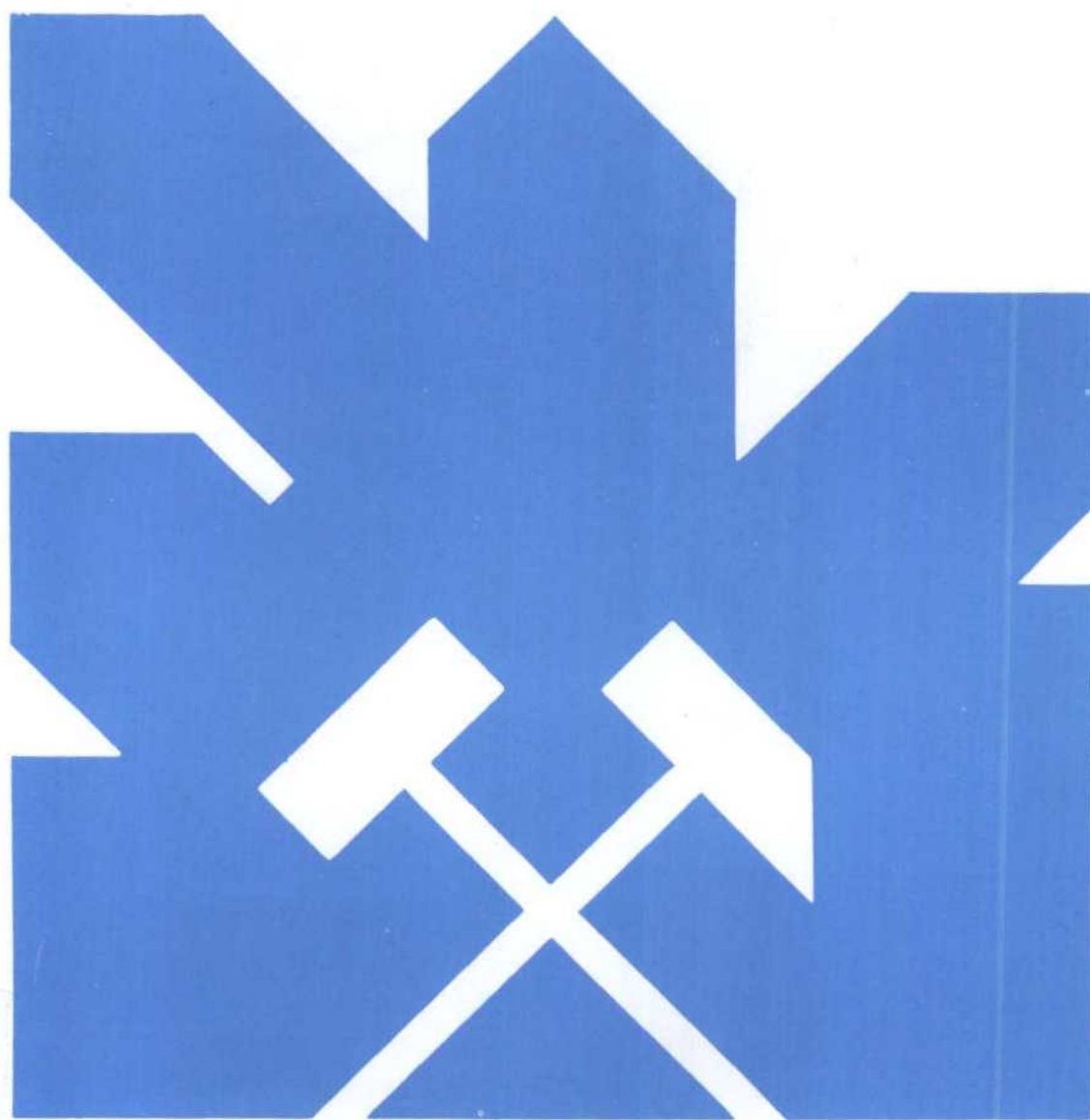


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

**ESTUDIO GEOMECANICO DE LA PROBLEMÁTICA DE
NICHOS EN TAJOS MECANIZADOS DE CARBON EN
CAPAS HORIZONTALES**



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

AÑO 1985
00876

5

Este estudio ha sido realizado por la Dirección de Geología Aplicada a la Ingeniería del Instituto Geológico y Minero de España en régimen de contratación con GEOCONTROL, S.A., con la participación del siguiente personal técnico:

POR EL I.G.M.E.

- * D. Jose M^a Pernía Llera.
Ingeniero de Minas.

POR GEOCONTROL, S.A.

- * D. Benjamín Celada Tamames.
Dr. Ingeniero de Minas.
- * D. Rafael Juárez Ferreras.
Ingeniero de Minas.

Los autores de este estudio agradecen la buena disposición de las Direcciones Técnicas de las minas de EL BIERZO que han permitido y facilitado la toma de datos "in situ". Gracias a su colaboración, se ha podido encuadrar adecuadamente el estudio para responder a la problemática real planteada en la Cuenca.

Madrid, Diciembre 1.985.

00876

**ESTUDIO GEOMECANICO
DE LA PROBLEMATICA DE NICHOS EN TAJOS
MECANIZADOS DE CARBON EN CAPAS HORI-
ZONTALES.**

ESTUDIO GEOMECANICO DE LA PROBLEMATICA DE NICHOS EN
TAJOS MECANIZADOS DE CARBON EN CAPAS HORIZONTALES.

1.- INTRODUCCION.

1.1 Objeto del estudio.

1.2 Metodología de trabajo.

1.2.1 Toma de datos sobre la situación actual en EL BIERZO.

1.2.2 Análisis de la situación actual en otros países.

1.2.3 Análisis de las posibles acciones de mejora en EL BIERZO.

2.- CARACTERISTICAS DE LA CUENCA DE EL BIERZO.

2.1 Ubicación geográfica.

2.2 Características generales de las capas explotadas.

2.3 Métodos de explotación.

2.4 Actividad minera.

2.5 Accidentabilidad.

3.- RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.

3.1 Tipología de nichos.

3.2 Comportamiento geomecánico de los nichos.

4.- METODOLOGIA EN EL SOSTENIMIENTO DE NICHOS EN OTROS PAISES.

4.1 Comportamiento geomecánico de los terrenos.

4.1.1 Concepto de galería profunda.

4.1.2 Caracterización de los terrenos en un nicho.

4.2 Materiales utilizados en el sostenimiento de nichos.

4.2.1 Madera.

4.2.2 Estemples.

4.2.3 Sostenimiento marchante.

4.2.4 Bulones.

4.2.5 Muros de contención.

4.2.5.1 Muros de materiales sueltos.

4.2.5.2 Muros monolíticos.

4.2.5.2.1 Materiales para la construcción de muros.

4.2.5.2.1.1 Anhidrita transportada neumáticamente.

4.2.5.2.1.2 Anhidrita sintética por vía húmeda.

4.2.5.2.1.3 Cementos rápidos.

4.2.5.2.2 Influencia de los muros de contención sobre la convergencia.

4.2.5.2.3 Clasificación de los materiales para construir muros monolíticos.

4.3 Diseños habituales de las uniones tajo-galería.

4.3.1 Acciones para reducir la convergencia.

4.3.2 Disposición típica de los tajos en retirada.

4.3.3 Disposiciones típicas de los tajos en avance.

4.3.3.1 Frente de galería adelantado respecto al tajo.

4.3.3.2 Frente de galería coincidente con el tajo.

4.3.3.3 Frente de la galería retrasado respecto al tajo.

4.3.4 Cálculo del sostenimiento en las uniones tajo-galería.

4.3.4.1 Definición del bloque a estudiar.

4.3.4.2 Determinación de la situación más desfavorable.

4.3.4.3 Hipotesis de carga.

4.3.4.4 Realización práctica del sostenimiento de refuerzo.

4.3.4.4.1 Utilización de estemples hidráulicos.

4.3.4.4.2 Utilización del bulonaje.

4.3.5 Eliminación de nichos.

5.- ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL EN EL BIERZO.

5.1 Sostenimiento de nichos en EL BIERZO.

5.2 Legislación minera española sobre nichos.

5.3 Problemática planteada en EL BIERZO.

5.3.1 Disposición de las galdrías respecto al tajo.

5.3.2 Sostenimiento transitorio del nicho.

5.3.3 Protección de la galería frente al hundimiento.

6.- CONCLUSIONES.

7.- AGRADECIMIENTOS.

8.- CONCLUSIONES.

ANEJO I DATOS REFERENTES A OCHO NICHOS EN EXPLOTACIONES MECANIZADAS EN EL BIERZO.

ANEJO II DATOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO GEOMECANICO DE CUATRO NICHOS EN EL BIERZO.

ESTUDIO GEOMECANICO DE LA PROBLEMATICA DE NICHOS EN
TAJOS MECANIZADOS DE CARBON EN CAPAS HORIZONTALES.

1.- INTRODUCCION.

En el estudio se enmarca dentro de la actividad investigadora que viene realizando el INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, en particular la División de Geología aplicada a la Ingeniería, en la cuenca de EL BIERZO con objeto de lograr un mejor conocimiento de las condiciones geotécnicas existentes en las explotaciones de carbón para contribuir a mejorar las condiciones de seguridad y los rendimientos de las operaciones mineras al amparo del Plan Energético Nacional.

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO.

El objeto de este estudio se centra en la investigación de las condiciones geotécnicas y de explotación que se dan en las uniones tajo-galería, conocidas habitualmente como "NICHOS", en las explotaciones mecanizadas de carbón de la cuenca de EL BIERZO situada en el N.O. de la provincia de León.

De acuerdo con el contenido del pliego de condiciones que elaboró el IGME para la contratación de este estudio, los objetivos a alcanzar son los siguientes:

- a/ Conocer detalladamente la problemática que plantea la situación actual por lo que se refiere al sostenimiento de nichos en los talleres mecanizados del Bierzo.
- b/ Seleccionar los tipos de nichos más representativos con el fin de hacer un seguimiento geotécnico de su comportamiento y de la evolución del sostenimiento colocado.
- c/ Analizar las soluciones utilizadas en situaciones homólogas en Alemania Federal e Inglaterra, estudiando las modificaciones necesarias para su posible implantación en la Cuenca del Bierzo.
- d/ Difundir los resultados obtenidos para aplicar las conclusiones obtenidas en toda el área objeto del proyecto.

1.2 METODOLOGIA DE TRABAJO.

Para alcanzar todos los objetivos propuestos se ha seguido una metodología de trabajo que, esencialmente, ha englobado las siguientes etapas que se describen a continuación.

1.2.1 Toma de datos de la situación actual en EL BIERZO.

Se ha recopilado y analizado la bibliografía más importante que se ha publicado sobre las explota-

ciones subterráneas en EL BIERZO atendiendo con especial importancia a los numerosos trabajos realizados por el IGME, durante los últimos cinco años, en el área objeto del estudio.

Una vez encuadrada la situación actual, a la luz de la bibliografía existente, se ha realizado una campaña de toma de datos en ocho de los nichos más representativos dentro de las explotaciones mecanizadas de la cuenca de EL BIERZO. Para esta toma de datos se han utilizado los impresos que se adjuntan, en los que se ha recogido la información más completa en los siguientes aspectos:

- + Ubicación del nicho (Capa, Taller, Mina).
- + Datos de la capa y corte estratigráfico de techo y muro.
- + Datos y croquis del taller.
- + Datos de la galería.
- + Datos del nicho.
- + Método de protección de la galería frente al hundimiento y croquis de disposición.
- + Problemática y accidentes más frecuentes.
- + Otras observaciones de interés.

Una vez analizada la información obtenida se escogieron cuatro nichos entre los ocho seleccionados previamente para realizar un seguimiento geomecánico de las condiciones de explotación. Para realizar esta

GEOCONTROL, S.A.

Cliente :

Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

**TOMA DE DATOS EN NICHOS DE
EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)**

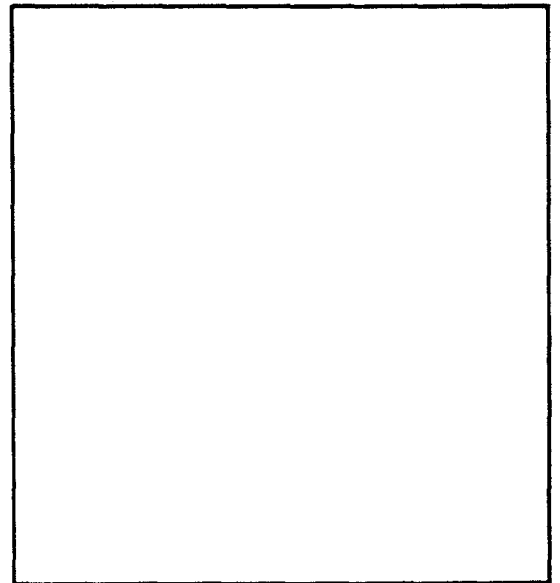
CAPA:

NICHO DE:

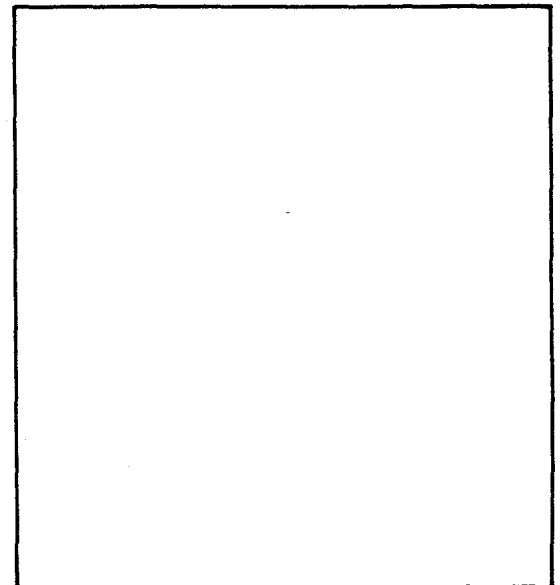
TALLER:

MINA:

(A) DATOS DE LA CAPA

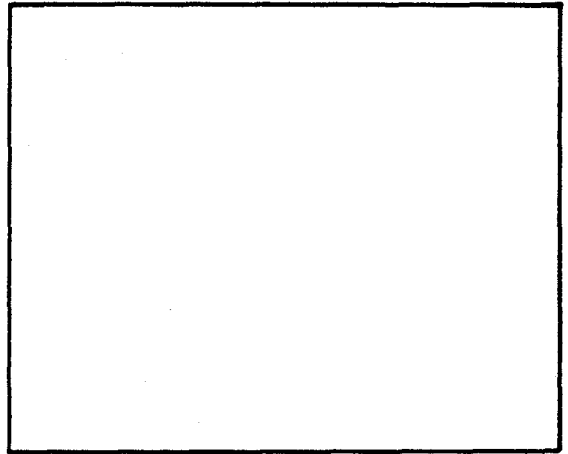


(B) DATOS DEL TALLER

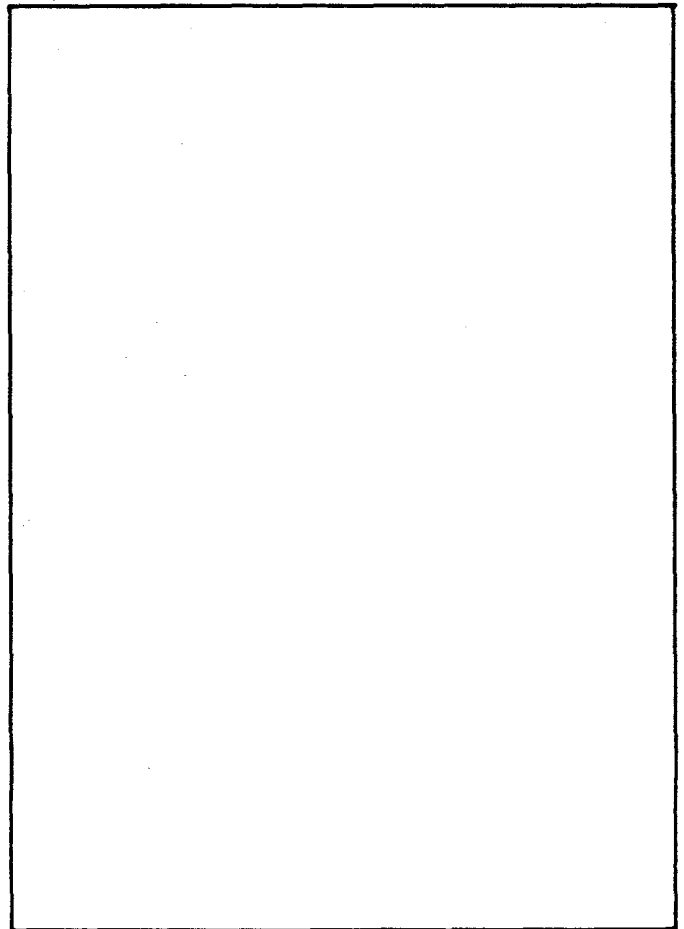


TOMA DE DATOS EN NICHOS DE
EXPLOTACIONES MECANIZADAS (2)

① DATOS DE LA GALERIA

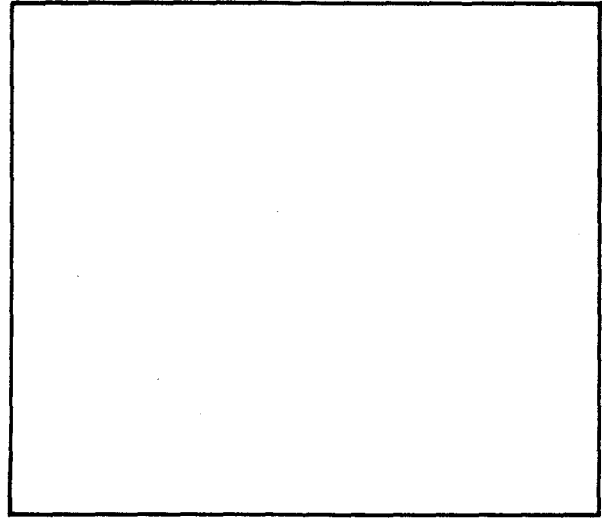


② DATOS DEL NICHOS



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE
EXPLOTACIONES MECANIZADAS (3)

(E) PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO



(F) PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

(G) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

fase del trabajo se ha realizado una caracterización de los hastiales en el nicho y se ha medido la evolución de la convergencia de la capa detrás del nicho. Así mismo se han recogido todos aquellos detalles geotécnicos y de explotación que se han considerado de interés para este estudio. Los datos obtenidos se han recogido en los impresos adjunto.

1.2.2 Análisis de la situación actual en otros países.

Se ha establecido contacto con el BERGBAUFORSCHUNG (Alemania Federal), el National Coal Board (Reino Unido) y el CERCHAR (Francia) para recabar información sobre el estado actual de la metodología y tecnología utilizada en la creación y sostenimiento de los nichos en los tajos mecanizados sobre capas horizontales de carbón. La amplia información adquirida ha sido cuidadosamente analizada para elaborar un estado actual de conocimientos sobre la material convenientemente sistematizada para facilitar su comprensión.

1.2.3 Análisis de las posibles acciones de mejora en EL BIERZO.

A la vista del estado tecnológico actual sobre la construcción de nichos en los países de minería más avanzada y considerando los problemas que presenta la construcción de nichos en la cuenca de EL BIERZO se han analizado las posibles acciones de mejora que pueden llevarse a cabo para incrementar las condiciones actuales de seguridad y de productividad.

GEOCONTROL, S.A.

CLIENTE:

PROYECTO: Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (1)

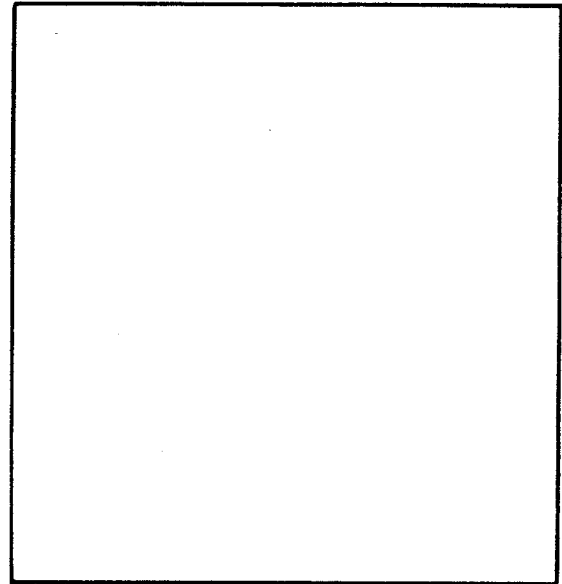
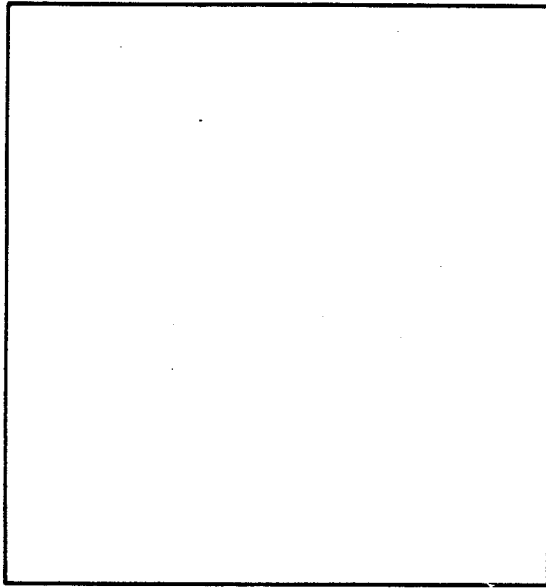
Mina:

Fecha:

Galería:

Localización:

(A) GEOMETRIA



(B) CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS

— Estado de los hastiales

— Estado de fracturación y diaclasado
(orientación, continuidad, espaciado, etc.)

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (2)

Mina:

Fecha:

Galería:

Localización:

C MEDIDAS (cms.)

FECHA					
DISTANCIA AL TAJO (m)					
—					
—					
—					

D OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

2.- CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE EL BIERZO.

Para una mejor comprensión del desarrollo de esta investigación, a continuación se dan algunas características importantes de la cuenca carbonífera de EL BIERZO.

2.1 UBICACION GEOGRAFICA.

La cuenca carbonífera de EL BIERZO se encuentra situada en el N.O. de España y pertenece a la provincia de León dentro de la Comunidad Autónoma de Castilla-León.

La cuenca de EL BIERZO puede subdividirse en dos zonas claramente diferenciadas: BIERZO OCCIDENTAL y BIERZO ORIENTAL. En la primera las explotaciones se agrupan, fundamentalmente, en las proximidades de los ríos Cua y Síl; siendo los núcleos de población más importantes FABERO y TORENO. EL BIERZO ORIENTAL se extiende desde el límite del río Síl hasta Valdesamario y las poblaciones más representativas son Bembibre y Torre del Bierzo.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CAPAS EXPLOTADAS.

La cuenca de EL BIERZO presenta algunas características muy definidas en cuanto a las capas que son objeto de explotación:

* POTENCIA:

Las capas existentes rara vez superan los 80 cm de potencia siendo los valores más normales los comprendidos entre 50 y 70 cm. Existen gran cantidad de capas con potencias inferiores a 0,5 m cuya explotación, con la tecnología actualmente disponible, presenta grandes dificultades. Así pues las capas en cuanto a su potencia deben calificarse de estrechas.

* INCLINACION:

En general las capas en EL BIERZO tienen una inclinación comprendida entre 0-30° siendo los valores más frecuentes los comprendidos en el rango de 10-25°. Excepcionalmente, ya en los bordes de EL BIERZO Oriental se presentan capas con pendiente de más de 40°. Por lo tanto se puede afirmar, con carácter general, que las capas de la Cuenca de EL BIERZO son capas tumbadas.

* CONTINUIDAD:

Las capas en EL BIERZO presentan una gran regularidad, sobre todo si se comparan con otras cuencas carboníferas españolas, que hace que éstas mantengan las mismas características geométricas a lo largo de varios centenares de metros. Las fallas no son numerosas y están bastante bien conocidas, las discontinuidades más importantes son las "bizcortas" que son totalmente locales y no tendrían tanta importancia si la potencia de las capas fuera mayor.

En cualquier caso, desde el punto de vista de su continuidad éstas capas deben considerarse como muy regulares.

* HASTIALES:

En general los hastiales de las capas de EL BIERZO están constituidos por pizarras de calidad media a buena, los valores normales de la resistencia a compresión simple oscilan entre 40 y 80 MPa, siendo quizás menos competentes las pizarras de muro que las de techo. No es frecuente que el techo de las capas esté integrado por bancos de arenisca y cuando estos están próximos a las capas siempre suele existir un falso techo de pizarra de baja calidad. En general los techos están poco fracturados y soportan vanos importantes sin producir caídas de bloques. En general puede afirmarse que los hastiales en EL BIERZO son de buena calidad.

* CARBON:

El carbón que se explota en EL BIERZO es antracita bastante dura y como caso excepcional puede indicarse que en COMBUSTIBLES DE FABERO se midieron resistencias a compresión simple en muestras de antracita del orden de 35 MPa. El rango de variación de los valores normales posiblemente esté comprendido entre 5-20 MPa. Otra singularidad del carbón en EL BIERZO es que muchas capas presentan intercalaciones de estéril bien estratificadas, de una gran dureza que localmente puede afectar a una parte importante de la potencia de la capa. Estas intercalaciones conocidas en el argot minero como "CUÑAS" supone una dificultad muy importante para el arranque del carbón dada la escasa potencia de las capas. En general puede afirmarse que el carbón de EL BIERZO es un carbón duro.

Como resumen de las características antes expuestas se puede afirmar que las capas de EL BIERZO son: estrechas, muy regulares, con hastiales de buena calidad y con un carbón duro.

2.3 METODOS DE EXPLOTACION.

El método de explotación más extendido en EL BIERZO es el del tajo largo con hundimiento integral. Sólo en las zonas donde la pendiente de las capas es notable, como en el caso de Antracitas de Brañuelas, se utiliza el método clásico de testers y relleno con gravedad.

Las regularidad de las capas y la buena calidad de los hastiales hace que éstas capas puedan ser totalmente mecanizadas aunque la escasa potencia es una dificultad muy importante que debe ser tenida muy en cuenta para evitar fracasos importantes.

En EL BIERZO se produce una cantidad apreciable de carbón con destino a calefacción por lo que interesa disponer de granulometrías gruesas ("granos"); de acuerdo con esto normalmente el arranque se realiza con cepillos que son manejados con una especial habilidad. En Antracitas de Gaiztarro S.A. se han obtenido rendimientos importantes en los tajos equipados con cepillos de tal forma que pueden compararse sin desventaja con los mejores resultados obtenidos en capas similares de cuencas carboníferas de otros países europeos.

En Antracitas de Gaiztarro se utilizaba hace dos años una antigua rozadora de cadena ANDERSON tipo AB-15 que efectúa una pequeña roza en el carbón del muro con lo que se facilita notablemente el posterior arranque con martillo picador sin mermar la proporción de granos.

Más recientemente se han introducido las rozadoras de tambor en EL BIERZO con objeto de arrancar los carbones más duros que plantean importantes problemas a los cepillos y llegar a exigir el uso de explosivos para su arranque.

Existen en funcionamiento dos rozadoras, ambas de origen soviético pero distintas. La primera está trabajando en el Grupo Río de Combustibles de Fabero S.A. con excelentes rendimientos de taller. La segunda, que es una rozadora "in web" especialmente diseñada para capas estrechas, está trabajando en el Grupo Jarrinas de Antracitas de Gaiztarro S.A. en una capa de carbón duro, con una cuña importante, y obteniendo unos rendimientos muy buenos.

Por lo que se refiere al sostenimiento de los tajos hay que indicar que se utilizan de todos los tipos existentes: madera, mampostas de fricción, mampostas hidráulicas y entibación marchante.

Las galerías de tajo suelen utilizarse para dar servicio a los dos tajos que deben arrancar el macizo de los dos paramentos y en su conservación se presentan en algunos casos, problemas de especial importancia. En general, cuando la inclinación de las capas es pequeña, no se corta el techo

en el avance de la galería obteniéndose un techo plano que se sostiene con cuadros metálicos o bulones de anclaje repartido. Cuando en el avance de la guía se corta el techo de la capa se suelen utilizar cuadros metálicos de perfil TH en el sostenimiento de galería.

En general no existen problemas dinámicos importantes derivados del hundimiento en el post-taller (golpes de techo), y por otro lado la pequeña potencia de las capas hace que la subsidencia en superficie no tenga efectos importantes; salvo en algunos casos.

2.4 ACTIVIDAD MINERA.

La actividad minera en EL BIERZO es muy importante ya que, entre cielo abierto y subterráneo, en esta cuenca durante 1.984 se ha obtenido una producción algo superior a 3,5 Mt que representa alrededor del 64% de la producción española de antracita.

Sin embargo la actividad minera está muy diseminada como lo atestigua el hecho de que recientemente se hayan censado más de 150 minas en explotación.

2.5 ACCIDENTABILIDAD.

El presente año de 1.985 es posiblemente uno de los más negros en lo que se refiere a los accidentes producidos en la minería de carbón y por lo tanto hablar de la acciden-

tabilidad en EL BIERZO puede resultar comprometido si no se dispone de datos fiables que abarquen esta problemática en esa zona.

Sin embargo con objeto de tener una panorámica lo más amplia posible sobre este tema, utilizaremos algunos datos de un reciente trabajo, ALFAGEME (1.985), que abarca los accidentes producidos en la minería del carbón de la provincia de LEON durante el período 1.979-1.983.

En el Cuadro I se muestra la evolución del número total de accidentes y la de la clasificación por gravedad en función de la producción obtenida para lo cual se ha utilizado un índice de Nº de accidentes producidos por cada 1.000.000 t producidas.

Los datos contenidos en el Cuadro I muestran una tendencia creciente de los accidentes en valor absoluto pero prácticamente están estabilizados si se refieren a la producción obtenida.

En el Cuadro II se muestra la evolución de las lesiones producidas, en el período de 1.983, en función de su tipo, parte del cuerpo afectado y forma del accidente. Se puede analizar la evolución de los tipos de accidentes que se producen habitualmente en los nichos y para ello, del Cuadro II, se han obtenido los datos referentes a los accidentes producidos por: caídas de objetos, golpes de objetos y sobre esfuerzos que, comparados con la producción, se muestran en el Cuadro III.

AÑO	PRODUCCION (10 ⁶ t)	ACCIDENTES							
		TOTALES		LEVES		GRAVES		MORTALES	
		Nº	x 10 ⁶ t	Nº	x 10 ⁶ t	Nº	x 10 ⁶ t	Nº	x 10 ⁶ t
1.979	4,287	3.162	737	3.136	731	6	1,39	20	4,66
1.980	4,743	3.461	730	3.435	724	12	2,53	14	2,95
1.981	5,427	3.921	722	3.897	718	19	3,50	5	0,92
1.982	5,811	3.933	677	3.905	672	17	2,92	11	1,89
1.983	5,963	4.302	721	4.271	716	22	3,69	9	1,50

CUADRO I Evolución de los accidentes en el centro de trabajo que han producido baja en la provincia de León en función de la producción.

AÑO	GRADO LESION			LESIONES EN										FORMA DE ACCIDENTE																	
	Leve	Grave	Mortal	Cabeza	Ojos	Tronco	E. Superiores	Manos	E. Inferiores	Pies	Lesiones múltiples órganos internos	Caida de personas		Caida de objetos	Pisadas sobre objetos	Choque contra objetos		Golpes por objetos o herramientas	Proyeccion de fragmentos o particulas	Atrapamientos	Sobreesfuerzos	Exposicion a temperaturas extremas	Contactos térmicos	Contactos eléctricos	Inhalación o ingestión sustancias nocivas	Contactos sustancias causticas o corrosivas	Exposicion a radiaciones	Explosiones o incendios	Causados por seres vivos	Atropello y golpes con vehiculos	Otros
												A distinto nivel	Mismo nivel			Inmoviles	Móviles														
1979	3.317	9	22	238	194	436	433	895	593	492	67	19	160	1.114	18	16	3	1.375	25	340	100	—	11	2	101	6	—	2	—	41	2
1980	3.740	3	15	236	215	606	472	941	659	461	178	40	213	1.025	30	7	8	1.164	510	356	170	—	5	12	24	6	—	5	—	35	37
1981	4.205	21	5	253	241	780	378	1.199	684	544	152	57	152	1.438	40	26	69	1.176	280	502	387	—	2	13	2	—	—	3	—	32	39
1982	4.250	17	11	281	273	781	364	1.105	771	547	156	60	144	1.563	60	20	18	1.104	282	443	319	1	14	10	2	7	1	15	11	39	26
1983	4.655	22	9	310	289	927	419	1.149	829	584	179	58	220	1.610	54	9	—	1.294	310	513	335	1	6	15	15	1	—	2	8	44	27

CUADRO N° II EVOLUCION DE LAS LESIONES PRODUCIDAS EN LA PROVINCIA DE LEON SEGUN SU GRAVEDAD, PARTES DEL CUERPO AFECTADAS Y FORMA DEL ACCIDENTE.

AÑO	PRODUCCION (10 ⁶ t)	CAUSA DEL ACCIDENTE					
		CAIDA DE OBJETOS		GOLPES POR OBJETOS		SOBRESFUERZOS	
		Nº	x 10 ⁶ t	Nº	x 10 ⁶ t	Nº	x 10 ⁶ t
1.979	4,287	1.114	260	1.375	321	100	23
1.980	4,743	1.025	216	1.164	245	170	36
1.981	5,427	1.438	265	1.176	217	287	53
1.982	5,811	1.563	269	1.104	190	319	55
1.983	5,963	1.610	270	1.294	217	335	56

CUADRO III Evolución de los accidentes producidos por caídas de objetos, golpes por objetos y sobreesfuerzos en la minería del carbón de la provincia de León.

Analizando los datos contenidos en el Cuadro III puede obtenerse alguna conclusión:

- + Los accidentes producidos por caídas de objetos permanecen estacionarios al aumentar la producción.
- + Los accidentes producidos por golpes por objetos disminuyen al aumentar la producción.
- + Los accidentes producidos por sobreesfuerzos aumentan notablemente al aumentar la producción.

Aunque el análisis anterior esclarece algo la acciden-
tabilidad que se produce en la minería del carbón de la pro-
vincia de LEON para que este análisis fuera más eficaz y re-
presentativo debería disponerse de la siguiente información:

- + Conocer los accidentes producidos específicamente en la cuenca de EL BIERZO.
- + Disponer de la cifra real de producción subterránea de carbón en EL BIERZO.
- + Tener un desglose más afinado del origen de los accidentes según el puesto de trabajo en la cuenca de EL BIERZO.

3.- RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.

Con objeto de disponer de una información real sobre las condiciones de utilización de los nichos en EL BIERZO se rea-

lizó una campaña de toma de datos para definir los tipos de nichos más representativos y su comportamiento geotécnico.

3.1. TIPOLOGIA DE NICHOS.

Para establecer la tipología de los nichos existentes en EL BIERZO se han visitado los talleres que se consideraban más representativos entre los que estaban en explotación y en ellos se han estudiado los nichos siguientes

1. Nicho de base. Capa 1ª Jarrinas. Grupo Jarrinas. Antracitas de Gaiztarro, S.A.
2. Nicho de cabeza. Capa 1ª Jarrinas. Grupo Jarrinas. Antracitas de Gaiztarro, S.A.
3. Nicho de base. Capa Bienhallada. Grupo Escandal. Antracitas de Gaiztarro, S.A.
4. Nicho de cabeza. Capa Bienhallada. Grupo Escandal. Antracitas de Gaiztarro, S.A.
5. Nicho de base. Capa Ancha. Grupo Rio. Combustibles de Fabero, S.A.
6. Nicho de cabeza. Capa Ancha. Grupo Rio. Combustibles de Fabero, S.A.
7. Nicho de cabeza. Capa 5ª Jarrina. Grupo Valdesalguero. Antracitas de Fabero, S.A.
8. Nicho típico en taller con pancer y picadores en EL BIERZO.

