CAPÍTULO V.

REUTILIZACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO PARA USOS ACTUALES.

CAPÍTULO V.

REUTILIZACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO PARA USOS ACTUALES

V.1.- GRADO DE CONFORT DE LAS VIVIENDAS TROGLODITAS.

El concepto de zona de confort aparece entre 1913 y 1923 y se atribuye a John Sheppard, entendido como "*el conjunto de valores de las propiedades físicas del aire que producen una sensación confortable al hombre*".

En el interior de una cueva la temperatura se mantiene constante durante todo el año, alrededor de los 22-23 ºC, un cambio muy notable al pasar del exterior al interior. Una ventaja de la vivienda troglodita es la inercia térmica del subsuelo, con el consiguiente amortiguamiento de la onda térmica externa. Por eso la sensación de confort que tiene una vivienda subterránea es muy buena, manteniendo constante la temperatura, siendo por esta causa el lugar de cobijo y refugio de nuestros antepasados de las cavernas.

Pero no sólo la temperatura interviene en la sensación de confort, es decir, también juega un gran papel el grado de humedad. Este factor es el que nos hace tener la sensación de agotamiento por calor, aunque realmente la temperatura en ese momento no sea excesivamente elevada. Por ello, en las zonas costeras donde la temperatura en verano oscila entre los 27 y los 36 ºC, se tiene una gran sensación de calor, agravado por la humedad ambiental de la brisa marina. Sin embargo, si nos encontramos en zona de montaña, el grado de temperatura puede llegar a ser mayor que en la costera, pero al tener un grado de humedad menor, la sensación de calor y malestar producido por este fenómeno es menor.

La sensación de humedad dentro de una cueva no proviene únicamente por la atmósfera, sino también por el propio terreno. Esta fuente de humedad provoca grandes deterioros en la superficie del paramento de la cueva, haciendo que se desconchen los encalados y provocando un ambiente poco confortable.

Hay que evitar al máximo la humedad dentro de una habitación troglodita, no solamente por conservar la apariencia del terreno, sino también por favorecer un ambiente confortable.

Las fuentes de humedad son múltiples y pueden depender del terreno, de los defectos de la construcción de la fachada o de la construcción aneja a la cueva, o de las fisuras en la roca. Otras fuentes de humedad vienen derivadas por el clima exterior y por la ocupación del hábitat (condensación).

V.2. LESIONES MÁS COMUNES EN ESTE TIPO DE VIVIENDAS.

Las patologías más usuales que a lo largo de nuestras múltiples visitas a las cuevas de Crevillente, hemos podido observar, las podemos englobar en dos grandes familias: las humedades y las grietas. Debido a la importancia de cada una de estas lesiones, vamos a analizarlas tanto por separado como juntas para ver las interacciones que se pueden producir.

Debido a que analizar todas las patologías vivienda a vivienda sería un trabajo interminable y reiterativo, hemos optado por analizar la casuística general de las lesiones, ya que generalmente las lesiones más importantes o comunes tienen los mismos orígenes, sin olvidar las particularidades propias de cada una de las viviendas.

A continuación pasamos a estudiar las lesiones antes mencionadas basándonos en la siguiente metodología:

1. Descripción del tipo de lesión.
2. Análisis de las lesiones para averiguar su casuística.
3. Por último y una vez averiguadas las causas, analizaremos cómo solucionarlas tanto para suprimir las causas como para paliar sus efectos. Procuraremos que estas soluciones sean lo más ecológicas y económicas posibles, para así favorecer su reparación y rehabilitación.

V.2.1 LESIONES POR HUMEDADES.

V.2.1.1 DESCRIPCIÓN Y TOMA DE DATOS.

ASPECTOS CLIMÁTICOS.

El estudio de estos aspectos es necesario para poder establecer las condiciones climáticas a las que están sometidas las cuevas. La climatología típica de la región, ya se ha tratado más profundamente en el apartado II.1.8 del presente trabajo, de modo que aquí sólo describiremos como afecta esta climatología directamente a las viviendas trogloditas.

Localmente y debido a que muchas de las cuevas se encuentran en las vaguadas de las diversas ramblas que atraviesan Crevillente, en los días que se producen precipitaciones torrenciales, se originan subidas del nivel freático importantes en las ramblas, llegando incluso a discurrir por la parte baja de éstas aguas de escorrentía.

Estas subidas y bajadas del nivel freático aumentan considerablemente los problemas por humedad.

Con respecto a las temperaturas, las subidas de éstas se producen más lentamente entre los meses de enero a agosto que el enfriamiento de éstas a partir de agosto. El aumento más rápido de temperaturas se registra de abril a mayo y el descenso más brusco de septiembre a octubre. Estos aumentos y descensos de temperaturas influyen en la posibilidad de que se produzcan condensaciones en los paramentos de las cuevas.

DESCRIPCIÓN DE LAS OBSERVACIONES.

La típica cueva crevillentina presenta la cubierta “a dos aguas” evacuando las aguas pluviales hacia los laterales de la misma. No se utilizaba ningún material especial para la impermeabilización del terreno de la cubierta, siendo éste el encargado de la evacuación del agua (ver foto 125).

Muchas veces se aprovechaba una ladera con ligera pendiente para la excavación de varias cuevas situadas una al lado de la otra, lográndose así una rápida evacuación del agua de lluvia.

