



Ensayos mecánicos en Espeleosocorro.

Campaña de ensayos 1994 y 1996.

*Capítulo extraído íntegramente de la publicación de la Federación Francesa de Espeleología, Dossier de estudios e investigaciones del Espeleosocorro Francés, (Dossier d'Études et de Recherches du Spéléo Secours Français.)
Traducción de Andrés Martí Puig.*

CONDICIONES MATERIALES Y METODOLÓGICAS

Los ensayos que se detallan en las siguientes líneas han sido realizados por el SSF (Spéléo Secours Français), en las instalaciones de Petzl. Queremos dar nuestro agradecimiento a Paul Petzl por habernos permitido utilizar su laboratorio de ensayos y particularmente a Alain Maurice, (responsable del departamento de estudios), por su eficaz ayuda.

El objetivo de estos ensayos ha sido el de evaluar los esfuerzos de las instalaciones empleadas en espeleosocorro, habiendo sido realizados éstos en unas condiciones lo más parecidas a las reales. Prueba de ello es que durante muchos de los ensayos realizados se tuvo en cuenta los efectos dinámicos de uso y la aplicación de cargas irregulares: tracción brusca sobre un polipasto, rotura de un anclaje, etc. Consideramos también como son despreciables las variaciones debidas a la vida de las cuerdas de marca diferente y de igual diámetro.

La camilla fue reemplazada en muchas ocasiones por una pieza de hierro, con el objeto de castigar y aumentar los resultados posteriormente obtenidos.

El material puesto a nuestra disposición en los ensayos fueron tres dinamómetros conectados a un sistema de trazado, (ploter, impresora o similar). De esta forma fue posible registrar los valores simultáneos de los dinamómetros en una gráfica.

Los valores pueden ser de tipo estático progresivo o dinámico.

Por ello tenía que ser posible medir la tensión que soporta una tirolina, o la de un anclaje durante la evolución de un contrapeso.

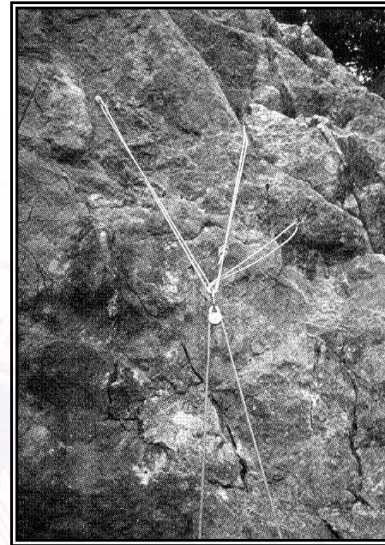
Los gráficos atestiguan los acontecimientos a la escala de tiempo y fuerza escogida.

- Las cuerdas habían sido utilizadas previamente en cavidad.
- Los mosquetones eran de acero con seguro.
- Los anclajes utilizados fueron anillos soldados a la estructura metálica del laboratorio, destinados a los ensayos y por consiguiente no se utilizaron spits ni similares.

1. ANCLAJE MÚLTIPLE O REPARTIDOR DE CARGAS (TRIANGULACIÓN)

TM Principio

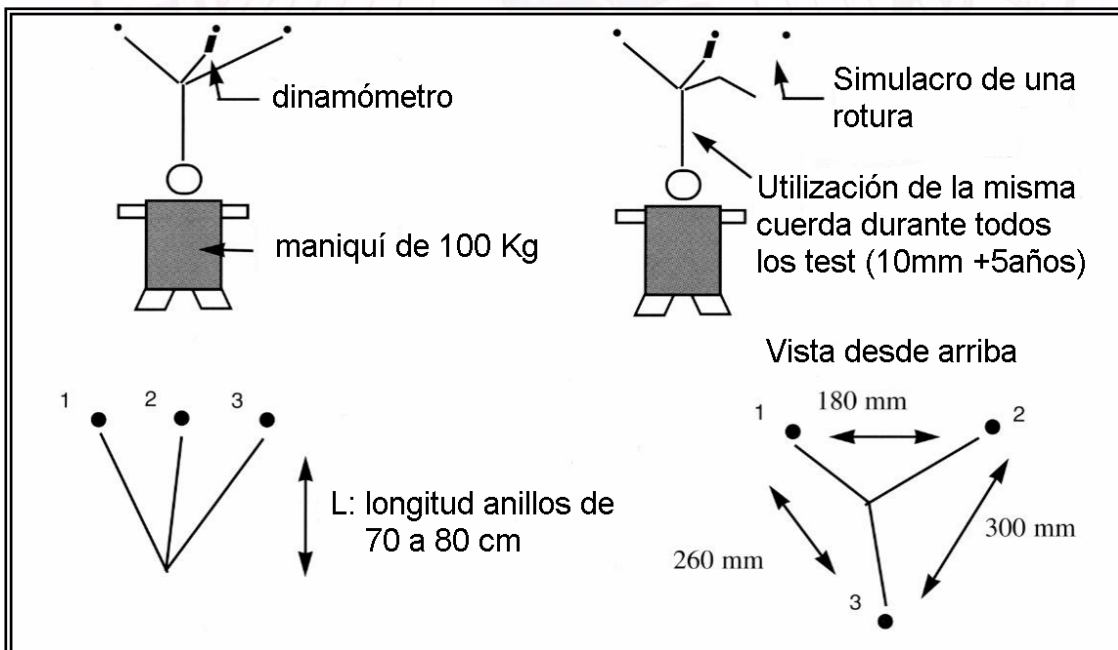
La sollicitación de los anclajes en socorro está duplicada o triplicada con respecto a las situaciones clásicas, habiéndose adoptado otras técnicas después de algunos años. Estas técnicas consisten en hacer trabajar simultáneamente dos o tres anclajes, con el fin de que las fuerzas generadas se repartan sobre varios puntos. En una progresión clásica dos spits son unidos entre sí, pero uno sólo soporta la carga. La rotura eventual del primer anclaje podrá dañar el segundo. En socorro el nudo de repartición de carga (triangulación), permite repartir el peso desde el comienzo de las maniobras. Nosotros nos propusimos medir las cargas soportadas en caso de rotura parcial de una triangulación.