En el Anejo I se incluyen los impresos con los datos obtenidos en la campaña de campo. Para una mejor comprensión en el Cuadro IV se presentan resumidas las características más importantes que son las que se comentan a continuación.

En primer lugar hay que destacar que en Antracitas de Gaiztarro, S.A. se ha eliminado el nicho de cabeza en el tajo equipado con la rozadora K-103.

En los tajos equipados con cepillo y con transportadores convencionales siempre suele haber, base y cabeza, siendo el de cabeza de reducidas dimensiones.

El sostenimiento de los nichos se realiza con estemples, preferentemente de fricción, colocados con una densidad de 0,5 unidades/m². El sistema de protección utilizado para garantizar la estabilidad de la galería frente al hundimiento del tajo se hace, con la excepción del tajo recientemente puesto en marcha en el Grupo Maurín de CO.FA.S.A., mediante llaves hechas de madera que sólo, entre los casos estudiados, son de madera seca y con sección rectangular en Antracitas de Fabero, S.A. Por término medio se colocan dos hileras de llaves.

Los tajos típicos de EL BIERZO, con la mecanización mínima que supone el transporte blindado, y arranque con martillo picador no ofrecen excesivos problemas dada la pequeña superficie de los nichos que es del orden de 1 m².

NICHO	GRUPO MINERO	TIPO DE MAQUINA DE ARRANQUE	SUPERFICIE DEL NICHO	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO	SISTEMA DE PROTECCION DE LA GALERIA	OBSERVACIONES
BASE 1ª JARRINAS	JARRINAS A.G.S.A.	ROZADORA K-103	12 m ²	Mampostas hidráulicas. (0,5 unidades/m ²)	Llaves de mamposta de pino en dos hileras, con 9 y 4 puntos de cruce.	Taller a poca profundidad (100 m) con apretones regulares en las galerías cada fin de semana.
CABEZA 1ª JARRINAS			NO EXISTE NICHO PUES LO HACE LA ROZADORA			
BASE, Tajo C-4 BIENHALLADA	ESCANDAL A.G.S.A.	CEPILLO ANCLA S-3	30 m ²	Mampostas de fricción (0,5 unidades/m ²)	3 Hileras de llaves, 2 de 4 puntos de cruce y 1 de 9 Bulones anclaje.	Deslizamiento del muro que se evitó eliminando el terreno y colocando una llave más alta
CABEZA, Tajo C-4 BIENHALLADA			5 m ²		2 Hileras de llaves de 9 y 4 puntos	BUEN COMPORTAMIENTO
BASE CAPA ANCHA	RIO CO.FA.S.A.	ROZADORA 1K-101	13 m ²	Mamposta de fricción (0,5 unidades/m ²)	3 hileras de llaves, una de ellas apoyada sobre los cuadros y bulones	Costeros del muro y del techo en menor proporción. Deformaciones de los cuadros.
CABEZA CAPA ANCHA			20 m ²		2 hileras de llaves	Deformaciones de la galería y costeros del techo.
CABEZA 5ª JARRINA	VALDESAGUERO A.F.S.A.	CEPILLO GLEIT	6 m ²	Estemples hidráulicos	Llaves con madera seca de sección cuadrada	BUEN COMPORTAMIENTO
NICHO TIPICO DE EL BIERZO		MARTILLO PICADOR	1 m ²	Estemples de fricción o madera.	Llaves con mamposta de madera.	BUEN COMPORTAMIENTO

CUADRO IV CARACTERISTICAS MAS RELEVANTES DE ALGUNOS NICHOS DE EL BIERZO.

3.2. COMPORTAMIENTO GEOMECANICO DE LOS NICHOS.

Se han seleccionado cinco nichos considerados como significativos en la cuenca de EL BIERZO y en ellos se ha hecho un seguimiento geomecánico de su comportamiento.

Los nichos estudiados han sido los siguientes:

1. Nicho de Cabeza. Capa 5ª Jarrinas. Grupo Valdesalguero. Antracitas de Fabero, S.A.
2. Nicho de Cabeza. Capa Bienhallada. Grupo Escandal. Antracitas de Gaiztarro, S.A.
3. Nicho de Base. Capa Bienhallada. Grupo Escandal. Antracitas de Gaiztarro, S.A.
4. Nicho de Base. Capa Ancha. Grupo Rio. Combustibles de Fabero, S.A.
5. Nicho de tajo de picadores y pancer en Capa Chu-chu de Carbones de San Antonio, S.A.

En el Anejo II se incluyen los datos obtenidos en la campaña de seguimiento realizada en los que estan incluidos las 30 medidas de convergencia que se han realizado en los cinco nichos citados cubriendo una distancia, tras el paso del tajo, de hasta 200 m.

Se ha apreciado la existencia de juntas de discontinuidad en todos los techos de las capas estudiadas con una inclinación entre 45 y 85° siendo los valores superiores a 70° los más frecuentes. Esto hace que en aquellos casos en los que se corte el techo de la capa al trazar las guías se corre un mayor riesgo de propiciar la caída de bloques de roca.

En la Fig. N° 1 se ha representado la evolución de la convergencia relativa; convergencia absoluta entre hastiales dividida por la altura de la capa, frente a la distancia al tajo.

A unos 200 m por detrás del tajo, donde los movimientos de ajuste producidos por el fenómeno de hundimiento están prácticamente estabilizados, la convergencia relativa está comprendida entre el 45 y el 68%. La menor convergencia se produce en Antracitas de Fabero, donde se utiliza madera de sección rectangular para construir las llaves, y en el nicho de Cabeza de la Capa Bienhallada del Grupo Escandal de Antracitas de Gaiztarro. En el primer caso es lógico que se produzca la menor convergencia debida a la superior rigidez de las llaves de madera; pero el excelente comportamiento de los nichos de cabeza frente a los de pie en el Grupo Escandal, que está comprobado también por los Técnicos de la Empresa, probablemente necesitaría una explicación adecuada ya que el efecto de la gravedad por sí solo no parece convincente.

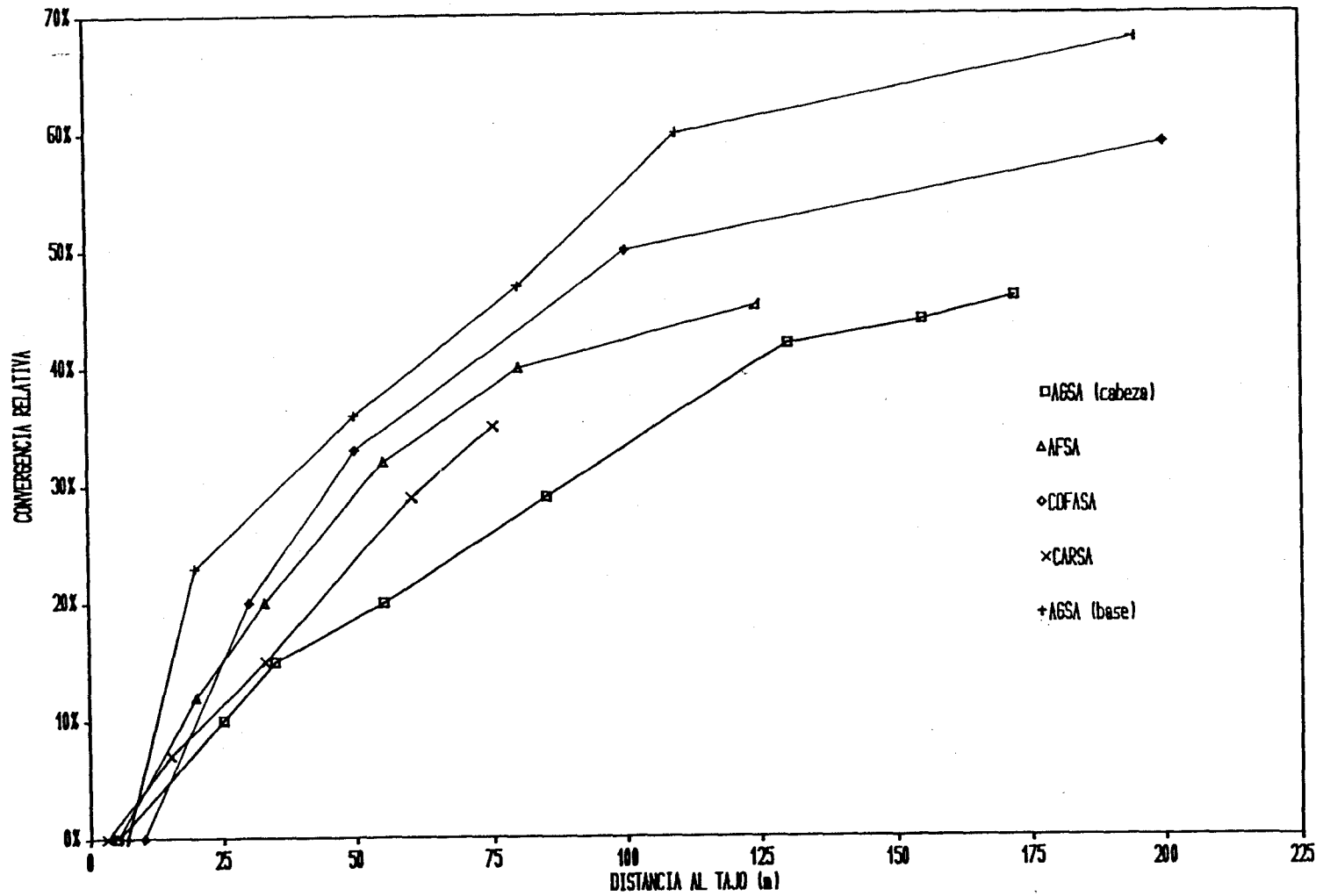


FIGURA N° 1 CONVERGENCIA RELATIVA DE LLAVES DE MADERA EMPLEADAS EN EL BIERZO.

En, el Grupo Escandal de A.G.S.A. los nichos de base, pese a disponer, de tres filas de llaves, el comportamiento de la galería es francamente malo lo cual avala la conveniencia de aumentar la rigidez en vez de aumentar el número de llaves. Esta medida además de ser más eficaz resultará probablemente más económica ya que el mayor coste de la madera de mejor calidad se verá compensado con el menor gasto de madera y mano de obra.

Por otro lado también debe jugar un importante papel de gran velocidad de avance del tajo ya que así los picos de presión generados con el avance de la explotación son mayores y también lo son los voladizos detrás de la entibación con la consiguiente sobrecarga de las llaves de madera.

Por último hay que hacer notar que la buena convergencia observada en Carbones San Antonio, S.A. puede deberse tanto a la buena calidad de la madera de las llaves como al hecho de que el hundimiento es parcial ya que en el área explotada se dejan abandonadas llaves de madera.

4.- METODOLOGIA EN EL SOSTENIMIENTO DE NICHOS EN OTROS PAISES.

Una vez que se han establecido las peculiaridades de la construcción de nichos en los tajos mecanizados en la cuenca de EL BIERZO a continuación se va a realizar una exposición sobre la metodología que se sigue en la creación y sostenimiento de nichos en los países de minería más avanzada.

4.1 COMPORTAMIENTO GEOMECANICO DE LOS TERRENOS.

Como sucede con todas las excavaciones y obras subterráneas que se crean en las minas, la estabilidad de los nichos depende fundamentalmente del comportamiento geomecánico de los terrenos.

Por ello parece oportuno utilizar el concepto de tajo profundo que corresponde a un tajo en explotación en el que las rocas encajantes se rompen por los fenómenos de sobrepresión que acompañan al tajo. Como aspectos positivos cabe señalar que en un tajo profundo no se presentarán fenómenos dinámicos que dificulten la progresión del tajo, como son los golpes de techo, en el aspecto negativo hay que tener presente que en un tajo profundo las galerías y los nichos sufrirán importantes deformaciones.

De acuerdo con esto en los tajos que tengan el carácter de profundos será necesario disponer, en nichos y galerías, de un sostenimiento adecuado que, por contra, no será necesario en los casos en que el tajo no pueda ser calificado de profundo.

4.1.1 Concepto de galería profunda.

El concepto de galería profunda está ligado a las características geomecánicas de los terrenos y a las presiones a que se ven sometidas, esencialmente los terrenos en una mina profunda habrán abandonado el régimen elástico para entrar en plastificación.

Según KARBOWNIK y ZYLINSKI (1.984) se puede evaluar la profundidad crítica a la que los terrenos que rodean a una galería entran en plastificación mediante la expresión:

$$H_{cr} = \frac{K_o \cdot R_c}{K_k \cdot \rho \cdot g} \quad (1)$$

donde:

H_{cr}: Profundidad crítica (m)

K_o : Coeficiente que tiene en cuenta la reducción de resistencia de las rocas, determinados en laboratorio, debido al efecto escala. Los valores de K_o son los incluidos en el Cuadro V.

R_c : Resistencia a compresión simple de la roca intacta determinada en laboratorio (Pa).

TIPO DE ROCA	VALOR DE K _o
Roca sana	1
Roca poco fracturada	0,7
Roca con fracturación media	0,3
Roca muy fracturada	≤ 0,3

CUADRO V Valores de K_o en función de fracturación.

K_k : Coeficiente de concentración de tensiones de compresión que depende de la forma de las galerías y cuyos valores se indican en el Cuadro VI.

FORMA DE LA SECCION DE LA GALERIA	COEFICIENTE DE CONCENTRACION DE TENSIONES	ZONA DE ROTURA EN EL PERIMETRO DE LA GALERIA
CIRCULAR	1,63	En la mitad del paramento.
ELIPTICA	2,26	En las bóvedas.
ABOVEDADA	1,71	En la mitad del paramento.
ARQUEADA	1,91	En la mitad del paramento.
RECTANGULAR	1,00*	En la mitad del paramento.
TRAPEZOIDAL	2,59	En la mitad del paramento.

* No se consideran las tensiones en las esquinas de la galería.

CUADRO VI Valores de K_k en función del tipo de sección de la galería.

ρ : densidad de la roca (Kg/m^3)

g : aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m}/\text{s}^2$)

De acuerdo con lo anterior en el caso de una galería de sección arqueada trazada en una pizarra media, con resistencia a compresión simple $R_c = 60$ MPa, la profundidad crítica vale:

$$H_{cr} = \frac{0,3 \cdot 60 \cdot 10^6}{1,91 \cdot 2 \cdot 700 \cdot 9,81} = \underline{\underline{\underline{355\text{ m}}}}$$

Conviene aclarar que el hecho de que una galería esté situada a una profundidad superior a la crítica no debe implicar necesariamente unas malas condiciones de estabilidad; simplemente sucederá que los terrenos que la rodean no estarán en el dominio elástico y por lo tanto el sostenimiento que se coloque deberá ejercer un apreciable efecto de resistencia estructural. Como es bien conocido en las galerías trazadas en rocas que se mantienen en el dominio elástico el sostenimiento debe impedir, exclusivamente, la caída eventual de bloques de roca por efecto de la gravedad.

4.1.2 Caracterización de los terrenos en un nicho.

De una forma similar a como se ha definido la profundidad crítica para que una galería pueda considerarse como profunda, se puede definir la profundidad crítica para que un tajo pueda considerarse como profundo.

En este caso puede utilizarse también la expresión (1) pero el factor K_k debe ser escogido en función del tipo de tajo según los contenidos en el Cuadro VII.

TIPO DE TAJO	K_k
EN CAPA DE CARBON DURO CON HUNDIMIENTO INTEGRAL	6 - 8
EN CAPA DE CARBON MEDIO CON HUNDIMIENTO INTEGRAL	4 - 6
EN CAPA DE CARBON BLANDO CON HUNDIMIENTO INTEGRAL	2 - 4
TAJO CON RELLENO MECANICO	2 - 5
TAJO CON RELLENO HIDRAULICO	2 - 3

CUADRO VII Valor del coeficiente K_k en función del tipo de tajo en capas con poca pendiente.

De acuerdo con todo esto para un nicho creado en un tajo que explota por hundimiento una capa de carbón medio, que tiene un techo de pizarra poco fracturada, con resistencia a compresión simple R_c de 60 MPa y densidad de 2.700 Kg/m³ la profundidad crítica estará dada por

$$H_{cr} = \frac{0,7 \cdot 60 \cdot 10^6}{5 \cdot 2.700 \cdot 9,81} = 317 \text{ m}$$

La determinación de la profundidad crítica para un nicho es importante ya que si este se encuentra ubicado a una profundidad inferior no es previsible que se presenten grandes problemas de sostenimiento y tan sólo deberá prestarse especial atención a la posible caída de pequeños bloques que podrá ser evitada utilizando un sostenimiento ligero que cubra adecuadamente la superficie del techo en el área del nicho.

Por el contrario si el nicho está situado a una profundidad que es sensiblemente superior a la crítica se podrán presentar importantes problemas de estabilidad que exigirán un adecuado estudio geomecánico del nicho para definir el tipo de sostenimiento que debe ser utilizado.

4.2 MATERIALES UTILIZADOS EN EL SOSTENIMIENTO DE NICHOS.

En este apartado se va a hacer una revisión al estado actual de los materiales que suelen utilizarse en la construcción de nichos en el Reino Unido y Alemania Federal.

4.2.1 Madera.

Tanto en Alemania Federal como en el Reino Unido la madera se emplea en el sostenimiento de los nichos para formar llaves de madera aunque este tipo de sostenimiento está en franca recesión ya que está siendo sustituido, sobre todo en Alemania Federal por muretes de anhidrita.

En el Reino Unido la N.C.B. (1.979) ha editado un manual de sostenimiento en el que sobre las llaves de madera se señala lo siguiente:

- + Las llaves de madera son siempre de cuatro puntos de cruce, tal como se indica en la Fig. Nº 2.
- + En todos los casos las piezas de madera utilizadas son de sección cuadrada.
- + Las llaves se realizan normalmente con piezas de madera de sección 100 x 100 mm²; 125 x 125 mm² ó 150 x 150 mm², con longitudes de 600 mm; 750 mm o 900 mm.
- + Cuando se emplea madera blanda las piezas son también de sección rectangular; pero el hueco creado en el interior de la llave se rellena siempre con escombros, tal como se ilustra en la Fig. Nº 3.

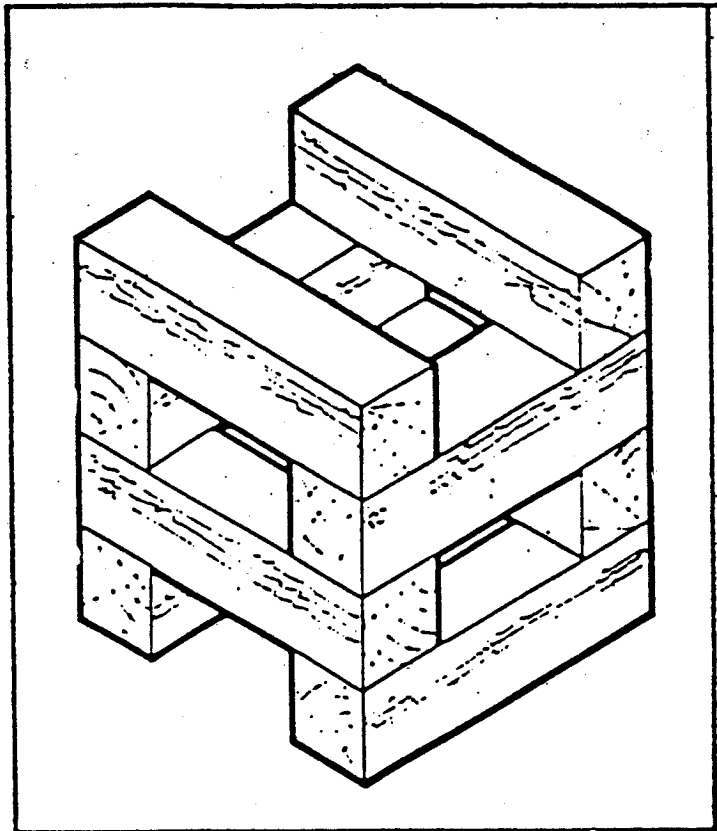


FIGURA Nº 2 CONSTRUCCION TIPICA DE UNA LLAVE DE MADERA
SEGUN MANUAL DE LA NCB.

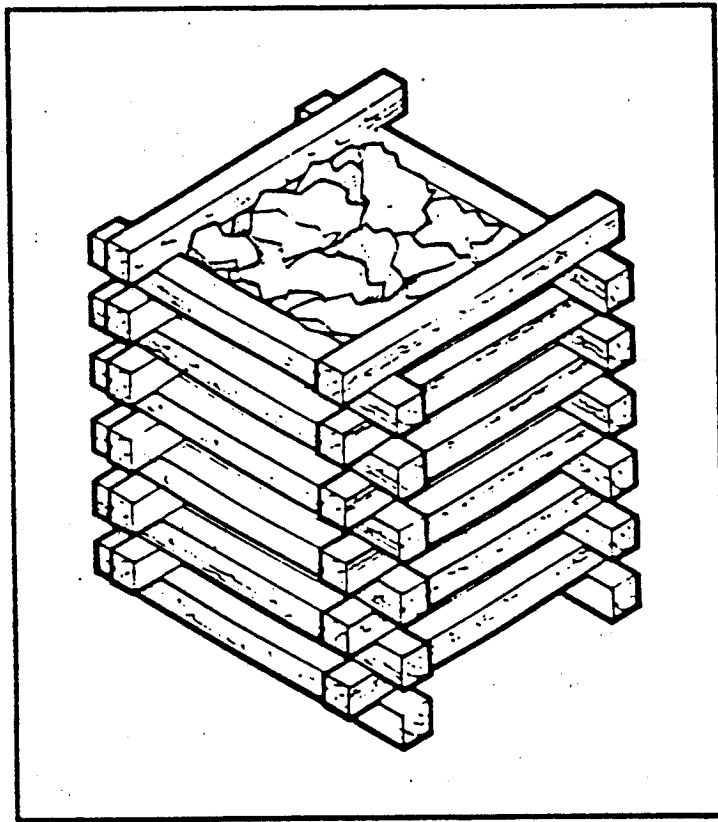


FIGURA N° 3 LLAVE DE MADERA RELLENA DE ESCOMBRO.

4.2.2 Estemples.

Actualmente los únicos estemples que se utilizan son los hidráulicos ya que los de fricción nunca se utilizaron en el Reino Unido y en la República Federal de Alemania ha sido deshechados debido a la pequeña carga inicial que se consigue con ellos y a la gran dispersión de la carga de deslizamiento.

Casi siempre se utilizan estemples de bomba individual debido a la gran movilidad de estos materiales que deben seguir al tajo en su progresión.

En las minas de la N.C.B. se suelen utilizar estemples hidráulicos de gran diámetro, Fig. Nº 4, que sustituyen a las llaves de madera que deben ser recuperadas. Frente a éstas, presentan las siguientes ventajas:

- + Recuperación mucho más fácil.
- + Mayor carga inicial.
- + Respuesta constante a la deformación del techo.

Un problema importante que se plantea en los nichos cuando se utilizan cuadros metálicos en el sostenimiento de las galerías es el de permitir un paso adecuado al taller.

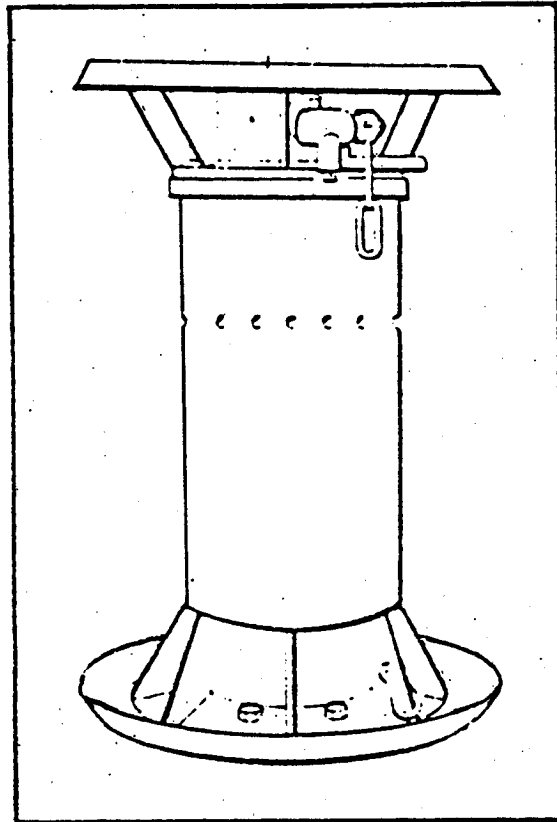


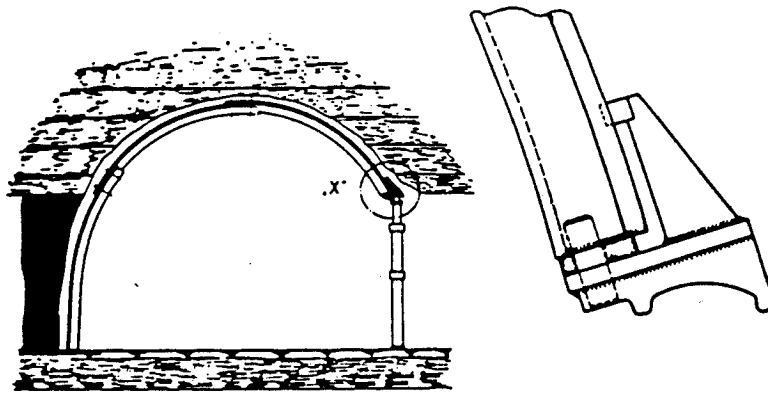
FIGURA Nº 4 ESTEMPLE INDIVIDUAL DE ALTA PORTANCIA.

Actualmente la técnica utilizada en Alemania Federal para resolver este problema consiste en utilizar como sostenimiento de la galería un sistema mixto a base de cuadros metálicos y estemples hidráulicos, solidarizados con una viga metálica en la que se apoyan, tal como se ilustra en la Fig. Nº 5, obtenida del manual de HEGERMANN y SCHUERMANN (1.985) editado por Gluckauf. Los estemples hidráulicos se colocan en el momento mismo del avance de la galería, Fig. Nº 5b, y allí permanecen hasta la llegada del tajo, Fig. 5a, siendo retirados en el propio nicho.

4.2.3 Sostenimiento marchante.

Actualmente en los tajos mecanizados existe la tendencia a utilizar un sostenimiento hidráulico marchante, similar al empleado en el tajo, para fortificar el nicho. Esta solución es bastante difícil de poner en práctica desde un punto de vista operativo ya que el sostenimiento a emplear en dos nichos además de garantizar el sostenimiento de los terrenos debe permitir las siguientes funciones:

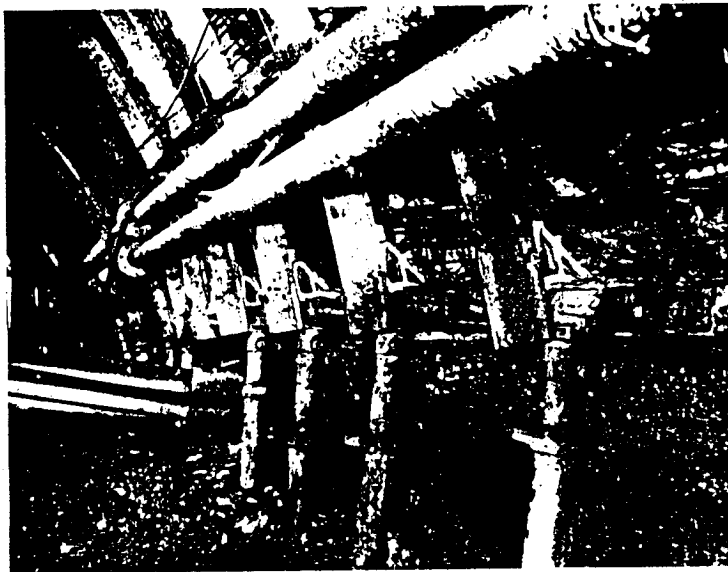
- + Salida del carbón del tajo.
- + Entrada de la ventilación al tajo.
- + Paso del personal.
- + Acceso al frente de avance de la guía.



a/ Esquema de detalle.



b/ Colocación al avance de galería



c/ Momento de paso del tajo.

FIGURA Nº 5 UTILIZACION DE SOSTENIMIENTO EN GALERIA, CON CUADROS METALICOS Y ESTEMPLES, PARA PREVENIR EL PASO DEL TAJO.

Estos condicionantes hacen que las soluciones constructivas sean costosas pero ya se han llevado a la práctica tanto en talleres en avance como en retirada. En la Fig. Nº 6 se muestra una realización de este tipo en el SARRE (RFA) puesta en práctica recientemente GÖRZ (1.984).

Evidentemente, a pesar de su elevado coste, la gran fiabilidad y eficacia del sostenimiento marchante hará que estas soluciones tengan una profusa implantación en el futuro.

4.2.4 Bulonaje.

El sostenimiento de los nichos plantea dos problemas específicos que no siempre pueden resolverse satisfactoriamente a la vez:

- + Garantizar la estabilidad de terreno, especialmente del techo.
- + Permitir un acceso lo más cómodo posible al tajo.

Desde este punto de vista el bulonaje cumple perfectamente la segunda condición ya que no produce ninguna interferencia entre la galería y el tajo. Por otro lado, si el bulonaje se aplica correctamente, es un sostenimiento sumamente eficaz sobre todo para evitar la caída de bloques.

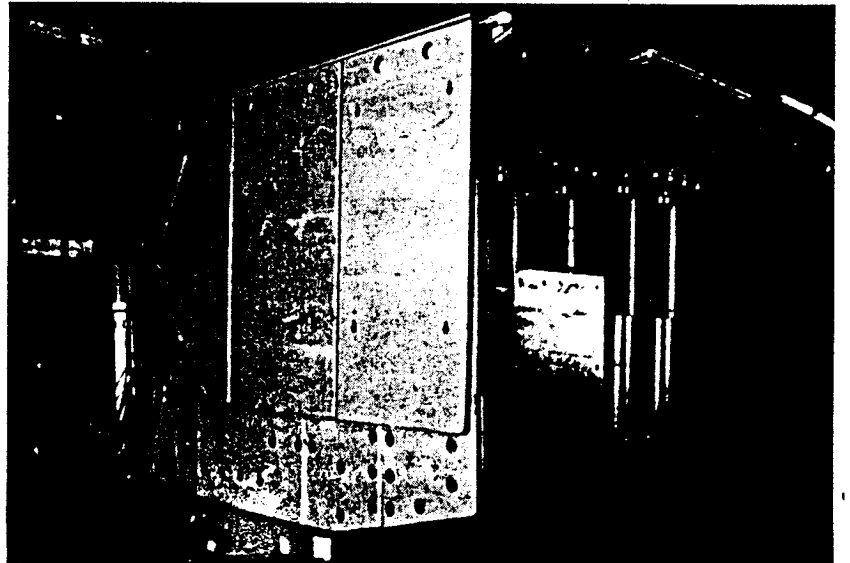
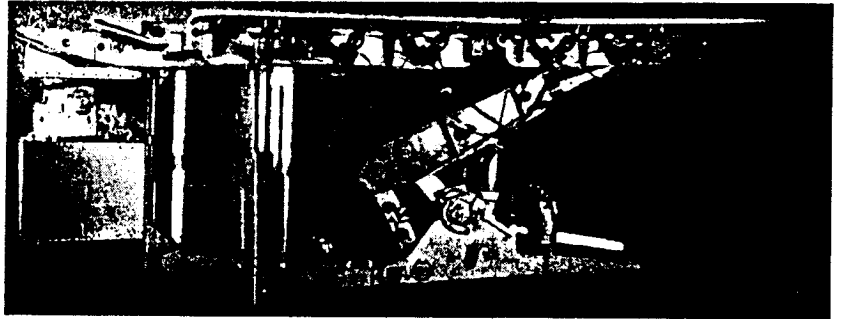
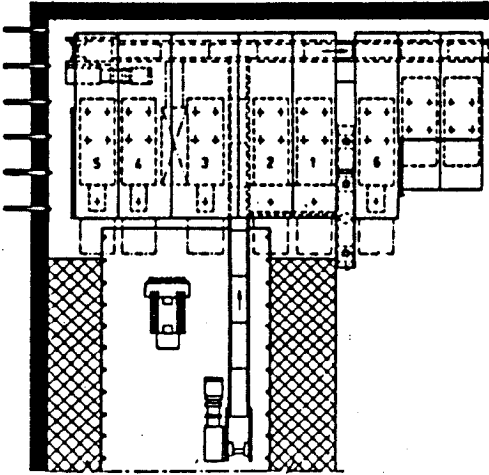
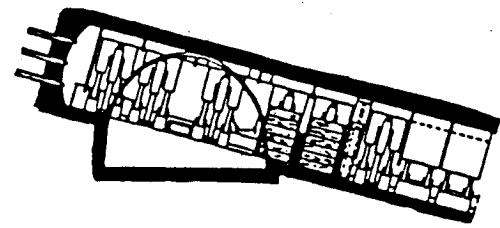
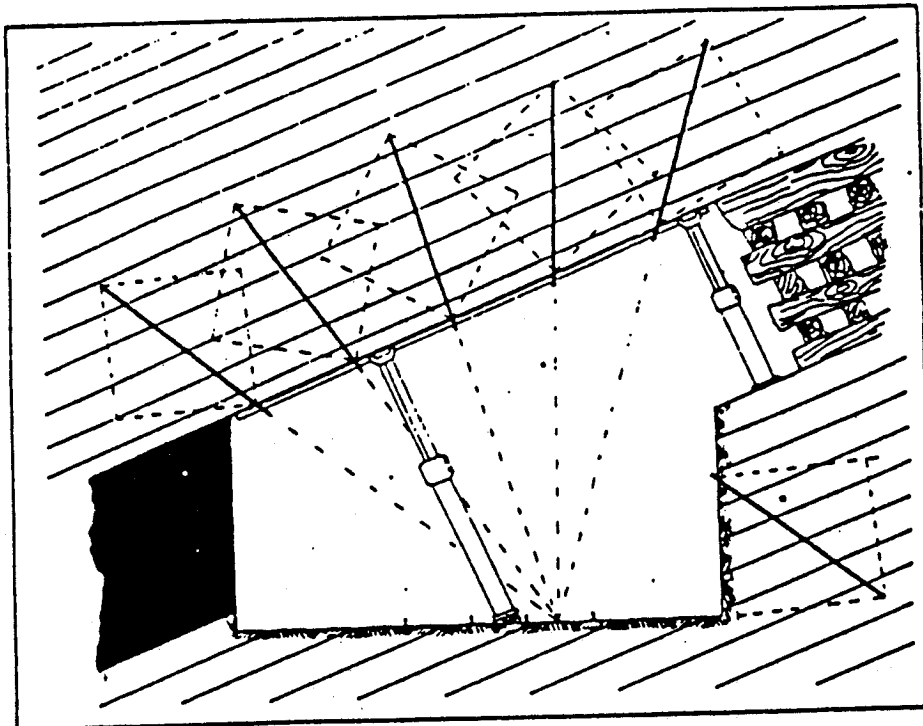


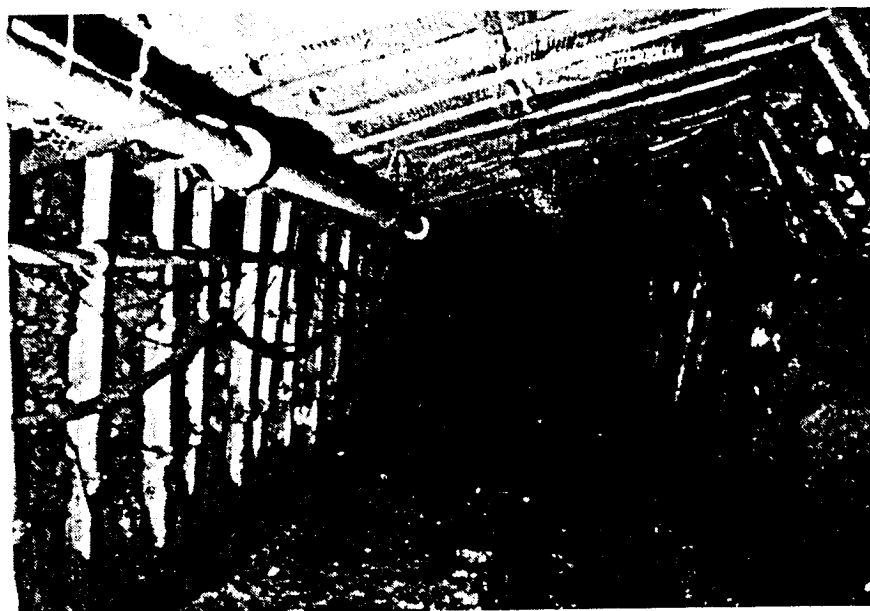
FIGURA Nº 6 SOSTENIMIENTO DESPLAZABLE DE GALERIA EMPLEADO EN EL SARRE (R.F.A.).