Actualmente, se ha aplicado a algunas cubiertas un revestimiento a base de mortero de cemento, y muy excepcionalmente se ha pintado dicha capa con pintura impermeabilizante. Pero el inconveniente principal del mortero, es su fisuración debido a su dilatación y contracción, lo cual no soluciona el problema de infiltración de agua.

Foto 125. Fachada enfoscada con mortero de cemento sobre el terreno.

Foto 126. Podemos observar cómo las fisuras provocadas por la retracción y la dilatación de la capa de mortero de cemento, han sido tratadas con productos resinosos impermeabilizantes.

Otro hecho importante que hemos observado, es la humedad existente en el ambiente interior de las cuevas, incrementándose este problema por la escasa ventilación de las cuevas. Actualmente se han sustituido los corrales por casetones o lumbreras cubiertas, que junto a la colocación de carpintería interior como exterior, han disminuido la ventilación interior de aire, y por tanto han provocado el aumento del nivel de humedad interior.

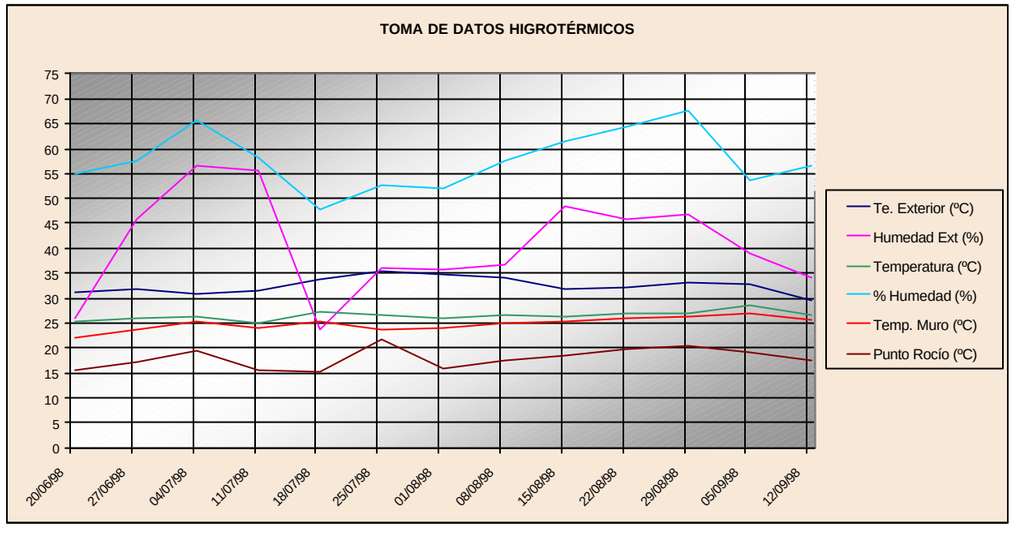
Foto 127. Parte superior de una zona de cuevas. En ella podemos observar que las lumbreras y la capa de mortero de cemento que se coloca para evitar que la vegetación produzca grietas y penetre el agua.

TOMA DE DATOS.

Para poder afrontar adecuadamente la tarea de analizar las causas de los distintos tipos de humedades que se nos presentan, decidimos realizar un pequeño estudio higrotérmico que nos ayudará, entre otras cosas, a analizar esta problemática, sobre todo la presencia en algunos lugares de humedades de condensación, y en algunos casos la excesiva presencia de humedad en el ambiente, la cual resta confortabilidad a este tipo de viviendas.

La presente toma de datos, se efectuó con la ayuda de un aparato llamado Protimeter, obteniendo datos de temperatura (tanto superficial como ambiental), porcentaje de humedad, y temperatura de punto de rocío. La metodología utilizada, consistía en ir a la cueva objeto de estudio todas las semanas y tomar estos datos conforme marca la normativa (CT-79), a la misma hora del día. En nuestro caso hemos tomado los datos a las 12 h del medio día, obteniendo los siguientes datos:

Te. Exterior (ºC)	31	32	30,8	31,5	33,8	35,4	34,6	34	31,9	32,2	33	32,9	29,5
Humedad Ext (%)	26	46	56,4	55,6	23,6	36,2	35,8	36,8	48,5	45,7	46,9	39	34,1
Temperatura (ºC)	25,3	26	26,3	25,1	27,2	26,5	25,9	26,6	26,4	26,8	27	28,6	26,7
% Humedad (%)	54,8	57,6	65,6	58,2	47,7	52,5	51,9	57,5	61,5	64,4	67,7	53,5	56,5
Temp. Muro (ºC)	22,2	23,8	25,3	24,1	25,3	23,8	24	25	25,3	25,9	26,4	27,1	25,8
Punto Rocío (ºC)	15,5	17,3	19,4	15,6	15,3	21,7	15,8	17,4	18,6	19,8	20,6	19	17,7
DÍAS	20-jun	27-jun	04-jul	11-jul	18-jul	25-jul	01-ago	08-ago	15-ago	22-ago	29-ago	05-sep	12-sep



Como conclusión de este pequeño estudio efectuado a lo largo de los meses de verano, observamos que la temperatura del ambiente interior de la cueva, permanece sensiblemente uniforme y que ésta, se encuentra por debajo de la exterior con un valor que oscila entre los 3 y los 10 ºC, aportando un grado de confort elevado. Sin embargo, la humedad ambiente interior suele ser más elevada que la exterior, pero siempre en un porcentaje inferior al máximo fijado por la normativa aplicable (CT-79). También podemos constatar que la temperatura de los muros interiores de la vivienda permanece sensiblemente constante, favoreciendo la estabilidad térmica de este tipo de construcciones.

