

## 6. RECOLECCION DE DATOS. TRABAJO DE CAMPO

### 6.1 INTRODUCCION

Para poder empezar a aplicar el método Eraso en la región del embalse de Camarasa, es necesario desplazarse hasta la zona objeto de estudio y tomar una serie de datos en el macizo rocoso.

El trabajo de campo consiste básicamente en localizar y medir el máximo número de las anteriormente mencionadas como conjunciones de tectóglifos, es decir, conjunciones de elementos tales como estilolitos, venas o fallas.

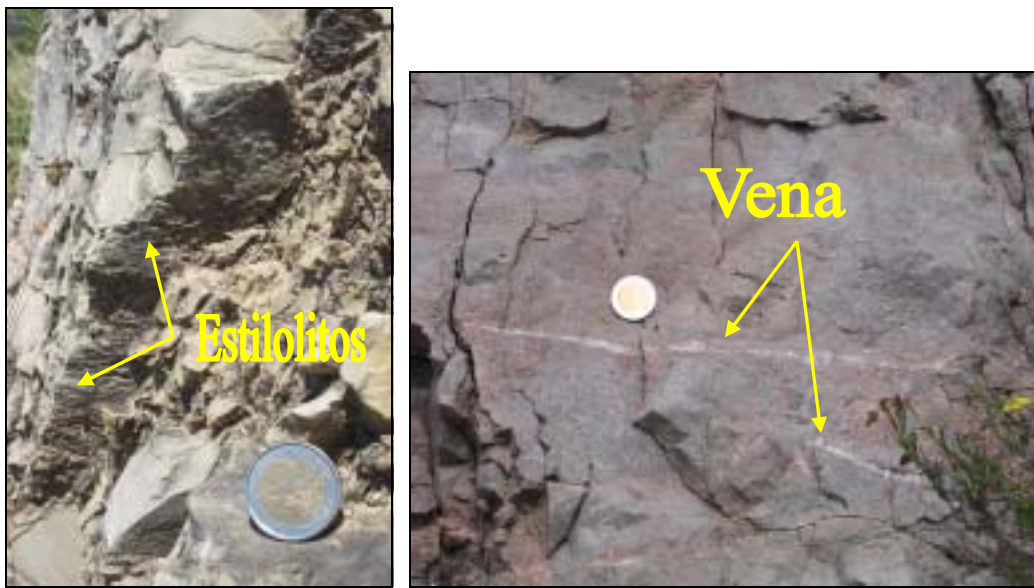


Foto 21 y 22: Estas dos fotografías nos muestran un ejemplo de estilolitos (izquierda) y una vena (derecha) encontrados durante el trabajo de campo.

Para poder determinar el elipsoide de tensiones, en estas conjunciones se debe medir:

- La dirección del plano
- La dirección de buzamiento
- El ángulo de buzamiento

En el caso de encontrar una falla sola, también existe la posibilidad de poder determinar el elipsoide. Para ello se debe medir:

- La dirección del plano
- La dirección de buzamiento
- El ángulo de buzamiento
- Sentido de desplazamiento de la falla (dextra o senestra)
- Pitch de la falla

Para poder medir el pitch necesitamos un transportador de ángulos, y el espacio suficiente como para poder apoyarlo en el plano. El sentido de desplazamiento de la

falla se determina frotando con el dedo en la dirección de las estrías. Se intenta determinar en que sentido las estrías ofrecen más resistencia al avance.

Este procedimiento es un poco subjetivo, además que en muchas de las fallas, debido a la erosión, las estrías no están muy claras. Esto supone un trabajo de interpretación de datos e interpolar el sentido en base a fallas similares de la misma familia donde el sentido esté más claro.



Foto 23 y 24: estas dos fotografías nos muestran dos fallas encontradas durante la toma de datos en el campo

También es importante intentar distinguir las distintas fases tectónicas que han dado origen al paisaje actual. Para ello nos basamos en un procedimiento de datación relativa. Este procedimiento se basa en el corte entre dos familias distintas. Si logramos observar el punto donde se cruzan, veremos como una familia corta a la otra. El principio nos dice que la familia que corta es la más moderna, así como la familia que es cortada es la más antigua.