En España los primeros ensayos de bulonaje en galerías en capa se hicieron en HUNOSA en 1.971; pero, a pesar de los buenos resultados obtenidos CELADA (1.975), el método no se generalizó. En la Fig. Nº 7 se muestra el esquema de bulonaje utilizado en las galerías de los tajos mecanizados del Pozo S. José y una visita de una de estas galerías tras el paso del tajo.

En Alemania Federal en la década de los 80 se ha vuelto a impulsar notablemente la utilización del bulonaje como sostenimiento exclusivo de las galerías en capa después de algunos fracasos notables al final de la década de los 60. En la Fig. Nº 8 se muestra una realización reciente de bulonaje integral en una guía de Ruhr, HEGERMANN y SCHUERMANN (1.985), en la que se aprecia el esquema de bulonaje, la realización práctica de la galería y el momento del paso del tajo. Cuando se explotan capas potentes a gran profundidad como sucede en el caso de Ruhr y más acusadamente en el SARRE, la magnitud de los movimientos en los terrenos es especialmente importante y por ello en Alemania Federal se han llevado a cabo en los últimos tiempos intensas investigaciones para encontrar un bulón de anclaje repartido que tenga una resistencia importante, comprendida como mínimo entre 150 y 200 KN, y que permita a la vez alargamientos superiores a los 300 mm. En la Fig. Nº 9 se muestran algunos bulones de este tipo que ya están comercializados y el resultado de ensayos realizados en el Bergbau Forschung.

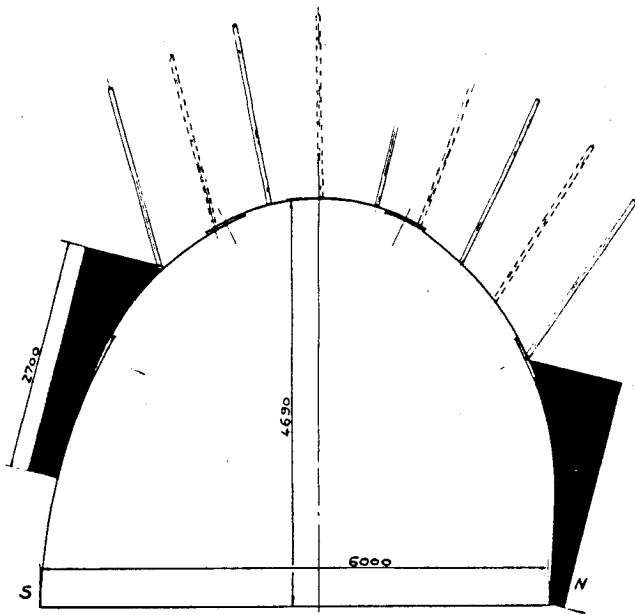


a/ Esquema teórico.



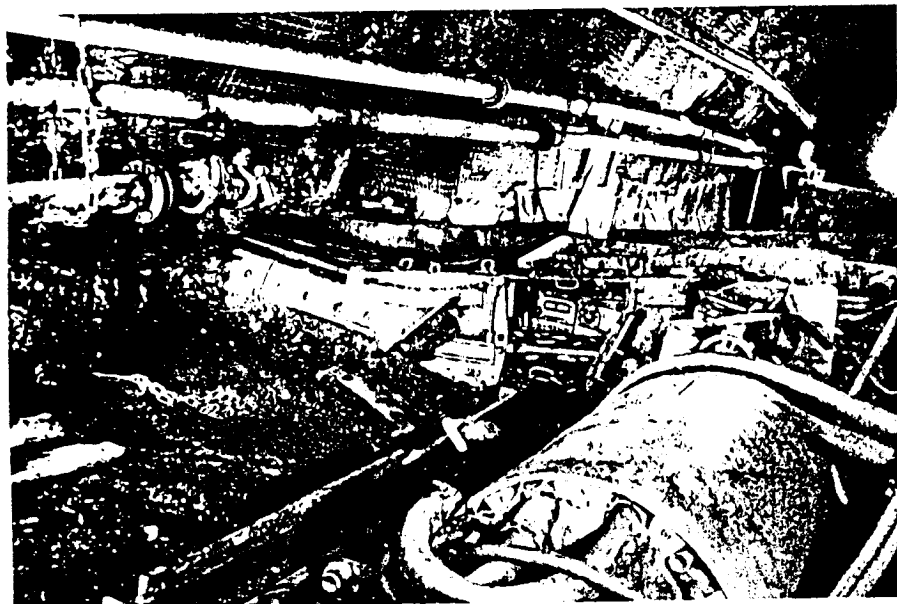
b/ Galería tras el paso del tajo.

FIGURA Nº 7 BULONAJE INTEGRAL EN LA GALERIAS DE LA CAPA 40 DEL POZO SAN JOSE (HUNOSA) .



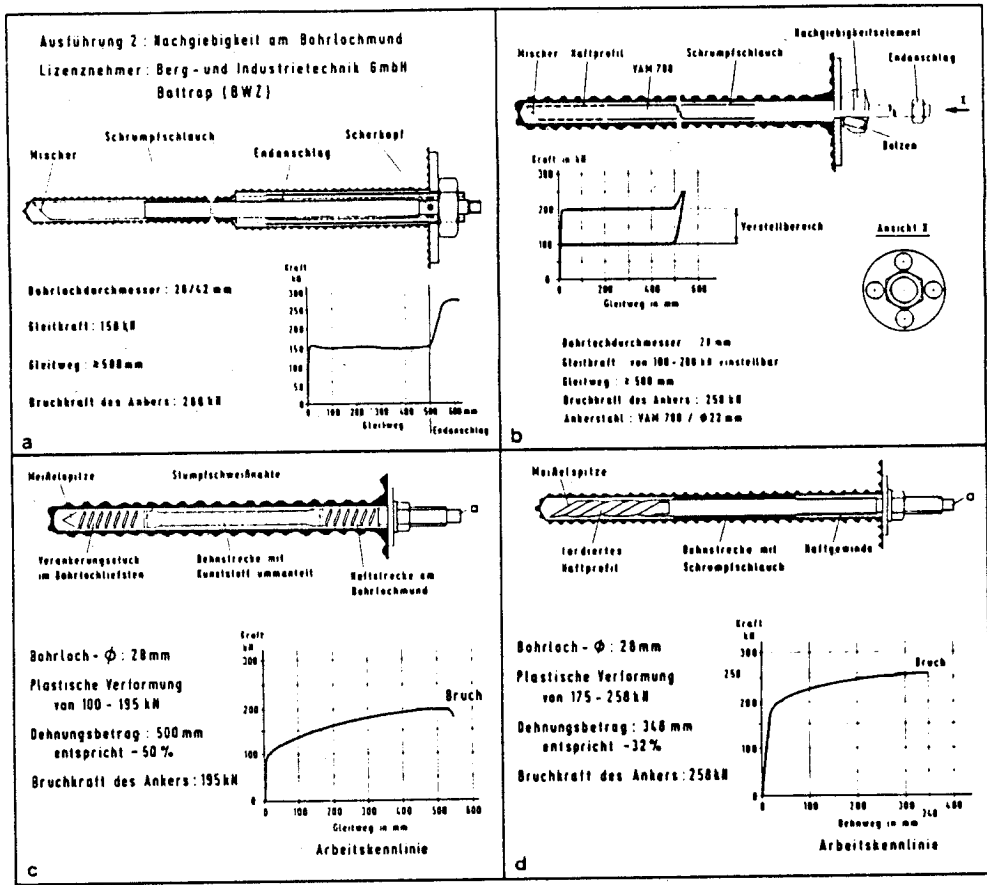
a/ Esquema teórico.

b/ Realización del sostenimiento.

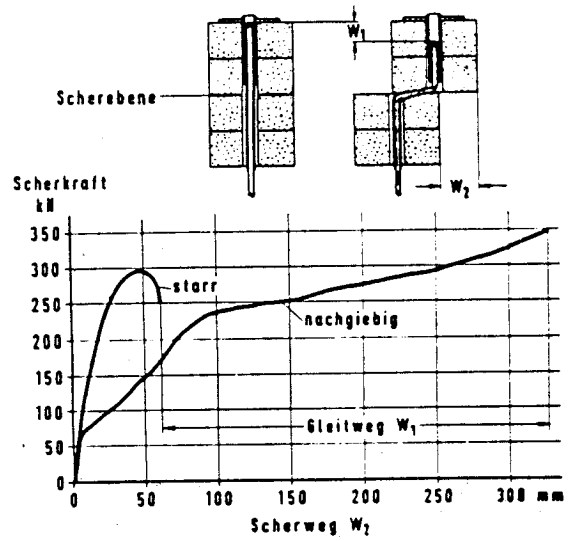
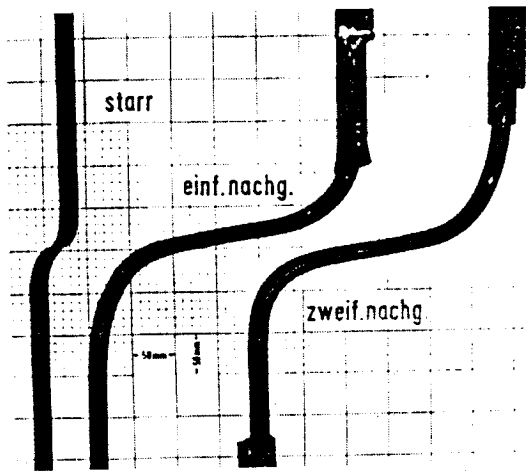


c/ Paso del tajo.

FIGURA Nº 8 BULONAJE INTEGRAL EN EL RUHR (R.F.A.).



a/ Esquemas teóricos.



b/ Resultados de los ensayos.

FIGURA Nº 9 ALGUNOS BULONES UTILIZADOS EN LA R.F.A.

4.2.5 Muros de contención.

Inmediatamente después del tajo, formando parte del nicho, normalmente se acondiciona un elemento de protección de la galería frente al hundimiento del tajo. Desde hace algunos años es corriente, en Inglaterra y Alemania Federal, construir muros de contención que protegen a la galería y a los cuadros metálicos de sostenimiento del empuje del escombros generado en el proceso de hundimiento. Permiten que se genere una línea de hundimiento que no afecte a la galería y ofrecen un apoyo adecuado en techo con objeto de disminuir la convergencia.

Sin duda alguna se puede afirmar que esta solución se extenderá notablemente en todos los talleres mecanizados sobre capas subhorizontales.

Tradicionalmente los muros de contención empleados en minería pueden clasificarse según estén contruídos con materiales sueltos o con morteros que fraguan produciendo un material monolítico.

4.2.5.1 MUROS DE MATERIALES SUELTOS.

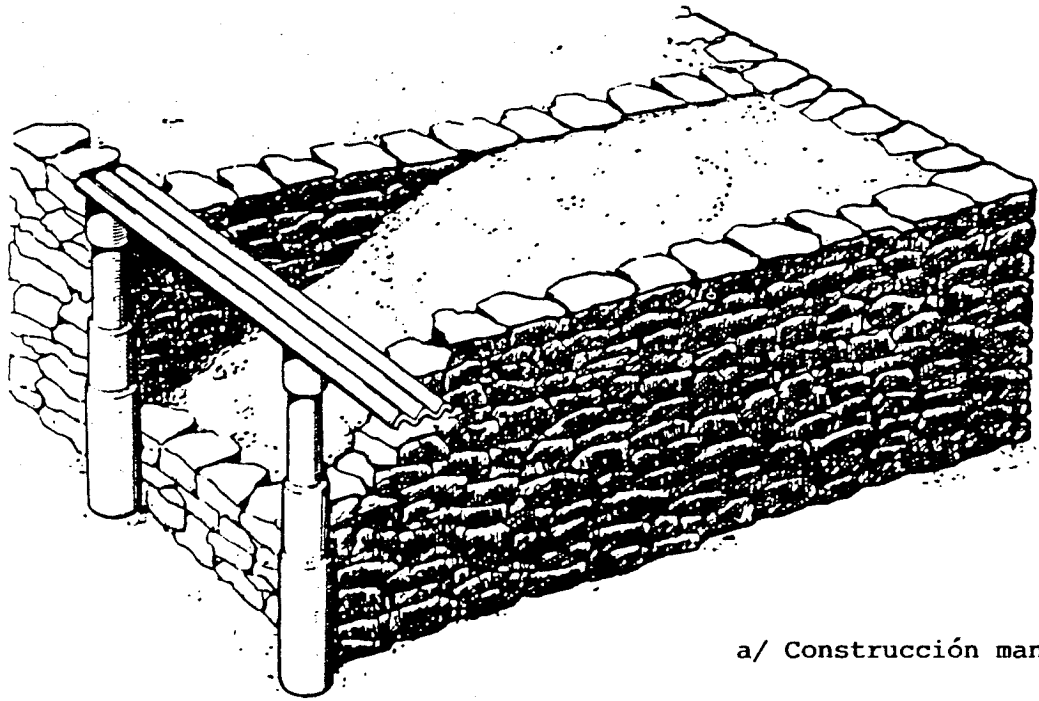
Los muros de materiales sueltos son muy utilizados en el Reino Unido en donde se han desarrollado multitud de sistemas y disposiciones para conseguir la mecanización de su construcción.

En esencia, tal como se muestra en la Fig. N° 10a los muros de materiales sueltos se construyen levantando cuatro paredes a base de piedras apoyadas en estemples individuales que posteriormente se rellenan con materiales sueltos, fundamentalmente con los escombros provenientes de las labores de preparación.

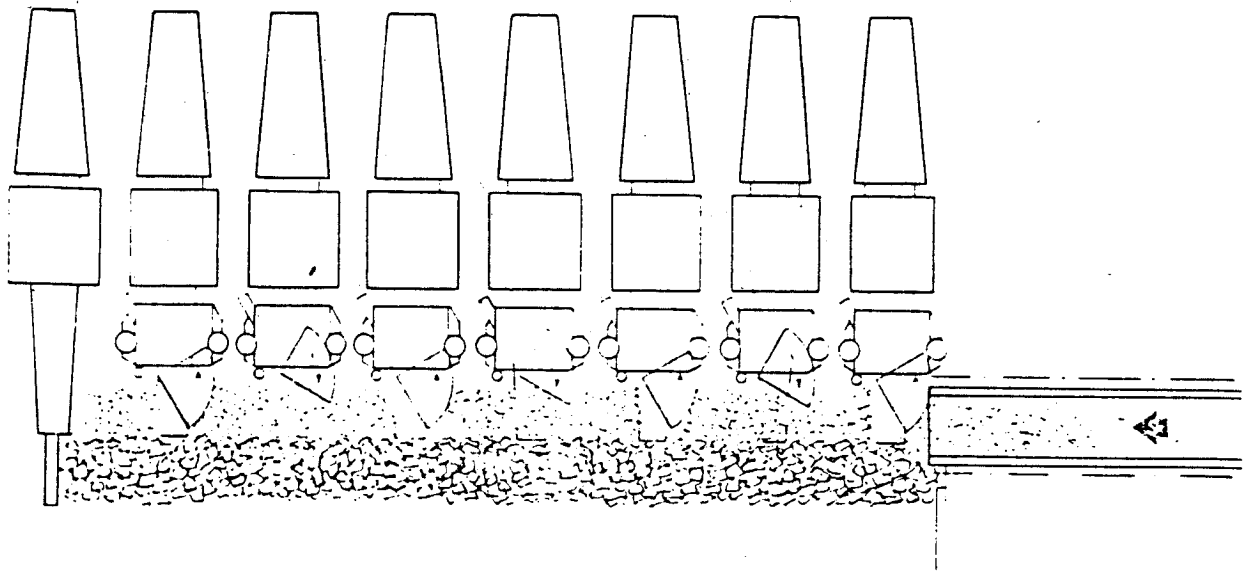
En muchos casos los muros de materiales sueltos tienen una longitud superior a 10 m y para mejorar el ritmo de construcción y obtener un material con mayor grado de compactación se utilizan medios mecánicos como scrapes, transporte mecánico o, más recientemente, las unidades de sostenimiento marchante que corresponden a la anchura del muro a construir están equipadas de unas planchas de acero, con un accionamiento hidráulico. En la Fig. N° 10b se ilustra una disposición de sistema, mientras que en la Fig. N° 11 se ofrece una perspectiva de la construcción de un muro de materiales sueltos a base de compactación.

4.2.5.2 MUROS MONOLITICOS.

Los muros monolíticos se construyen a base de un mortero o lechada de anhidrita que se bombea, por vía hidráulica, a un hueco pre-



a/ Construcción manual.



b/ Constucción con el sostenimiento del tajo.

FIGURA Nº 10 CONSTRUCCION DE UN MURO DE MATERIALES SUELTOS.

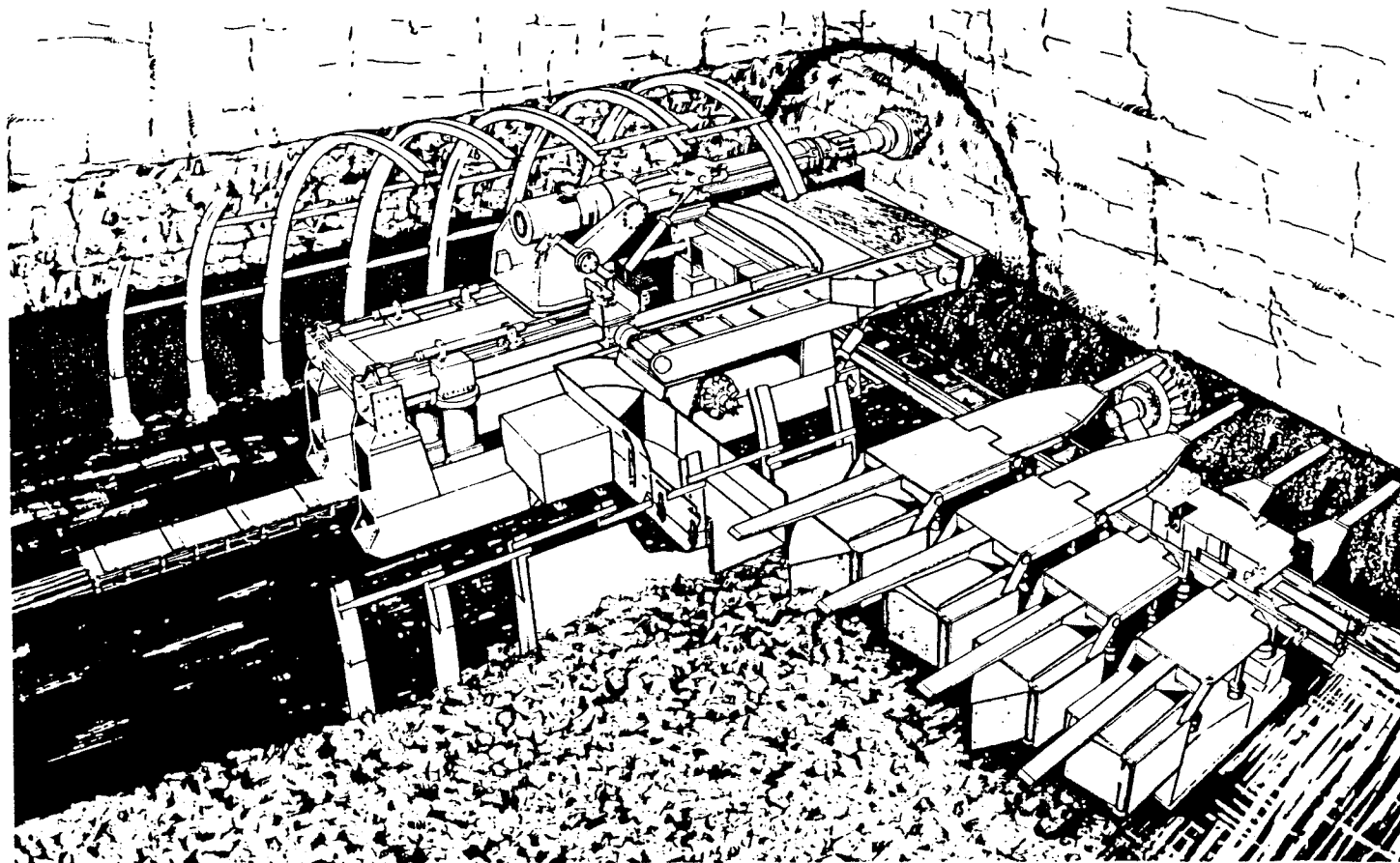


FIGURA Nº 11 PERSPECTIVA DEL SISTEMA MECANIZADO PARA LA CONSTRUCCION
DE MUROS DE MATERIALES SUELTOS.

viamente preparado con mampostas de madera y papel kraft reforzado con tela metálica.

Una vez producido el fraguado de la lechada o del mortero el material alcanza rápidamente una resistencia más elevada que la, que pueden ofrecer los muros construidos con materiales sueltos ya sea por medios mecánicos o manuales. Esto se ilustra perfectamente en la Fig. N° 12, WOODLEY y OSBORNE (1.980), en la que se aprecia que en el caso de muros monolíticos la máxima resistencia se alcanza a unos 20 m por detrás del frente del tajo mientras que en el caso de muros de materiales sueltos este hecho no se produce hasta 50-100 m por detrás del tajo. Por otro lado resulta que la resistencia de los muros monolíticos es del orden del doble de la de los muros construidos con materiales sueltos compactados y mayor que el triple del valor que se alcanza si los muros se construyen manualmente.

Esto permite que la anchura de estos muros pueda ser mucho menor que la de los materiales sueltos lo cual, unido a la mayor facilidad de su mecanización, hace que resulten económicamente muy interesantes. En la Fig. N° 13 se muestra la disposición típica de un tajo con un muro monolítico.

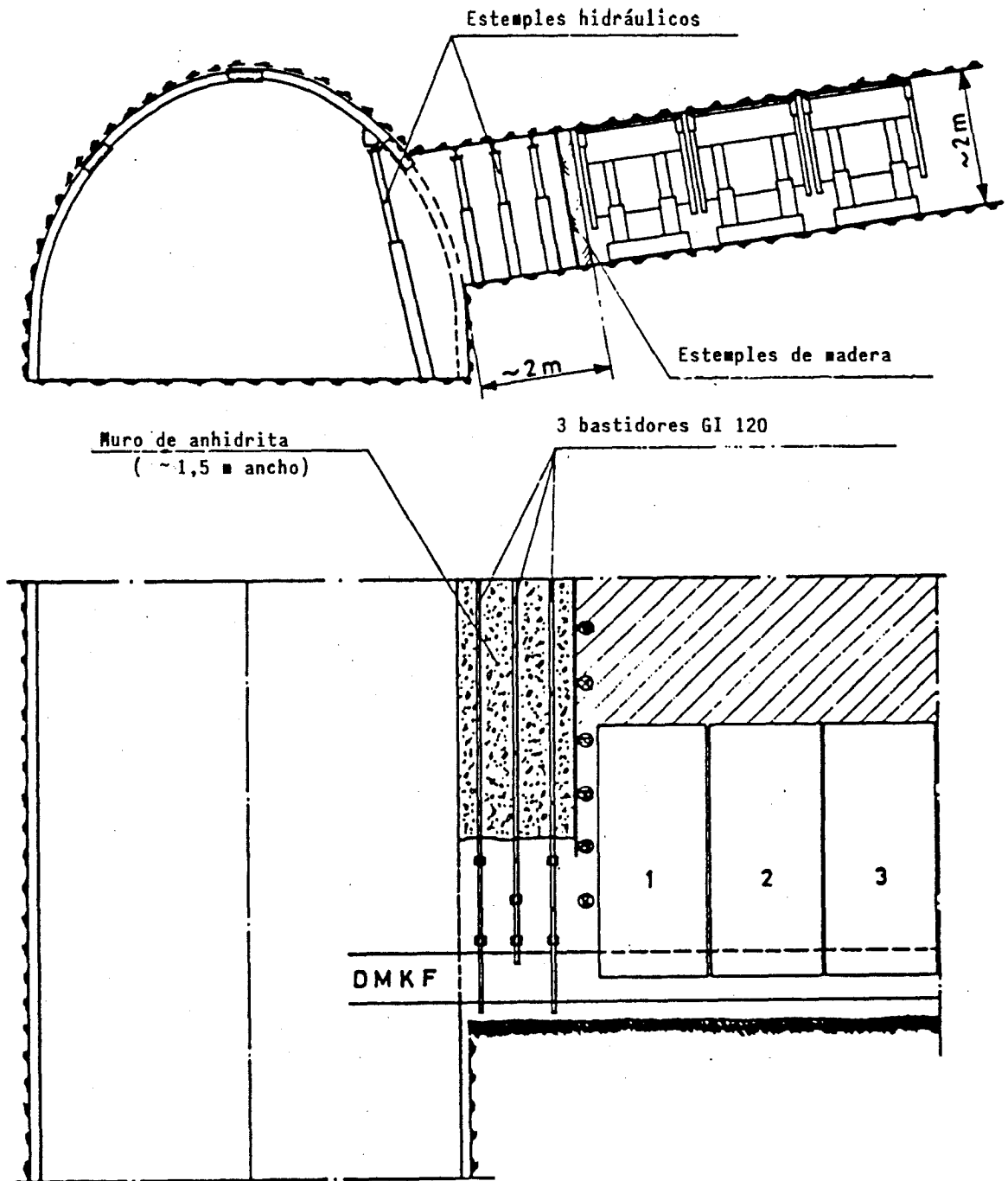


FIGURA Nº 13 TAJO EN MURO MONOLITICO.

4.2.5.2.1 Materiales para la construcción de muros monolíticos.

Los muros monolíticos se utilizan en la cuenca del Ruhr (RFA) desde 1.964, GENTHE (1.970), debido a que a partir de una velocidad de avance de los tajos comprendida entre 2 y 2,5 m/día no era posible construir de forma segura un muro de materiales sueltos de las dimensiones adecuadas.

Fundamentalmente los materiales utilizados para la construcción de muros monolíticos son la anhidrita, por vía neumática o hidráulica, y los cementos rápidos. En lo que sigue exponemos las características principales de estos procedimientos.

4.2.5.2.1.1 Anhidrita transportada neumáticamente.

La anhidrita es un sulfato calcico anhidro, SO_4Ca , que es capaz de hidratarse aceptando dos moléculas de agua para convertirse en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Esta reacción es muy lenta y es necesario utilizar un activador para que el proceso tenga operatividad. Como activador más apropiado se utiliza una mezcla de una parte de sulfato potásico (SO_4K_2) y 1,8 parte de sulfato

ferroso ($\text{SO}_4\text{Fe} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) con la adición de una sustancia tensoactiva para disminuir la tensión superficial. El activador suele añadirse en una proporción del 1% del peso de la anhidrita.

Los valores de resistencia a compresión que alcanza la anhidrita una vez fraguada corresponden a los de un cemento de tipo medio y están comprendidos, a las 24 horas, entre 8 y 12 MPa. Como en todas las sustancias de fraguado hidráulico los valores de la resistencia que se puede lograr depende de la relación agua/sólido de tal forma que cuanto menor es esta relación, mayor es la resistencia. En ensayos realizados en la RFA se encontró que para la anhidrita natural la relación óptima de agua/sólido era de 0,08. En cualquier caso hay que realizar los correspondientes ensayos de laboratorio para cada tipo de producto suministrado con objeto de establecer las proporciones idóneas de catalizador y la relación agua/sólido más conveniente.

La proporción de agua necesaria depende de la superficie de contacto entre los granos de material y cuando éstos son de gran diámetro la superficie de contacto es menor por lo que se necesita menos can-

tividad de agua. En otras palabras puede afirmarse que la cantidad de agua necesaria es proporcional a la superficie específica de las partículas y ya se sabe que ésta aumenta al disminuir el diámetro de las partículas.

Por otra parte relaciones agua/sólidos del orden de 0,08 sólo pueden conseguirse en el laboratorio ya que en la práctica los valores reales son mucho mayores; por ello es recomendable utilizar una anhidrita lo más finamente molida que se pueda.

A título orientativo en el Cuadro IX se muestra la distribución granulométrica de la anhidrita natural y sintética, disponible en la RFA, y de un cemento de fraguado rápido.

Como parámetro importante cabe señalar que por cada m³ relleno se necesitan unos 2.230 Kg. de anhidrita con una relación agua/sólido de 0,08 y unos 2.100 Kg si la relación agua/sólido aumenta a 0,12.

El procedimiento de aplicación de la anhidrita por vía neumática es el mismo que el empleado en el gunitado que ya está suficientemente descrito en otros trabajos AYALA et al. (1.984).

TAMAÑO DE PARTICULA (mm)	DISTRIBUCION GRANULOMETRICA (% PESO)		
	ANHIDRITA SINTETICA	ANHIDRITA NATURAL	CEMENTO RAPIDO
5	---	1,4	0,9
3-5	---	15,2	0,3
2-3	---	17,5	0,6
1-2	0,7	19,3	2,3
0,5-1	3,1	12,4	1,2
0,2-0,5	14,9	8,6	1,3
0,1-0,2	23,4	3,5	3,7
0,06-0,1	28,4	2,9	28,6
0,06	29,5	12,2	61,0

CUADRO IX Distribuciones granulometricas típicas de algunos productos de fraguado rápido.

A título orientativo señalemos que con una manguera de transporte de 50 mm de diámetro se alcanzan longitudes de transporte de unos 400 m utilizando las máquinas normales.

4.2.5.2.1.2 Anhidrita sintética transportada por vía húmeda.

A partir de 1.968 empezó a utilizar en la cuenca del Ruhr, anhidrita sintética fabricada por Bayer como subproducto en la fabricación del ácido fluorhídrico a partir del espato fluor y del ácido sulfúrico. La anhidrita sintética una vez fraguada solo se diferencia de la anhidrita natural por la forma y tamaño de los cristales formados.

La ventaja que presenta la anhidrita sintética radica en que su granulometría más fina que la natural permite utilizar relaciones agua/aglomerante más altas para obtener la misma resistencia lo cual trae como consecuencia dos importantes mejoras:

- * Puede efectuarse un transporte hidromecánico que es de más rendimiento y permite mayores distancias que el neumático.
- * La cantidad de anhidrita necesaria por m^3 de hueco a rellenar baja sensiblemente. Así por ejemplo para una relación agua/anhidrita de 0,36 sólo hacen falta 1.320 Kg de anhidrita.

Como activador se utilizan también el sulfato potásico y el sulfato ferroso pero en este caso mezclados en la proporción 1:1. La dosificación del activador, tanto en cantidad como el lugar en donde se efectúa, tiene una gran importancia para prevenir los atascos en las tuberías de transporte.

La relación óptima agua/anhidrita suele ser de orden de 0,36 y para ese valor se obtiene, a las 24 horas una resistencia a compresión simple de unos 12 MPa que aumenta a una cifra comprendida entre 20 y 27 MPa cuando el fraguado ha finalizado.

4.2.5.2.1.3 Cementos rápidos.

Tanto la anhidrita sintética como la natural disminuyen la velocidad de fraguado y la resistencia final al aumentar la temperatura ambiente por lo que estos materiales no son apropiados para ser utilizados con aire húmedo caliente como es el caso de muchas minas de carbón a profundidades del orden de los 1.000 m.

A título de ejemplo ensayos realizados en el Ruhr mostraron que a una tempera-

tura ambiente de 31,5°C y con un grado de humedad del 74% después de 24 horas de fraguado sólo se alcanzaban valores de resistencias comprendidos entre el 10-50% de los valores que se obtienen cuando la temperatura era de 22°C y la humedad del 40%.

Esto supone una limitación muy importante para aplicar la anhidrita en las minas profundas y para evitar este problema se han desarrollado productos a base de cementos rápidos que, al contrario que la anhidrita, aumentan la velocidad de reacción con el aumento de la temperatura ambiente.

Un producto típico del Ruhr a base de cemento rápido contiene las siguientes proporciones en peso:

54% Clinquer de cemento.

40% Marga caliza con un contenido de CO_3Ca del 68 al 70%.

1% Cloruro cálcico.

5% Clinquer "Lepolofen".

El clinquer LEPOLOFEN, débilmente calcinado, es una materia prima molida y

pentizada que representa una marga caliza con un contenido del 77,5 al 78% de CO_3Ca que se origina a 1.000-1.100°C en la zona de sinterización de un horno rotativo cuando se ha iniciado el proceso de desprendimiento de CO_2 .

En ensayos realizados en el Ruhr se ha evidenciado que con este tipo de cemento se han obtenido, a las 24 horas de fraguado con una temperatura de 32°C y una humedad relativa del 72%, unos valores de resistencia a compresión simple que superan entre el 25 y 45% a los obtenidos con anhidrita a una temperatura de 23°C y 36% de humedad.

A título de ejemplo se puede indicar que a las 24 horas, para un valor agua/sólido de 0,36 a 32°C se puede obtener, una resistencia de unos 11,5 MPa que suele llegar a 19 MPa cuando el fraguado ha finalizado.

En ensayos reales realizados en la mina se ha comprobado que al cabo de 24 horas la temperatura del tabique realizado con cemento rápido ascendía a unos 85°C. Sin embargo esta situación no se considera peligrosa ya que el calor se disipa muy lentamente y no se produce ninguna elevación apreciable de la temperatura del aire.

La lechada de cemento rápido puede transportarse por vía hidromecánica con los mismo dispositivos que la anhidrita sintética. Con un valor agua/sólido de 0,36 se necesitan 1.350 Kg de cemento rápido para fabricar un m³ de mezcla.

4.2.5.2.2 Influencia de los muros de contención sobre la convergencia.

La influencia del sistema de protección de la galería contra el hundimiento del tajo ha sido profundamente estudiada por el Bergbau Furschung para las capas subhorizontales del Ruhr y del Sarre, GOTZE y KAMMER (1.976) y KAMMER (1.980).

En el caso concreto de la cuenca del Ruhr el valor de la convergencia esperada, en % de la altura inicial de la galería, cuando haya cesado la influencia del primer tajo en explotación puede calcularse mediante la expresión:

$$K_{EV} = (- 78 + 0,066T + 4,3 \cdot SV \cdot M + 24,3 \text{ GL}) \cdot$$

$$F_{BH}$$

Donde

K_{EV} : Convergencia final de la galería, en % de la altura inicial.

T : Profundidad de la galería en m.

SV : Factor que depende de la calidad del sistema de protección de la galería frente al hundimiento del tajo.

SV = 1 Para un muro monolítico.

SV = 2 Para una protección por llaves de madera seca.

SV = 3 Para un muro de materiales sueltos.

M : Potencia de la capa en m.

GL : Factor que tiene en cuenta la calidad del muro de la capa.

F_{BH} : Factor que tiene en cuenta la posición del tajo respecto al frente de la galería.