V.2.1.2.-ANALISIS DE LAS LESIONES.

a) **HUMEDADES POR SUBIDAS CAPILARES.**

La presencia de humedades en los muros y bóvedas que conforman las cuevas ha producido una serie de lesiones cuyo exponente principal es el abombamiento y

posterior desprendimiento de la capa de acabado de estos elementos, ya sea el encalado, el mortero de cal, el enlucido de yeso,...; además, junto con este desprendimiento, también se ha producido la caída de las capas más superficiales del terreno que conforman los muros y las bóvedas.

La principal causa de estas lesiones son las variaciones en el nivel freático. Estas variaciones hacen que aumente la humedad natural del terreno, la cual al migrar hacia zonas de menor presión, se desplaza hacia la superficie de muros y bóvedas, provocando estas lesiones. Otra causa que influye es la presencia de gases migratorios cargados de humedad que tienden a restablecer el equilibrio atmosférico con el terreno cuando existen fenómenos de bajas presiones. Pero al estar impedida la ventilación de los terrenos, ya sea por el pavimento interior de la cueva, o el acabado de las calles, tienen como única vía de salida los muros y bóvedas de la cueva.

Este tipo de lesiones de humedades por subidas capilares no se producen de forma contínua, teniendo unas fluctuaciones que se corresponden con las épocas de sequías y las épocas de lluvia. Estas fluctuaciones aún hacen que el problema se agrave, al producirse variaciones importantes de humedad en el terreno, produciéndose produzcan ciclos mojado – seco que afectan de un modo más importante a las características físicas y mecánicas de los terrenos que conforman las cuevas.

b) **HUMEDADES POR INFILTRACIONES.**

Esta es la segunda causa más importante de presencia de humedad que nos encontramos en este tipo de viviendas, siendo las infiltraciones más importantes las que se producen por el agua de lluvia.

Los sistemas de cobertura de las cuevas para protegerlas de las infiltraciones de agua de lluvia, son generalmente deficientes. Estos sistemas que ya hemos explicado anteriormente, son bastante inadecuados o no existen. En algunos casos se les ha dotado de una capa de mortero de cemento con pendiente para evacuar el agua hacia canalones, sin embargo la mala ejecución de esta capa ha hecho que se produzcan grietas por la dilatación y contracción del mortero.

Además, el crecimiento de vegetación e incluso la inexistencia de capa protectora, provocan que cuando se producen precipitaciones, el nivel de humedad en muros y techos aumente considerablemente. Esto se ve favorecido por los fenómenos que explicábamos anteriormente, ya que si se unen los dos factores, la infiltración por lluvia y la correspondiente subida del nivel freático, la humedad interior de las cuevas aumentará perceptiblemente.

Aparte de lo anterior, también se producen infiltraciones por las grietas inherentes al terreno donde han sido excavadas estas viviendas, es decir las grietas diaclasas producidas por empujes del terreno.

c) **HUMEDADES POR CONDENSACIONES.**

Para evaluar los riesgos de las condensaciones son muy importantes los datos extraídos del estudio psicrométrico que hemos efectuado. Para poder analizar todos estos datos nos hemos basado en el Anexo Cuarto de la N.B.E.-C.T.-79.

Para que se produzcan condensaciones debe darse el fenómeno denominado “pared fría”, que se da cuando las superficies de los muros tienen una temperatura menor a la ambiental, condensándose el agua en la superficie, al alcanzarse sobre ésta la temperatura de rocío (punto de rocío) del vapor de agua que existe en el aire del ambiente. Para que llegue a darse este fenómeno existen dos factores fundamentales: que la temperatura del muro sea bastante inferior a la del ambiente o que exista un alto

porcentaje de humedad por el cual ante una leve bajada de la temperatura se llegue al punto de rocío.

Por lo tanto, deducimos que cuanto más alto sea el porcentaje de humedad, más elevado es el riesgo de condensaciones.

De todos los datos tomados en el estudio hasta el momento, sabemos que en las partes de las cuevas que dan a fachada o patios, la diferencia del temperatura del ambiente y los muros suele rondar de los 3 a los 4.5 ºC, y el porcentaje de humedad varía del 30 al 45%, debido a que existe una mayor ventilación; y según el instrumento utilizado para realizar estas mediciones, la temperatura de rocío en estos locales oscila alrededor de los 9 a 12 ºC, y en las habitaciones interiores, donde la humedad alcanza más del 60 %[1] la temperatura de rocío se encuentra alrededor de los 15 ºC.

De todos estos datos podemos deducir que el riesgo de condensaciones en verano, es bastante bajo, ya que al estar la temperatura de los muros muy cercana a la del ambiente es más difícil que se de el fenómeno de la “pared fría”. Sin embargo, en condiciones invernales la temperatura de los muros suele descender y alejarse cada vez más de la temperatura del ambiente, siendo más fácil que se den condensaciones.

En el estudio realizado solo hemos analizado las condensaciones superficiales, pero también existen riesgos de condensaciones intersticiales, ya que la humedad puede penetrar en los muros donde se pueden alcanzar las temperaturas de punto de rocío, pasando el vapor de agua a estado líquido en el interior del muro, para después, migrar hacia las superficies interiores de los muros de las cuevas.

V.2.1.3.- PROPUESTAS PARA REPARAR LAS LESIONES.

