p. ej. **cizalla simple**) muestran pasaje de líneas que antes se extendían a un contexto en el que se acortan (variación de orientación respecto de los ejes de elipsoide de *strain*).

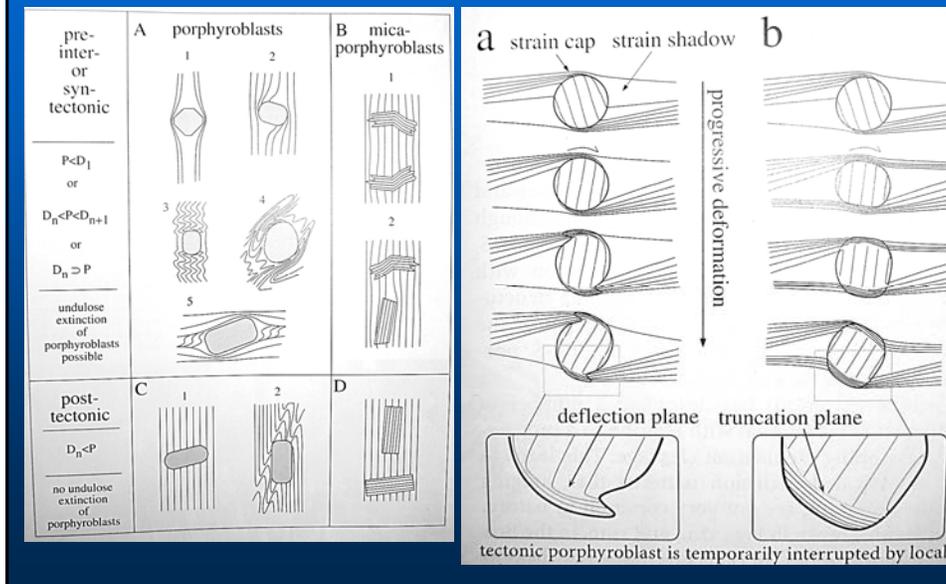
Budines: deformaciones superpuestas o rotaciones dentro de la misma fase



Criterios 5 & 6

- Algunas estructuras preservadas en **porfiroclastos** representan fases de deformación separadas.
- **Venas o diques** pueden ser importantes para separar fases de deformación y sus foliaciones asociadas (Passchier y Trouw 1998).

Porfiroblastos vs. foliación



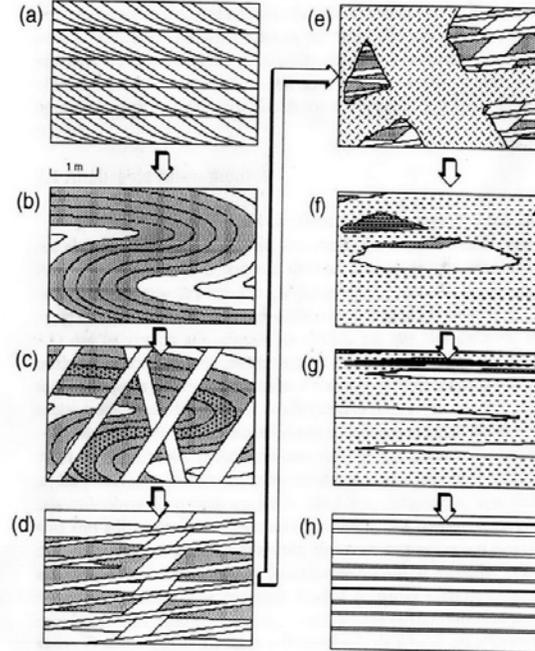
En síntesis...

- **Separar fases** requiere un replanteo permanente de la **organización estratigráfica del registro** a medida que aparecen nuevas relaciones que modifican las **conocidas**.
- **DEFORMACIÓN LOCALIZADA**: **Deformación progresiva** explica la mayoría de relaciones de superposición, generando la idea de **cambio gradual de la geometría (no se separan fases)**.
- **DEFORMACIÓN DISTRIBUIDA**: Las variaciones de orientación del elipsoide de strain pueden deberse a la superposición de eventos debido a una **inversión tectónica**: las estructuras tienen entonces **incompatibilidad cinemática**.

Evidencias de registro geológico

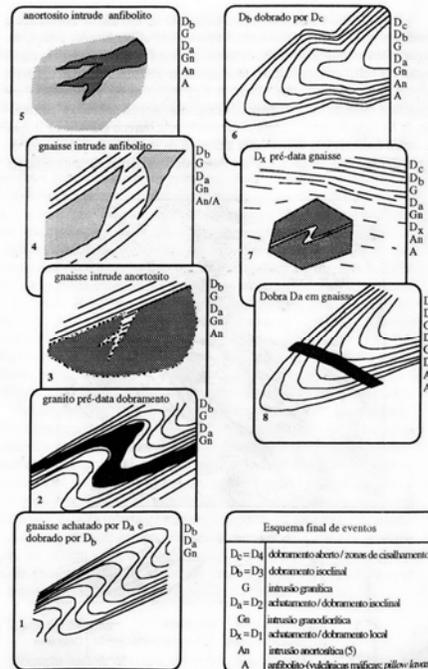
Gneis bandeado homogéneo de apariencia no deformada (h) puede derivar de una secuencia de eventos a-h: Sedimentita.