Aunque en la expresión (2) el parámetro SV tiene en cuenta la notable influencia del tipo de protección de la galería sobre la convergencia, investigaciones posteriores GOTZE et al (1.985) mostraron la necesidad de afinar más el concepto del parámetro SV.

De esta forma el parámetro SV se redefinió como

$$SV = K_1 \cdot K_2 \quad (3)$$

Donde

K_1 : Factor que tiene en cuenta el efecto resistente del muro de contención por unidad de superficie.

K_2 : Factor que depende de la anchura del muro.

El efecto resistente del muro puede evaluarse, tras las investigaciones realizadas por el Bergbau Forschung en el Ruhr, mediante la expresión

$$K_1 = f \cdot \frac{v_v \cdot F_v}{a_v} \quad (4)$$

v_v : Pendiente de la curva de convergencia, en un tramo de 10 m, expresada en %.

F_v : Resistencia media del muro monolítico, en un tramo de 10 m, expresada en N/mm^2

a_v : Distancia del centro de gravedad del tramo de muro al tajo expresada en m.

En la práctica se puede aproximar suficientemente el valor de K_1 por medio de

la gráfica de la Fig. Nº 14 si se realiza el cálculo de $\frac{v_v \cdot F_v}{a_v}$ para dos tramos de muro de 10 m cada uno.

Por otro lado el factor K_2 puede calcularse mediante la expresión:

$$K_2 = 1 + \frac{2 \cdot 0,4^6}{0,4^6 + \frac{B}{H}^6} \quad (5)$$

donde

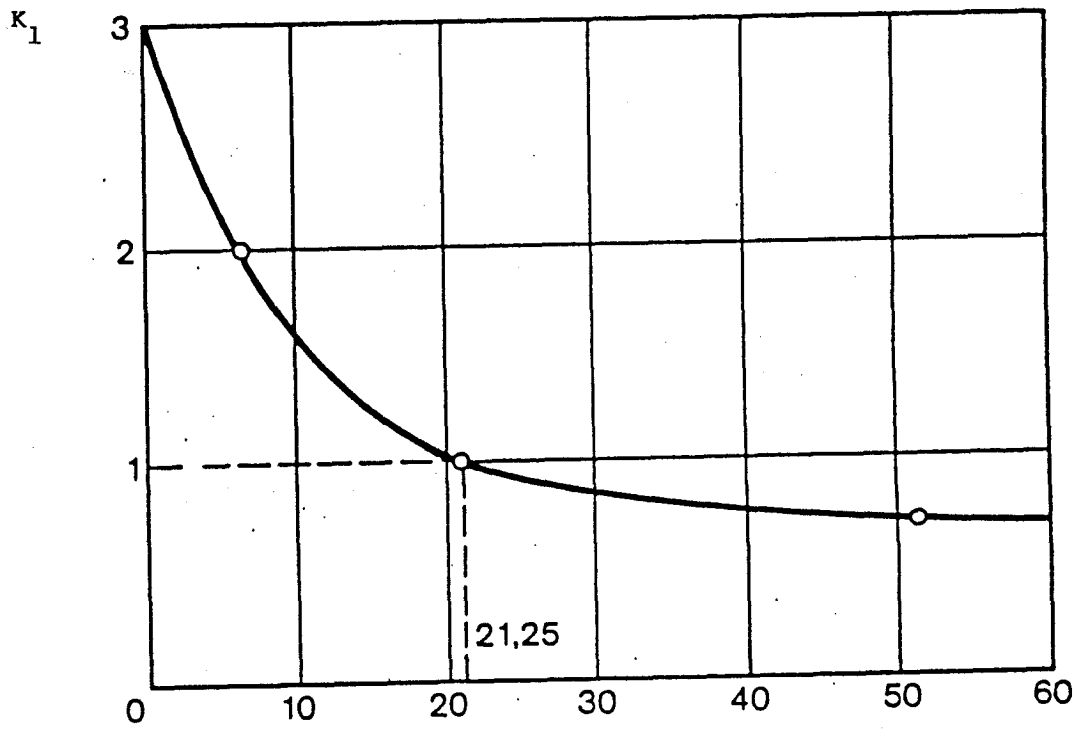
B : Anchura del muro monolítico.

H : Altura del muro monolítico.

En la Fig. Nº 15 se muestra la representación de la ecuación (5) y puede verse claramente que para el valor $\frac{B}{H}=0,7$, K_2 alcanza el valor 1,07 que prácticamente coincide con su valor mínimo.

Considerando que la altura del muro monolítico debe coincidir con la potencia de la capa de lo anterior se deduce que, en general, basta que la anchura del muro monolítico sea

$$B = 0,7 \cdot M \quad (6)$$



$$\sum_{1}^{2} \frac{V_v \cdot F_v}{A_v}$$

FIGURA Nº 14 VARIACION DEL FACTOR DE RESISTENCIA DE UN MURO MONOLITICO DE ANHIDRITA.

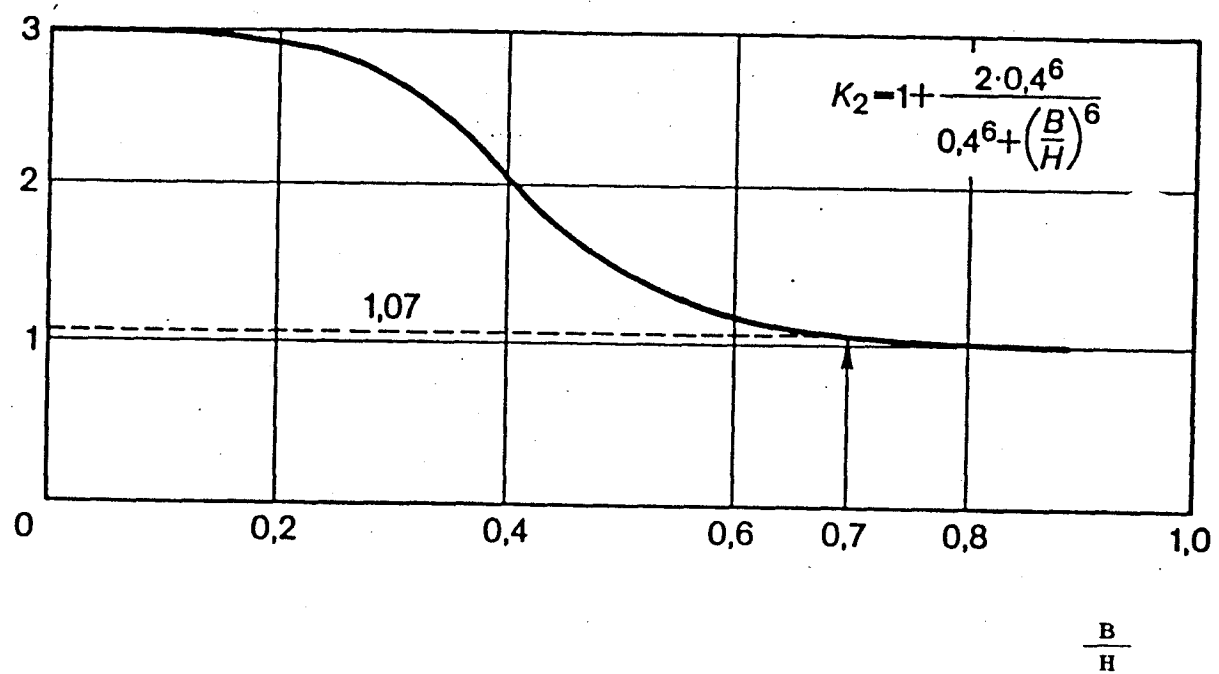


FIGURA N° 15 VARIACION DEL FACTOR DE RESISTENCIA QUE DEPENDE DE LA ANCHURA DEL MURO.

En el caso de que al aplicar la expresión (3) se encontrara un valor de $SV > 3$, se tomaría $SV = 3$.

Con estas consideraciones se puede tener en cuenta, al calcular la convergencia de una galería, el efecto resistente de los muros monolíticos que depende, según se ha dicho, de la velocidad de convergencia y por lo tanto de la velocidad de avance del tajo.

4.2.5.2.3 Clasificación de los materiales para construir muros monolíticos.

El Bergbau Forschung clasifica los materiales que pueden ser utilizados en la construcción de muros monolíticos según su resistencia a la compresión simple al cabo de 5 horas. Estos materiales se clasifican actualmente en tres grupos:

- * INMEDIATO: si tiene una resistencia mínima de 10 N/mm^2 al cabo de 5 horas.
- * RAPIDO: si tiene una resistencia mínima a compresión comprendida entre 5 y 10 N/mm^2 al cabo de 5 Horas.
- * LENTO: si tiene una resistencia mínima a compresión inferior a 5 N/mm^2 al cabo de 5 Horas.

En la Fig. N° 16 se muestran las curvas de fraguado limites para cada uno de los tres tipos de materiales antes definidos. Evidentemente los materiales para la construcción de muros monolíticos son tanto más caros cuanto más rápido es su fraguado. Sin embargo, como ya se ha indicado en el apartado 4.2.5.3., la velocidad de avance del tajo influye decisivamente sobre la elección del tipo de material a utilizar conforme se ilustra en el siguiente ejemplo debido a GOTZE et alt. (1.984).

En la Fig. N° 17 se muestran tres casos concretos de un tajo largo en los que se analiza la influencia de la velocidad de avance del tajo, la organización de los relevos y el tipo de material empleado en la construcción del muro de protección sobre el factor K_1 . Se supone que el muro tiene la anchura suficiente de tal forma que se tiene $K_2 = 1$.

En la Fig. N° 17a se ilustra el caso de un tajo que avanza a cuatro relevos de los cuales tres son de arranque y uno se dedica a la construcción del muro de contención mediante un material de fraguado rápido. Se supone que el taller puede avanzar a velocidades de 3,6 y 9 m/día.

Resistencia a compresión simple
(N/mm²)

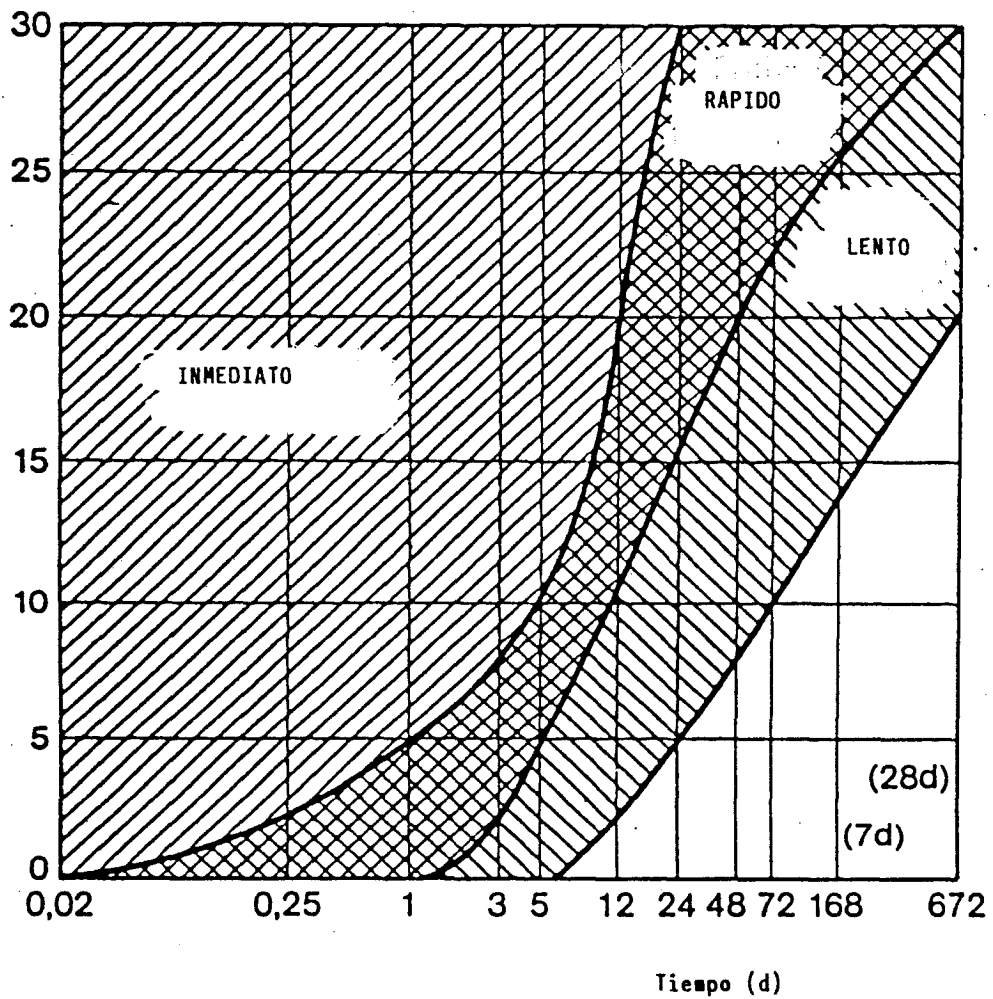
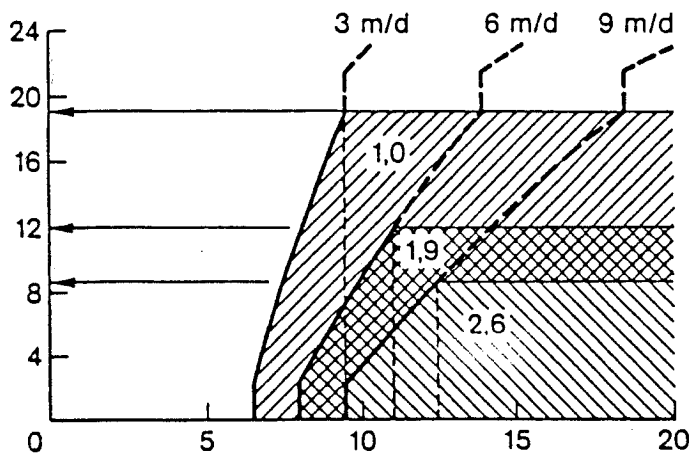


FIGURA Nº 16 CLASIFICACION DE LOS MATERIALES PARA CONSTRUIR UN MURO MONOLITICO.

Resistencia del muro de anhidrita
(N/mm²)

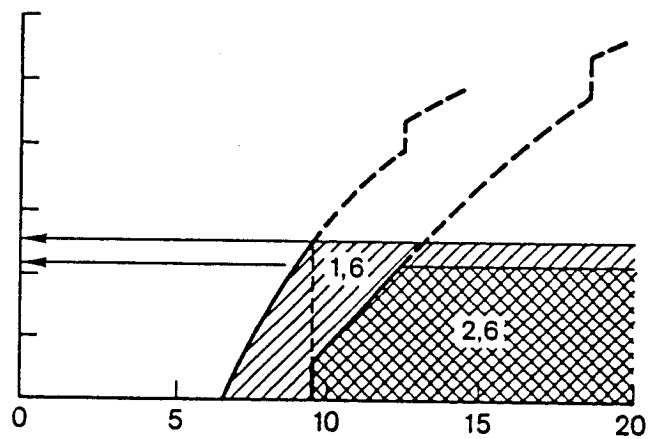


a/ Tajo avanzado a cuatro relevos, tres de arranque y uno dedicado a construir el muro de anhidrita, con velocidades de 3,6 y 9 m/día.

Distancia al tajo (m)

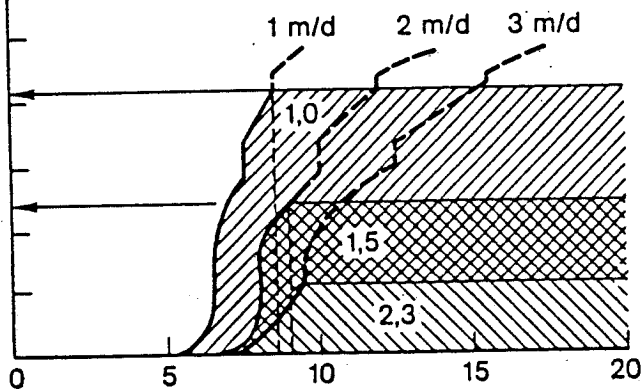
b/ Tajo avanzado a 9 m/día trabajando a 6 relevos 3de arranque y 3 de construcción del muro.

K_1



Distancia al tajo (m)

K_1



Distancia al tajo (m)

c/ Tajo avanzado a cuatro relevos, tres de arranque y uno de construcción del muro, con materiales de fraguado lento.

FIGURA Nº 17 EFECTO DE LA VELOCIDAD DE AVANCE, ORGANIZACION DEL TRABAJO Y TIPO DE MATERIAL PARA LA CONTRUCCION DEL MURO SOBRE EL VALCR DE K_1 .

Dado que al aumentar la velocidad de avance del tajo disminuye el tiempo de fraguado antes de que el muro entre en carga, se aprecia en la Fig. 17a como el índice K_1 tiene un valor de 1 para una velocidad de 3 m/día mientras que toma los valores 1,9 y 2,6 para 6 m/día y 9 m/día. De esto se deduce que, aún utilizando un material de fraguado rápido, si la velocidad de avance del tajo es de 6 m/día sólo se consigue que el muro tenga en efecto de una hilera de llaves de madera seca y si la velocidad de avance del tajo asciende a 9 m/día la situación empeora todavía más siendo la protección de la galería de la mina que proporciona un muro de materiales sueltos lo que se traduce en un notable incremento de la convergencia.

En la Fig. Nº 17b se ilustra el caso de un tajo que avanza a razón de 9 m/día y en el que se construye un muro monolítico con material de fraguado rápido. Se han presentado dos casos de organización de tajo; en el primero el ciclo es de 6 relevos de los cuales hay 3 de arranque y 3 de construcción del muro, con lo cual $K = 1,6$ que representa una situación mejor que la proporcionada por una hilera de llaves de madera. En el segundo caso hay sólo un relevo de construcción del muro cada tres relevos de arranque.

Con esto la distancia del centro de la gravedad del tramo de muro construido al frente de arranque aumenta y consecuentemente se alcanza un valor de $K_1 = 2,6$ que equivale al efecto de un muro de materiales sueltos.

En este caso, con un avance de tajo de 9 m/día, con el ejemplo anterior queda claro que si se quiere disminuir la convergencia de la galería al máximo debe utilizarse en la construcción del muro un material de fraguado inmediato.

Por último en la Fig. Nº 17c se ilustra el caso de un tajo largo en el que se trabaja a cuatro relevos, tres de arranque y uno de construcción del muro, empleando un material de fraguado lento. Las velocidades de avance consideradas son de 1, 2 y 3 m/día. Puede verse que, a pesar de emplear un material de fraguado lento, en el caso de una velocidad de avance de 1 m/día se obtiene $K_1 = 1,0$ que es el mejor resultado posible. Para una velocidad de 3 m/día el valor de K_1 desciende a 2,3 que ya es poco satisfactorio.

Como conclusión de todo lo anterior puede afirmarse lo siguiente:

- * En la construcción de muros monolíticos sólo deben emplearse materiales de fraguado rápido si la velocidad de avance del tajo está comprendida entre 2 y 6 m/día. Por debajo de esta velocidad pueden utilizarse materiales de fraguado inmediato.
- * Cuando la velocidad de avance del tajo sea superior a 4 m/día la construcción del muro debe realizarse en más de un relevo, a ser posible, simultaneándolo con las labores de arranque de tal forma que la distancia del muro al frente de arranque esté comprendida entre 6 y 8 m.

4.3 DISEÑOS HABITUALES DE LAS UNIONES TAJO-GALERIA.

Una vez que se han expuesto los materiales disponibles actualmente para la fortificación de los nichos a continuación se van a presentar las disposiciones más usuales de las uniones tajo-galería que se utilizan en los países de minería subterránea más avanzada.

4.3.1 Acciones para reducir la convergencia.

La convergencia es el parámetro que mejor refleja la evolución de los movimientos en los terrenos en

una galería en capa, por otro lado la convergencia es un criterio claro que se utiliza para tomar la decisión de rehacer ("estajar") la sección de una galería cuando ésta se ha reducido hasta límites que hacen que no sea operativa.

Ya se ha indicado en el apartado 4.2.5.2.2. que la convergencia, final de una galería en capa, en las explotaciones del Ruhr, depende de: la profundidad de la galería, del tipo de protección de la galería respecto al hundimiento del tajo, de la potencia de la capa, de la calidad del muro y de la posición del frente del tajo respecto al frente de la galería.

Para ilustrar con más detalle los factores que influyen sobre la convergencia de la galería, que además son susceptibles de ser modificados según el método de explotación, en la Fig. Nº 18 se muestra la reducción que puede esperarse en algunos casos típicos según HEGERMANN y SCHUERMANN (1.985). Puede apreciarse claramente que se puede lograr una importante reducción de la convergencia de una galería si se toman las siguientes acciones:

- * Garantizando un buen contacto entre los cuadros metálicos y el terreno, la reducción de convergencia es del 33%.

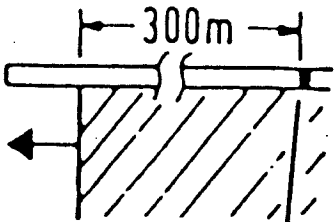
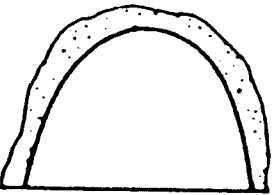
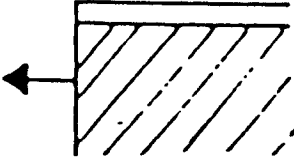
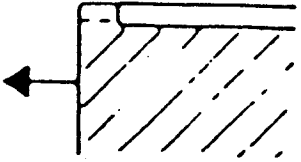
SITUACION NORMAL	RELLENADO DE HUECOS TRAS LOS CUADROS	FRENTE DEL TAJO Y DE LA GALERIA COINCIDENTES	FRENTE DE LA GALERIA RETRASADO
 <p>300m</p> <p>CONVERGENCIA ESPERADA</p> <p>K</p>	 <p>$\frac{2}{3} K$</p>	 <p>$\frac{3}{4} K$</p>	 <p>$\frac{1}{2} K$</p>

FIGURA N° 18 INFLUENCIA DE DISTINTAS ACCIONES PARA DISMINUIR LA CONVERGENCIA DE LAS GALERIAS DE TAJO.

- * Si la galería se avanza a la vez que el frente del tajo la reducción es del 25%.
- * Si la galería se avanza unos metros por detrás del frente del tajo la reducción es del 50%.

La solución de garantizar un buen contacto entre los cuadros de sostenimiento y el terreno circundante es muy eficaz pero se sale del marco de este trabajo al entrar en los detalles operativos ya que es un típico problema de sostenimiento ajeno a la influencia del taller.

Sin embargo la notable reducción de convergencia que se logra modificando la posición relativa del frente de la galería respecto al frente del tajo si merece una atención especial.

La primera cuestión que puede plantearse es la razón por la cual se pueden conseguir esas reducciones en la convergencia y la explicación se desprende fácilmente de la Fig. Nº 19. En ella se muestra la distribución de la tensión principal mayor en el entorno de un tajo que explota una capa de carbón horizontal. Puede apreciarse que existen tres zonas claramente diferenciadas.

ZONA "A" La distribución de presión es la misma que en los terrenos sin explotar. Esta zona se encuentra por delante y por detrás del tajo.

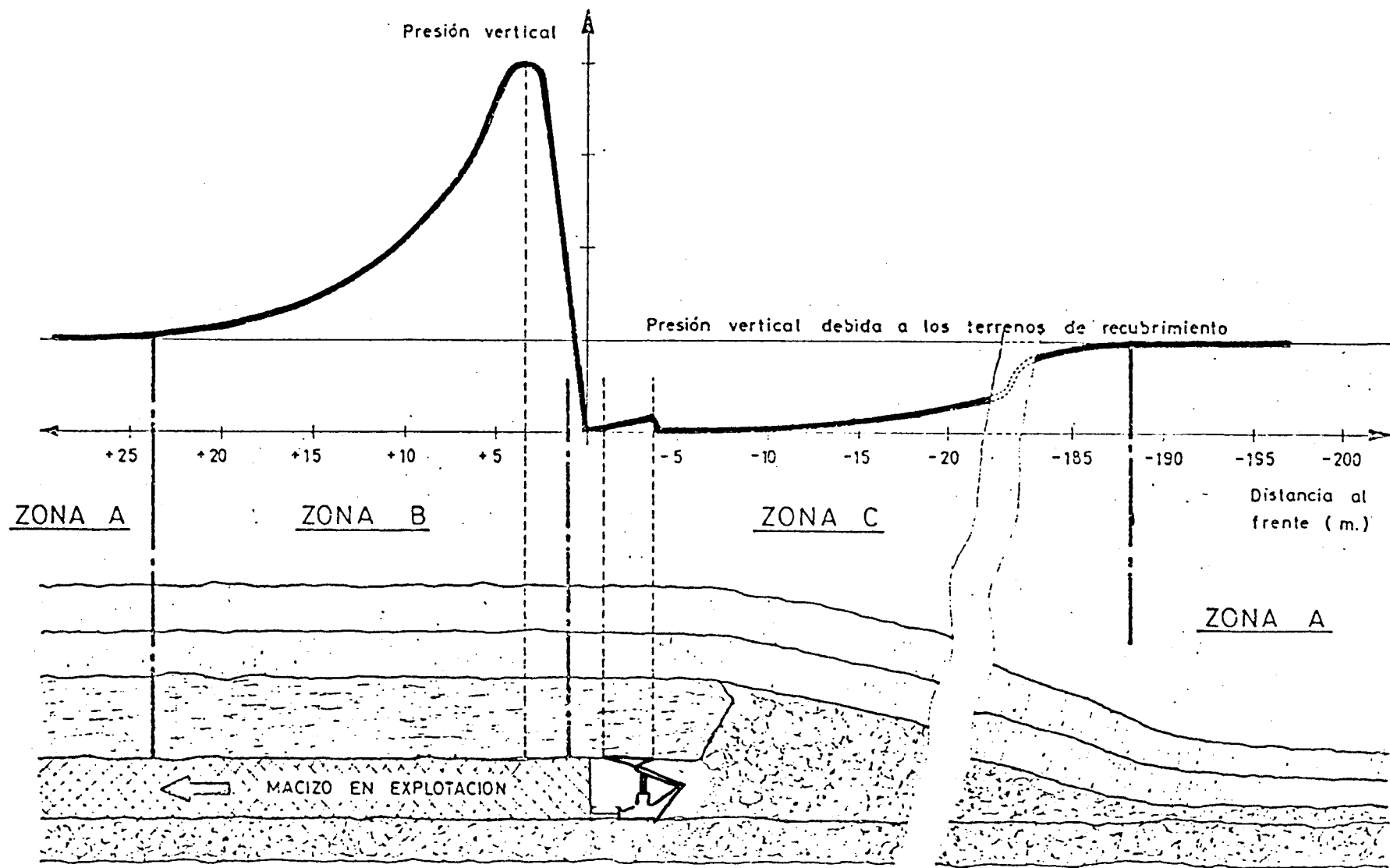


FIGURA Nº 19 DISTRIBUCION DE LA PRESION VERTICAL EN UN TAJO HORIZONTAL.

AÑO	PRODUCCION (10 ⁶ t)	CAUSA DEL ACCIDENTE					
		CAIDA DE OBJETOS		GOLPES POR OBJETOS		SOBRESFUERZOS	
		Nº	x 10 ⁶ t	Nº	x 10 ⁶ t	Nº	x 10 ⁶ t
1.979	4,287	1.114	260	1.375	321	100	23
1.980	4,743	1.025	216	1.164	245	170	36
1.981	5,427	1.438	265	1.176	217	287	53
1.982	5,811	1.563	269	1.104	190	319	55
1.983	5,963	1.610	270	1.294	217	335	56

CUADRO III Evolución de los accidentes producidos por caídas de objetos, golpes por objetos y sobreesfuerzos en la minería del carbón de la provincia de León.

ZONA "B" La presión es sensiblemente superior a la que corresponde a los terrenos vírgenes. La posición y magnitud de este pico de presión depende de la naturaleza del carbón y del tratamiento del techo en post-taller. En cualquier caso el pico de presión suele estar situado a unos pocos metros por delante del taller.

ZONA "C" La presión es inferior a la que correspondería a los terrenos en virgen y, en particular, en la calle de trabajo es prácticamente nula.

Evidentemente el proceso de convergencia de una galería está asociado directamente a la potencia de la capa, que define el vacío que se crea y que debe ser rellenado de alguna manera, a la magnitud y posición del pico de presión delante del taller en explotación, a la resistencia de los hastiales y al medio de protección de la galería frente al hundimiento del tajo.

De estos cuatro factores los que determinan fundamentalmente el comportamiento de la galería tras el paso de la explotación son el pico de presión y la resistencia de los hastiales. Conviene recordar que cuando una galería de tajo no supera el estado crítico, tal como ha sido definido en el apartado 4.1.2, la convergencia que va a sufrir la galería es perfectamente

controlable utilizando un medio de protección adecuado para impedir que el hundimiento del tajo afecte a la galería. En este caso la posición relativa del frente de la galería respecto al tajo no tendrá una gran influencia y se podrá adoptar la disposición que más convenga a la marcha de la mina.

Sin embargo si los terrenos de la galería superan el estado crítico para una galería, sobre una capa de potencia dada, la convergencia será mucho mayor que en el caso anterior y, probablemente, no podrá ser controlada por los medios de protección de la galería frente al hundimiento del tajo. En esta caso para llegar a una solución satisfactoria es preciso conseguir que el pico de presión por delante del tajo actúe durante el menor tiempo posible sobre la galería. Para ello caben las siguientes soluciones:

- * Tajo en retirada. Posiblemente la solución más efectiva ya que la galería no se conserva en la zona del hundimiento pero es una solución cara ya que exige tener muy adelantada las galerías del tajo.
- * Tajo en avance haciendo la galería en el mismo frente del tajo. Es una solución eficaz pero exige disponer de la maquinaria adecuada para que el avance de la galería no retrase el del tajo. Ya se ha indicado que la reducción de convergencia que se consigue con esta disposición es el 25% respecto al tajo en avance convencional.

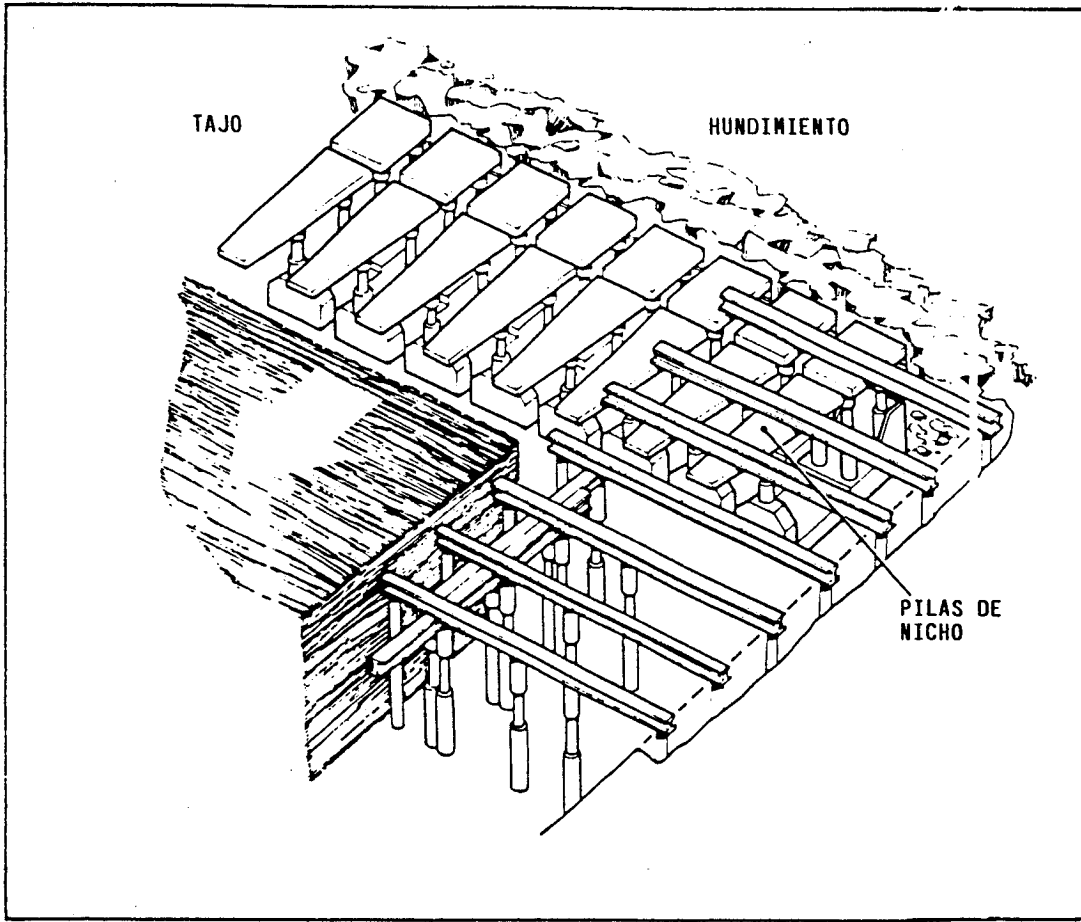
* Tajo en avance haciendo la galería detrás del frente del tajo. En este caso la galería no sólo no se ve afectada por el pico de presión que precede al tajo si no que tampoco está sometida al proceso de hundimiento del techo inmediato. Esta es una solución muy eficaz de la que cabe esperar una reducción de convergencia del 50% respecto al tajo en avance convencional. No obstante las ventajas citadas en esta solución plantea apreciables problemas de realización.

A continuación se exponen detalladamente las tendencias modernas en la realización de estas soluciones.

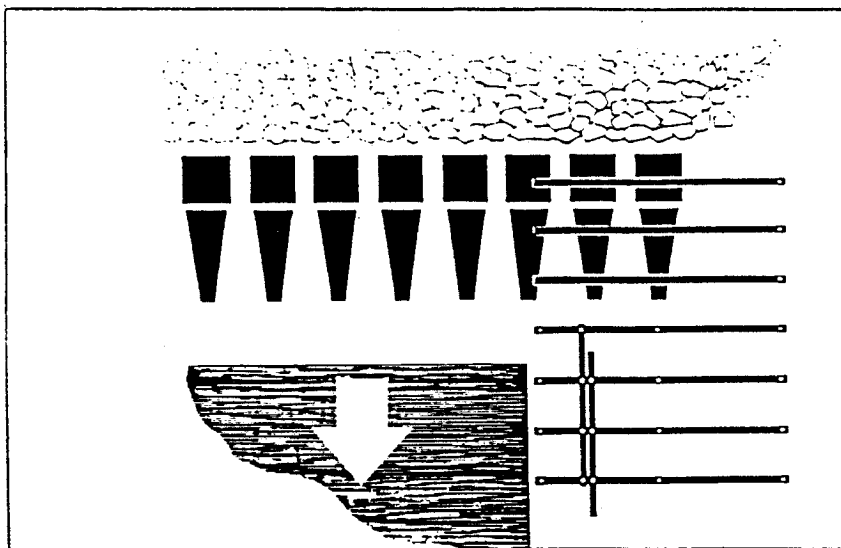
4.3.2 Disposición típica de los tajos en retirada.

En la Fig.Nº 20 se muestra una vista tridimensional y una planta de un tajo típico en retirada.

En estos casos las galerías deben trazarse, con independencia del avance del tajo, con la suficiente antelación lo cual es un serio inconveniente económico ya que exige un inmovilizado importante y sobredimensionar los equipos de avance de galerías lo cual no siempre es posible.



a/ Perspectiva



b/ Planta

FIGURA Nº 20 DISPOSICION TIPICA DEL TAJO EN RETIRADA.