DE LA CAUSA.

[1] En el artículo undécimo de la N.B.E.-C.T.-79 se establece que la humedad relativa en el interior de los locales vivideros no será, para las condiciones de temperatura de uso, habitualmente superior al 75 %, por lo tanto la mayoría de las cuevas visitadas cumplirían estas condiciones de habitabilidad.

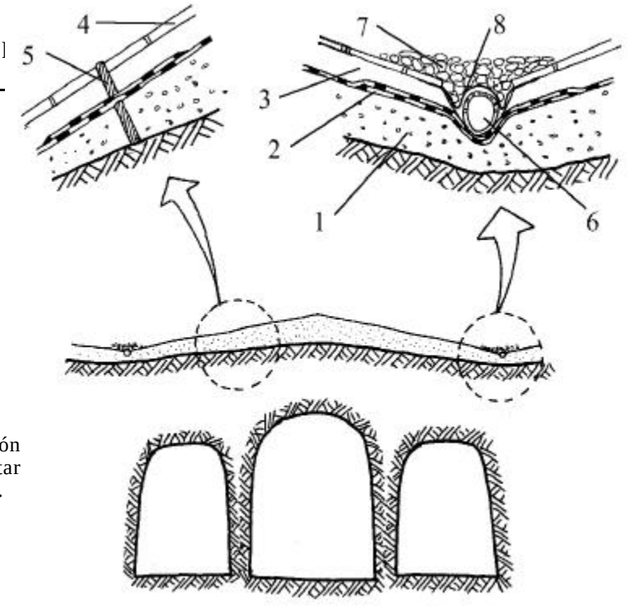


Fig. 53. Detalle de la sección que se propone para evitar las infiltraciones por agua.

Las propuestas que vamos a efectuar para la reparación de las humedades, no las diferenciaremos según los tipos de humedades que tenemos, sino que las estudiaremos de un modo conjunto, ya que las diferentes causas de presencia de humedad se combinan para actuar de forma semejante.

- La primera actuación será realizar una adecuada y duradera impermeabilización de la cobertura de las cuevas, es decir, dotarlas de un adecuado sistema de evacuación de aguas pluviales en su parte superior.

La sección de la cubierta que vamos a construir no tendrá aislante térmico, al actuar la capa de tierra existente como tal. Para evitar las infiltraciones, transformaremos la cubierta de la cueva de la siguiente forma: colocaremos una capa de formación de pendientes en el sentido de la propia pendiente del terreno, constituida por un hormigón aligerado con arlita (1), sobre el cual se colocará una lámina xxxxx Detalle de la sección que se propone para evitar las infiltraciones por lluvia. correspondientes refuerzos según la N.B.E.-Q.B.90 (2), se ero de agarre (3) con su correspondiente baldosín cerámico (4). Para evitar roturas en esta cubierta por dilataciones se le dotará de las perceptivas juntas de dilatación en paños menores de 25 m^2 (5). Para la canalización de las aguas se utilizará una conducción drenante (6), protegida con una lámina fibrotextil (8) para que la grava que la cubre no impida la conducción de las aguas (7).

Esta solución no alterará apenas el acabado superficial actual de las cuevas que se reparen.

Además también se protegerán las fachadas de las infiltraciones picando la capa de terminación actual y ejecutando una nueva terminación a base de un mortero de cal porógeno de calidad.

• Las humedades procedentes por infiltraciones y por subidas capilares son más difíciles de solucionar. Para evitarlas vamos a proponer dos soluciones

1.- Si el aporte de humedad es excesivo (1) optaremos por picar la parte superficial del terreno que se encuentre en mal estado, colocando posteriormente sobre él una lámina (3) que actúa a modo de barrera de vapor con una pequeña cámara de aire (4) conduciendo el agua hasta una canal lateral (5) por donde el agua circulará hacia el exterior. Sobre la lámina, y gracias a la incorporación de fibras textiles, se colocará un mortero de acabado (6) o un mortero de agarre para la colocación del pavimento (7).

2.- Cuando el aporte de humedad sea más bajo, sanearemos la superficie del terreno, colocando posteriormente un acabado con mortero porógeno de cal (8) que impedirá que el agua se acumule y pueda salir fácilmente al ambiente interior de la cueva. Se puede aplicar una pintura al silicato, siendo ésta una solución cara. Si se coloca pavimento, será también poroso. De esta manera se favorece la presencia de humedad en la cueva, y para su eliminación se opta por la colocación de desecantes y la ventilación de las cuevas, a través de lumbreras, colocación de ventanas entre habitaciones para facilitar el paso del aire, apertura de rejillas en puertas y ventanas, etc.