ATM Primera serie de ensayos con un peso de 100Kg

En primer lugar medir el efecto sobre los otros puntos de anclaje, tras la rotura de uno de los tres anclajes de una triangulación. La triangulación está realizada con un anillo de cuerda anudado con un nudo pescador doble.

Varios parámetros de la triangulación han sido modificados, como: la longitud del anillo, la forma de girar las gazas, el tipo de cuerdas utilizado (diferentes desgastes), cuerdas secas o mojadas, etc.



TM Resultados de los ensayos:

Las cargas están dadas en Kg.

Ensayo cuerda 10mm y 2 años	Longitud anillo antes rotura	Longitud anillo después rotura	Carga dinám. antes del ensayo	Carga dinám. máxima	Carga dinám. Tras la rotura	% aumento carga respecto carga inicial	Observ. sobre anillo y ensayo
1	70	80	22	200	61	6.7	A
3	70	80	20	165	69	8.3	B
4	70	80	25	260	80	10.4	C
8	52	55	50	150	38	3.0	
11*	52	55	25	225	51	9.0	D
13*	52	55	28	138	37	4.9	E
14*	52	55	30	165	4!!!	5.5	F
15*	50	55	30	138	47	4.6	
16*	16	18	20	130	39	6.5	
17*	87	90	40	220	50	5.5	
18*	132	140	35	155	36	4.4	
19*	132	142	30	175	36	5.8	

- *: Cuerda mojada.
- **A:** Gazas no giradas, el anclaje que ha saltado no estaba pasado a través del mosquetón de acero del maniquí
- **B:** Las dos gazas giradas han retenido por pinzamiento la gaza que se ha soltado.
- **C:** La gaza que ha saltado no ha sido retenida durante la rotura por pinzamiento.
- **D:** Anillo utilizado previamente en el ensayo 8.
- **E:** Ya utilizado durante el ensayo en seco.
- **F:** Anillo no utilizado aún en los ensayos, una gaza o dos no estaban giradas. La carga la han soportado dos anclajes, resbalando dos gazas y solamente una de ellas ha retenido la carga total (la lástima es que el dinamómetro no estaba sobre esta gaza.)

Ensayo cuerda 9mm y 2 años	Longitud anillo antes rotura	Longitud anillo después rotura	Carga dinám. antes del ensayo	Carga dinám. máxima	Carga dinám. tras la rotura	% aumento carga respecto carga inicial	Observ. sobre anillo y ensayo
6	52	55	30	200	38	6.7	G

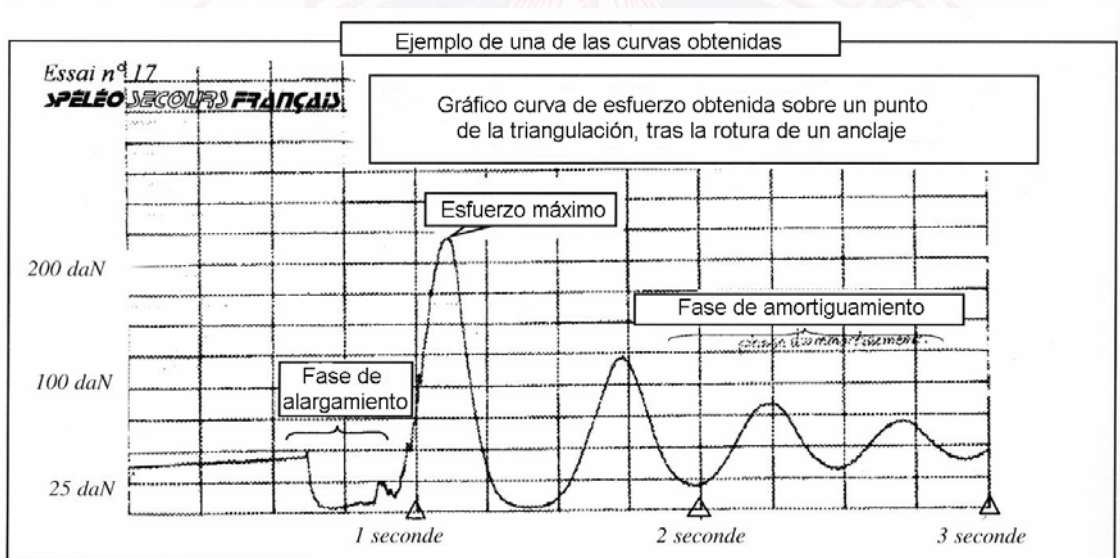
- **G:** Todo ha deslizado bien.

Ensayo cuerda 10mm y 1 año	Longitud anillo antes rotura	Longitud anillo después rotura	Carga dinám. antes del ensayo	Carga dinám. máxima	Carga dinám. tras la rotura	% aumento carga respecto carga inicial	Observ. sobre anillo y ensayo
5	70	80	20	190	30	9.5	H
9*	75	80	25	110	38	4.4	I
10*	75	80	25	145	26	5.8	J

- **H:** Todo ha deslizado bien.
- **I:** La gaza libre se ha girado durante la caída.
- **J:** Anillo utilizado durante el ensayo 9.

Ensayo cuerda 9mm dinámica	Longitud anillo antes rotura	Longitud anillo después rotura	Carga dinám. antes del ensayo	Carga dinám. máxima	Carga dinám. tras la rotura	% aumento carga respecto carga inicial	Observ. sobre anillo y ensayo
7	70	80	40	200	52	5	K

- **K:** Cuerda dinámica.