- Fases de deformación (a-b, c-d, e-h) e intrusión (b-c, d-e).
- La intensidad de deformación y la cantidad de material ígneo presente es mucho mayor de lo que se esperaría por el resultado final.
- El volumen original de rocas sedimentarias (gris) forma apenas un pequeño % del gneis final.

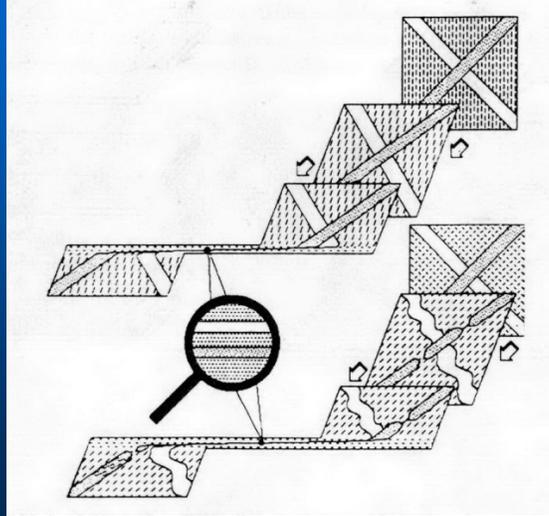


Secuencia de eventos

- Serie imaginaria de croquis de libreta de campo, representando afloramientos encontrados en el orden 1-8. La serie ilustra el modo en el cual un esquema de eventos es elaborado y modificado a medida que nuevas informaciones aparecen.
- Fases de deformación abreviadas (D_a, D_b, etc.) hasta que el esquema se haya completado para que la secuencia usual pueda ser adoptada (D₁, D₂, etc.)



Memoria inadecuada de las rocas

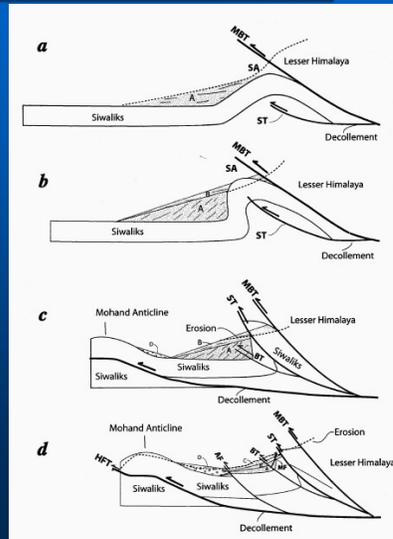


Anfibolitas de Pajas Blancas



Complejidad de la evolución de la deformación orogénica

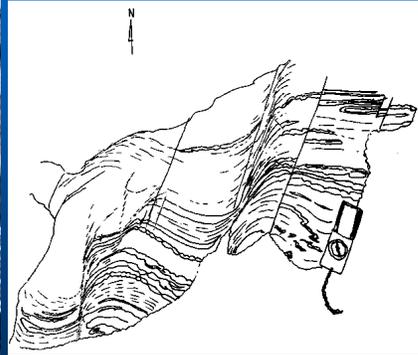
- Cuenca de **antepaís** en los Siwaliks (India).
- **Depósitos autoclásticos** y Cuenca de tipo "piggy-back" (*autofágica*).
- **Deformaciones superpuestas** en realidad representan **pulsos de cabalgamiento** y **aloestratigrafía asociada**.



Fases cinemáticas

- **Separación de fases cinemáticas:**
 - Según **criterios tectonofísicos**
 - Y no solo geométricos...
- **Interés:**
 - En el caso de reconocer cambios en el patrón cinemático.
 - Cambios por **incompatibilidad** para el flujo dúctil entre unas y otras estructuras... (Fernandes et al. 1992)

Incompatibilidad cinemática y tectónica respecto de la 'fase 1'



Estructuras de fase cinemática posiblemente diferente a la de la estructura planar principal (bandeado gnéisico)

Método de correlación cinemática

- Comparación de **estilos y orientaciones** de estructuras.
- **Evento discordante:**
 - No son resueltas las necesidades de flujo dúctil para estructuras no compatibles.
- **Mapa cinemático:**
 - Muestra orientación regional del flujo de roca considerado casi homogéneo para grandes volúmenes.

Limitaciones

- **Secuencia temporal de 'eventos' cinemáticos por correlación del registro:**
 - Diferentes partes orogénicas con **idéntico patrón cinemático** pueden tener **edades diferentes** (p. ej. por diacronismo).
 - Unidades mostrando **patrones cinemáticos contrastantes** pueden tener una **única edad** (ser p. ej. inestabilidades mecánicas locales).
- **No siempre se puede establecer prelación entre eventos diferentes.**

Requerimientos

- **Correlación entre deformación e historia termal** (*i.e.* metamorfismo y magmatismo).
- **Edades radiométricas:**
 - Esenciales para establecer la trayectoria deformacional e historia cinemática **ABSOLUTA** en cinturones móviles (orógenos).

Eventos metamórficos y fases de deformación