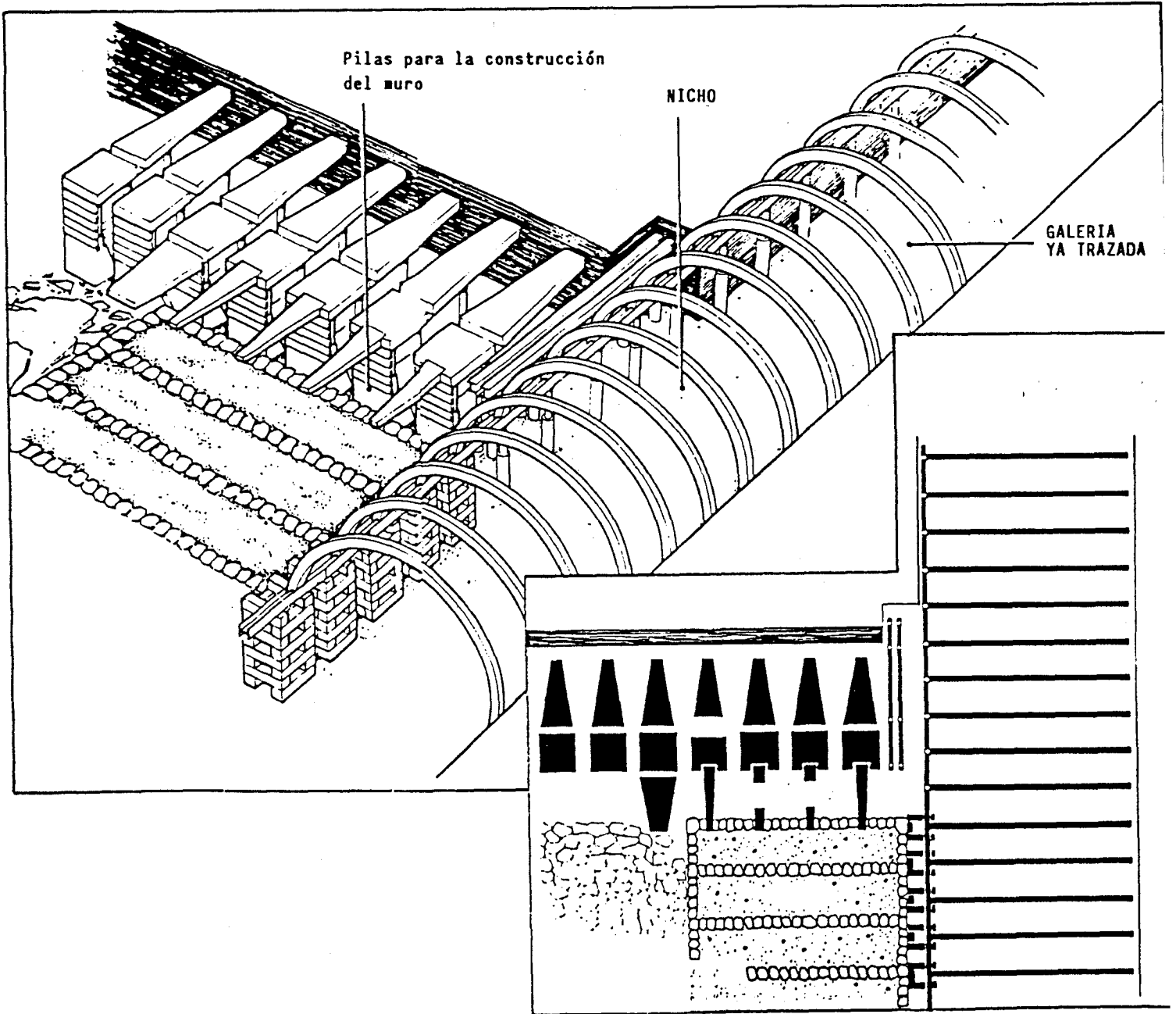
Entre las ventajas más importantes de esta disposición puede exponerse las dos siguientes:

- * Independencia absoluta entre los frentes del tajo y de la galería. Dado que la galería está trazada con antelación a la explotación del tajo no hay ninguna interacción de medios mecánicos y humanos entre el taller y el frente de la galería. Esto es una ventaja muy importante ya que en las uniones tajo-galería se producen notables interferencias que frecuentemente disminuyen las condiciones de seguridad y los rendimientos.

- * Eliminación de la conservación de las galerías tras el tajo. Cuando el tajo avanza en retirada las galerías en capa no se conservan detrás del frente del tajo, salvo que ocasionalmente se mantenga algún transportador blindado unos pocos metros en la zona del hundimiento. Esta situación hace que no haya que hacer frente a los efectos producidos por el proceso de hundimiento del techo que, como se sabe, son los que mayores deformaciones inducen en las galerías.

En general el llevar los tajos en retirada es una estrategia muy buena desde el punto de vista de conservación de las galerías que sólo tiene las limitaciones económicas que supone el hecho de tener que trazar las galerías con antelación a la explotación de los tajos en un cuartel.

a/ Perspectiva



b/ Planta

FIGURA N° 21 DISPOSICION TIPICA DE UN TAJO EN AVANCE.

entre los trabajos de avance de la galería y la marcha del tajo ya que, si bien el personal de ambos frentes trabaja por separado, las tuberías de ventilación secundaria, los cables eléctricos y el medio de evacuación del escombro interfieren notablemente la marcha del tajo.

Las galerías deben conservarse necesariamente tras el paso del tajo lo cual plantea dos problemas importantes:

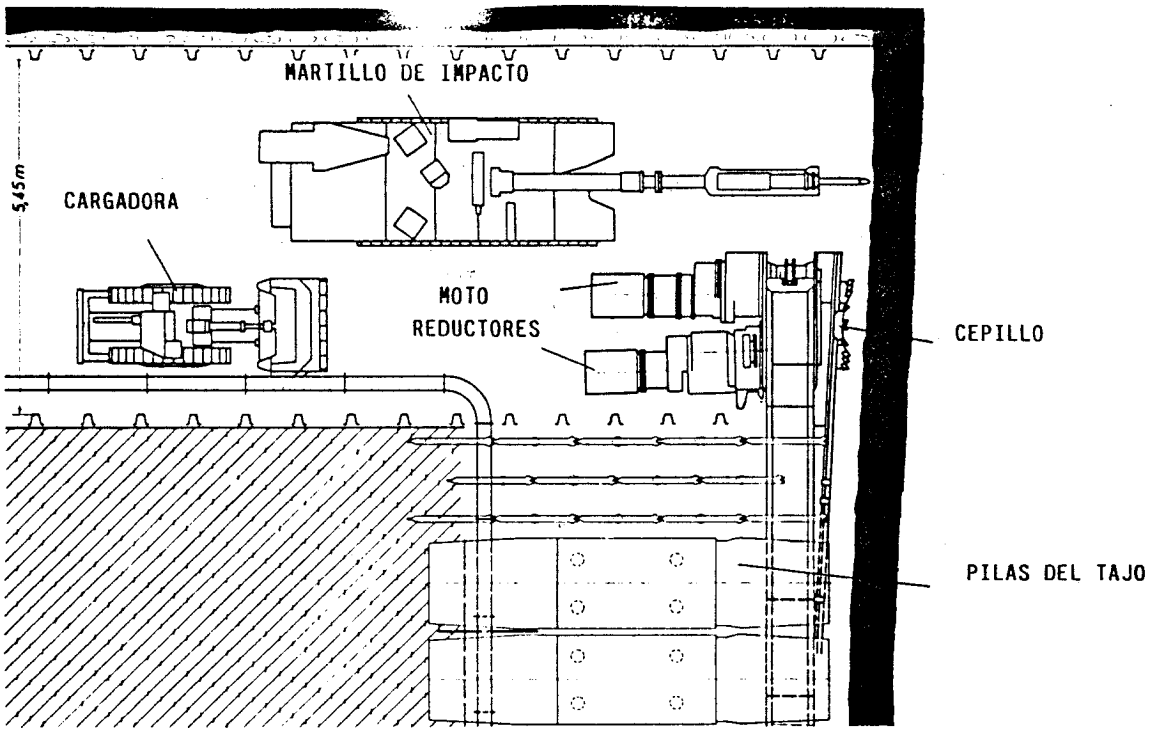
- * La galería se ve sometida a los efectos de la onda de sobrepresión que precede al tajo produciéndose deformaciones importantes si la profundidad es sensiblemente superior a la crítica, conforme se ha definido en el apartado 4.1.2. Esto hace que esta disposición no pueda ser utilizada a profundidades superiores a 700-800 m.
- * El sostenimiento de la galería interfiere la salida del tajo con lo cual hay que colocar un sostenimiento provisional, que se mueve con el avance del tajo, o bien colocar inicialmente un sostenimiento que prevea esta contingencia tal como se ha indicado en el apartado 4.2.2.

4.3.3.2 FRENTE DE LA GALERIA COINCIDENTE CON EL TAJO.

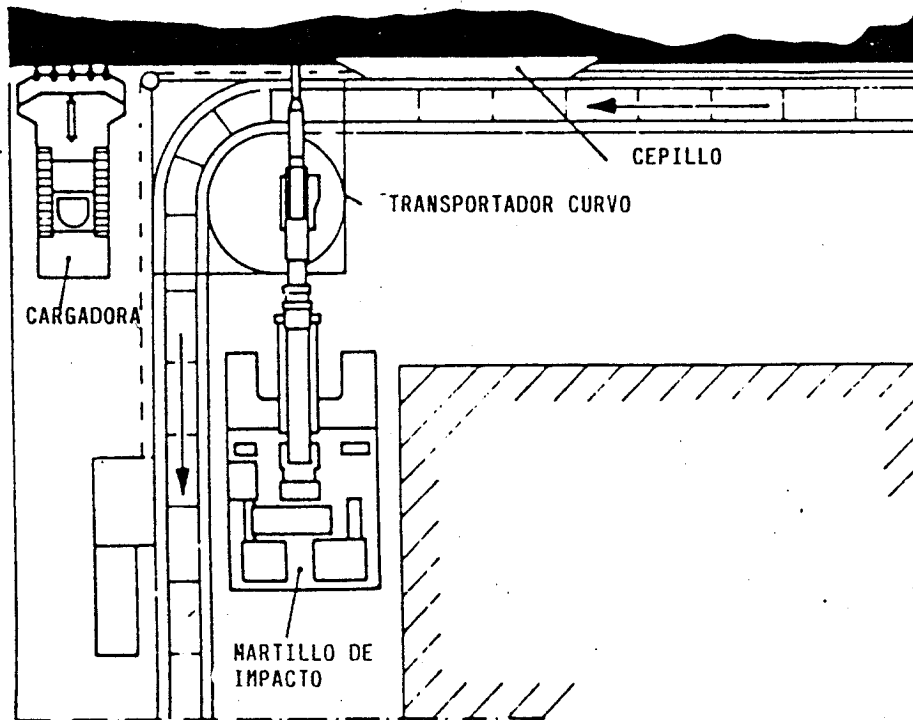
Cuando la profundidad de las galerías supera ampliamente la profundidad crítica, lo cual sucederá normalmente a partir de los 800 m, se producen importantes deformaciones en las galerías antes de la llegada del tajo y la disposición comentada en el apartado anterior llega a ser prohibitiva económicamente debido al coste de los trabajos de conservación y a las interferencias que éstos producen sobre el tajo en explotación.

En estos casos una solución, utilizada muy frecuentemente tanto en Alemania Federal como en el Reino Unido, consiste en avanzar la galería a la vez que avanza el frente del tajo. Para ello se suele adoptar la disposición indicada en la Fig. Nº 22 que corresponde a una disposición típica de una mina del Ruhr LIESNER (1.983) en la que el avance de la galería se efectúa con un martillo hidráulico de impacto y la carga mediante una pala electrohidráulica. Notese que en la disposición ilustrada en la Fig. Nº 22 el transportador del tajo es curvo lo cual permite, en el caso de capas potentes, transportar con él el estéril del avance.

Recientemente, para minimizar, todo lo posible las interferencias entre los trabajos

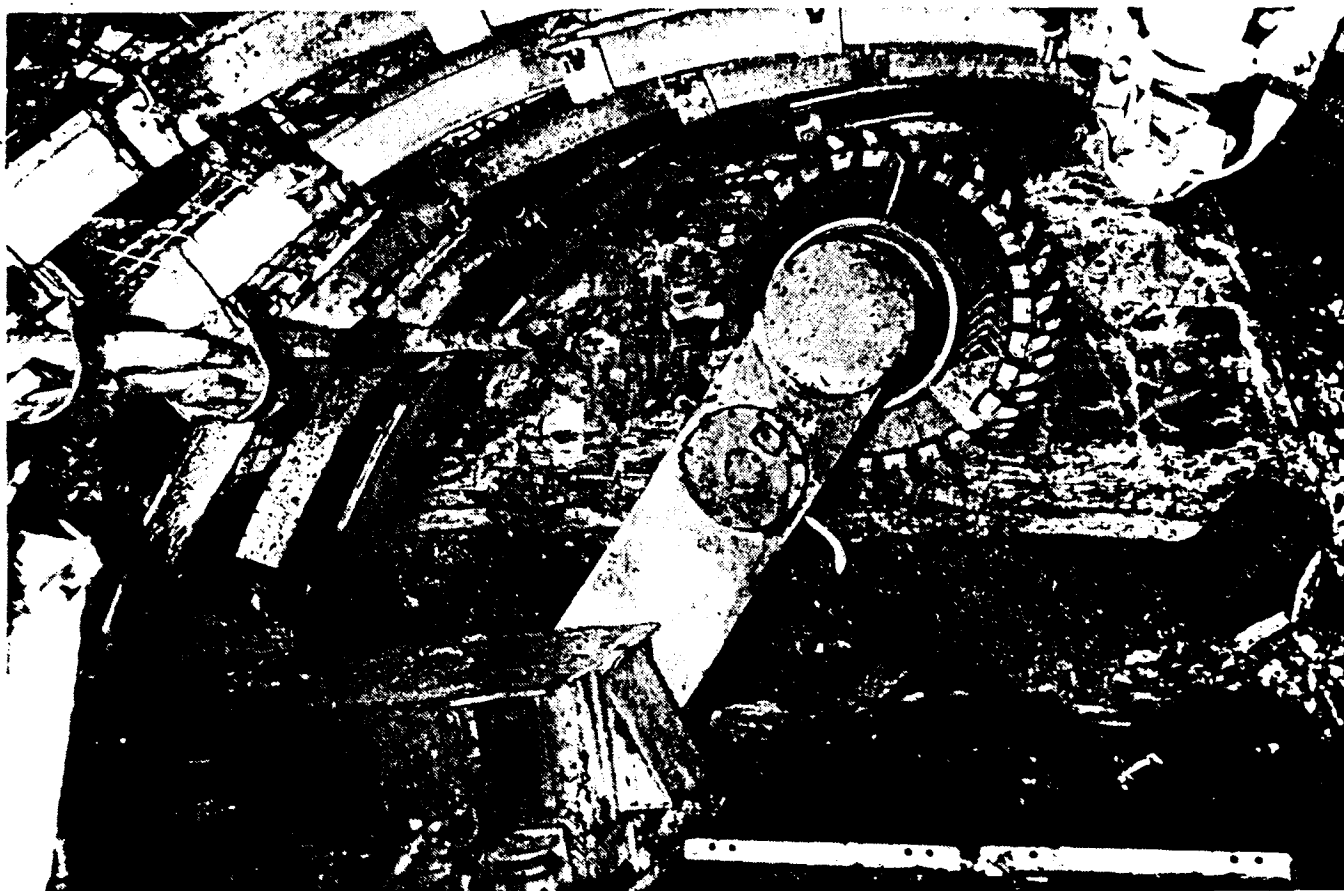


a/ Cabeza de tajo.



b/ Pie de tajo (Notese el transportador curvo del tajo)

FIGURA Nº 22 TAJO EN AVANCE CON FRENTE DE GALERIA COINCIDENTE CON EL DEL TAJO.



FOTOGRAFIA N° 1 ROZADORA DE TAJO AVANZANDO EL FRENTE DE LA GALERIA.

(Reproducción del libro "Strebrandtechnik" de Hegermann y Schuermann).

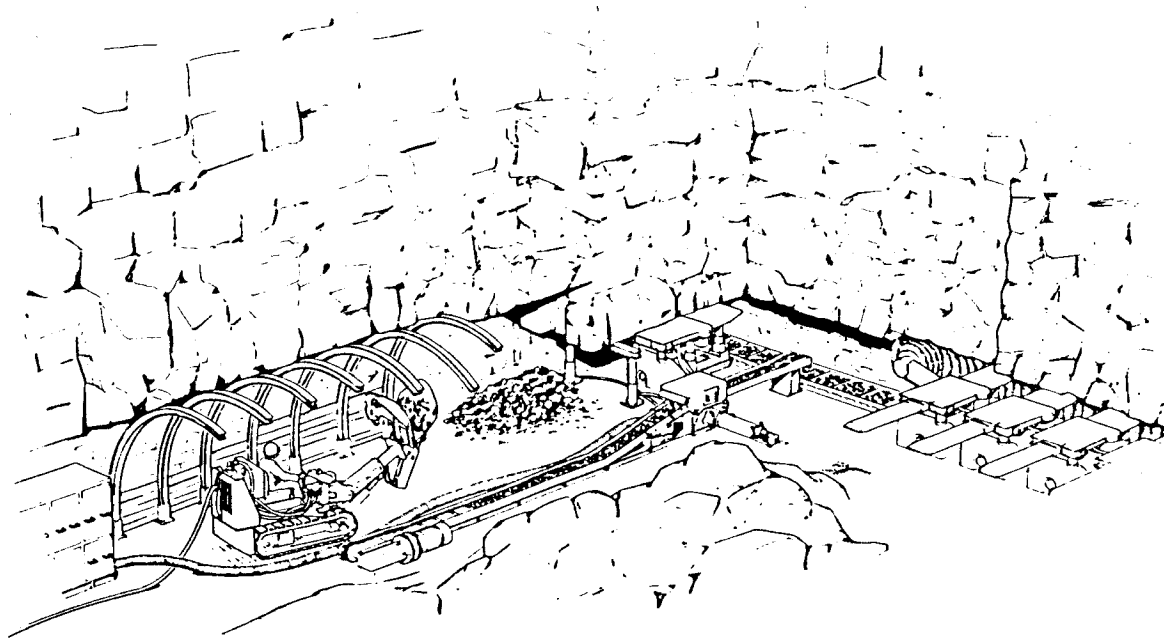


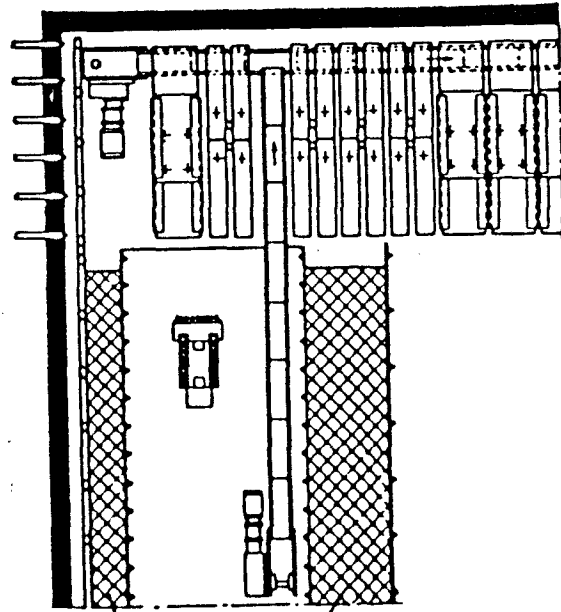
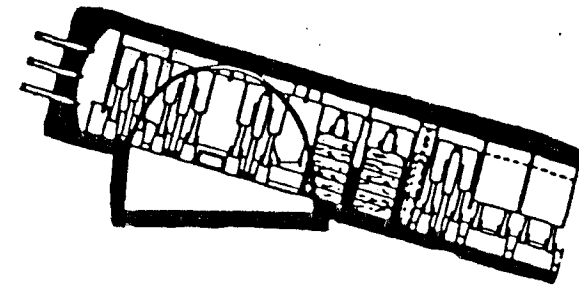
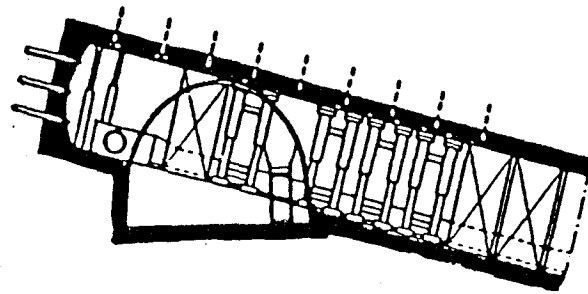
FIGURA Nº 23 DISPOSICION GENERAL DE TAJO EN AVANCE CON EL FRENTE DE LA GALERIA
RETRASADO RESPECTO AL DEL TAJO.

El sostenimiento que se emplea en el extremo del tajo, que posteriormente corresponderá a la galería, puede ser el mismo del tajo, tal como se ilustra en la Fig. 24a, o estar concebido específicamente para este fin tal como se muestra en la Fig. Nº 24b.

4.3.3 Cálculo del sostenimiento en las uniones tajo-galería.

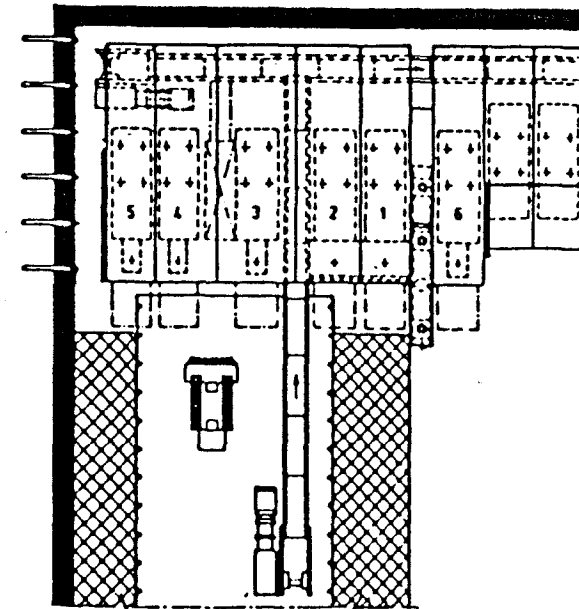
A partir de las investigaciones realizadas el método de cálculo del sostenimiento en las uniones tajo-galería que parece más afinado es el que ha puesto a punto el BERGBAU-FORSCHUNG GMBH de la Alemania Federal, que ha sido publicado en el documento Nº 3.577 de fecha 26.07.84 y que, evidentemente, sólo es válido para la cuenca del Ruhr.

La filosofía que anima este método de cálculo es la de evaluar las dimensiones de un posible bloque de roca del techo que puede deslizarse hacia la galería de base. Una vez definido se calcula la fuerza que aporta el sostenimiento del tajo a la estabilidad del hipotético bloque deslizante y se complementa, hasta alcanzar el coeficiente de seguridad requerido, mediante un sostenimiento portante colocado en la galería de base.



Pilar de anhidrita

a/ Esquema convencional.



Pilar de anhidrita

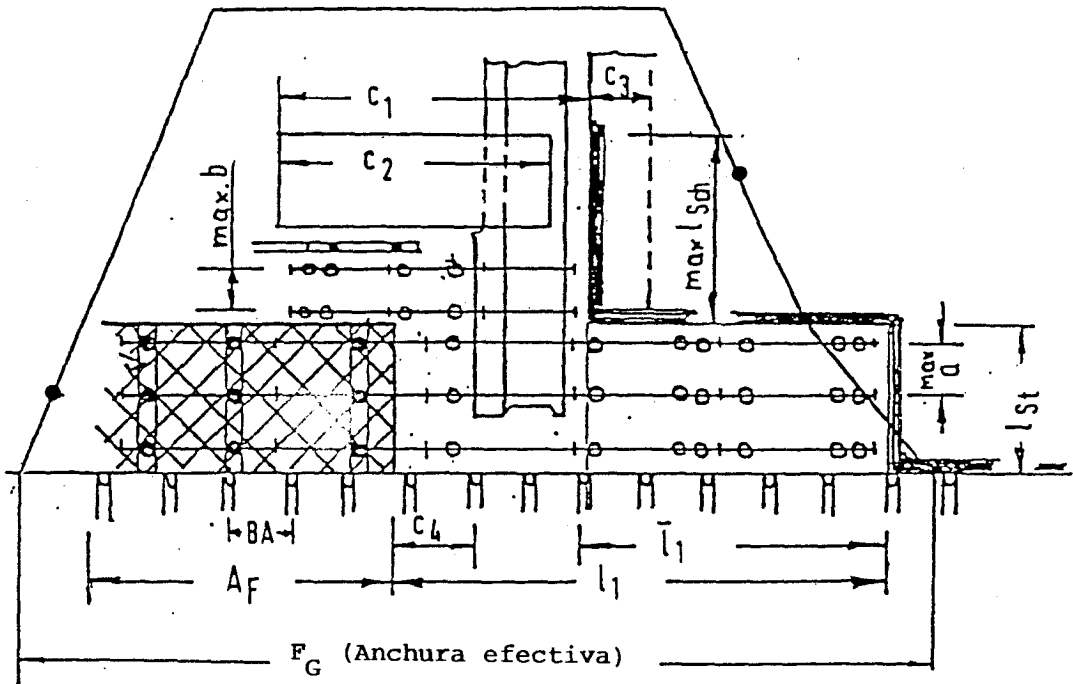
b/ Esquema con sostenimiento específico.

FIGURA Nº 24 SOSTENIMIENTOS DEL EXTREMO DEL TAJO SI EL FRENTE DE LA GALERIA ESTA RETRASADO.

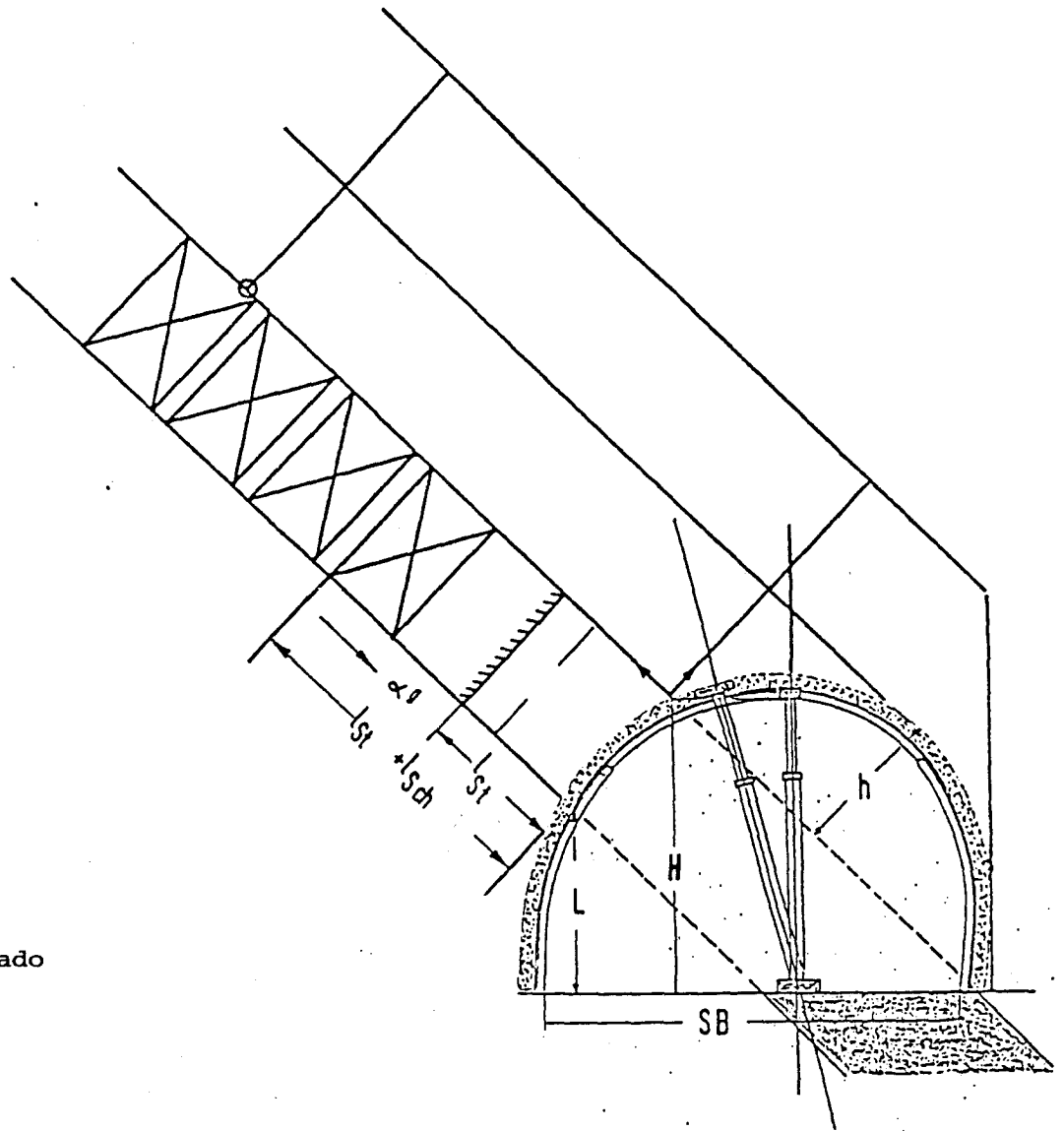
4.3.4.1 DEFINICION DEL BLOQUE A ESTUDIAR.

Las dimensiones del bloque de techo que debe ser estudiado están reflejadas cualitativamente en la Fig. Nº 25 y están definidas, en planta, por una poligonal de cinco lados que se dibuja con los criterios siguientes.

Se supone que como elemento de protección de la galería frente al taller se utiliza un muro de anhidrita y se calcula en que punto del muro ha transcurrido 5 horas desde su construcción. En este punto, en el que se supone que la anhidrita ha alcanzado una resistencia mínima de 5 N/mm^2 , se traza una recta que forma un ángulo con la vertical de $22,5^\circ$ (25 gon) y que es una de las líneas que define la poligonal. En el macizo de carbón que debe arrancar el tajo se sitúa otro punto, a una distancia de las dos caras libres igual a la potencia de la capa, y por el se traza otra línea que forma con la vertical otro ángulo de $22,5^\circ$ tal como se ilustra en la Fig. Nº 25a. En el punto en que esta línea corta a la cara del carbón que forma la pared longitudinal del nicho se traza una nueva línea que forma 45° con la horizontal. La cuarta línea de la poligonal está formada por la intersección de la galería del taller y tiene una anchura efectiva, F_G , limitada por dos de las líneas antes definidas.



a/ Planta



b/ Alzado

Abb. 2
 U. Bericht-Nr 3577
 Hys-21578.4 SU

FIGURA Nº 25
 DEFINICION DEL BLOQUE POTENCIALMENTE
 INESTABLE.

Bergbau-Forschung
 G. m. b. H.
 Forschungsstelle für Grubenausbau
 und Gebirgsmechanik

La quinta línea de la poligonal es paralela a la dirección de la galería y tiene una anchura $F_G/2$.

En perfil las dimensiones del bloque son las que se indican en la Fig. Nº 25b; su anchura se toma como dos veces la potencia de la capa y el bloque deslizante está limitado por una línea vertical trazada allí donde el carbón se supone que no está degradado.

4.3.4.2 DETERMINACION DE LA SITUACION MAS DESFAVORABLE.

Se admite que el bloque inestable antes determinado se comporta como un sólido rígido para lo cual resulta esencial asegurar un contacto lo más bueno posible entre los estratos del techo que hayan sido cortados al avanzar la galería y los cuadros metálicos de sostenimiento. Para que esto se cumpla es necesario rellenar los huecos existentes entre el perfil de la galería y los cuadros de sostenimiento de la forma más eficaz posible. A tal fin se puede recurrir a utilizar morteros de anhidrita, cemento o cenizas volantes o bien el sistema Bullflex.

A continuación es necesario determinar la situación más desfavorable para el cálculo

durante la explotación para lo cual hay que situar en un plano las distintas posiciones del frente del taller y del frente del nicho respecto al muro de anhidrita y escoger la situación que produzca una anchura de bloques, F_G , mayor. Para tener en cuenta unos mayores avances del tajo que darían una situación más desfavorable que la prevista, es recomendable incrementar la anchura máxima prevista en 3 m. En la Fig. Nº 26 se muestra un ejemplo de determinación de la anchura máxima en un taller de la cuenca del Ruhr.

Una vez establecida la situación más desfavorable se calculo el factor de carga que induce el bloque a sostener mediante la expresión:

$$B_F = \frac{F_G}{N} \cdot \frac{G}{S_1 + S_2} \quad (7)$$

donde:

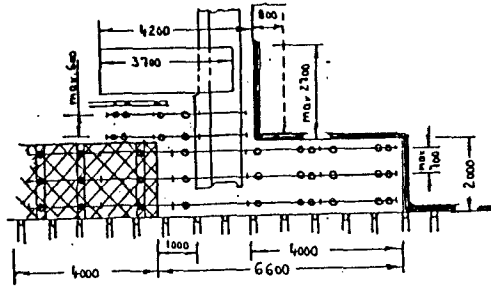
B_F : Factor de carga.

F_G : Anchura más desfavorable del bloque inestable.

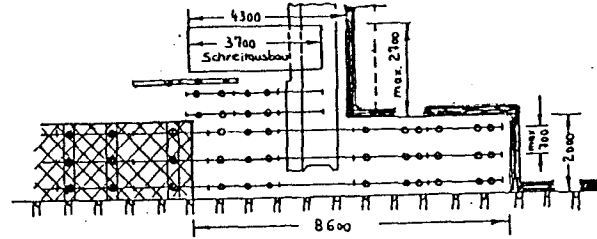
N : Número de estemples individuales que actúan.

G : Peso de todo el bloque inestable.

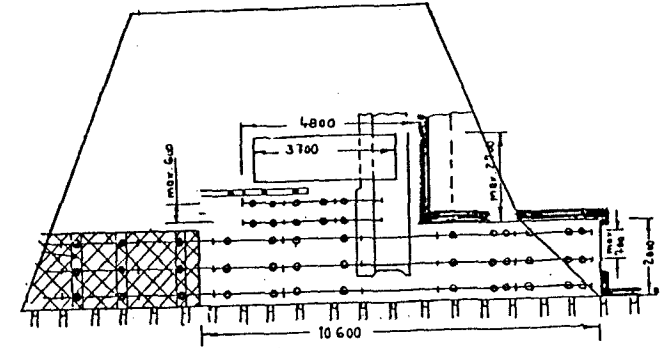
S_1 : Suma de las fuerzas de colocación de los estemples.



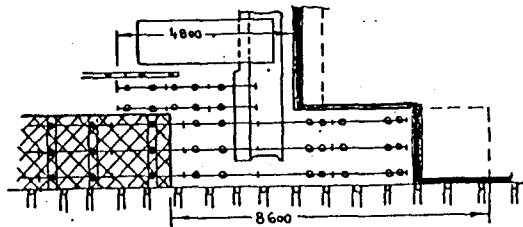
a/ Estado inicial.



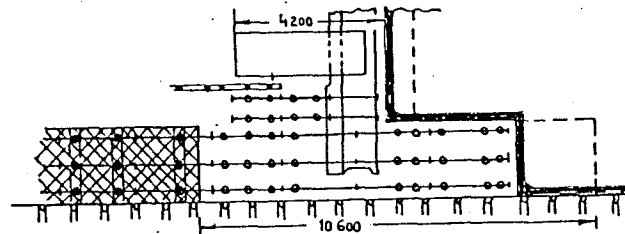
c/ Después del 2º avance de 1,6 m con pasada del cepillo adelantada 2 m.