TM Observaciones e interpretación

Tras la rotura de uno de los anclajes de una triangulación, la carga que soporta de uno de los dos anclajes restantes, es por término medio en el momento del impacto de 5, (con cuerda dinámica), a 10 veces superior, que la carga que soporta la triangulación antes de la rotura. Sin embargo en todas las pruebas realizadas la fuerza generada durante el impacto ha sido aceptable: 260Kg como máximo, para una carga de 100Kg. Como comparación diremos que la parada brusca de un espeleólogo con descendedor durante un descenso, transmitirá al anclaje una carga entorno a los 200Kg y con unos picos de carga inclusive superiores. También veremos más adelante como dos espeleólogos sobre la misma cuerda generan una carga de 260Kg.

La forma de realizar el nudo repartidor (triangulación), es muy importante en el incremento de la fuerza de choque. Si las gazas están mal giradas, la gaza liberada durante la ruptura del anclaje puede doblar la longitud de la caída.

Diámetro de la cuerda: es fácil comprender que una cuerda de pequeño diámetro soporta una carga de rotura inferior a la de una cuerda de mayor diámetro. Sin embargo se puede decir también que una cuerda de 8mm absorbe mejor la fuerza de choque, (se alarga más) sin que llegue a la rotura, con relación a una cuerda de 10mm. Se puede probar esto

cogiendo por un lado una cuerda de 8mm con una pieza de hierro y por otro una cuerda de 11mm con una pieza de hierro de las mismas características. Durante la caída de la pieza de hierro el esfuerzo máximo soportado por el anclaje de la cuerda de 8mm, es menos importante que el que soporta el anclaje de la cuerda de 11mm. No es así durante nuestros ensayos, la media del factor de aumento de la carga es de 6,7 para la cuerda de 9mm contra los 6,2 y 6,5 por término medio, para las cuerdas de 10mm. Quedaría también por verificar si el diámetro de la cuerda utilizado en la confección de la triangulación, tiene influencia sobre los esfuerzos dados.

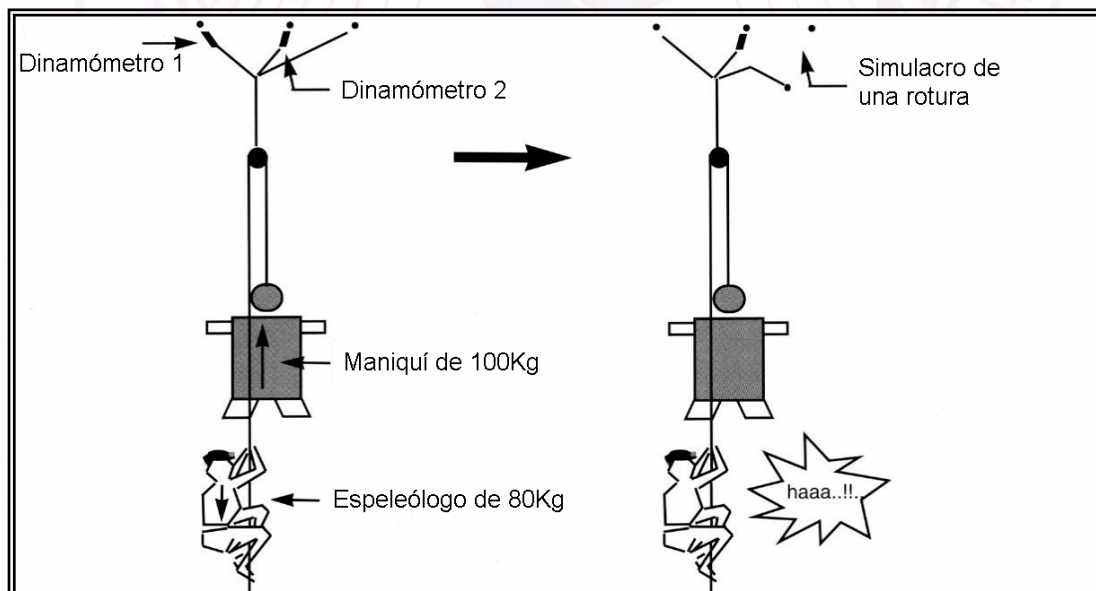
En definitiva, nuestra serie de ensayos no dan datos sobre el efecto de la longitud del anillo de cuerda de la triangulación.

***TM* Conclusión**

Todos sabemos que una triangulación reparte la carga entre varios anclajes, que son el elemento frágil de una instalación de socorro. Lo que se debe subrayar es la importancia de realizar bien la triangulación y el giro de cada una de las gazas de la misma. En definitiva el límite de este estudio ha sido el de variar más parámetros, sin la utilización de un largo plan de experiencias del tipo "Tagushi", como el empleado durante el análisis de la tirolina. Resulta una incertidumbre el efecto de la longitud de los anillos de la triangulación, que deberá matizarse mejor realizando unas pruebas más exhaustivas, mediante la utilización de un dinamómetro sobre cada una de las gazas de la triangulación.

***BTM* Segunda serie de ensayos con un peso de 180Kg (1 espeleólogo + 1 herido)**

Medir el efecto de la rotura de uno de los anclajes de la triangulación de un contrapeso, sobre los otros dos anclajes restantes.



***TM* Resultados de los ensayos**

La cuerda empleada en la triangulación durante los ensayos, es una cuerda de 10mm de diámetro y con dos años de uso.

La unidad de medida de las fuerzas es en Kg.

En los ensayos 53 y 54 hubo un cambio de la configuración (ángulos distintos), que se traduce en unas cargas antes del ensayo diferentes.