Estos puntos de cruce no son nada fáciles de encontrar, y en caso de hacerlo, en muchos casos es difícil determinar que familia corta y cual es cortada. Esta información, aunque no nos es muy útil a priori, veremos como su aportación será determinante a la hora de determinar como funciona la red de filtraciones.

[21] Un ejemplo del principio de datación relativa es el siguiente, donde se ve como se cruzan dos venas. Se ve perfectamente como la vena que corta es la horizontal (en rojo), por lo que esta será más moderna que la vertical (en azul).

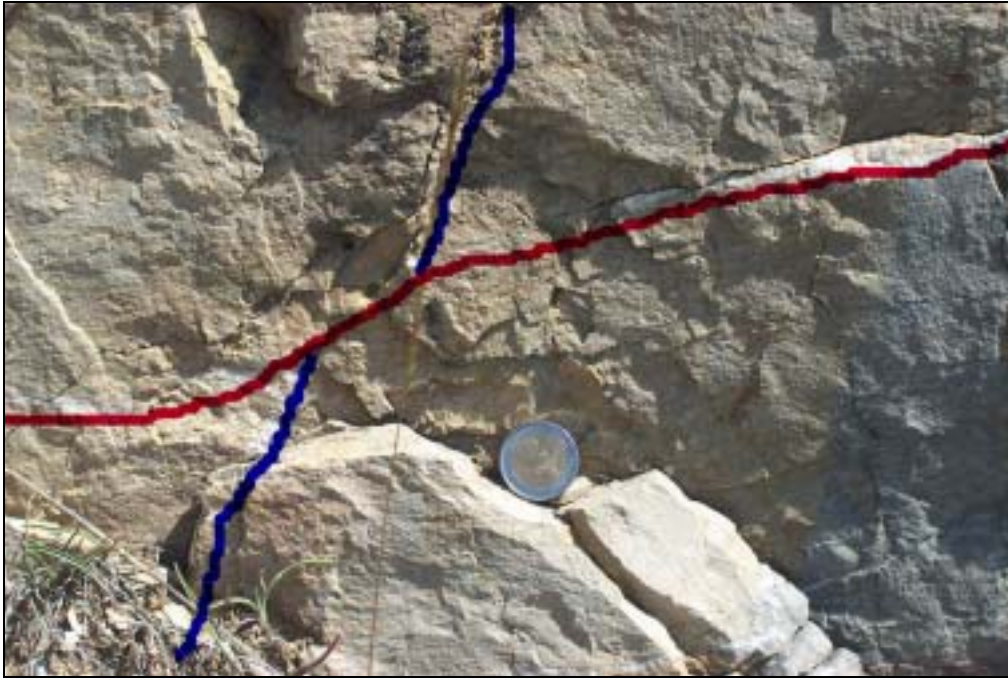


Foto 25: Dos venas se cortan mostrándonos su edad relativa.  
La roja al ser la que corta es más moderna que la azul.

Para poder medir todas estas direcciones de los planos de fractura, necesitamos una brújula de geólogo. Esta brújula es algo especial, tiene forma rectangular para poder apoyar los cantos en los planos que se pretendan medir y tener una correcta percepción de las direcciones paralelas y ortogonales al plano en cuestión.

En el centro de la brújula, existe una corona circular al interior de la cual está la aguja magnética que señala al norte. La corona graduada exterior, permite el movimiento y la usamos para poder medir tanto la dirección como del buzamiento del plano respecto al norte magnético.



Foto 26: vista de la brújula de geólogo

Para medir basta con apoyar uno de los cantos de la brújula con el plano, de manera que esta este completamente horizontal. Así pues, nos apoyamos encima de una recta horizontal perteneciente al plano. Giramos la corona graduada hasta que coincida la marca de 0 o 360 grados con el verdadero norte magnético. Una vez orientada esta corona exterior, su lectura en las marcas paralelas al lado apoyado al plano, nos dan la dirección de capa de dicho plano. A su vez, la lectura de las marcas perpendiculares al lado apoyado nos determina la dirección de buzamiento o máximo pendiente del plano.