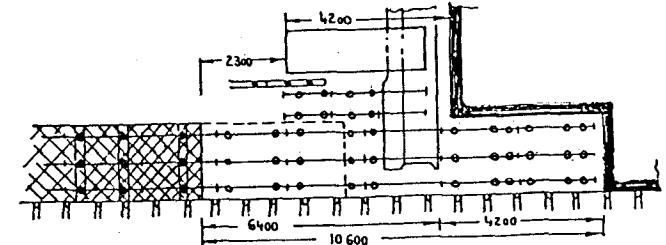
e/ Después del 4º avance de 3,2 m, pasada del cepillo adelantado 4 m. (SITUACION MAS DESFAVORABLE)



b/ Después de un avance de 0,8 m



d/ Después del tercer avance de 2,4 m



f/ Después del 5º avance del cepillo de 4 m, pasada del cepillo adelantada 4 m

FIGURA Nº 26 EJEMPLO DE LA DETERMINACION DE LA ANCHURA MAXIMA DEL BLOQUE POTENCIALMENTE INESTABLE.

S_2 : Suma de las fuerzas de colocación de la
ventibación marchante del tajo.

F_G se calcula siguiendo la construcción geométrica antes indicada que, considerando que el bloque tiene una potencia doble que la de la capa explotada, nos permite calcular G sin más que conocer el peso específico de los terrenos.

Una vez definida la geometría del bloque inestable se debe calcular su centro de gravedad que es necesario conocer ya que el análisis estático se hace tomando momentos respecto él y considerando que el peso está aplicado en él.

Como fuerzas externas que actúan sobre el bloque hay que tener en cuenta la fuerza producida por el sostenimiento desplazable del tajo y la de los estemples colocados en la unión tajo-galería. La fuerza producida por el sostenimiento del tajo se evalúa a partir de las unidades que actúan bajo el bloque inestable utilizando para los cálculos la presión de colocación. De acuerdo con los criterios del Bergbau Forschung sólo deben utilizarse en los cálculos aquellos estemples que no están colocados más del tiempo necesario para que el taller avance 3 m ya que se supone que los

estamples que estén colocados más tiempo tendrán una pérdida de carga excesiva. Tampoco deben considerarse los estamples colocados a menos de 50 cm de otro sobre el mismo bastidor.

4.3.4.3 HIPOTESIS DE CARGA.

En principio se supone que todo el peso del bloque potencialmente inestable actúa, aplicado sobre su centro de gravedad en sentido vertical. Como eje del giro del bloque se toma la línea horizontal que lo define en el interior del taller.

Debe verificarse en los cálculos que la suma de momentos sobre el eje de giro es nula o produce un movimiento del bloque hacia el taller. Por otro lado la suma de fuerzas verticales debe ser nula o dar una resultante que actúe hacia arriba.

Si se cumplen estas dos condiciones el bloque inestable nunca podrá caer hacia la galería y por lo tanto no será necesario adoptar medidas suplementarias de refuerzo.

Sin embargo, cuando se cortan los estratos del techo al avanzar la galería, es necesario considerar la posibilidad de que éstos

puedan deslizar hacia la galería, situación que será probable cuando no se realice un relleno perfecto de la sobreexcavación que se produce detrás de los cuadros de sostenimiento. En este caso se supone que la potencia de los estratos cortados por el frente de la galería es inferior a 2 M, siendo M la potencia de la capa explotada.

La posición del sostenimiento suplementario en la galería es fundamental para impedir el deslizamiento de los estratos del techo que han sido cortados previamente.

El lugar de aplicación del sostenimiento suplementario se calcula mediante la siguiente expresión:

$$x = \mu \cdot h \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha} \quad (8)$$

siendo

x : Punto de aplicación de la resultante del sostenimiento suplementario contado a partir del techo de la capa.

μ : Coeficiente de rozamiento entre estratos
(0,3)

h : Potencia de los estratos del techo cortados

α : Inclinación de la capa.

4.3.4.4 REALIZACION PRACTICA DEL SOSTENIMIENTO DE REFUERZO.

Cuando se han determinado las dimensiones del bloque potencialmente inestable y se ha calculado el efecto del sostenimiento del nicho y del taller puede ocurrir que el bloque sea estable o que no lo sea. En este último caso es necesario utilizar un sostenimiento suplementario de refuerzo, colocado en la galería de base, que puede realizarse prácticamente mediante estemples individuales o bulones.

4.3.4.4.1 Utilización de estemples hidráulicos.

Cuando se va a realizar el sostenimiento de refuerzo mediante estemples individuales es preciso tener en cuenta tanto las cargas de colocación como las que se pueden producir cuando el sostenimiento se encuentra cargado a consecuencia del movimiento del terreno. Los coeficientes de seguridad que recomienda utilizar el Bergbau-Forschung son de 1,17 en el primer caso y de 1,5 en el segundo. En las Figs. Nº 27 y 28 se muestran dos ejemplos de cálculo. Nótese que en este último caso debe tenerse también en cuenta la reacción de los cuadros de sostenimiento colocados en la galería que en la Fig. Nº 28 está simbolizada por fuerza K_2 .

Abh. 4	Stab-Scheitelübergang T1201	Bergbau-Forschung G. A. K.
U. Div. - M. 3774	Sicherung durch Stempel in der Strecke	Forschungsstelle für Grubenbau und Bohrmechanik
My-24601.354	- Stützkraft - Zuspiel	

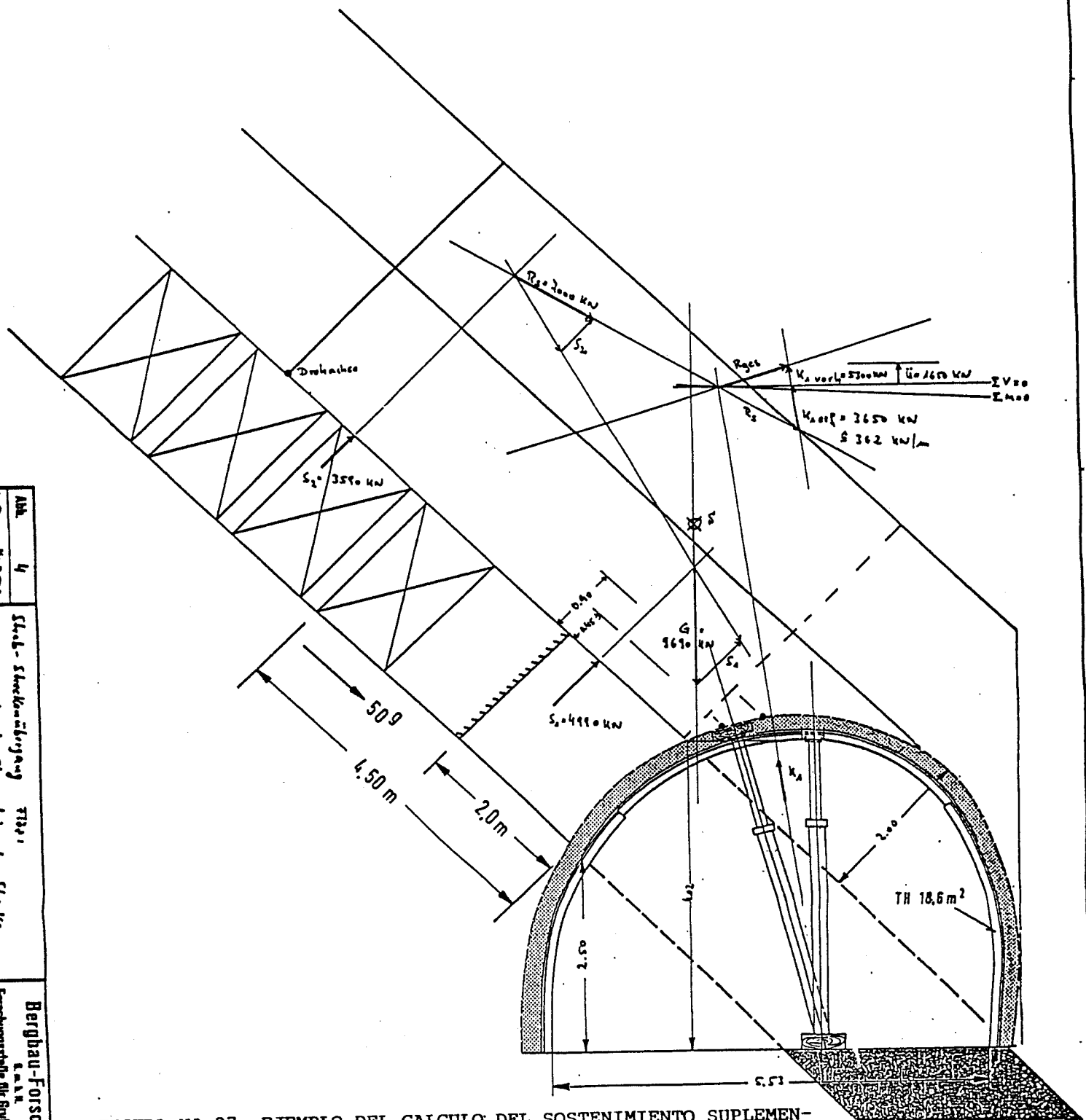


FIGURA Nº 27 EJEMPLO DEL CALCULO DEL SOSTENIMIENTO SUPLEMEN-
TARIO A LA PUESTA EN CARGA.

Abk.	S
U.S.G. - Nr.	3573
Hyp.	21602.314
Stab-Schalungsbauwerk F10: Sicherung durch Stempel in der Strecke - Eisenkettkette - Beispiel	
Bergbau-Forschung E.M.K. Forschungsstelle für Erdbauwesen und Gesteinsmechanik	

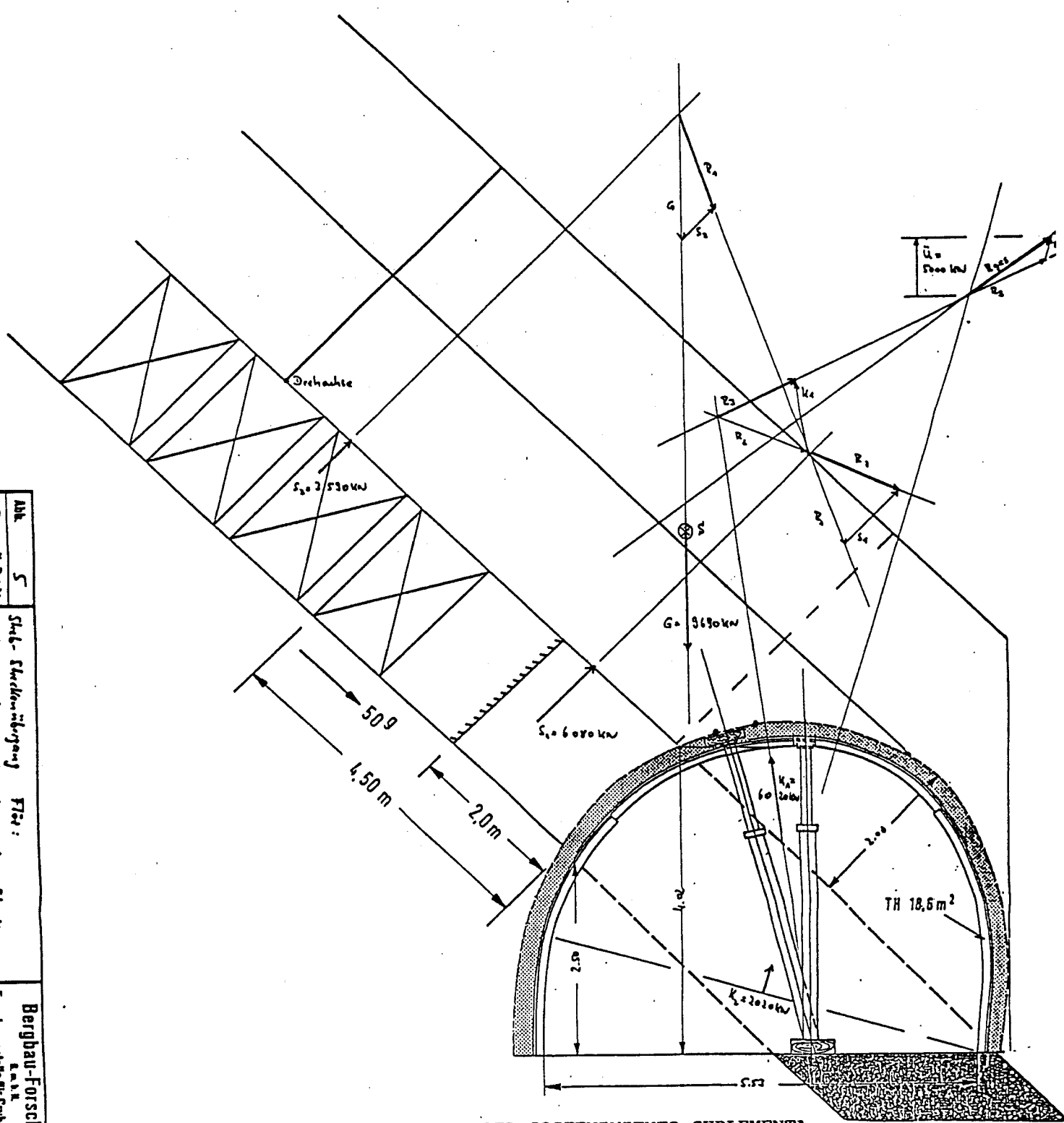


FIGURA Nº 28 EJEMPLO DE CALCULO DEL SOSTENIMIENTO SUPLEMENTARIO AL ENTRAR EN CARGA LOS CUADROS DE LA GALERIA.

4.3.4.4.2 Utilización del bulonaje.

En el caso de que se utilicen anclajes pretensados se les da el mismo tratamiento de cálculo que el descrito para los estem-ples individuales.

En el caso de que se utilicen bulones sin tensar, que es lo habitual, el Bergbau Forschung recomienda utilizar un coeficiente de seguridad de 2 para efectuar los cálculos. En la Fig. Nº 29 se ilustra un ejemplo de cálculo.

4.3.5 Eliminación de nichos.

La eliminación de los nichos supone resolver dos problemas específicos:

- * Que la máquina de arranque pueda trabajar en toda la longitud del tajo para lo cual los elementos de corte deben poder llegar hasta la propia galería de tajo.
- * Ubicar en un lugar seguro los reductores y motores del transportador del tajo y los de los elementos de tracción de la máquina de arranque.

Ambos problemas están totalmente resueltos en el momento actual y hay que señalar que no se trata de problemas geotécnicos sino exclusivamente mecánicos.

En el apartado 4.3.3.2 se ha presentado una modalidad de avance de las galerías del tajo haciendo coincidir ambos frentes y se ha indicado que una alternativa es que la propia máquina de arranque avance el frente de la galería a la vez que arranca en el tajo tal como se ha ilustrado en la Foto Nº 2.

Por lo que se refiere al segundo problema también existe solución para el que consiste en sacar a la galería los reductores y motores que antes estaban ubicados en el tajo. En la Fig. Nº 30 se muestra una disposición mecánica que resuelve este problema que se basa en colocar, en el medio de la galería, una estructura de apoyo del transportador del tajo. En este caso el transportador del tajo es de construcción especial ya que la descarga no se produce en su extremo, como es habitual, sino a través de una chapa perforada en el fondo. Esto permite que el transportador repartidor de la galería ocupe mucho menos espacio que con la disposición habitual. En el caso concreto de la disposición que se ilustra en la Fig. Nº 30 la anchura ocupada en la galería es inferior a 2,5 m.

Esta disposición es muy favorable desde el punto de vista de aumentar la seguridad en las uniones tajo-galería y puede llevarse a la práctica tanto si se cortan los estratos del techo al avanzar la galería como si se conserva el techo plano.



FOTOGRAFIA Nº 2 NICHOS TÍPICOS EN EL BIERZO.

(Autor: B. Celada, Geocontrol, S.A.)

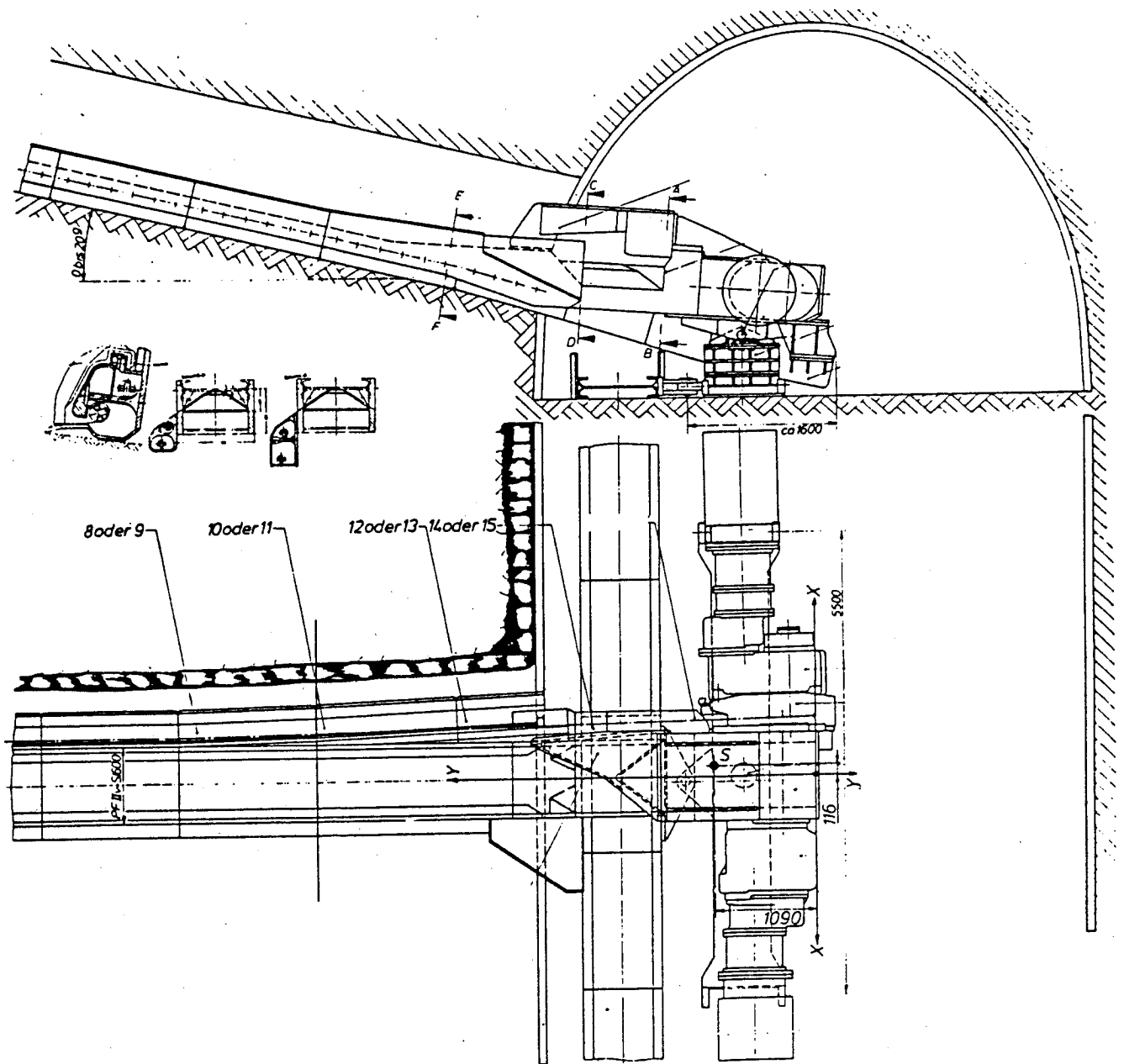


FIGURA N° 30 DISPOSICION DE ELEMENTOS MECANICOS EN GALERIA DE
 BASE PARA ELIMINAR LOS NICHOS.

5.- ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL EN EL BIERZO.

A la vista de la información obtenida sobre el tratamiento que se da en algunos países extranjeros a la problemática de las uniones tajo-galería, aprovechando la información obtenida durante los trabajos de campo de éste y otros proyectos realizados para el IGME, a continuación se analizará la situación actual en EL BIERZO y las posibilidades del progreso en el sostenimiento de las uniones tajo-galería (nichos).

5.1 SOSTENIMIENTO DE NICHOS EN EL BIERZO.

Ya se ha indicado, en el apartado 2.3, que en EL BIERZO el método de explotación más utilizado es el del tajo largo de avance con hundimiento controlado. Habitualmente los terrenos son de buena calidad y están a una profundidad moderada por lo que los nichos no están por debajo de la profundidad crítica según se ha definido en el apartado 4.1.2.

En este contexto la disposición más habitual es que el frente de la galería esté adelantado respecto al tajo en un máximo de unos 100 m y que se lleve un nicho, de una superficie media de unos 12 m² tal como el que se ilustra en la Foto Nº 2.

Como ya se ha indicado antes, en general los nichos en EL BIERZO están situados por encima de su profundidad crítica razón por la que no cabe esperar graves problemas geotécnicos y tan sólo debe prevenirse la posible caída de costeros lo cual se logra con el sostenimiento habitualmente utilizado. No obstante, aún en las mejores condiciones geotécnicas, la estrechez de las capas hace que el trabajo sea bastante penoso; sobre todo cuando es necesario palear el carbón tal como se ilustra en la Foto N° 3.

Además de estas situaciones clásicas, en EL BIERZO se dan también soluciones avanzadas como son la eliminación de los nichos en algunos tajos mecanizados tal como se muestra en las Fotografías N° 4 y 5, que corresponden respectivamente a COMBUSTIBLES DE FABERO, S.A. y ANTRACITAS DE GAIZTARRO, S.A. La fotografía N° 4 está tomada en la galería de base del taller, equipado con rozadora, en el Grupo Río; en este caso se ha eliminado el nicho sacando a la galería los reductores y motores del transportador del tajo y se han cortado los estratos del techo.

En el caso del Grupo Escandal de Antracitas de Gaiztarrro, S.A. se ha realizado la misma operación con los motores y reductores del transportador y del cepillo pero conservando el techo de la galería.



FOTOGRAFIA N° 3 TRABAJO TIPICO DE PALEO EN UN NICHOS.

(Autor: Angel Luis Vivar, ENADIMSA)



FOTOGRAFIA N° 4 ELIMINACION DEL NICHU, CORTANDO EL TECHO DE LA CAPA,
EN EL GRUPO RIO DE COMBUSTIBLES DE FABERO, S.A.

(Autor: B. Celada, GEOCONTROL, S.A.)



FOTOGRAFIA Nº 5 ELIMINACION DEL NICHU, MANTENIENDO EL TECHO DE LA CAPA,
EN EL GRUPO ESCANDAL DE ANTRACITAS DE GAIZTARRO, S.A.

(Autor: B. Celada, GEOCONTROL, S.A.)

5.2 LEGISLACION MINERA ESPAÑOLA SOBRE NICHOS.

La legislación minera española se ha ampliado muy recientemente con la publicación en el B.O.E. de las siguientes leyes:

- * Real Decreto 863/1.985 del 2 de abril por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- * Orden de 13 de Septiembre de 1.985 por la que se aprueban determinadas Instrucciones Técnicas Complementarias de los capítulos III y IV del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- * Orden de 2 de Octubre de 1.985 por la que se aprueban Instrucciones Técnicas Complementarias de los capítulos V, VI y IX del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

A pesar del importante esfuerzo realizado en la legislación minera española no existe ningún precepto legal que contemple específicamente la problemática de las uniones tajo-galería.

Dadas las especiales características de los yacimientos españoles, particularmente en EL BIERZO, no es aplicable directamente la legislación que sobre las uniones tajo-galería existe en otros países europeos, fundamentalmente Alemania Federal.

Esta situación plantea algunos problemas de índole práctica ya que en algunas explotaciones se han observado defectos que podrían corregirse fácilmente si hubiera una legislación que aportara los criterios que deben ser respetados.

5.3 PROBLEMATICA PLANTEADA EN EL BIERZO.

A lo largo de la campaña de campo realizada en este y otros proyectos realizados en EL BIERZO se han determinado una serie de problemas que exponemos a continuación y cuya resolución contribuiría a mejorar los rendimientos y las condiciones de seguridad de las explotaciones afectadas.

Para una comprensión más fácil de estos temas se han agrupado las situaciones anómalas detectadas en los tres capítulos que se exponen a continuación.

5.3.1 Disposición de las galerías respecto al tajo.

Ya se ha indicado que, en general, los tajos se llevan en avance con el frente de la galería adelantado un máximo de unos 100 m respecto al tajo.

Esta es la disposición más cómoda y económica siempre y cuando los hastiales de la capa no superen la profundidad crítica ya que si esto sucede se plan-

tearán importantes problemas de conservación que podrían evitarse adoptando una disposición en retirada o, mejor aún probablemente, haciendo coincidir el frente de la galería con el del tajo.

Para que esta solución pudiera aplicarse en forma intensiva deberían existir unas directrices, suficientemente divulgadas, que permitieran a los responsables de las distintas explotaciones poder realizar los diseños adecuados.

5.3.2 Sostenimiento transitorio del nicho.

Actualmente es en el nicho propiamente dicho donde se producen las situaciones peligrosas que son causa de accidentes, siendo las más frecuentes la caída de costeros del techo.

Es de dudosa eficacia el empleo de estemples de fricción en situaciones delicadas así como la práctica habitual de utilizar estemples hidráulicos con bastidores de madera. Cuando esto sucede frecuentemente se crean grandes costeros en el techo de la calle de trabajo, tal como se ilustra en la Fotografía Nº.6 que evidentemente son una clara situación peligrosa.

En muchas galerías el sostenimiento utilizado es a base de cuadros metálicos de perfil TH que, si se colocan en el frente de avance, deben ser retirados



FOTOGRAFIA N° 6 DETALLE DE LOS COSTEROS FORMADOS EN EL TECHO
DE UN NICHU.

(Autor: B. Celada, GEOCONTROL, S.A.)

cuando llega el tajo para permitir el paso del transportador del tajo. Esto plantea una situación delicada ya que la galería del tajo se queda prácticamente sin sostenimiento precisamente en el momento más delicado. Para paliar este problema se recurre habitualmente a colocar una viga apoyada sobre dos o más estemples que puentea la zona desposteadada encima del transportador del tajo, tal como se ilustra en la Fotografía Nº 7. Independientemente de los trabajos que hay que realizar para llevar a cabo esta solución hay que tener presente que para su puesta en práctica no hay directrices de ningún tipo. En particular en la fotografía Nº 7 se puede observar que la viga metálica está sostenida por dos estemples de fricción, cuya carga de colocación es mínima por concepto, que deben sustituir una cantidad de patas de cuadros numerosa (del orden de seis) que estaban mucho más cargados. La consecuencia inmediata es que el sostenimiento del techo se debilita sustancialmente.

En los métodos de cálculo utilizados en Alemania Federal se parte del supuesto de que el espesor del del bloque potencialmente inestable nunca puede superar dos veces la potencia de la capa explotada e incluso, para capas de potencia superior a 3 m, en los documentos del Bergbau Forschung que se han consultado se cuestiona esta medida tildandola de excesivamente conservadora.



FOTOGRAFIA N° 7 SOSTENIMIENTO PORTANTE TRANSITORIO PARA PERMITIR
EL PASO DEL TRANSPORTADOR DEL TAJO.

(Autor: B. Celada, GEOCONTROL, S.A.)

Sin embargo la realidad en EL BIERZO es bien diferente debido a la escasa potencia de las capas explotadas y a la moderada profundidad a que estan situados los tajos. Así en la Fotografía N° 8, tomada en un tajo del Grupo Maurín de Combustibles de Fabero, S.A., puede apreciarse que el espesor de bloques del techo que es inestable supera ampliamente dos veces la potencia de la capa explotada.

Por todo ello las directrices validas para otras explotaciones en el extranjero no pueden ser aplicadas directamente en EL BIERZO sino que deben ser especificamente estudiadas y adoptadas antes de su aplicación.

5.3.3 Protección de la galería frente al hundimiento.

Habitualmente en EL BIERZO las galerías se protegen del hundimiento de los tajos mediante una o dos filas de llaves de madera, normalmente pino o chopo, con cuatro, seis o nueve puntos de cruce. El principal problema que se plantea es que la madera suele estar recién cortada, tal como se ilustra en la Fotografía N° 9, y con un grado elevado de humedad. En estas condiciones la resistencia que ofrecen es muy pequeña y su deformabilidad enorme llegando a aplastarse literalmente cuando el tajo está suficientemente alejado tal y como se muestra en la Fotografía N° 10.



FOTOGRAFIA N° 8 BLOQUE INESTABLE POR ENCIMA DEL SOSTENIMIENTO
EN UN TAJO DE EL BIERZO.

(Autor: B. Celada, GEOCONTROL, S.A.)



FOTOGRAFIA Nº 9 LLAVE DE MADERA TIPICA EN EL BIERZO.

(Autor: B. Celada, GEOCONTROL, S.A.)



FOTOGRAFIA N° 10 LLAVE DE MADERA APLASTADA TRAS EL ALEJAMIENTO DEL TAJO.

(Autor: B. Celada, GEOCONTROL, S.A.)

Este hecho ha sido perfectamente cuantificado en las medidas realizadas "in situ" que se han comentado en el apartado 3.2 y reflejado en la Fig. Nº 1 en donde se aprecia que se han obtenido acortamientos de las llaves de madera de hasta el 70% de la longitud inicial.

Esto produce una convergencia en la galería mucho mayor de la que debería generarse por el proceso de explotación lo cual redundaría en unos gastos de conservación excesivos e incluso en una destrucción de la galería.

Como solución alternativa se ha empezado a utilizar en EL BIERZO la anhidrita para proteger las galerías frente al hundimiento del techo tras los tajos pero, ante la carencia en España de unas directrices sobre el tema, debe recortarse que en el caso de tajos mecanizados con avance rápido un muro de anhidrita que no tenga la velocidad de fraguado apropiada puede ser menos eficaz que una llave de madera bien construida.

Al igual que sucede con el cálculo del sostenimiento en las uniones tajo-galería las normas existentes en el extranjero no son directamente aplicables en EL BIERZO. En concreto, tal como se ha indicado en el apartado 4.2.5.2.2, el Bergbau Forschung recomienda que la anchura de los muros de anhidrita sea 0,7 veces la potencia de la capa a explotar. En las

condiciones de EL BIERZO con capas de potencia media de 0,7 m parece un tanto arriesgado recomendar que la anchura de los muros de anhidrita sea de 0,49 m tal como se desprende de la regla anterior.

De acuerdo con lo anterior se hacen necesario las oportunas directrices que establezcan las características resistentes que deben tener tanto las hileras de llaves de madera como los muros de anhidrita para la eficaz protección de las galerías.

6.- CONCLUSIONES.

Los "nichos" entendiéndose como tal en sentido amplio de las uniones tajo-galería son un lugar de fuerte concentración de personal y maquinaria en donde se producen una gran parte de los accidentes en los tajos mecanizados en capas subhorizontales.

Estos accidentes están ligados normalmente a la caída de bloques del techo normalmente por falta de un sostenimiento adecuado.

De acuerdo con la práctica habitual en Alemania Federal y en el Reino Unido, que son países carboneros importantes donde se explotan capas horizontales con un grado de mecanización elevado, para mejorar las condiciones de trabajo en las uniones tajo-galería puede actuarse en tres direcciones:

- * Elegir una disposición adecuada del frente de avance de la galería respecto al del tajo.
- * Utilizar en el nicho el sostenimiento adecuado y suplementarlo con otro colocado en la galería si los cálculos lo exigen.
- * Escoger un método eficaz para proteger la galería del hundimiento del techo del taller en la parte deshullada.

La legislación minera española, que ha sido renovada recientemente, presenta una importante laguna en lo que se refiere a directrices a respetar en el sostenimiento de las uniones tajo-galería.

Desgraciadamente la legislación extranjera no es directamente aplicable en EL BIERZO ya que las capas son de mucha menor potencia que en el Reino Unido y en Alemania Federal y también la profundidad a que están situadas las explotaciones es sensiblemente menor.

Esto hace que sea necesario realizar en España las investigaciones y estudios específicos, fundamentalmente un modelo de cálculo del sostenimiento en nichos, que pueda servir de fundamento a la normativa legal correspondiente.

La importancia actual de la cuenca de EL BIERZO, con una producción de 3,5 Mt que representa el 64% de la producción española de antracita, y su elevado potencial de extracción mecanizada del carbón con rendimientos importantes aconsejan continuar las líneas de investigación iniciada por el IGME para completar, cuanto antes, las lagunas existentes en la legislación minera española.

7.- AGRADECIMIENTOS.

Los autores de este trabajo desean expresar su agradecimiento a los responsables de aquellas explotaciones mineras de EL BIERZO que han sido visitadas con ocasión de este estudio.

Así mismo desea expresar su agradecimiento a los Directores Facultativos de las minas en las que se ha desarrollado la campaña de toma de datos por las amplias facilidades ofrecidas que han permitido obtener una información de alta calidad en las siguientes explotaciones:

- * ANTRACITAS DE FABERO, S.A.
- * ANTRACITAS DE GAIZTARRO, S.A.
- * CARBONES DE SAN ANTONIO, S.A.
- * COMBUSTIBLES DE FABERO, S.A.

8.- BIBLIOGRAFIA.

- * AYALA CARCEDO, F.J.; CELADA TAMAMES, B.; HIDALGO BAYO, E.
Diseño y utilización de sostenimientos activos en la minería española.
Instituto Geológico y Minero de España. Madrid 1.985
- * ALFAGEME DIEZ, S.
Lesiones profesionales en la minería del carbón de la provincia de León.
Industria Minera, Mayo 1.985.

- * CELADA, B.; FELGUEROSO, J.M.F.; PACHECO, D.
 Investigación sobre las aplicaciones del bulonaje a la resina
 en HUNOSA.
 V JORNADAS MINERO-METALURGICAS, Bilbao 1.975

- * HEGERMANN, G.; SCHUERMANN, F.
 Strebrandtechnik.
 Verlag Glückauf GmbH. Essen 1.985

- * GENTHE, M.
 Abbaustrec Kenbegleitdämme aus hydraulisch abbinden materialien
 Glückauf N° 22, Enero 1.970

- * GORZ, H.
 Mechanischer Strebrandausbau bei den Saarbergwerken.
 Glückauf 120, 1984 N° 3.

- * GOTZE, W.; BUSCHMANN, N.; SHROER, D.
 Ausbautechnische Anforderungen au Baustoffe im Bergbau.
 Glückauf, 120, N° 21 1.984.

- * GOTZE, W.; KAMMER, W.
 Die Auswiskungen von Streckenfuhrung und Ausbautechnik auf die
 Querschnittsverminderung von Abbaustrecken.
 Glückauf 112, 1.976.

- * KAMMER, W.
Konvergenzberechnung und Ausbauplanung für Abbaustrecken mit
einem EDV-Programm.
Glückauf 116, 1.970.
- * KARBOWNIK, A.; ZYLINSKI, R.
Problemas geotécnicos en la planificación de las minas subte-
rráneas de carbón a gran profundidad en la minería polaca.
Hoja informativa. Grupo especializado de Geomecánico.
4º 1.984.
- * LIESNER, M.R.
Experiencias con martillos rompe-rocas en las hulleras alemanas.
Jornadas de información sobre técnicas de avance de galerías
en las hulleras de la Comunidad Económica Europea.
Luxemburgo, 9-10 Noviembre 1.983
- * WOODLEY, J.N.L.; OSBORNE, B.A.
MRDE experience in pump packing.
Min. Engr. 131, 1.980.
-

**ANEJO I DATOS REFERENTES A OCHO NICHOS EN EXPLOTACIONES
MECANIZADAS EN EL BIERZO.**

GEOCONTROL, S.A.

Cliente : I.G.M.E.

Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)

CAPA: 1ª JARRINAS

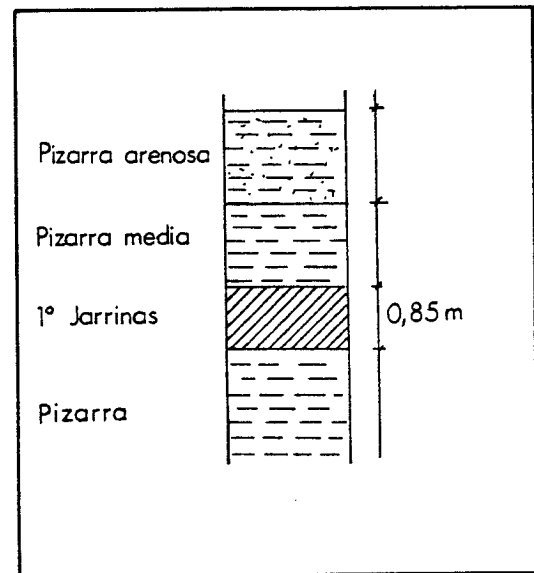
NICHO DE: GALERIA DE BASE

TALLER: ROZADORA 3^{er} PANEL

MINA: GRUPO JARRINAS
ANTRACITAS DE GAIZTARRO, S.A.

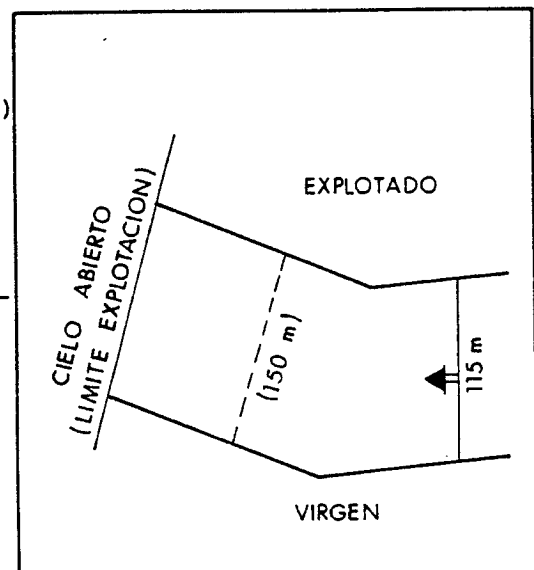
(A) DATOS DE LA CAPA

- + Potencia: 0,85 m
- + Profundidad de la capa: 120 m
- + Resistencia a compresión techo inmediato: 50-60 MPa
- + Grado de fracturación del techo inmediato: Bajo
- + Inclinación de la capa: 0-7°



(B) DATOS DEL TALLER

- + Longitud del taller: 115 m (se alargará a 150m)
- + Método de explotación: tajo largo en avance con hundimiento integral.
- + Equipo de arranque: Rozadora K-103
- + Sostenimiento del taller: Entibación automar-chante Westfalia K-1,1 modificada.
- + Producción media: 425 t/relevo (3 pasadas de 0,8 m)
- + Rendimiento del taller: 20,2 t/jornal

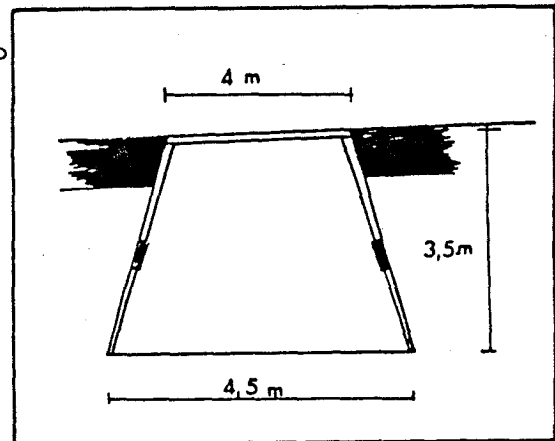


TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (2)

C DATOS DE LA GALERIA

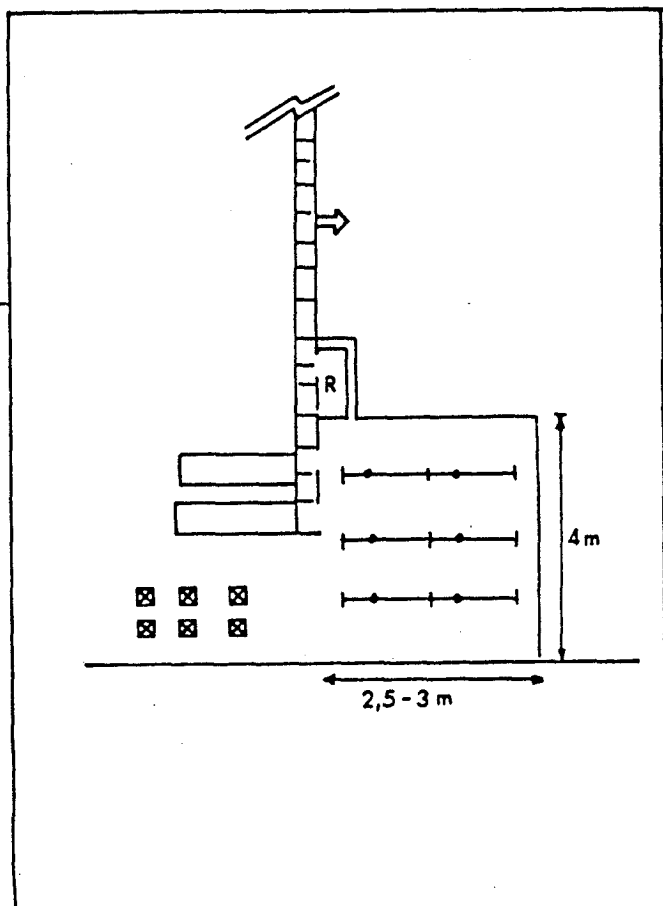
- + Forma: Trapezoidal sin franquear el techo
- + Sección: $14,8 \text{ m}^2$
- + Sostenimiento: Cuadro de acero con trabanca en perfil I120y pies en perfil TH de 21 Kg/m
- + Distancia de posteo: 1 m

Al paso del tajo se coloca un tercer pie, hecho con perfil TH, en el medio de la galería.



D DATOS DEL NICHO

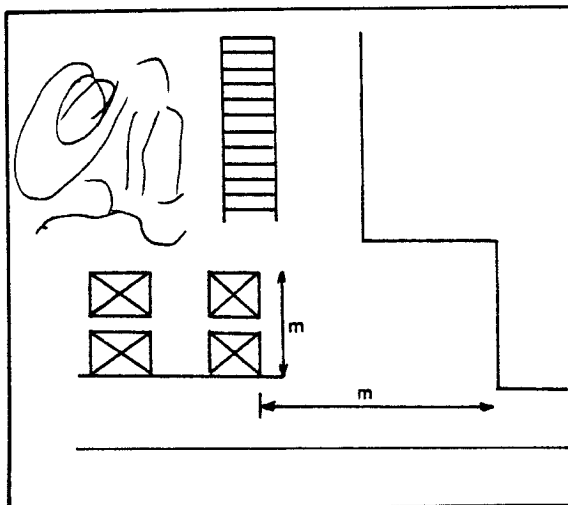
- + Dimensiones: 4 x 3 m
- + Método de avance: martillo picador
- + Posteo: Bastidores metálicos K-80 y mampostas hidráulicas individuales
- + Densidad de posteo: 0,5-0,6 mamposta/m²
- + Personal empleado en el avance del nicho: 3 jornales.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (3)

E PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO

- + Tipo de protección: Llaves de madera de pino.
- + Tipo de piezas: Redondos sin carear
- + Nº de puntos de cruce: 9, 6 y 4
- + Nº de hileras de llaves: 2
- + Dimensiones de las llaves: 1 x 1 m
- + Separación entre llaves: prácticamente juntas.
- + Separación entre hileras: $\approx 0,5$ m



F PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

Cuando el tajo sufre una parada prolongada es frecuente que se produzcan aprietos en las llaves y deslizamientos locales en el muro.

G OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

Esta disposición variará próximamente ya que se ha decidido eliminar el nicho sustituyendo el trabajo de los picadores por el de la rozadora. Para ello se alargará el transportador del taller que dispondrá en su cabezal de un apoyo situado en el medio de la galería de base. Como problema residual quedará la necesidad de retirar temporalmente el pie derecho de los cuadros para permitir el avance del transportador del tajo.

GEOCONTROL, S.A.

Cliente : I.G.M.E.

Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)

CAPA: 1ª JARRINAS

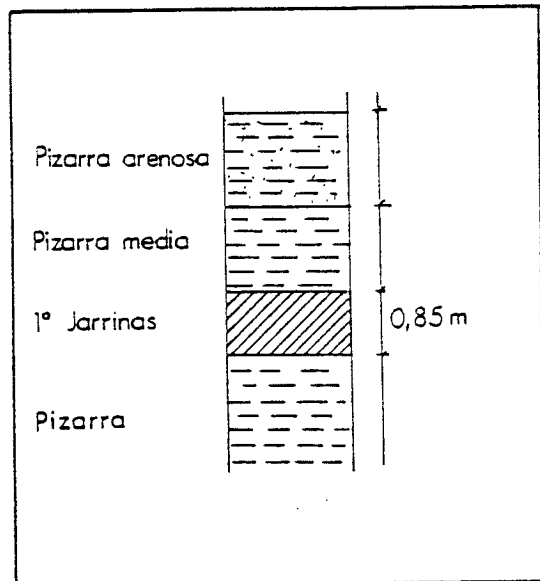
NICHO DE: Galería de cabeza
(sin nicho)

TALLER: Rozadora 3^{er} Panel

MINA: Grupo Jarrinas
Antracitas de Gaiztarro S.A.

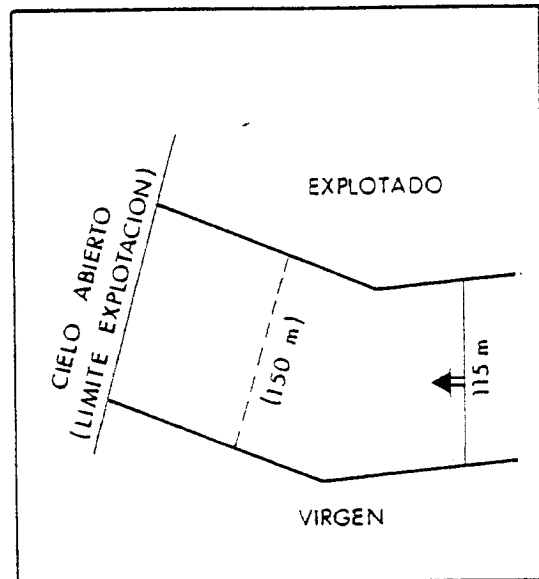
(A) DATOS DE LA CAPA

- + Potencia: 0,85 m
- + Profundidad de la capa: 120 m
- + Resistencia a compresión techo inmediato:
50-60 MPa
- + Grado de fracturación del techo inmediato:
BAJO
- + Inclinación de la capa: 0-7°



(B) DATOS DEL TALLER

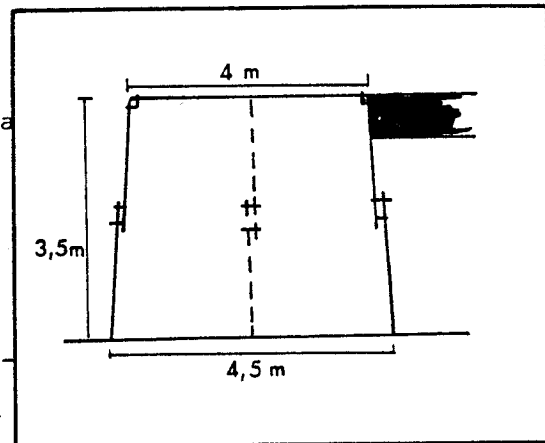
- + Longitud del taller: 115 m (se alargará a 150 m)
- + Método de explotación: Tajo largo en avance con hundimiento integral.
- + Equipo de arranque: Rozadora K-103
- + Sostenimiento del taller: Entibación automar-chante Westfalia K-1,1 modificada.
- + Producción media: 425 t/relevo (3 pasadas de 0,8 m)
- + Rendimiento del taller: 20,2 t/jornal.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE
EXPLOTACIONES MECANIZADAS (2)

Ⓒ DATOS DE LA GALERIA

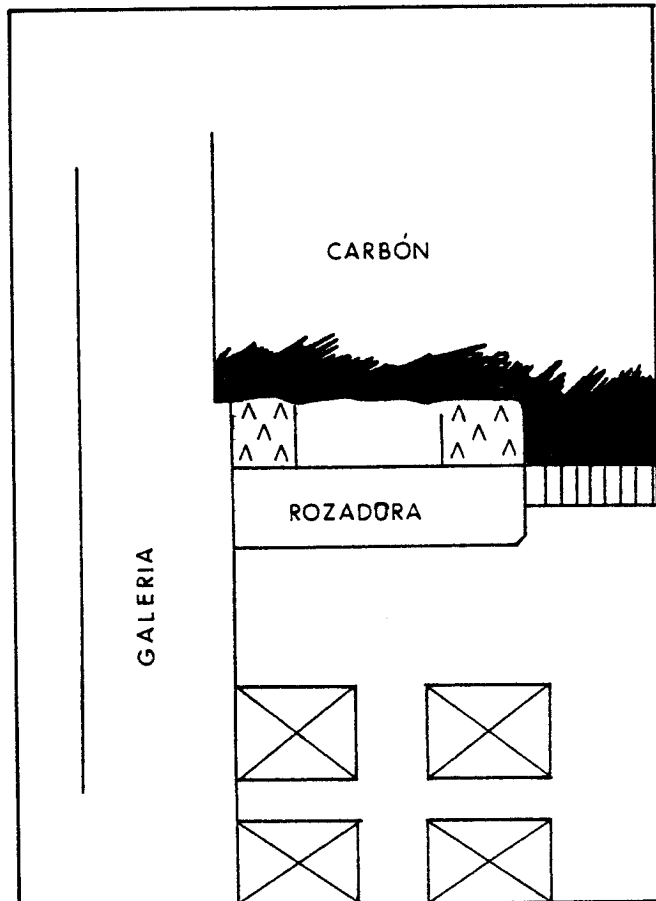
- + Forma: Trapezoidal sin franquear el techo
- + Sección: $14,8 \text{ m}^2$
- + Sostenimiento: Cuadro de acero con trabanca en perfil I 120 y pies TH de 21 kg/m
- + Distancia de posteo: 1 m



Al paso del tajo se coloca un tercer pie, hecho con perfil TH, en el medio de la galería

Ⓓ DATOS DEL NICHOS

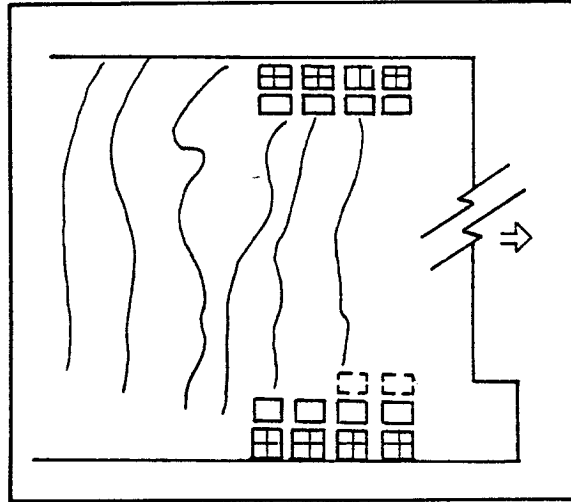
En este caso la rozadora realiza ella misma el nicho.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (3)

E PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO

- + Tipo de protección: Llaves de madera de pino gallego.
- + Tipo de pieza: cuadrados, húmedos.
- + Nº de puntos: 9, 6 y 4
- + Nº de hileras: 2 o 3 (ocasionalmente)
- + Dimensiones de las llaves: 1,5 x 1
- + Separación entre llaves: prácticamente juntas.



F PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

No se han registrado accidentes importantes. No obstante la eliminación de los nichos conlleva a la eliminación del riesgo.

G OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

Para la eliminación de nichos se necesita un adecuado dimensionamiento de las galerías de apoyo de los tajos para poder dar servicio a los mismos y realizar la evacuación del carbón.

GEOCONTROL, S.A.

Cliente : I.G.M.E.

Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)

CAPA: BIENHALLADA

NICHO DE: Galería de cabeza

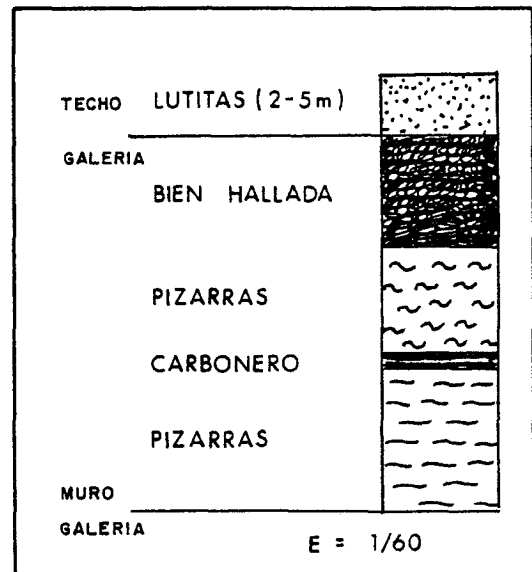
TALLER: C-3 Bis

MINA: Grupo Escandal

Antracitas de Gaiztarro S.A.

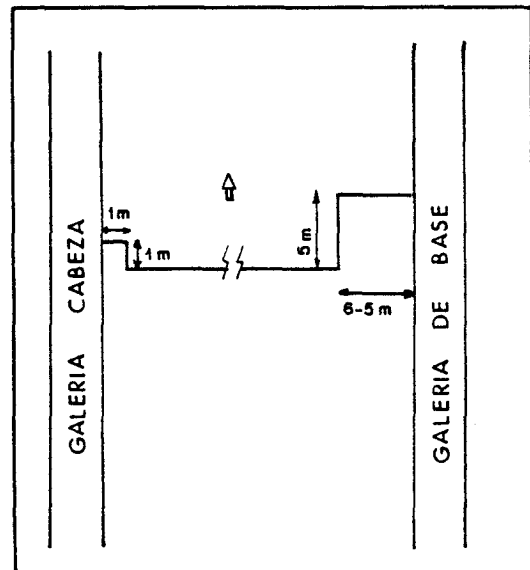
(A) DATOS DE LA CAPA

- + Potencia: 0,90 m
- + Profundidad: \approx 280 m
- + Resistencia a compresión del techo inmediato: 45 - 65 MPa
- + Grado de fracturación: Bajo y ocasionalmente elevado (!)
- + Inclinación de la capa: \approx 20°



(B) DATOS DEL TALLER

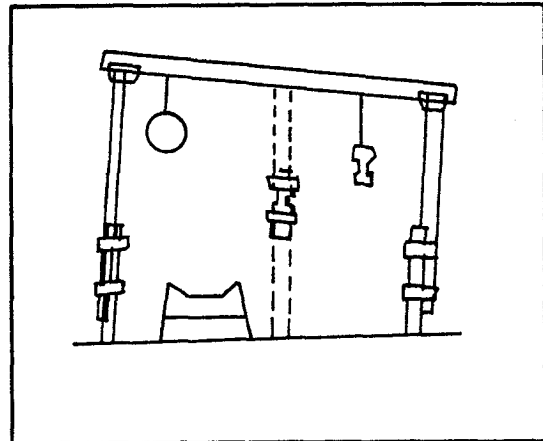
- + Longitud del taller: \approx 95 m
- + Método de explotación: Tajo largo en avance con hundimiento integral.
- + Equipo de arranque: Cepillo S-3 modificado tipo Reissshaken
- + Sostenimiento del taller: entibación automar-chante tipo K-11 de WESTFALIA
- + Producción media: \approx 1000 t/relevo
- + Rendimiento tajo: \approx 38 t/jornal



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (2)

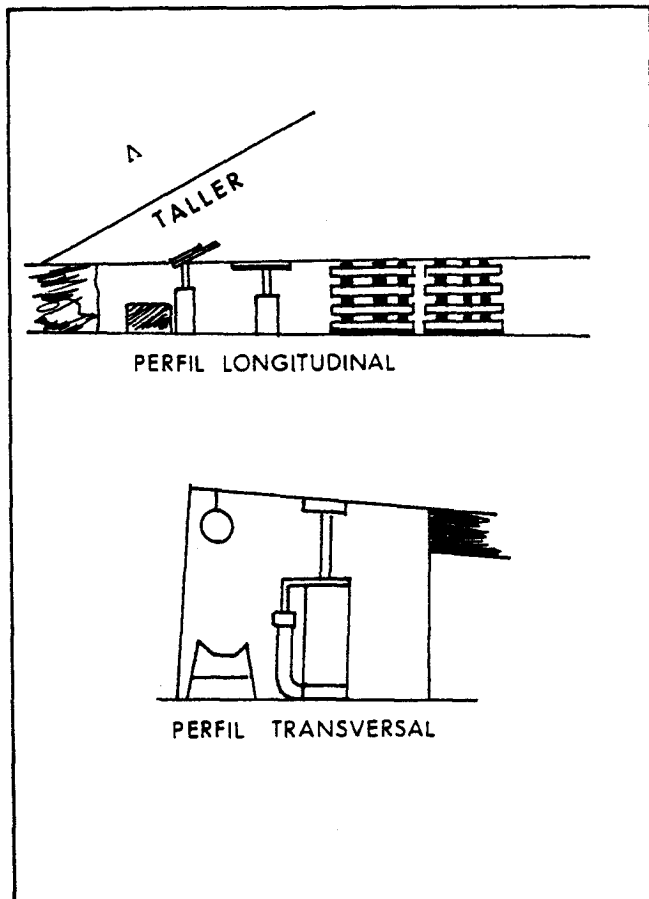
Ⓒ DATOS DE LA GALERIA

- + Forma: Trapezoidal sin franquear el techo
- + Sección: $14,8 \text{ m}^2$
- + Sostenimiento: Cuadros trapezoidales de acero con trabanca en perfil I120 y patas TH de 21 Kg/m
- + Distancia de posteo: 1 m



Ⓓ DATOS DEL NICHO

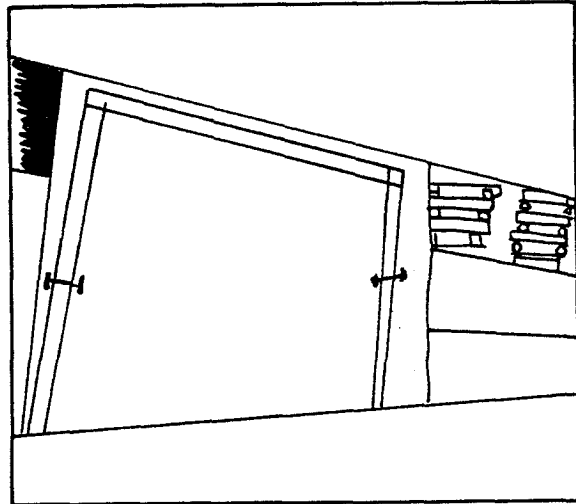
No se realiza nicho propiamente dicho ya que los motores van alojados en la galería. Se lleva una pequeña guía de $1 \times 1 \text{ m}$ para evitar que el cepillo deje una franja sin arrancar. Lo realiza 1 hombre.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (3)

E) PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO

- + Tipo de protección: Llaves de madera de pino o eucalipto.
- + Tipo de piezas: planos, húmedos.
- + Nº de puntos de cruce: 4, 6
- + Nº de hileras: 2
- + Dimensiones: $1 \times 1 \text{ m}^2$
- + Separación: prácticamente juntas



F) PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

Caída de costeros debida a la formación de cuñas o bloques al intersectar diversas familias de diaclasas. Se mejora esta situación con la colocación de tela metálica y la colocación de puntales en la unión tajo-galería.

G) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

GEOCONTROL, S.A.

Cliente : I.G.M.E.

Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)

CAPA: BIENHALLADA

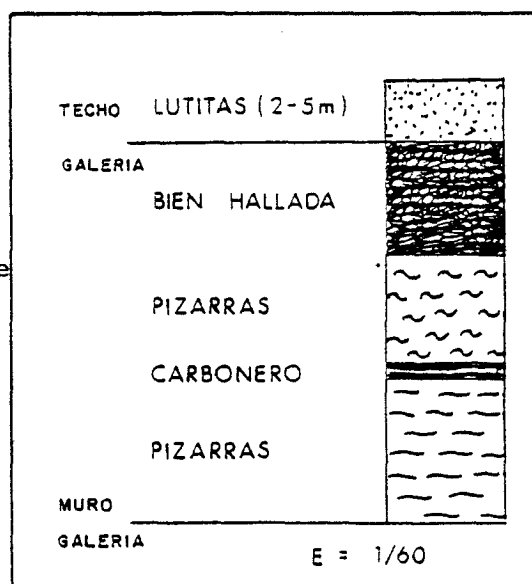
NICHO DE: Galería de base

TALLER: C-4

MINA: Grupo Escandal
Antracitas de Gaiztarro S.A.

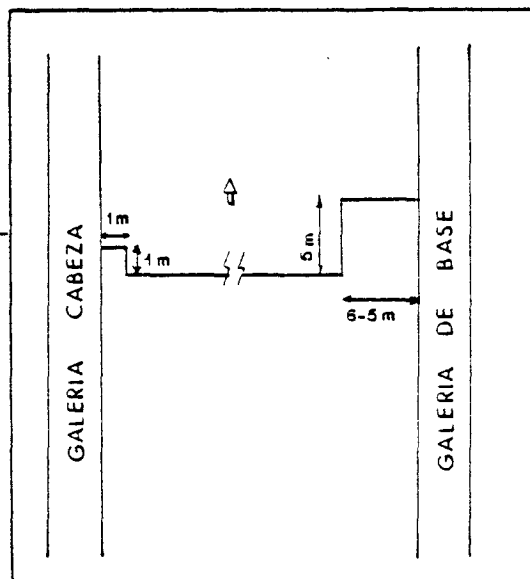
A DATOS DE LA CAPA

- + Potencia: 0,90 m
- + Profundidad: 350
- + Resistencia a compresión del techo inmediato:
45-65 MPa
- + Grados de fracturación: Bajo y ocasionalmente
elevado (!)
- + Inclinación de la capa: $\approx 20^\circ$



B DATOS DEL TALLER

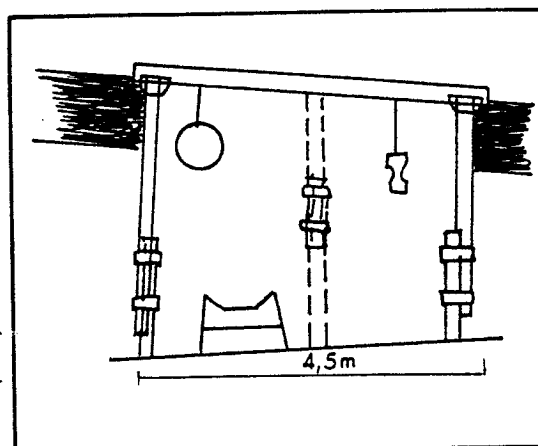
- + Longitud del taller: ≈ 135 m
- + Método de explotación: Tajo largo en avance
con hundimiento integral.
- + Equipo de arranque: Cepillo S-3 modificado ti-
po Reissshaken
- + Sostenimiento del taller: Entibación automar-
chante tipo K-11 de WESTFALIA.
- + Producción media: ≈ 1000 t/relevo
- + Rendimiento tajo: ≈ 38 t/jornal



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (2)

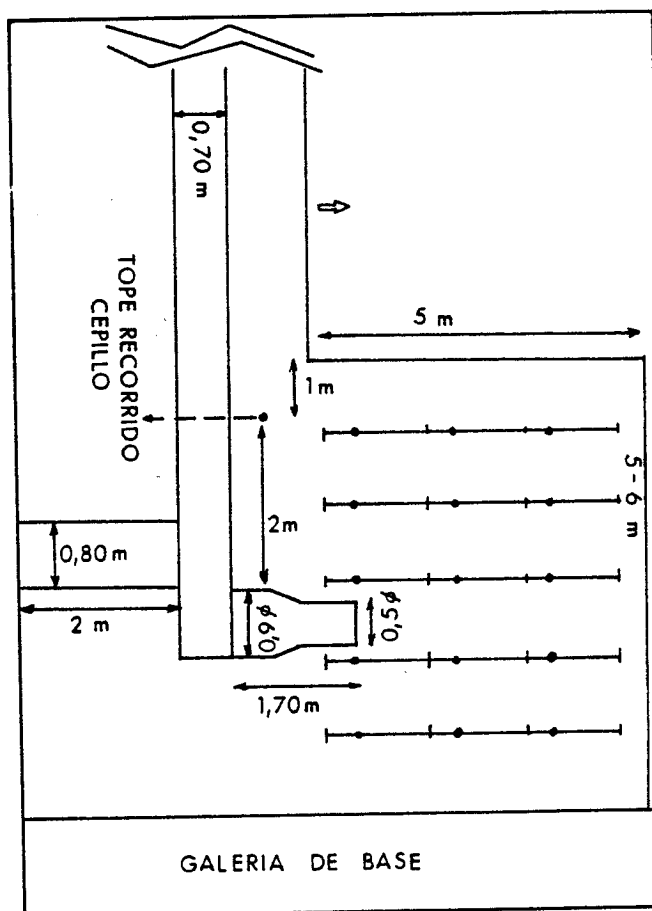
C DATOS DE LA GALERIA

- + Forma: Trapezoidal sin franquear el techo
- + Sección: $14,8 \text{ m}^2$
- + Sostenimiento: Cuadros trapezoidales de acero con trabanca en perfil I120 y patas TH de 21 Kg/m.
Se bulona al muro.
- Al paso del tajo se coloca una tercera pata cada 3 cuadros en el centro de la galería.
- + Distancia de posteo: 1 m



D DATOS DEL NICHO

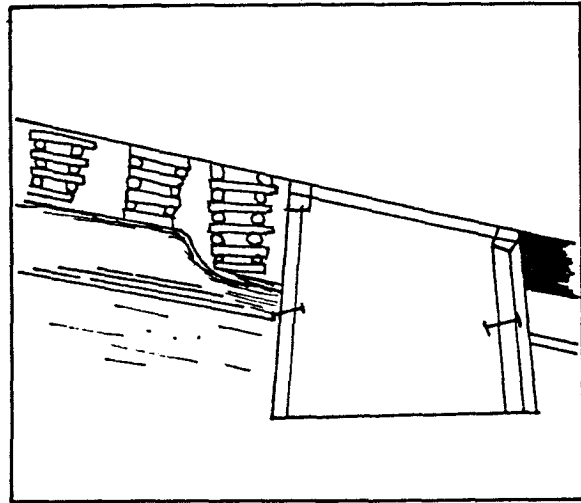
- + Dimensiones:
- + Método de avance:
- + Posteo: mampostas de fricción ZR-3 de TAIM y bastidores metálicos K-80 formando 4 ó 5 hileras.
- + Densidad del posteo:
 $\approx 0,6 \text{ mampostas/m}^2$
- + Personal empleado: $\approx 3 \text{ jornales}$.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (3)

(E) PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO

- + Tipo de protección: Llaves de madera de pino.
- + Tipo de piezas: Planas, húmedas.
- + Nº de puntos de cruce: 6 ó 9 puntos las externas y 4 las otras.
- + Nº de hileras: 3
- + Dimensiones: 1,25 x 1 m²
- + Separación entre llaves: próximas sin regla fija.



(F) PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

- Cuando el techo es deleznable el avance es más lento y exige la colocación de numerosos puntales de madera para dejar poco techo descubierto.
- Al ser poco rígidas las llaves de madera, el nicho hace el efecto de aumentar la luz de la galería considerablemente, con el consiguiente perjuicio para la estabilidad de la misma.

(G) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

El deslizamiento del falso muro se ha corregido mediante bulones.

Se rebaja el muro en el contacto con la galería para facilitar la salida del carbón y frenar el deslizamiento del muro, aunque aumenta la esbeltez de las llaves.

GEOCONTROL, S.A.

Cliente : I. G. M. E.

Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)

CAPA: 5ª JARRINAS

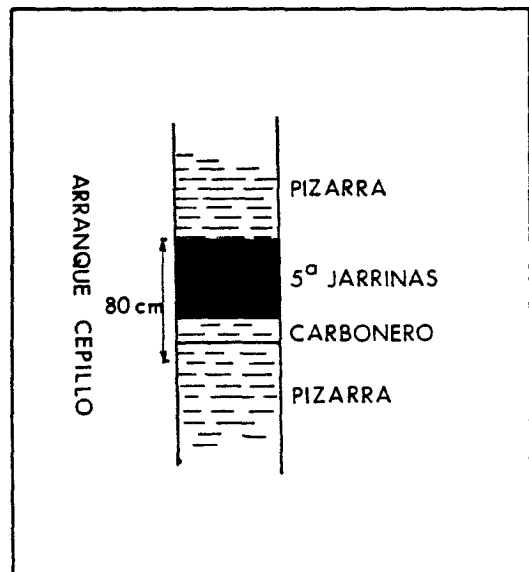
NICHO DE: Galería de cabeza

TALLER: 5ª JARRINAS

MINA: Grupo Valdesalguedo
ANTRACITAS DE FABERO, S.A.

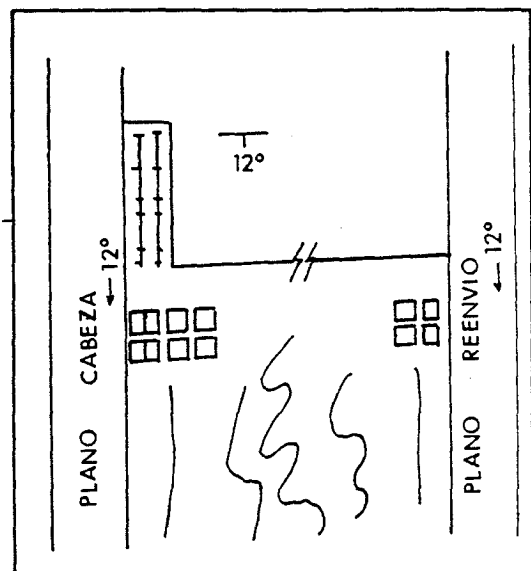
(A) DATOS DE LA CAPA

- + Potencia: Variable, con un valor medio de 0,70 m
- + Profundidad: De 120 a 60 m (Tajo ascendente)
- + Resistencia a compresión del techo inmediato:
= 50 MPa
- + Grado de fracturación: Media-Alta
- + Inclinación de la capa: 12°



(B) DATOS DEL TALLER

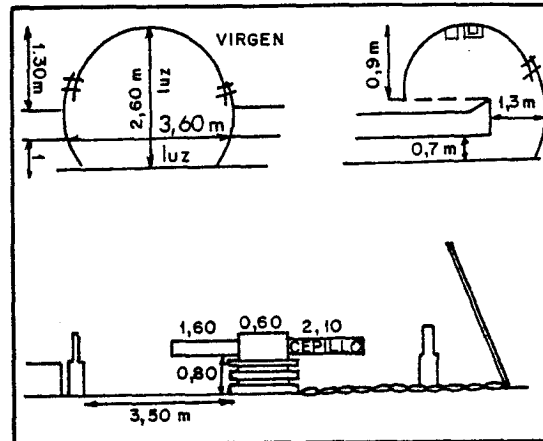
- + Método de explotación: Tajo largo con hundimiento integral.
- + Equipo de arranque: Cepillo GLEIT
- + Sostenimiento del taller: Tres filas de mampostas individuales GULLICK-DOBSON colocadas al tresbolillo.
- + Producción media: 175 t/relevo.
- + Rendimiento del tajo: = 10,5 t/jornal



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE
EXPLORACIONES MECANIZADAS (2)

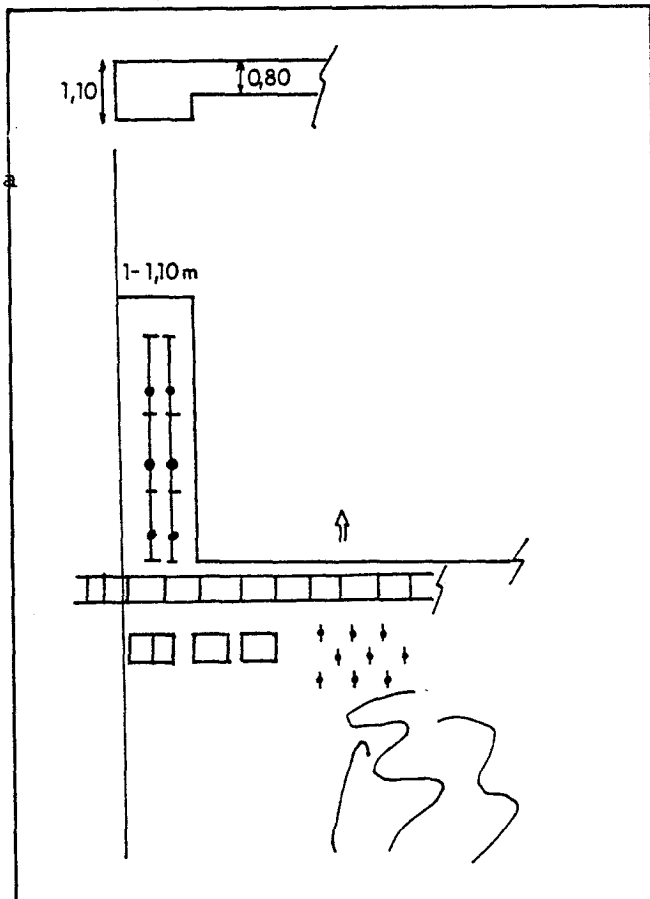
Ⓒ DATOS DE LA GALERIA

- + Forma: Semicircular, franqueando el techo
- + Sección útil: $\approx 9 \text{ m}^2$
- + Sostenimiento: Cuadros metálicos semicirculares TH del tipo 2 CTA de 21 Kg/m. Se enrachona y se colocan parrillas metálicas
- + Distancia de posteo: 1 - 1,25 (En la galería por la que se saca el carbón se intermedia al pasar el tajo).