Número ensayo	Dinamó.1 antes del ensayo	Fuerza de choque dinamó. 1	Dinamó.1 después del ensayo	Dinamó.2 antes del ensayo	Fuerza de choque dinamó. 2	Dinamó.2 después del ensayo	Observaciones
50	-	-	-	105	395	-	A
52	60	175	65	120	450	160	B
53	35	150	50	55	460	175	C
54	140	160	70	70	575	150	D

- **A, B, C y D:** Contrapeso con rotura de un anclaje.

TM Observaciones e interpretación

En el caso de un contrapeso tras la rotura de un anclaje, la carga de cualquiera de los dos anclajes restantes, es como máximo 8,4 veces superior a la carga estática existente antes de la rotura.

Las medidas simultáneas de los anclajes antes, durante y después del choque, nos muestran:

- Una diferencia en el reparto de cargas de un anclaje al otro.
- No se puede presumir el reparto de la fuerza de choque entre los dos anclajes restantes en el momento de la rotura.
- Los ensayos han dado una fuerza de choque máxima de 575Kg sobre un anclaje.

Parámetros	Triangulaciones 1ª serie de ensayos	Triangulaciones 2ª serie de ensayos
Carga inicial	1 masa de 100Kg	1 masa de 100Kg + 1 espeleólogo de 80Kg
Cuerda 10mm y 2 años	A veces mojada	Constante
Medida del dinamómetro	Sobre uno sólo o los dos	Tener en cuenta que es el que soporte mayor carga
Ángulo y longitud anillo triangulación	Variable	Variable

TM Conclusiones

Hemos realizado las medidas simulando la rotura de un anclaje y considerando el reparto de las fuerzas sobre los anclajes restantes para una carga de 180Kg, siendo el caso más desfavorable el de una carga de 140Kg, sobre uno de los anclajes antes del ensayo.

La gran diferencia de intensidad de los esfuerzos aplicados sobre los dos anclajes restantes, (dinamómetro 1 y 2), que son antes de la rotura del anclaje de 60Kg y 120Kg

respectivamente, o después de ésta de 110Kg y 575Kg, muestra la importancia de los ángulos escogidos.

Nuestra serie de ensayos no permiten determinar el efecto de la longitud del anillo de cuerda empleado en la triangulación.

140Kg es una carga mínima para un anclaje clásico de espeleología. En estas condiciones parece poco probable que uno de nosotros seamos un día testigos de la rotura de un spit, tras la instalación de un triple anclaje y un contrapeso.

No obstante si esto sucediera, la fuerza máxima registrada durante los ensayos ha sido de 575Kg (con una carga de 180Kg), que es inferior a la fuerza generada durante una caída de factor 1.

2. CONTRAPESOS Y AUTOSOCORRO

Los ensayos han sido realizados sin simular la rotura de un anclaje de la triangulación. No queríamos hacer progresar a un socorrista y un herido sobre un contrapeso, con movimientos más violentos que los producidos durante un rescate real.

Nº de ensayo	Esfuerzo máximo dinamómetro	En todos los ensayos el esfuerzo máximo antes de tomar medidas ha sido de 180Kg.
56	210	Contrapeso de ida y vuelta sin rotura de un anclaje y con polea de rodamientos de bolas.
57	220	Contrapeso de ida y vuelta sin rotura de un anclaje y con polea de rodamientos de bolas. 240Kg con ayuda del regulador.
58	235	Contrapeso de ida y vuelta sin rotura de un anclaje y con polea de casquillo de bronce.
59	260	Salida del herido y el acompañante desde bajo, con sólo un mosquetón de acero en lo alto.
60	220	Autosocorro desde bajo con el herido a 3m del anclaje.

TM Conclusiones

Los efectos dinámicos debidos al reenvío utilizado (polea o mosquetón), o el método de ascenso, (contrapeso o salida del acompañante desde la base), tienen poca influencia sobre los anclajes (260Kg).

Si estas técnicas son similares desde el punto de vista de los resultados mecánicos obtenidos, por el contrario en el subconsciente del que las ejecuta la diferencia es muy grande. Para un socorrista es menos tensa la situación de estar sobre un solo spit, en el momento de ir a descolgar a otro espeleólogo a través de la misma cuerda, que estar realizando un contrapeso. ¡Por que motivo entonces en los contrapesos se exige una cuerda de seguro! La puesta en escena es indispensable para superar las barreras psicológicas. Para ello sobre una escasa altura (5 a 10m) se puede instalar una polea con rodamiento de bolas. Un regulador se sitúa en la polea y dos espeleólogos de peso similar se sitúan en su lugar, es decir uno en la base anclándose a un cabo de la cuerda y el otro cerca de la polea realizando el contrapeso.

La importancia psicológica que proporciona este ejercicio, se mide con la diferencia observada entre la angustia del segundo espeleólogo que hace de contrapeso y la del que espera tranquilamente a ser subido simulando ser el herido. Cuando los papeles se invierten, ¿qué diferencia hay entre las dos situaciones?...

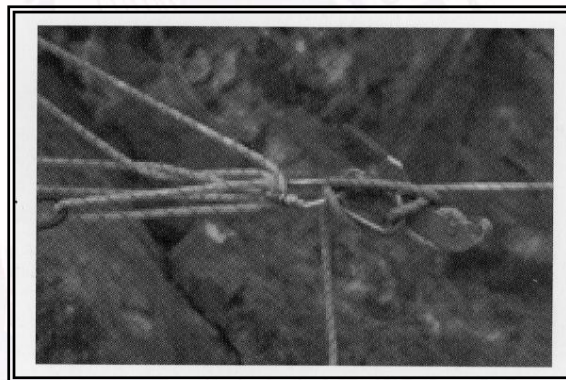
Debemos tomar en consideración estos datos psicológicos para un futuro aprendizaje y no para justificar dos cuerdas de seguro, una para el herido y otra para el contrapeso.