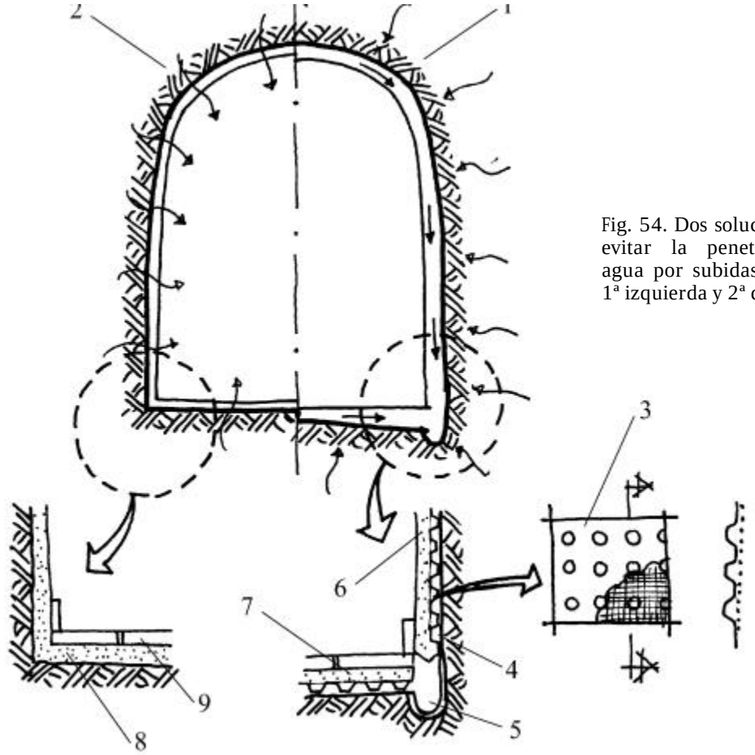


Fig. 54. Dos soluciones para evitar la penetración de agua por subidas capilares. 1ª izquierda y 2ª derecha.

• El último problema que nos presenta el agua, es el riesgo de condensaciones, sobre todo en épocas invernales, debido a la excesiva presencia de humedad en el ambiente (en muchas ocasiones mayor al 60 %), y la falta en muchos casos de ventilación. Por ello la solución más conveniente es dotar a estas viviendas de un sistema de aireación que renueve el aire con la adecuada periodicidad.

Ayudándonos del Reglamento de Instalaciones de Calefacción y Agua Caliente Sanitaria, en su IT.IC.02, obtenemos, según el tipo de estancia, un requerimiento mínimo de ventilación, como podemos observar en la siguiente tabla:

ESTANCIA	Requerimiento de aire de ventilación en dm^3/s ($\times$ 3.6 a m^3/h)			
	Por persona		Por m^2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Locales vivideros	2.5	4	0.40	--
Aseos y cuartos de baño	--	--	2.00	3.5
Cocinas	--	--	0.80	1.5

En las cuevas, estos requerimientos mínimos normalmente no se cumplen, ya que se han colocado puertas y ventanas más o menos estancas, que apenas dejan pasar el aire. Sin embargo, esto se podría solucionar colocando en las carpinterías pequeñas rejillas de ventilación para el paso del aire, junto con una correcta colocación y utilización de las lumbreras.

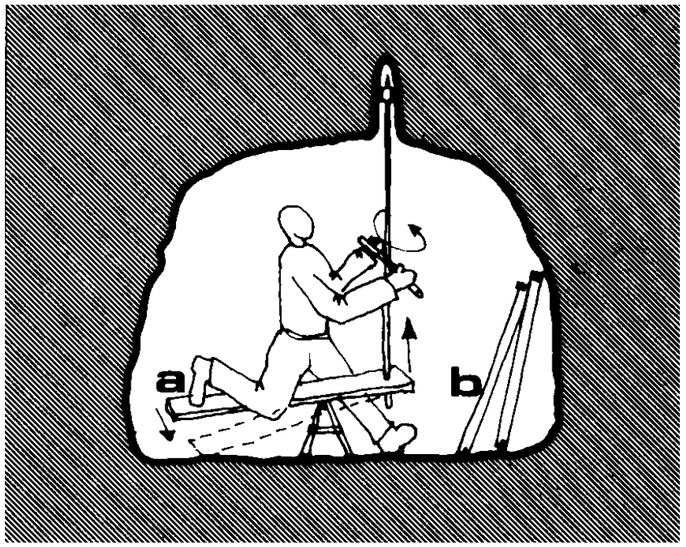


Fig. 55. Método tradicional para la ejecución de aperturas para ventilación: Una persona sentada en el extremo de un tablón de madera, y en el otro extremo una herramienta a modo de taladro, que va girando y con la ayuda del propio peso se va efectuando la perforación.

Esta solución, junto a la capa drenante (que evita la entrada de humedad al ambiente interior de la vivienda), hacen que las condensaciones sean muy difíciles de producirse, además de contribuir enormemente en la mejora de las condiciones higrotérmicas de las viviendas.

V.2.1.4.- PROPUESTAS PARA REPARAR LAS LESIONES.

DEL EFECTO:

La humedad, al migrar hacia las superficies interiores de las cuevas ha disuelto el material cementante del terreno (compuestos cálcicos), haciendo que este pierda consistencia y resistencia, por lo que se forman costras superficiales duras, que acababan abombándose y cayendo.

Por lo tanto, para reparar estas superficies deberemos primero sanearlas, para después proceder a su restitución con un acabado de mortero porógeno de cal, y sobre este si se desea una pintura también porosa como las de silicatos, como ya se ha dicho anteriormente.