En esta última lectura conviene destacar la dirección de buzamiento para tomar la medida correcta de las dos posibles perpendiculares al plano.



Foto 27: Esta foto nos muestra como se coloca la brújula en un plano inclinado. Giramos la corona exterior hasta hacer coincidir la flecha roja con el norte magnético.

La brújula, en el interior de la corona central, contiene un clinómetro, es decir, un semicírculo graduado y una aguja libre. Este clinómetro sirve para medir el ángulo de buzamiento del plano.

Para medir este ángulo, colocamos el canto de la brújula apoyado en el plano de manera que coincida con una recta de máximo pendiente de dicho plano. La aguja del clinómetro, se mueve por gravedad y nos indica el ángulo respecto la horizontal a que se encuentra el plano.

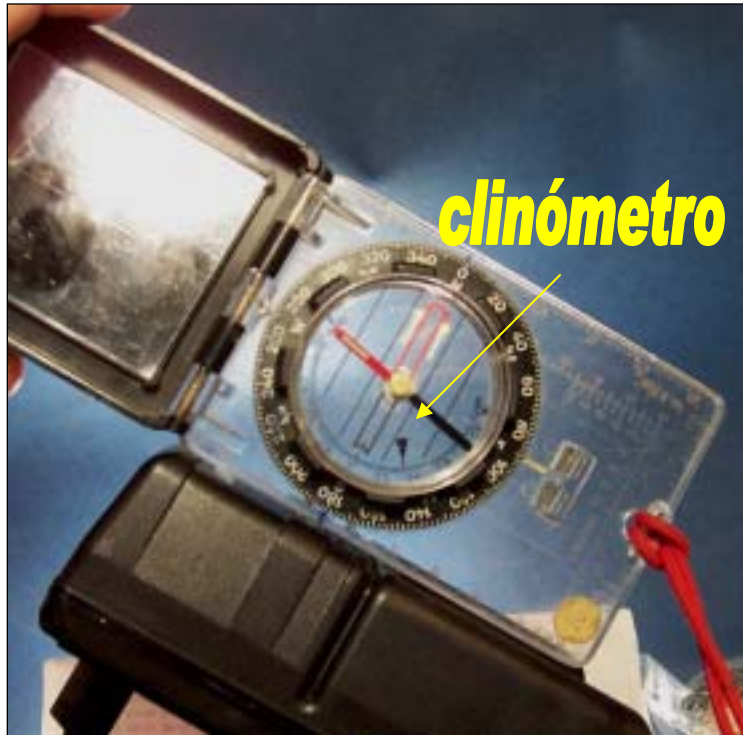


Foto 28: Medida del ángulo de buzamiento de un plano con el clinómetro.

## 6.2 ELECCIÓN DE LAS ZONAS DE TOMA DE MEDIDAS

La elección de las zonas de estudio es importante, ya que de esta elección se derivaran directamente los datos de partida y como no, el resultado del estudio. Conviene que las zonas sean representativas de la zona y del problema que se quiere estudiar, es decir, que las zonas contengan las discontinuidades que son, sin lugar a duda, las que originan las filtraciones.

Para la toma de medidas los lugares más recomendables son excavaciones recientes, como los bordes de una carretera, esto nos facilitará la localización de las posibles conjunciones existentes al eliminarnos la cubierta vegetal que acostumbra a estar en la superficie del terreno.

Observando la topografía de la zona, las zonas de estudio están bastante determinadas. Las dividimos en varias zonas representadas también en la figura 39 :

- **1ª Estación.** Siguiendo la carretera de acceso a la presa viniendo de Camarasa en dirección a Tremp. La parada finaliza en la boca sur del túnel de la presa. Esta parada sigue el curso del Segre, lugar de salida de la mayoría de filtraciones
- **2ª Estación.** Siguiendo la carretera una vez pasada la presa en dirección a Tremp. Esta parada sigue de manera paralela al embalse por la margen izquierda.
- **3ª Estación.** Siguiendo la margen derecha del embalse, desde el estribo de la presa.