3. LAS TIROLINAS

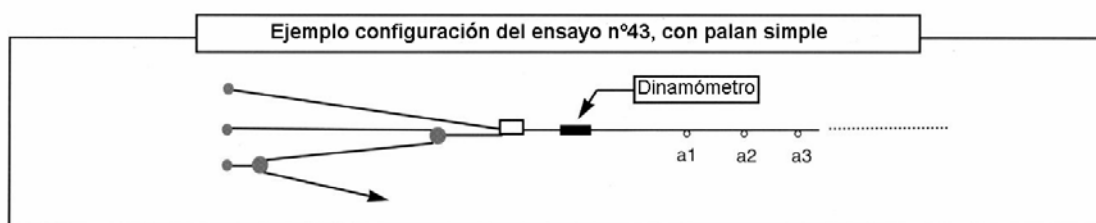
ATM Primera serie de ensayos: el modo de suspensión de la camilla.

***TM* Definición de los parámetros**

- **A = posición.** Es la posición de la carga con relación a los anclajes de la tirolina.
 - Con a1: al lado del dinamómetro.
 - Con a2: en el medio.
 - Con a3: al lado contrario.
- **B = suspensión.** Depende del número de anclajes mediante los que está suspendida la carga sobre la tirolina, (simulacro de muchas poleas, con B = 1 o 3 poleas).
- **C = tensión.** Es la fuerza inicial sin ninguna carga, marcada por el dinamómetro sobre la cuerda de la tirolina.



La longitud constante de la tirolina es de 6 metros, la cuerda de dos años, de 10mm de diámetro y estática.



***TM* Resultados de los ensayos**

Contrariamente a los procedimientos clásicos, que consisten en hacer variar sólo un factor a la vez, nosotros hemos combinado la variación de varios factores. Este método recibe el nombre de un plan de experimentación desarrollado en Japón y llamado "Tagushi".

Gracias a él se puede ver y valorar la importancia relativa a cada factor, reduciendo así notablemente el número de ensayos.

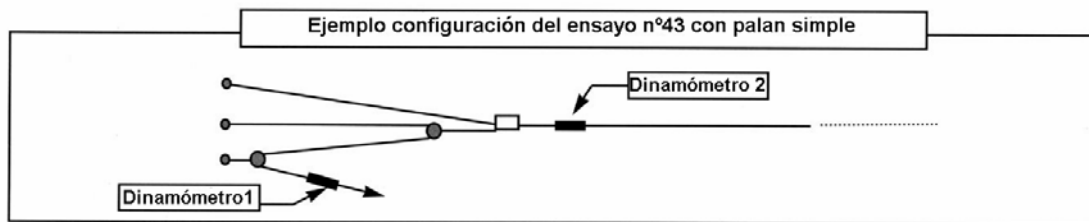
***TM* Observaciones e interpretación**

Los resultados indican que sólo la posición de la carga y la tensión, tienen influencia sobre los esfuerzos generados en los anclajes. El efecto del número de puntos de anclaje

mediante los que está suspendida la carga sobre la tirolina, (1 o 3 poleas), es despreciable. **Por tanto el factor más importante es la tensión inicial de la tirolina.**

BTM Segunda serie de ensayos: ¿qué esfuerzos se generan durante la tensión?

La longitud constante de la tirolina es de 6 metros, la cuerda de dos años, de 10mm de



diámetro y estática.

El dinamómetro 1 registra la fuerza ejercida por los espeleólogos que traccionan del palán.

El dinamómetro 2 registra la tensión de la cuerda de la tirolina.

Las cargas están dadas en Kg.

TM Resultados de los ensayos

Ensayo	Tensión obtenida	Tensión inicial máxima de la tirolina antes del bloqueo y sin carga. Dinamómetro 2.	Tensión inicial máxima de la tirolina después del bloqueo y sin carga. Dinamómetro 2.	Acción de los socorristas. Dinamómetro 1.
40	A	80	Sin bloqueo	130
41	B	160	Sin bloqueo	280
42	C	200	70	275
43	D	240	60	250
43 Bis	E	-	Con carga 200Kg	-
44	F	350	80	220
45	G	280	50	180
46	H	420	60	100
47	I	420	360	
48	J	-	460	-

- **A:** Con una tracción directa sobre la cuerda orientada a 25° de la tirolina, sin palán y con dos socorristas.
- **B:** Igual que el caso anterior.
- **C:** Con una tracción directa sobre la cuerda de la tirolina, colgando de ella en posición vertical una masa de 345Kg y además 1, 2 y 3 socorristas.
- **D:** Con un palán (cuerda independiente de la tirolina) y un ángulo de 25° sobre la cuerda traccionada por tres socorristas.

- **E:** Un socorrista de 80Kg se coloca en medio de la tirolina.
- **F:** Palán con polea de rodamientos y tres socorristas.
- **G:** Palán con polea de rodamientos, bloqueada con un nudo dinámico directamente al final de la tirolina y con tres socorristas.
- **H:** Palán compuesto con poleas de rodamientos y dos socorristas.
- **I:** Palán compuesto con bloqueadores.
- **J:** Continuación del ensayo 47 sin quitarse un socorrista de la tirolina en dinámico.

***TM* Conclusión**

Gran influencia del sistema de bloqueo empleado.

El valor de la tensión inicial sobre la tirolina, depende principalmente del sistema de bloqueo empleado. Con los sistemas clásicos (como el nudo dinámico), se conserva únicamente de un 14 a 35% de la tensión, ¡no superando ésta jamás los 80Kg! Los 200-400Kg de tensión inicial, disminuyen a 60 o 80Kg en el momento que bascula el nudo dinámico y se realiza la llave de bloqueo del mismo.