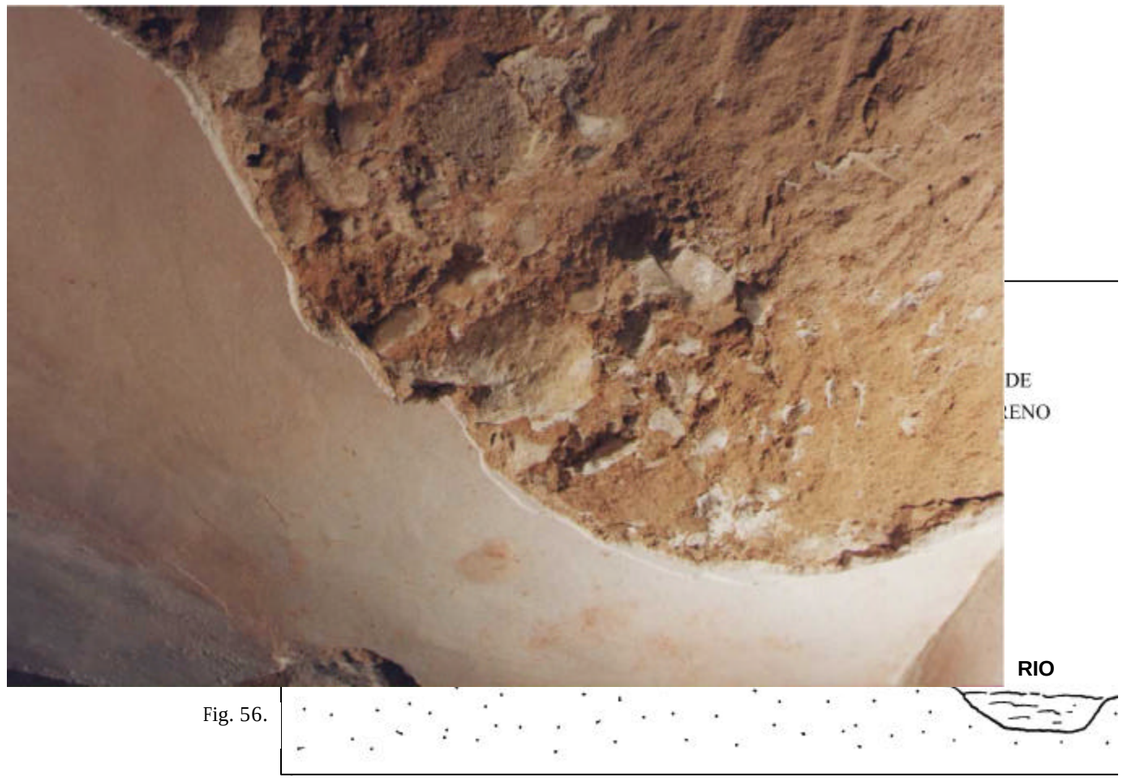


Fig. 56.

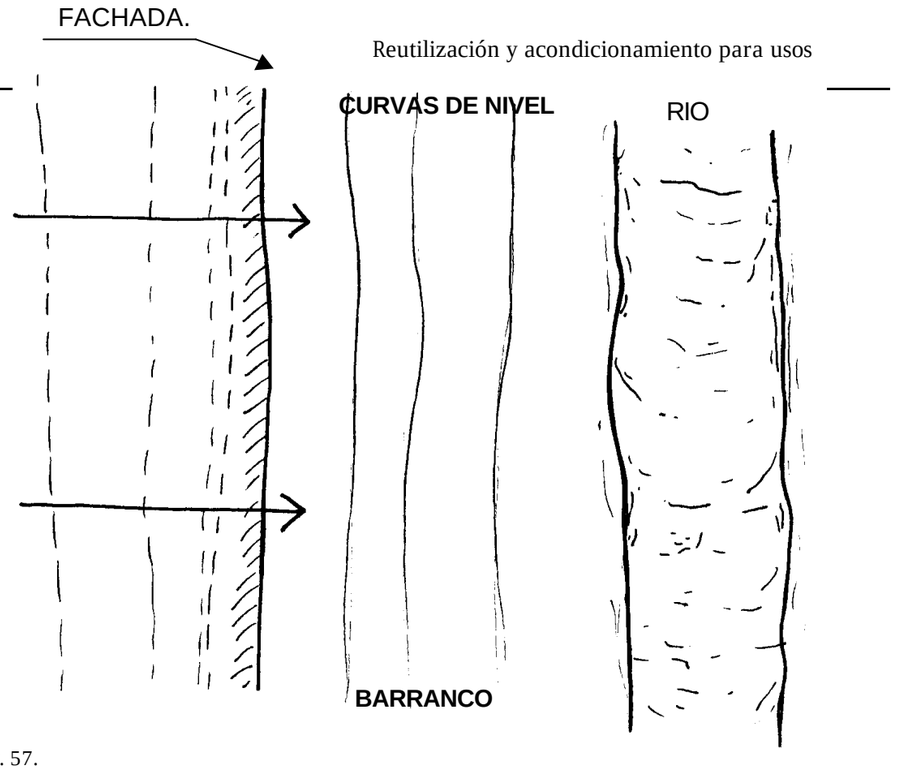


Fig. 57.

V.2.2. LESIONES POR MOVIMIENTOS MECÁNICOS.

V.2.2.1.- MANTENER Y CONSOLIDAR LAS BÓVEDAS.

El primer paso que se debe realizar en la consolidación de la bóveda de una cueva, es intentar averiguar la estructura original de la cueva sin alterar los puntos de apoyo del techo.