- **4ª Estación.** Camino que va desde la toma de agua en el canal de derivación del estribo izquierdo de la presa, hasta la central y la base de la presa del Segre. Esta zona queda dentro de los límites de paso restringido por la central.

Como se ve en la figura 39 donde están representadas todas las zonas de estudio, estas intentan tener frentes en direcciones lo más diferentes posibles. El motivo es para evitar perder datos de planos que discurran de manera casi paralela al frente de estudio. Así pues, de existir una familia paralela en la primera estación de estudio, nos aparecerá reflejada en las otras zonas, ya que en la parada a la que es paralela no deja ninguna huella medible.

### 6.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

En este capítulo vamos a hacer una descripción de cada una de las cuatro zonas donde se han tomado los datos para el estudio.

#### 1ª ESTACIÓN

Esta parada discurre por el arcén de la carretera que va desde el pueblo de Camarasa en dirección a Tremp, la C-147 o carretera del Doll. La Estación tiene una longitud aproximada de 1200 metros, situados a la salida del túnel donde se apoya el estribo derecho de la presa. Esta parada se puede observar sobre el mapa topográfico en la siguiente figura.



Fig 40: Representación en el mapa topográfico de la 1ª estación de trabajo



Foto 29: Vista de la primera estación

En esta zona encontramos dolomías muy trituradas, casi siempre por fisuras verticales. Encontramos algunas de fallas conjugadas y otras de sueltas. Lo que más destaca de esta parada es la multitud de venas encontradas.

Cabe destacar que muchas de las grandes grietas e incluso una gran vena vertical muestran huellas muy acentuadas de paso de agua, quedan en lugares inaccesibles y no han podido constar en nuestros datos de origen.

Destaca también, no por su número sino por la manera de encontrarlo, un plano casi horizontal, con un ligero buzamiento hacia la central. Este plano nos viene dibujado en la roca como una franja de una potencia de unos 30 centímetros de roca porosa. Es una serie de pequeños carst que si los miramos de suficientemente lejos, nos determinan este plano casi horizontal. Por la naturaleza del afloramiento, aunque importante, nos hace imposible de efectuar la medida ya que en ningún momento aparece una parte de dicho plano, puede porque no sea un plano en sí sino mas bien una franja de una clara circulación de agua a través de un circuito cárstico, con agujeros del tamaño de una moneda y repartidos de manera anárquica. Esta franja se puede observar en la siguientes fotografías.

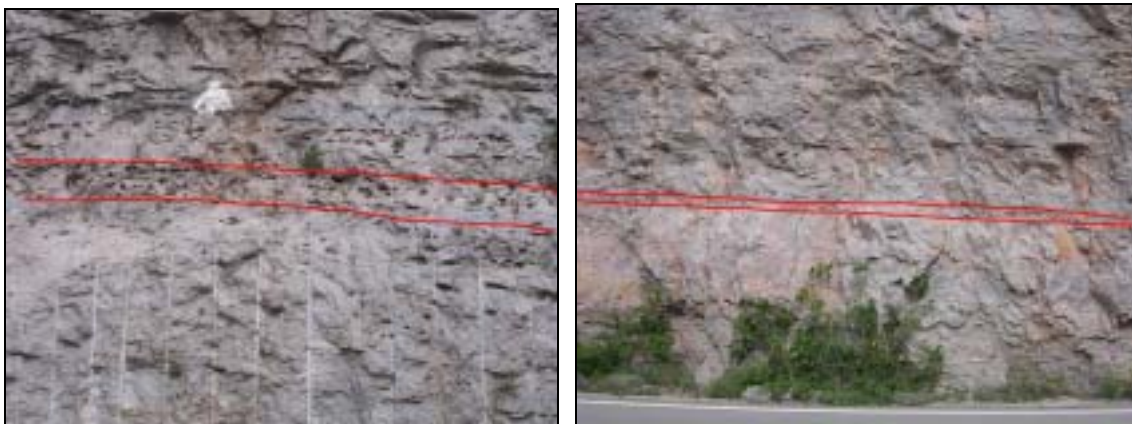


Foto 30 y 31: Estas dos fotografías nos muestran la franja de carsts bordeada por dos líneas rojas.