La solución experimental del ensayo 47, consiste en bloquear la cuerda de tracción al final del palán. De este modo se conserva el 78% de la tensión inicial tras el bloqueo, (360-460Kg). En este caso al colgarse otro socorrista de la tirolina la tensión aumenta a 450Kg.

Regresión de nuestra fuerza durante la fase de tensión.

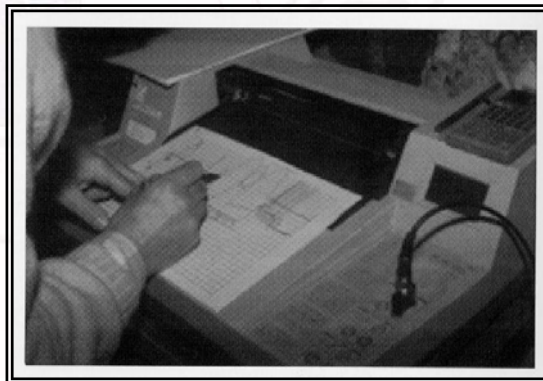
La gráfica del ensayo 44, muestra que es inútil ponerse nervioso durante el tensado mediante palán compuesto, ya que lo mejor de nosotros mismos, ¡se produce durante los 20 primeros segundos! Todos los demás gastos de energía, ¡no son más que movimientos inútiles!

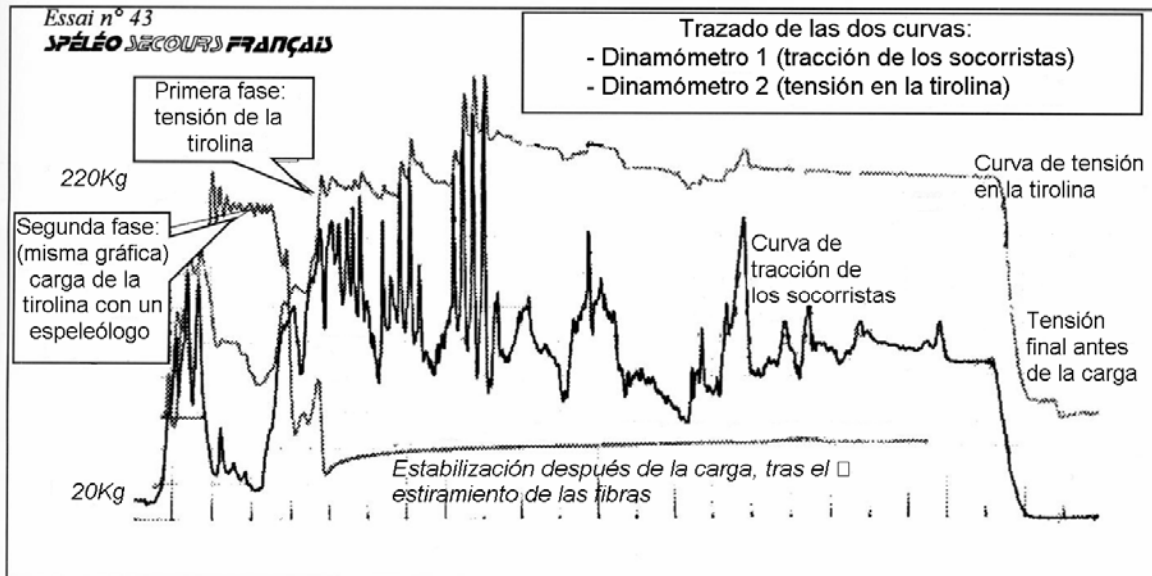
¡Esfuerzos aceptables, pero con tres anclajes!

Las tensiones más importantes obtenidas antes del bloqueo (460Kg), resultan muy aceptables para los anclajes empleados en una tirolina, ya que éstos siempre son múltiples.

El efecto dinámico de la suspensión de una carga sobre una tirolina, (similar a los golpes de la tracción), parece muy reducido (ensayo 48). La variación es de $\pm 60\text{Kg}$ para una carga de 80Kg.

Si comparamos esta carga de 450Kg como máximo, es inferior a los 575Kg obtenidos sobre una gaza de la triangulación de un contrapeso, (masa de 100Kg + espeleólogo de 80Kg), después de la rotura de uno de sus tres puntos de anclaje. No obstante se considera que los tres anclajes solicitados al mismo tiempo (triangulación), son imperativos con el fin de prevenir cualquier rotura. El sistema de bloqueo empleado en el ensayo 47, no se utiliza y está desfasado.





CTM Tercera serie de ensayos: ¿qué sistemas de bloqueo?

Conocer los esfuerzos de la tensión inicial sobre la tirolina antes de entrar en carga, en función del sistema de bloqueo empleado.

TM Selección de los parámetros más influyentes

Ensayo	Parámetros	Modalidades 1 (nivel)	Modalidades 2 (nivel)
1	Modo de bloqueo: bloqueador	Con polea	-
2	Modo de bloqueo: descendedor	Con llave	Sin llave
3	Modo de bloqueo: grigri	Con llave	Sin llave
4	Modo de bloqueo: nudo dinámico	Llave	Llave bloqueada

- Todos los demás factores son constantes.

TM Resultado de los análisis

Ensayo	Parámetros: modo de bloqueo	Tensión antes del bloqueo (en Kg)	Tensión después del bloqueo	Tensión con tres espeleólogos (+225Kg)	Tensión tras la descarga de los tres espeleólogos
1	Nudo dinámico con llave antiretorno	70	50	Reposo	10
2	Nudo dinámico con llave antiretorno	170	145	450	80
3	Descendedor autoblocante	De 500 a 600	A	A	A
4	Descendedor autoblocante sin	250 (con picos de	150	380	60

	llave	400)			
5	Descendedor autoblocante sin llave (reenvío en el eje de la tirolina)	-	200	420	10
6	Descendedor autoblocante con llave	Con picos >500	220	500	180
7	Grigri	-	300	>500	180
8	Bloqueador con polea	-	380	>500	260
9	Descendedor no autoblocante con llave	Con picos de 580	90	550	50

- **A:** Durante este ensayo la camisa de la cuerda se ha roto bajo el bloqueador.