Una vez estudiada, se dibujan los planos necesarios donde estén reflejadas todas y cada una de las grietas existentes en toda la cavidad, identificando siempre que sea posible los distintos tipos de grietas:

a) Aquellas que corresponden a un movimiento tectónico antiguo, llamada "diaclasas". Éstas atraviesan el techo y se encuentran también en el suelo. Suelen ser grietas bastante grandes, muy marcadas y son continuas con las cuevas vecinas. A veces ocurre que, a pesar de ser la "pared" medianera bastante importante en cuanto a su grosor se refiere, este tipo de grietas la atraviesan por completo, ya que estas existen con anterioridad a la excavación de la cueva. Estas corresponden a la descompresión del macizo rocoso, y tienen un sentido paralelo al sentido del valle o cortado.

b) Las llamadas grietas mecánicas. La fracturación mecánica de la roca se puede identificar de una manera muy sencilla. Son aquellas grietas que parten de los puntos débiles de la cueva, y tienen un sentido radial. A diferencia de las otras, no tienen un sentido obligatorio paralelo al sentido del valle.

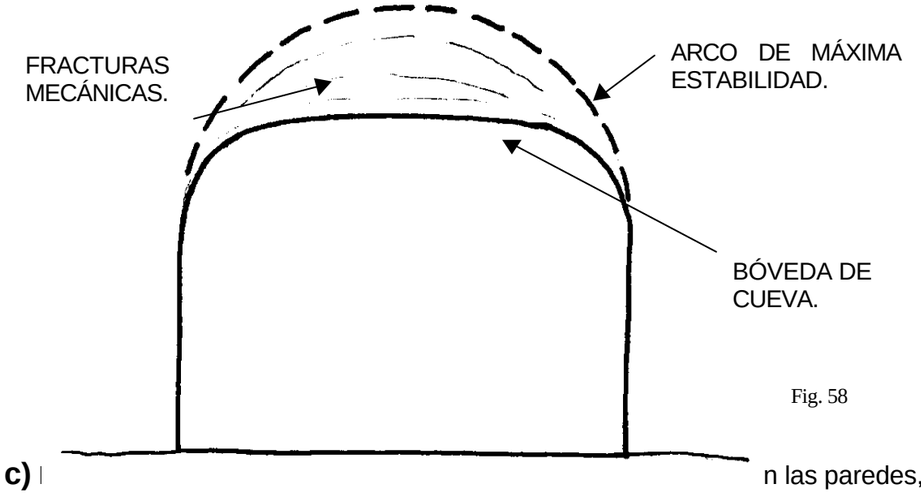


Fig. 58

c) En las paredes, en los puntos donde haya compresión, que son las que indican que la estructura de pilares o de masa dejado in situ no es suficiente como para soportar el peso de la losa. Esto provoca que exista un movimiento de aplastamiento de los pilares (si existen), y paredes. Estas grietas son de las más importantes para la

estabilidad de los cuevas, sobre todo en el caso de Crevillente, ya que cuando se producen acumulaciones de agua de lluvia en la parte superior, aumenta proporcionalmente su peso de forma muy considerable.

d) Otro tipo de grieta, independiente de la morfología del terreno, es la producida por las raíces de los arboles de tronco largo y raíces profundas. Estas penetran en la bóveda llegando a provocar importantes fisuras que posteriormente producirán filtraciones de agua.

Detectada la patología que sufre la bóveda, se procede a la consolidación de la misma. Para ello hay que determinar qué tipo de actuación se va ha realizar sobre ella. Pueden ser varias:

1).- Si la grieta procede de las raíces de la capa vegetal que se sitúa en la parte superior de la cueva, se debe conservar y mantener de forma regular la vegetación alrededor de las cuevas y evitar la proliferación de los arboles de tronco largo y raíces

2).- Si las grietas son debidas a la acción mecánica del terreno, las técnicas de consolidación pueden ser:

2.1.)- Técnica del acoplamiento de tornillo.

Se utiliza cuando las grietas existentes están producidas por las diaclasas. Esta técnica consiste en atravesar la bóveda con unos tirantes que están separados unos 2 m. unos de otros, unidos a la roca sana por unas cabezas extensibles que dispone. Lo que se pretende conseguir es que las distintas placas que han formado las diaclasas, sean solidarias entre sí, y esto se consigue cosiendo la roca con este tipo de cableado. Para ello será necesario construir unos pilares en el interior de la cueva, que se aten a estos el otro extremo de los tirantes.

Para la ejecución de esta técnica, primero se realizan unos taladros verticales que agujerean la capa superior del terreno, y en ellos se coloca la armadura correspondiente al pilar donde se atará el tirante. La armadura de los pilares se coloca desde abajo hasta arriba, haciéndolos cobre salir por la superficie del terreno. Se hacen las zapatas de los pilares, adecuadas para asentar estos correctamente.

El siguiente paso a realizar es hacer los taladros horizontales correspondientes a los tirantes. Para ello, hay que hacerlos coincidir con las armaduras de los pilares. Para tal fin se utiliza una estación total, situando de un modo exacto, los puntos donde se ha de perforar para situar los tirantes y hacer que estos coincidan con los de los pilares. Con este aparato se tiene una máxima fiabilidad.

Tipos de tirantes:

- **Tirantes metálicos con cabeza explosiva**. Son utilizados para macizos rocosos. El modo de fijación del tirante a la roca se consigue tras explotar la cabeza del mismo.

- **Tirantes enroscados**. Se coloca una placa en uno de sus extremos, se tensa el tirante y se va rellenando el espacio sobrante con un mortero específico.

- **Tirantes de fibra de carbono**. Se utilizan para obras de gran complicación e importancia, tales como el asentamiento de rocas, yacimientos y grutas rupestres. Estos tirantes de carbono pueden llegar a ser extrafinos.