Más adelante, yendo en dirección a la presa, se encuentran una serie de pequeñas venas incrustadas en la roca, que siguen la alineación del plano cárstico anteriormente citado. Tampoco se puede medir el plano porque no nos aparece en ningún momento, simplemente son líneas blancas de calcita dibujadas en la roca.

En este punto y conociendo la herramienta que nos proporciona la proyección estereográfica, tomamos medidas de las diferentes rectas que observamos en las venas.

Intentamos tomar las medidas en direcciones diferentes de la roca, el objetivo es intentar determinar el plano que forman estas venas, conociendo dos rectas pertenecientes al mismo.

Así pues, tomamos multitud de medidas de estas rectas. Después necesitaremos un post proceso de estas rectas para determinar el plano. Este plano lo hallamos de la siguiente forma, representamos todas las rectas en proyección estereográfica. Estas rectas nos quedan como una nube de puntos, por los que intentamos dibujar varias ciclográficas que pasen por el mayor número de puntos posibles. De esta forma sacamos varios datos representativos del plano buscado.

Este proceso viene a ser como una regresión lineal, aunque en lugar de ajusta a una recta, lo hacemos a una ciclográfica. Para ello nos ayudamos de un programa de estereográfica, el StereoNett. El funcionamiento de este programa se describirá en el siguiente capítulo.

## 2ª ESTACIÓN

La segunda estación, sigue también la carretera C-147, después de haber superado la presa y recoge unos 300 metros del margen izquierdo del embalse. Podemos ver esta parada sobre el mapa topográfico en la siguiente figura.



Fig 41: En esta figura podemos ver representada la 2ª estación encima del mapa topográfico



Esta estación es la que contiene más variedad en cuanto a conjunciones tectóglifos. En ella nos encontramos con una dolomía calcárea más masiva que en otros lugares y no se observa en ningún caso la presencia de carst, se trata de una dolomía muy estratificada con un alto número de diaclasas en varias direcciones claramente distinguibles. Aún así, la parada contiene gran número de fallas, y en la mayoría de ellas se puede distinguir su falla conjugada.

A parte de venas y gran número de fallas conjugadas, destaca por ser el único punto donde se han podido hallar estilolitos. Estas conjunciones son difíciles de encontrar debido a su naturaleza y a su fragilidad ante la erosión,. En esta estación hemos podido medir cuatro conjunciones de estilolitos y fallas que aparecen en un pequeño afloramiento.



Foto 32: Vemos el afloramiento de estilolitos en la parte oscura de la roca superior.

Cabe destacar dentro de esta parada, la existencia de un gran plano de drenaje, ubicado encima de la estructura de emboquille del túnel de salida del estribo izquierdo de la presa en dirección Tresp. Este plano tiene unas dimensiones enormes y la presencia de circulación de agua es notable, incluso hasta el punto de poder distinguir claramente la dirección de circulación. Este plano coincide con las grandes grietas que se ven al nivel del embalse en esta misma margen y que dada su ubicación nos ha sido imposible medirlos.



Foto 33 y 34: En estas dos fotografías se puede apreciar el enorme plano totalmente recubierto de material cristalizado. La foto de la derecha muestra un detalle de una del plano. Se ve de manera clara la presencia de circulación de agua.

### 3° ESTACIÓN

La tercera parada está situada en el tramo que va desde el estribo derecho de la presa y sigue por la margen derecha del embalse en dirección aguas arriba. Esta parada está ubicada en un pequeño camino de unos 150 metros que da una explanada donde se encuentran los restos de los edificios donde dormían los obreros en la época de la construcción de la presa. Podemos observar esta parada en la siguiente figura.



Fig 42: Vemos representada la 3ª estación en el mapa topográfico



Foto 35: Vista de la tercera estación.