TM Conclusión

Sistema de bloqueo de una tirolina:

- **Grigri:** Resulta imposible el desbloqueo bajo tensión (a 180Kg).
- **Bloqueador:** La tensión inicial obtenida con un bloqueador es muy alta. Bajo una fuerte carga hay riesgo de cortar la camisa de la cuerda.
- **Nudo dinámico:**
 - Ventajas: resulta una solución materialmente fácil de poner en práctica.
 - Inconvenientes: antes de bloquearlo es difícil mantener manualmente la tensión, con lo cual se produce una gran pérdida de ésta.
- **Descendedor autoblocante:** Es una buena solución, reduce suficientemente las pérdidas derivadas del bloqueo. Permite variar fácilmente la longitud de la tirolina.

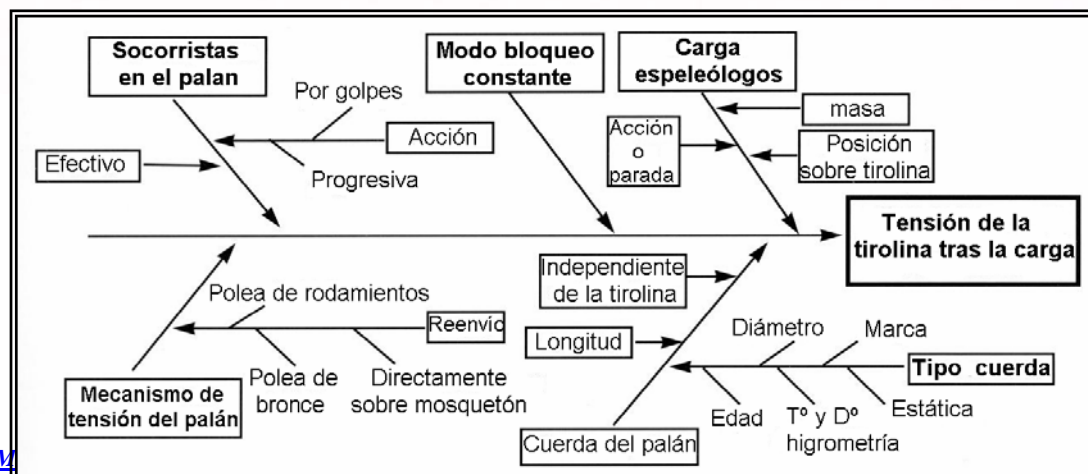
DTM Cuarta serie de ensayos: ¿qué esfuerzos hay en funcionamiento?

TM Objetivo

Conocer los esfuerzos de la tensión inicial sobre la tirolina tras su carga.

TM Parámetros

TM Recopilación (diagrama causa / efecto)



Se ha utilizado un plan de experimentación estadístico, aunque aquí únicamente se dan los resultados.

TM Resultados

Ensayo	Parámetros: modo de bloqueo	Tensión tras el bloqueo	Tensión con 3 espeleólogos al lado del dinamómetro	Tensión con 3 espeleólogos en medio de la tirolina	Tensión con 3 espeleólogos en el lado opuesto del dinamómetro	Tensión residual
10	A	210	410	500	330	140
11	B	260	420	520	340	-
12	C	170	480	480	330	80
13	D	160	-	740	-	-

- **A:** tirolina cargada con 220Kg y bloqueada con descendedor autoblocante.
- **B:** Igual que el caso anterior.
- **C:** Igual que el caso anterior, pero con una longitud de la tirolina inferior.
- **D:** Tirolina cargada con 220Kg, bloqueada con descendedor autoblocante y con tres espeleólogos que se mueven violentamente.

TM Conclusión

El parámetro que más influye es la variación de la longitud de la tirolina, con respecto a la posición de la camilla sobre ella.

El hecho de aumentar la longitud de la tirolina, reduce la tensión de ésta.

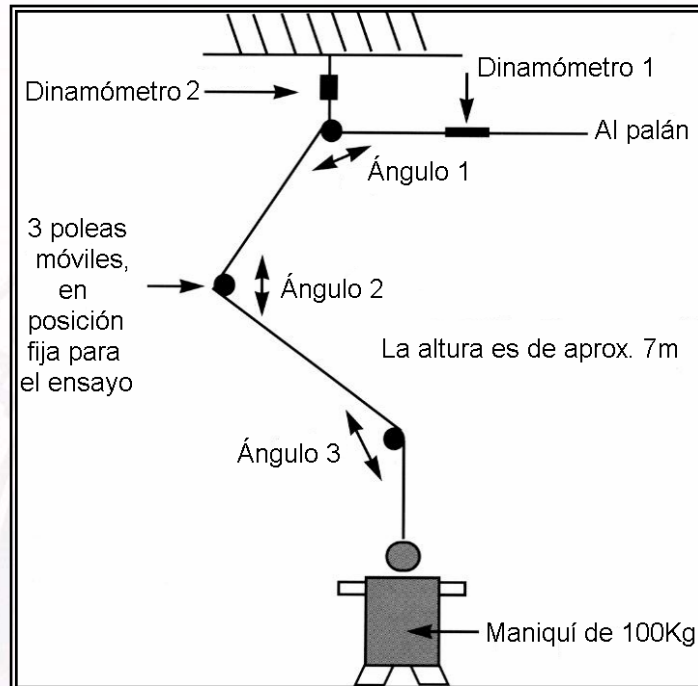
El ángulo máximo obtenido sobre una tirolina corta, (de 2,1m), es de 162° tras la carga de un espeleólogo y de 160° tras la carga de dos espeleólogos. La tensión inicial era de 185Kg.