Decidido cual es el tipo de tirante que se va ha utilizar, se introducen estos en las perforaciones realizadas (cada dos metros de distancia), y se unen a las armaduras de los pilares. La unión de los tirantes a la armadura se realiza mediante alambre de tungsteno.

Realizada esta operación y atados los tirantes a las armaduras, se coloca un encofrado perdido formado por fábrica de ladrillo, que servirá de molde para hormigonar el pilar.

Posteriormente, se vierte el hormigón armado de arriba abajo, hasta la superficie, dejando solamente que sobre salgan las puntas de las armaduras.

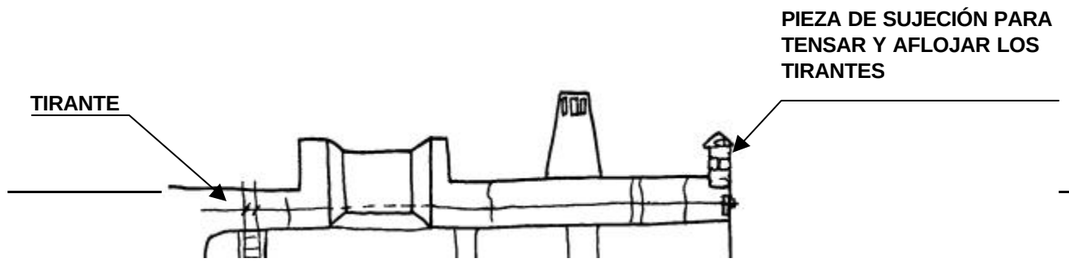
La siguiente operación consiste en colocar un mallazo con cables de tungsteno, entre los tirantes y las armaduras de los pilares. El cableado sobresale por la fachada, lo cual permite colocar un elemento tensor o “tuerca” en el extremo del tirante que da a fachada, con el fin de poder tensar o aflojar, desde aquí, el conjunto del macizo.

Esto se realiza en función de la circulación existente por la parte superior de la cueva, si hay peso añadido o no lo hay.

Después se rellenan los tirantes. Para ello se utiliza un cemento especial de alta resistencia a base de compuestos resinosos. Sobretodo está indicado para los tirantes de fibra de carbono, puesto que les aporta gran protección.

Dicho cemento debe tener la plasticidad y elasticidad suficiente para poder introducirse por todos los intersticios de la roca.

Para finalizar con la operación de consolidar la bóveda, se rellenan los grietas existentes con productos clásicos, tales como morteros de cal (con alta resistencia), o bien otros más modernos, como productos compuestos por resinas. Esta última solución es válida para el caso de rocas muy duras; el problema que tiene la inyección de resinas, es se ha de realizar a una presión alta (≅ 3 atm.), y esto supone un problema, por lo cual solo es empleado para casos muy concretos.



Finalmente queda todo el conjunto cosido y permite tener una resistencia geotécnica muy buena.

Se han realizado estudio geotécnicos posteriores y se han analizado tres factores fundamentales:

- Resistencia a compresión.
- Resistencia a torsión.
- Resistencia a la flexión.

Estos factores contribuyen a determinar la solidez del conjunto. Cabe decir, que existen empresas especializadas en ese tipo de trabajo.

2.2.)- Edificar con apuntalamientos en madera. Esta técnica utiliza cerchas a modo de armadura para sujetar la bóveda.

2.3)- Realizar arcos de bóvedas. Esta solución se realiza cuando existen empujes muy importantes. Los arcos se realizan normalmente en hormigón armado, recubriéndolos posteriormente con un baño o capa de mortero de cal viva. Estos arcos serán diseñados según la línea de la bóveda.

V.2.3.- LA FACHADA Y EL REVOQUE.

Dependiendo del material del que esté formada la fachada de la cueva, se adoptará una solución u otra para su restauración, utilizando el tipo de revoco adecuado. En el caso de que sean materiales tradicionales como la mampostería o los sillares, se revocarán del siguiente modo:

- Si la fachada es e mampostería, se le incorpora un mortero de cal viva grasa en una proporción de 2 medidas de cal viva grasa y 2 ó 3 medidas de arena gorda.

- Si la fachada es de bloques o sillares, se le aplican dos capas de mortero bastardo, más un mortero de cal grasa en la última mano.

V.2.4.- INTERIOR.

Antes de actuar en los paramentos del interior, se deben organizar las distintas instalaciones de las diferentes redes y equipamientos: electricidad, agua, saneamiento. Se instalan las diferentes redes realizando las zanjas y rozas necesarias para su empotramiento. Posteriormente se tapan las rozan y se tapan las juntas con mortero de cal. No se debe hacer con mortero de cemento, ya que si existiese condensación, aparecería sobre este material.

Finalmente, la bóveda se blanquea con cal, y a los paramentos verticales se le aplica un revoque permeable, mezcla de productos anticriptorgánicos (sulfato de cobre), lo que evita la propagación del musgo y de los hongos.

El suelo, se reforma colocando una baldosa cerámica de tierra cocida. Para su adherencia, se utiliza un mortero bastardo (cal+cemento+arena), con el fin de evitar las contracciones.

Otro tipo de terminación para el suelo, puede ser también una capa de cemento armado, que posteriormente será pintada.

A continuación podemos ver unas fotos realizadas en la rehabilitación de una cueva para ser utilizada como “eco-museo”, en la localidad de Paterna (Valencia), donde se puede apreciar distintos momentos antes de realizar las obras y después de actuar sobre la cueva.