Esta estación no tiene demasiada longitud de talud para poder ser medido, en primer lugar, porque este sendero es corto y una vez superada la explanada donde se encuentran los edificios, se hace imposible seguir avanzando dirección aguas arriba al acabarse el sendero. Además, en esta escasa longitud del tramo, la última mitad está cubierta por vegetación, lo que nos impide visualizar la roca desnuda.

Así pues solo nos queda la primera mitad del sendero, la más cercana al estribo de la presa, donde se observa un talud excavado por voladura para llegar a la explanada ya citada.

En este tramo lo que más destaca sin lugar a dudas son los impresionantes carsts desarrollados en la roca. Aquí la roca es más masiva, sin apenas grietas ni estratificación aunque está completamente destrozada debido a la presencia del carst y a las marcas de las bainas de los barrenos que usaron para su excavación.

En esta parada la roca está tan machacada que no nos ha sido posible medir nada, aunque la circulación de agua es más que evidente como muestran las siguientes fotografías.



Foto 36 y 37: Estas dos fotografías son un claro ejemplo del tipo de terreno que nos encontramos en esta estación. Como se aprecia en ellas, el terreno está totalmente carstificado, lo que hace imposible el poder medir algún plano.

#### 4º ESTACIÓN

La última estación se halla en el camino que discurre desde la toma de agua del canal de derivación, en el estribo izquierdo de la presa, hasta el puente de acceso a la central, justo en la confluencia de los dos ríos. La longitud total de la parada es de unos 900 metros y sigue un camino excavado en la montaña que desciende serpenteando desde la coronación de la presa hasta el pie de la misma. Esta parada está representada en la siguiente figura.



Fig 43: En esta figura vemos representada la 4ª estación en el mapa topográfico.



Foto 38: Vista de la cuarta estación. El camino donde hemos tomado los datos está marcado en rojo hasta la entrada de un pequeño túnel, después sigue por detrás de la montaña hasta el pie de la central.

Esta parada a sido la de más difícil acceso, al encontrarse este camino dentro del recinto privado de la central. Para poder entrar se ha tenido que superar varios eslabones burocráticos retrasando la posibilidad de avanzar en la toma de datos varios meses.

Una vez conseguido el permiso, en esa zona nos encontramos una roca masiva, sin apenas estratificación y con muy pocas fracturas. El camino va descendiendo con una pendiente considerable y la parte final del mismo esta construida a base de escalones en la roca. Toda la parte final del camino, apenas contiene información al haber en superficie parte de vegetación, así como depósitos de derrubios.

El primer tramo del camino, en cambio, es casi horizontal y nos deja la roca perfectamente visible. Esta roca es muy masiva y en ella se distinguen muy pocas fracturas de importancia. En la parte más superficial de la roca hallamos una capa de mineral precipitado que borra todas las huellas de las pequeñas fallas, cosa que nos hace desechar estas pequeñas fracturas. También encontramos en la cara que da al Segre, una serie de pequeños carsts, que junto al mineral precipitado, nos revelan que realmente existe circulación de agua por esa zona.

Así pues, el esfuerzo depositado en poder tener acceso a este camino ha resultado en balde al no poder obtener un número considerable de datos en el.



Foto 39 y 40: En la fotografía de la izquierda vemos las escaleras por donde discurre el camino de esta estación. Los márgenes del camino son depósitos de derrubios donde no encontramos ninguna fractura de interés. La fotografía de la derecha nos muestra una zona de roca muy masiva y carstificada donde se intuye una la clara circulación del agua.

#### 6.4 DATOS DE CAMPO

Los datos tomados en el campo están representados en las tablas 7,8 y 9 en el anejo de tablas. Cada una de estas tablas se corresponde con las paradas 1,2 y 4 respectivamente.

Como ya hemos comentado en su descripción, en la 3º parada no hemos podido obtener ningún dato debido a las formaciones tan carstificadas que en ella se encuentran.

Cada una de las tablas contiene la dirección de capa, ángulo de buzamiento, dirección de buzamiento y tipo de discontinuidad de cada uno de los datos tomados en el campo.