	Tensión inicial	Peso de los espeleólogos	Tensión tirolina obtenida + el gráfico	Tensión total obtenida en el gráfico
Carga de un espeleólogo	190	Aprox. 83Kg	+ 90Kg	= 280Kg
Carga de dos espeleólogos	181	Aprox. 164Kg	+ 183Kg	= 364Kg

4. Varias poleas sobre una cuerda de tracción

TM Protocolo de los ensayos

Ensayo en dinámico de una tracción desviada por tres poleas. Los parámetros que se han variado durante los ensayos, han sido el tipo de poleas y los ángulos de trabajo. La importancia de la tensión ejercida por los socorristas sobre el palán no ha podido medirse, ya que los únicos dos dinamómetros han estado situados a la salida del palán y sobre la polea que soportaba la mayor carga.



TM Resultados de los ensayos

Ensayo	Valor máximo de la tracción delante del palán. Dinamómetro 1	Valor máximo del anclaje situado en el techo. Dinamómetro 2	Ángulo 1	Ángulo 2	Ángulo 3	Observaciones
70	270	200	140°	90°	130°	A
71	235	160	140°	90°	130°	B
72	270	155	145°	65°	120°	C

- **A:** Palán con las dos poleas de rodamientos. Los tres desviadores con las poleas de bronce.
- **B:** Igual que en el caso anterior pero con un palán compuesto.
- **C:** Palán compuesto. Los tres desviadores con las poleas de rodamientos.

TM Observaciones e interpretación

En los tres casos el esfuerzo a realizar con el palán (simple o compuesto), para ascender la carga de 100Kg, es tres veces superior al peso de ésta (de 235 a 270Kg), según el tipo de poleas utilizado.

Los esfuerzos sobre la cuerda de la polea móvil más solicitada (la situada en el techo), son como máximo del doble de la carga que se asciende con un solo palán, (200Kg) y de 1,5 veces la carga con un palán compuesto, (155Kg).

El fabricante de las poleas utilizadas (Petzl), da una absorción de un 40% para una polea con casquillo de bronce y de un 10% con una de rodamientos, (valores obtenidos cuando la cuerda da media vuelta alrededor de la polea).

Si la velocidad es muy elevada, los casquillos de las poleas de nylon y de bronce funcionan muy mal.

TM Conclusión

Esta última serie de ensayos resulta incompleta: todos los parámetros no han podido ser medidos con precisión, (la variación del número de poleas, la obtención de medidas a cada lado del palán, la influencia relativa a los distintos ángulos, el número y tipo de poleas...) Apuntar también que los esfuerzos sobre las cuerdas de las poleas móviles (270Kg máximo), precisan de un bloqueo eficaz, así como de un diámetro de cuerda mínimo de 8mm.

5. Polea de reenvío móvil (PRM)

TM Objetivo

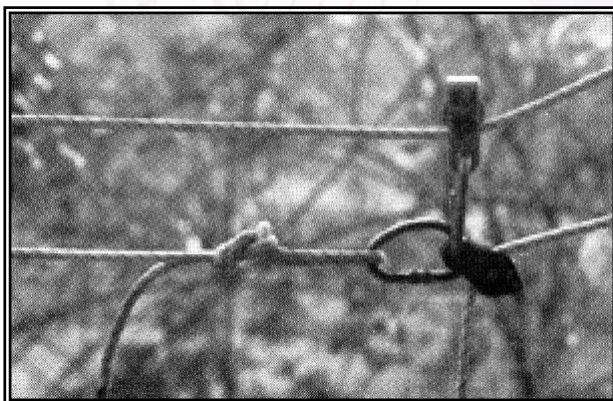
Conocer los esfuerzos que se ejercen sobre los anclajes más solicitados, durante la utilización de una polea de reenvío móvil.

TM Resultados y análisis

Ensayo	Poleas utilizadas en el palán	Poleas utilizadas en la PRM	Esfuerzo sobre el palán	Esfuerzo sobre la PRM
15	Bronce	Bronce	200	>500
16	Bronce	Rodamientos	200	600
17	Rodamientos	Rodamientos	220	690

TM Conclusión

En el caso de una polea de reenvío móvil (PRM), los esfuerzos soportados por los anclajes de la polea PRM, pueden alcanzar valores importantes, (690Kg con poleas de rodamientos). Estos esfuerzos son originados por una parte por el bloqueo de la camilla sobre la PRM, a su llegada a la cabecera del pozo y por otra parte por mantener muy larga la llave de bloqueo del descendedor. Cuando la camilla se desplaza horizontalmente sobre esta instalación, el anclaje de la PRM recibe fuertes sacudidas sobrepasando los 400Kg. En el anclaje del palán los esfuerzos no sobrepasan los 220Kg.



TM Conclusión general

Nuestras series de ensayos muestran que a nivel global, en espeleosocorro trabajamos con unos márgenes de seguridad muy amplios, al igual que en el caso de los simulacros dinámicos, ya que éstos son iguales que en la realidad.

Esto confirma que es a los anclajes a los que deberemos dar mayor importancia. La cuerda con un diámetro suficiente (10mm mínimo para socorro), no es ni mucho menos el elemento más débil de la cadena.

Los ensayos de las triangulaciones, muestran que la rotura de un anclaje es más molesta y peligrosa para el herido, que para la propia cuerda.



Para la tirolina podemos decir que con varios anclajes trabajando al mismo tiempo, la cuerda de seguro no es más que un factor psicológico, teniendo en cuenta que los esfuerzos que se soportan son moderados.

La eventual puesta en marcha de una polea de reenvío móvil, así como su utilización requieren precauciones.