Ⓓ DATOS DEL NICHOS

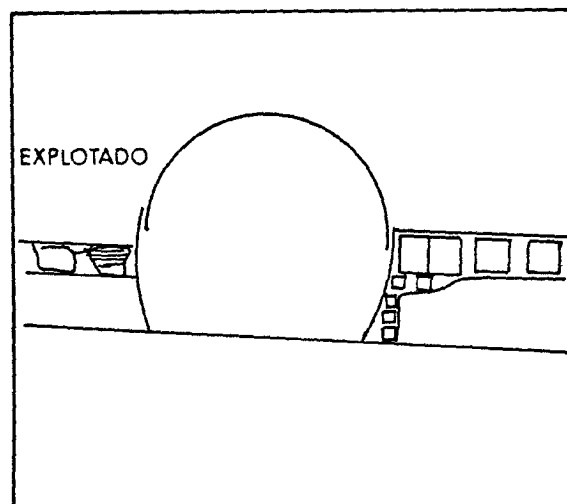
- + Dimensiones: $6 \times 1 \text{ m}^2$ (Ver croquis)
- + Método de avance: Martillo picador
- + Posteo: 2 filas de mampostas DOBSON bastidores metálicos de Duro-Felguera
- + Densidad de posteo: $\approx 1 \text{ mamposta/m}^2$
- + Personal empleado en el avance del nicho: 2 jornales.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (3)

E) PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO

- + Tipo de protección: Llaves de madera de pino gallego y a veces roble.
- + Nº de puntos de cruce: 4 y 6
- + Tipos de piezas: caras planas
- + Nº de hileras: 3 (2 en el reenvío)
- + Dimensiones: 1,25 x 0,80
- + Separación entre llaves: prácticamente se colocan juntas.



F) PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

Caida de pequeños costeros entre el frente del tajo, la galería y las llaves. Esto es debido a la cantidad de techo descubierto para una apreciable fracturación del macizo en algunas zonas.

G) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

Al rebajar el muro de la capa, o cuando la potencia de esta aumenta y se sobrepasa el recorrido de las mampostas, se colocan tacos de madera para "alargarlas" perdiendo estabilidad y rigidez.

Parece interesante la utilización de bulones como sostenimiento, al menos provisional, para eliminar la operación de quitar las patas del lado de la explotación al pasar el tajo.

GEOCONTROL, S.A.

Cliente : I.G.M.E.

Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)

CAPA: Ancha

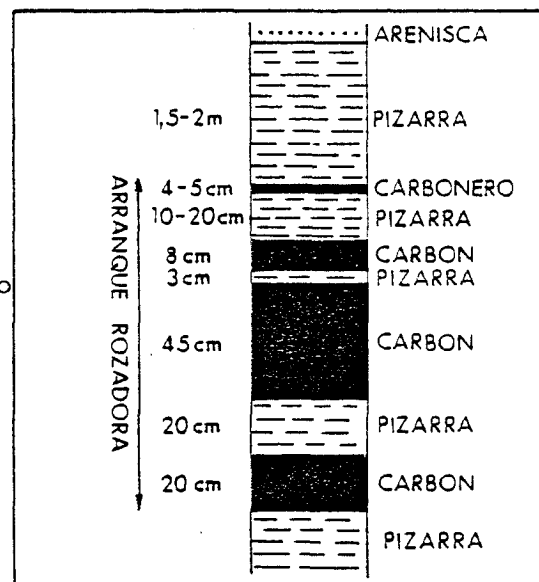
NICHO DE: Galería de cabeza

TALLER: Rozadora soviética 1K-101 UM

MINA: Grupo Río
COMBUSTIBLES DE FABERO S.A.

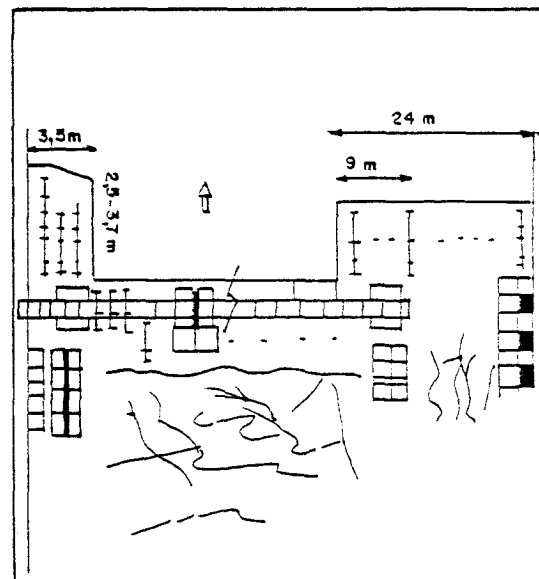
(A) DATOS DE LA CAPA

- + Potencia: 0,95-1,15 m
- + Profundidad: \approx 32,5 m
- + Resistencia a compresión techo inmediato:
50-65 MPa
- + Grado de fracturación del techo inmediato: Medio
- + Inclinación de la capa: $12^\circ - 14^\circ$



(B) DATOS DEL TALLER

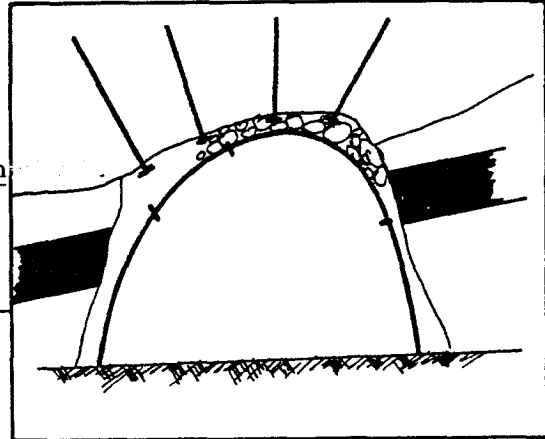
- + Longitud del taller: 177 m
- + Método de explotación: Tajo largo en avance con hundimiento integral
- + Equipo de arranque: Rozadora 1K-101 UM
- + Sostenimiento del taller: entibación automar-chante KM-87
- + Producción media (1.985): \approx 776 t/relevo
- + Rendimiento del taller: 776t/23 jornales = \approx 33,3 t/jornal.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE
EXPLOTACIONES MECANIZADAS (2)

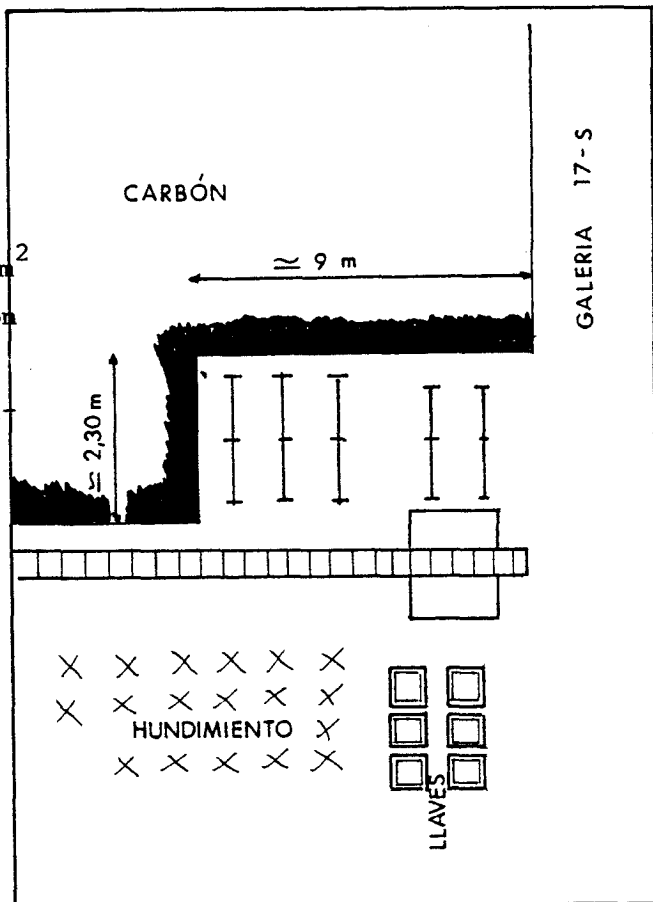
Ⓒ DATOS DE LA GALERIA

- + Forma: Semicircular, franqueando el techo
- + Sección: $13,5 \text{ m}^2$
- + Sostenimiento: Antes del paso del tajo se colocan 4 bulones por arco de 1,90 m de longitud. La separación de arcos es de aproximadamente 1 m. Tras el paso del tajo se colocan cusddros metálicos tipo 2I1 de perfil TH de 29 Kg/m
- + Distancia de posteo: 0,8 - 1 m



Ⓓ DATOS DEL NICHO

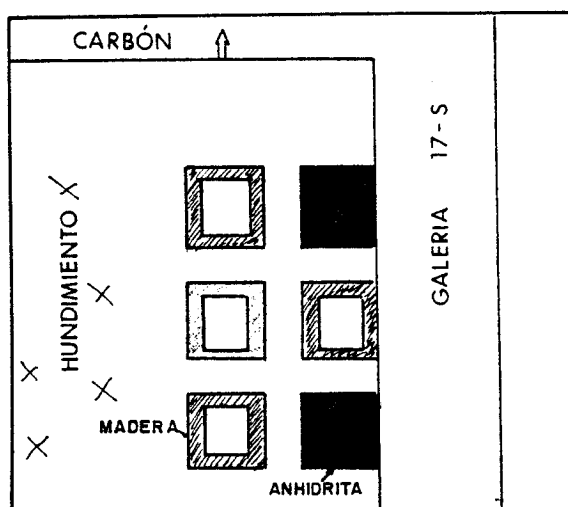
- + Dimensiones: $\approx 9 \times 2,5 \text{ m}$ (ver croquis)
- + Método de avance: Martillo picador
- + Posteo: Estemples de fricción S-3 de Duro-Felguera con bastidor metálico de 1.120 mm
- + Densidad de posteo: 0,5-0,7 estemples/m²
- + Observaciones: Durante la realización del proyecto se ha llevado un nicho de 24 m de ancho para eliminar un pilar entre dos galerías; pero es una situación atípica.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (3)

E) PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO

- + Tipo de protección: Llaves de madera de pino gallego. En la última fase del proyecto se utilizarán llaves de anhidrita (1 de cada 2).
- + Nº de hileras: 2
- + Separación entre llaves: prácticamente juntas 0.5 m
- + Dimensiones de las llaves: = 1 x 1 m



F) PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

A techo de la capa y a una distancia variable (0,20 - 0,80 m) existe un carbón que actúa como plano de despegue de bloques en el nicho. Dado que no se impide el aflojamiento del terreno mediante bulones y a la poca rigidez del sostenimiento del nicho se ha llegado a desprender bloques de más de 1 tonelada.

G) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

Es interesante la posibilidad de no franquear el techo de la galería de modo que los bloques queden calzados. La experiencia que se tiene es que esto dificulta la formación de bloques pero que la caída de pequeños costeros es mayor en la galería (quizá debido a un deficiente guarnecido o a un bulonaje insuficiente).

GEOCONTROL, S.A.

Cliente : I.G.M.E.

Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)

CAPA: Ancha

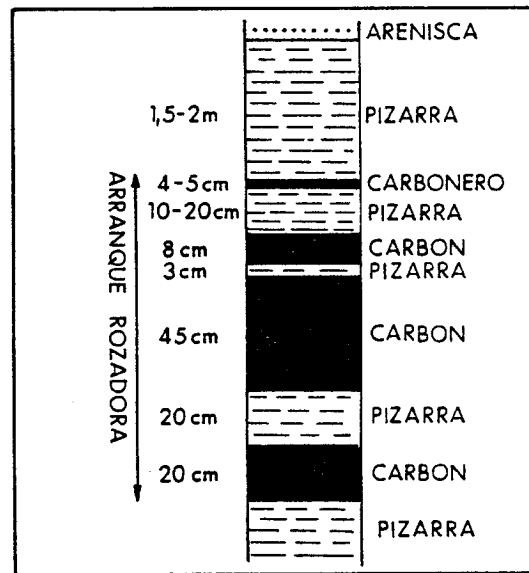
NICHO DE: Galería de base

TALLER: Rozadora soviética 1K-101 UM

MINA: Grupo Río
COMBUSTIBLES DE FABERO S.A.

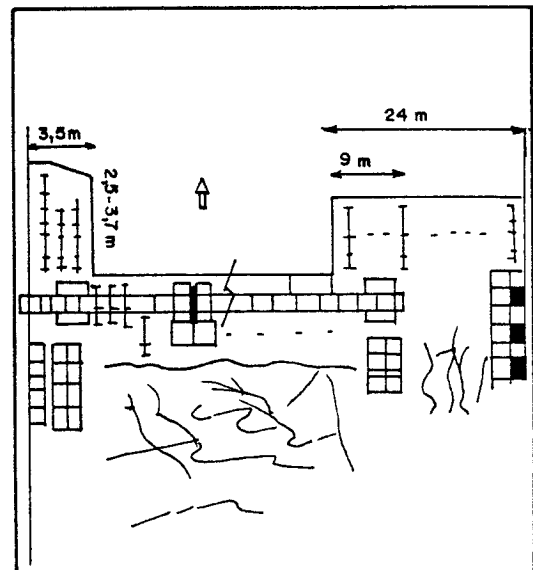
(A) DATOS DE LA CAPA

- + Potencia: 0,95 - 1,15 m
- + Profundidad: \approx 350 m
- + Resistencia a compresión techo inmediato:
60-75 MPa
- + Grado de fracturación del techo inmediato:
MEDIO
- + Inclinación de la capa: 12° - 14°



(B) DATOS DEL TALLER

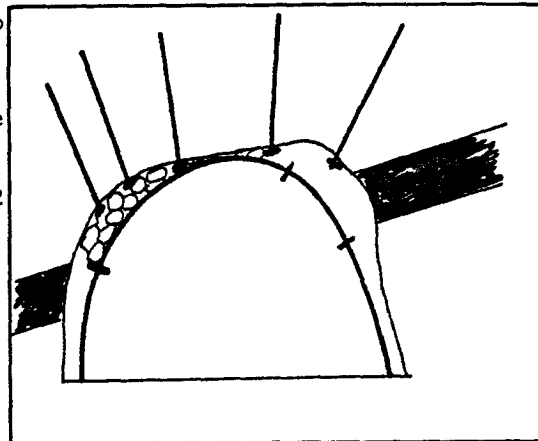
- + Longitud del taller: 177 m
- + Método de explotación: Tajo largo en avance con hundimiento integral.
- + Equipo de arranque: Rozadora 1K-101 UM
- + Sostenimiento del taller: Entibación automar-chante KM-87
- + Producción media (1.980): \approx 776 t/relevo
- + Rendimiento del taller: $776/23 = 33,3$ t/jornal



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE
EXPLOTACIONES MECANIZADAS (2)

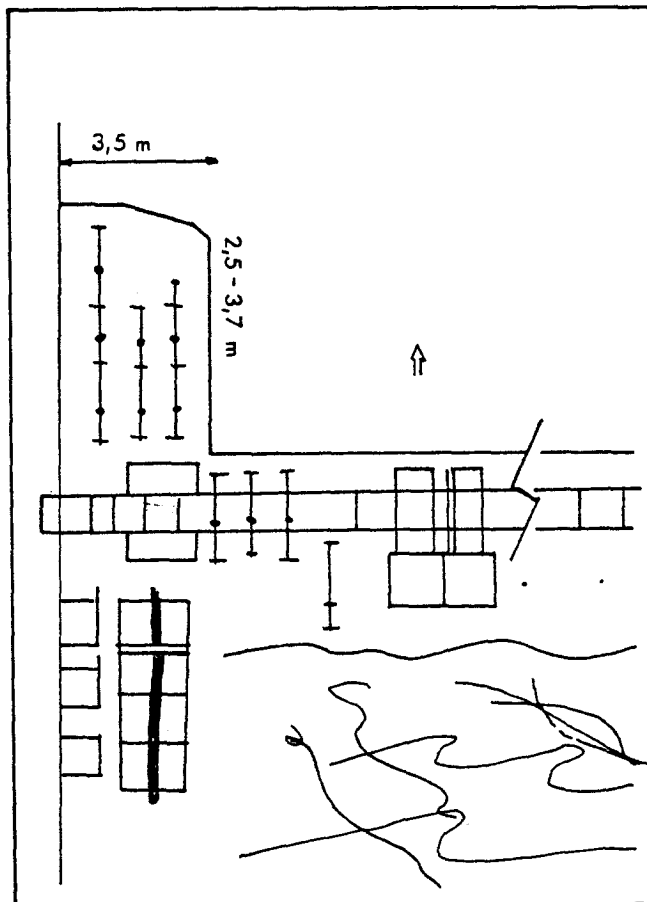
C DATOS DE LA GALERIA

- + Forma: Semicircular, franqueando el techo
- + Sección: $\approx 13,5 \text{ m}^2$
- + Sostenimiento: Antes del paso del tajo se colocan bulones de 1,90 m de longitud y con una densidad aproximada de 1 bulón/ m^2 (El anclaje se realiza con 1-2 cartuchos)
Tras el paso del tajo se colocan cuadros metálicos tipo 2I1 de perfil TH de 29 \times 29 Kg/m.
- + Distancia de posteo: 0,80 - 0,90 m



D DATOS DEL NICHO

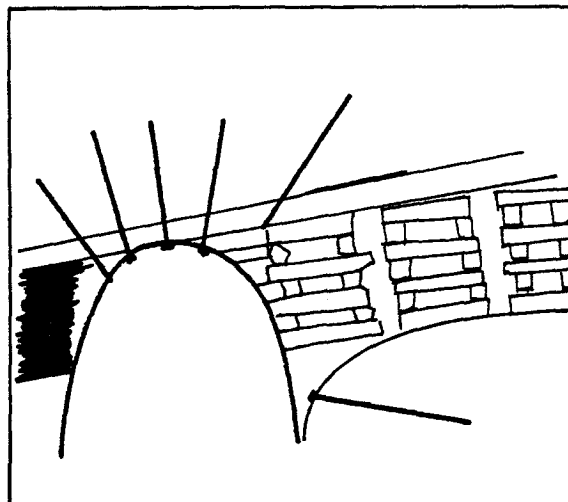
- + Dimensiones: 3,5 x 2,5 - 3,7 m
(ver croquis)
- + Método de avance: Martillo picador
- + Posteo: Estamples de fricción S-3 de Duro-Felguera con bastidor metálico de 1120 mm
- + Densidad de posteo: 0,5-0,7 estamples/ m^2
- + Personal empleado en el avance del nicho: 1 picador y 1 ayudante.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (3)

E PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO

- + Tipo de protección: Llaves de madera de pino gallego.
- + Tipo de piezas: caras planas
- + Nº de puntos de cruce: 4
- + Nº de hileras: 3
- + Dimensiones de las llaves: 1 x 1 m
- + Separación entre llaves: Las exteriores van separadas 0,80 m y las interiores van juntas.
- + Separación entre hileras: 1 m



F PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

- Desprendimiento de bloques del techo inmediato, una vez que el tajo pasa. Son fundamentalmente debidos a la presencia de un carbonero a techo de la capa que facilita el despegue.
- Arrastre del muro de la capa en el paramento correspondiente al macizo explotado. Frecuentemente el muro rompe e invade la galería. Otras veces los bloques provienen del hundimiento, detrás de las llaves.

G OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

Las inflexiones de la capa (aunque no muy grandes) hacen que los bastidores trabajen en la zona de los nichos sometidos a esfuerzos puntuales, doblándose. Con bastidores más cortos, con la densidad de posteo actual, puede ser excesiva la superficie descubierta en techos malos.

GEOCONTROL, S.A.

Cliente : I.G.M.E.

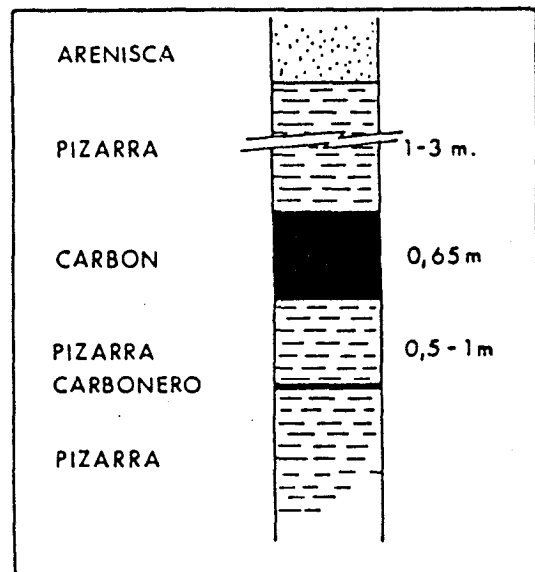
Proyecto : Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (1)

NICHO TIPICO DE EL BIERZO EN UN TAJO DE PICADORES Y TRANSPORTADOR
BLINDADO (DATOS TOMADOS EN LA CAPA CHU-CHU DE CARBONES S.ANTONIO)

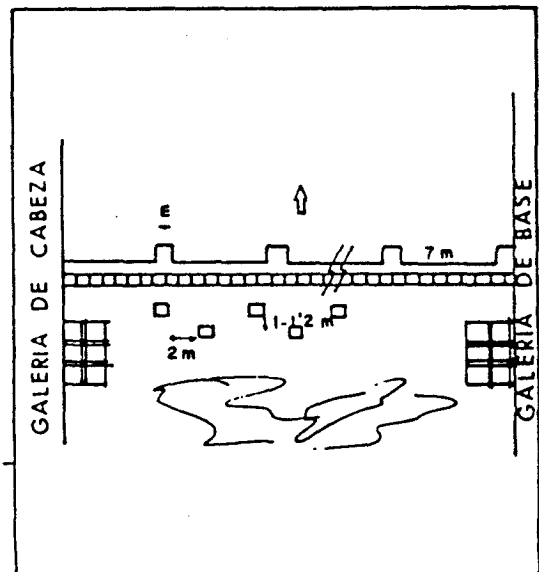
A DATOS DE LA CAPA

- + Potencia: 0,65 m
- + Profundidad de la capa: 250 m
- + Resistencia a compresión simple del techo inmediato: 50-60 MPa
- + Grado de fracturación: Bajo y ocasionalmente medio (intersección 2 ó 3 familias)
- + Inclinación de la capa: 10-12°



B DATOS DEL TALLER

- + Longitud del taller: 60-100 m
- + Método de explotación: tajo en avance con hundimiento y ocasionalmente abandono de llaves de madera.
- + Arranque: martillo picador.
- + Evacuación del carbón: generalmente mediante transportador blindado del tipo T-350.
- + Sostenimiento del taller: puntales de madera y llaves móviles y más frecuentemente mampostas de fricción con bastidores metálicos.
- + Producción: = 100-110 t/relevo
- + Rendimiento medio: 8-10 t/jornal



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLOTACIONES MECANIZADAS (2)

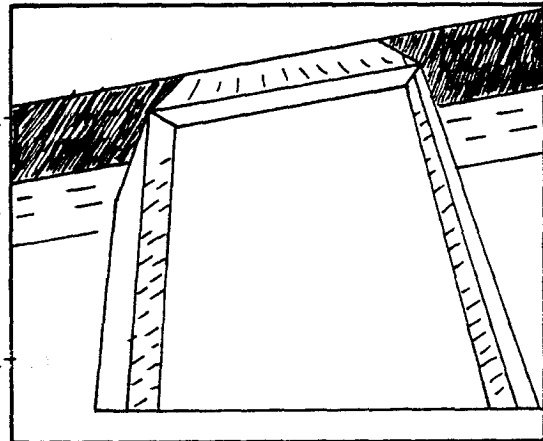
C DATOS DE LA GALERIA

+ Forma:

+ Sección:

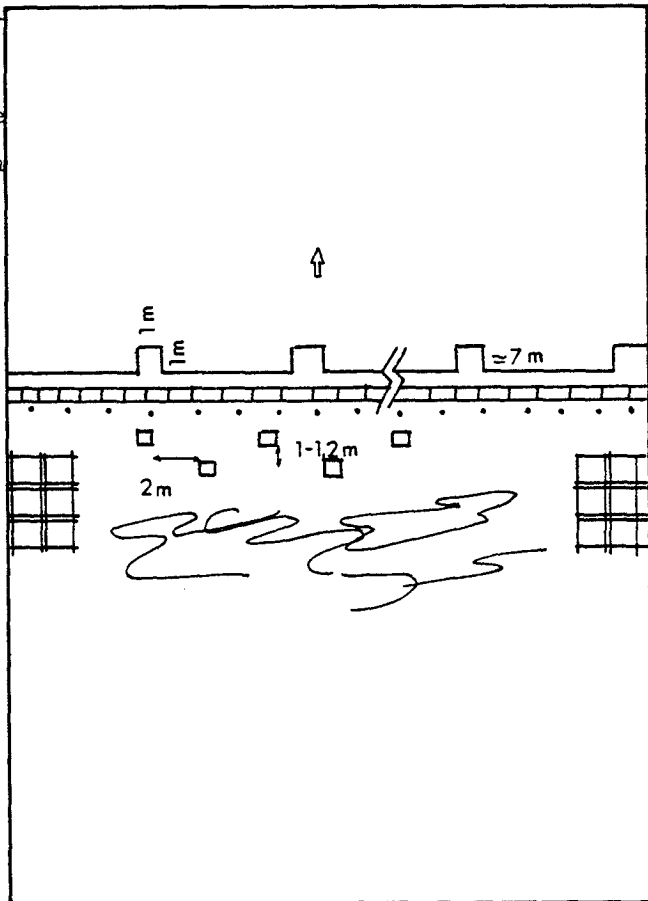
+ Sostenimiento: Generalmente cuadros de madera, salvo en trastornos de la galería que se colocan ocasionalmente cuadros metálicos de diversos tipos. Al pasar el tajo se suele intermediar y en su caso sustituir la madera que está en malas condiciones.

+ Distancia de posteo: 1-1,50 m antes del paso del tajo.



D DATOS DEL NICHO

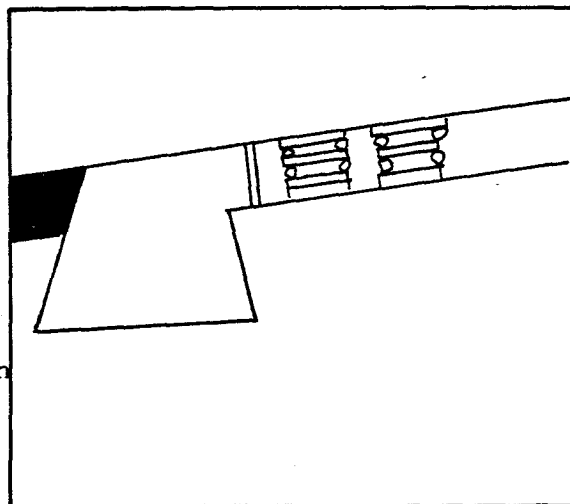
Los tajos de picadores no llevan propiamente nicho dado que los motores del pancer no ocupan mucho espacio, e incluso a veces se sacan fuera (a la galería) cada picador realiza su nicho de $1 \times 1 \text{ m}^2$ para coger su tajo.



TOMA DE DATOS EN NICHOS DE EXPLORACIONES MECANIZADAS (3)

E) PROTECCION DE LA GALERIA FRENTE AL HUNDIMIENTO

- + Tipo de protección: Llaves de madera de pino o eucalipto.
- + Tipo de piezas: redondos y/o planos y húmedos generalmente.
- + Nº de puntos de cruce: 4 generalmente
- + Nº de hileras: 2 a veces se abandonan en el tajo.
- + Separación entre llaves: Próximas, sin norma generalmente.



F) PROBLEMATICA Y ACCIDENTES MAS FRECUENTES

- + Formación de costeros en la 2ª pasada en zonas de intersección de juntas ya que el terreno está aflojado y en los nichos se utilizan casi exclusivamente sostenimientos de madera ("puntuales") o estemples de fricción poco rígidos.

G) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

**ANEJO II DATOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO GEOMECANICO DE CUATRO
NICHOS EN EL BIERZO.**

GEOCONTROL, S.A.

CLIENTE: INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PROYECTO: Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (1)

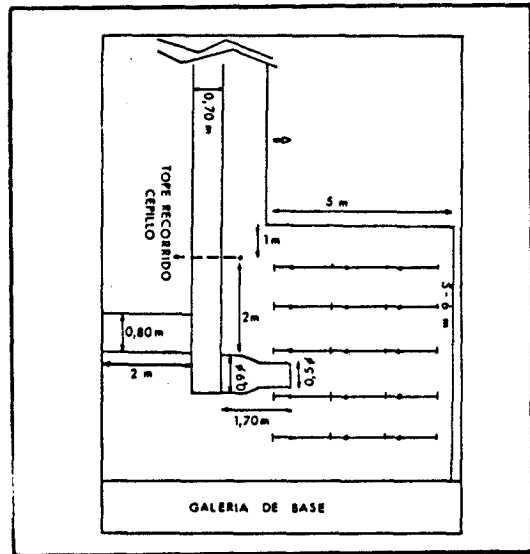
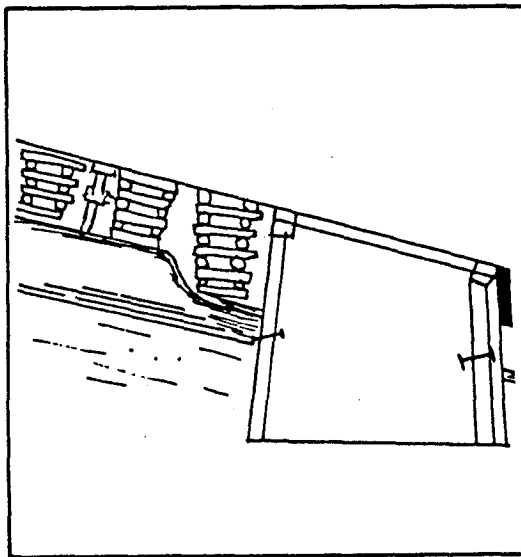
Mina: Antracitas de Gaiztarro, S.A.

Fecha:

Galería: Galería de cabeza del tajo C-4

Localización: Grupo Escandal
Medidas en nichos de cabeza y base.

(A) GEOMETRIA



(B) CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS

— Estado de los hastiales

El techo y muro de la capa Bienhallada presenta un aspecto muy satisfactorio antes del paso del tajo. No obstante, la presencia de un carbonero a muro de la capa provoca generalmente el arrastre de los estratos situados entre éste y la capa. Esto se solventa colocando convenientemente bulones.

— Estado de fracturación y diaclasado (orientación, continuidad, espaciado, etc.)

Las principales discontinuidades medidas en el techo de la galería y del tajo tienen la dirección y dirección de buzamiento que se indica.

$$J_1 = 250/75$$

$$J_2 = 40/70$$

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (2)

Mina: Antracitas de Gaiztarro, S.A.

Fecha:

Galería: Galería de base del tajo C-4

Localización: Grupo Escandal

(C) MEDIDAS (cms.)

DISTANCIA AL TAJO (m)	- 7	- 20	- 50	- 80	- 110
MEDIDA (m)	1,32	1,02	0,85	0,70	0,53
% SOBRE ALTURA INICIAL	100	77	64	53	40
CONVERGENCIA RELATIVA (%)	0	23	36	47	60

(D) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

La mayor altura inicial (mayor que la potencia de la capa) de las llaves en la galería de base del tajo C-4 se debe a que se rebaja el muro de la capa en el borde del tajo. Pese a que se colocan cuidadosamente, la estabilidad de las mismas no es grande, una vez que entran en carga.

Se puede ver que durante los primeros 20 m, del paso del tajo se produce un descenso de llaves del 23% sobre la altura total, lo que supone un 38% del descenso total de llaves. Esta velocidad de convergencia de llaves es debida a la poca rigidez de las mismas pese a que se colocan 3 filas de llaves.

La deformación total medida es del orden del 60%, muy elevada, y superior a la medida en las llaves de la galería de cabeza (46%). Si se refiere a distancias similares del tajo, las deformaciones serían:

- 47% para la galería de base a 80 m del tajo.

- 29% para la galería de cabeza a 85 m del tajo.

lo que supone un descenso de un 18% menos para las llaves de la galería superior.

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (2)

Mina: Antracitas de Gaiztarro, S.A.

Fecha:

Galería: Galería de cabeza tajo C-4

Localización:

C MEDIDAS (cms.)

A continuación se incluyen también las medidas realizadas en las llaves de madera colocadas en el borde superior del tajo, es decir en la intersección con la galería de cabeza.

DISTANCIA AL TAJO (m)	- 5	- 25	- 35	- 55	- 85
MEDIDA (m)	0,94	0,85	0,80	0,76	0,67
% SOBRE ALTURA INICIAL	100	90	85	80	71
CONVERGENCIA RELATIVA (%)	0	10	15	20	29

Otras medidas han sido 0,55 - 0,53 - 0,51 m a distancias del tajo de - 130; - 155 y - 172 mm respectivamente.

D OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

Lo más significativo observable a partir de las medidas podría ser el elevado nivel de convergencia experimentado por las llaves, del orden del 46% cuando el tajo ha pasado 172 m, teniendo en cuenta que se colocan 2 filas de llaves de madera. Esto quizás se explique por la mala calidad de la madera (pino poco seco).

Se puede observar en las medidas que durante la primera semana (-25 m) una vez que el tajo ha pasado se obtiene una deformación superior al 10% de la altura de llaves, o lo que es lo mismo más del 20% de la deformación total. Esta velocidad de convergencia es muy elevada si se pretende realizar un sostenimiento por bulonaje que por otra parte sería muy económico y cómodo para la operación.

GEOCONTROL, S.A.

CLIENTE: INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PROYECTO: Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (1)

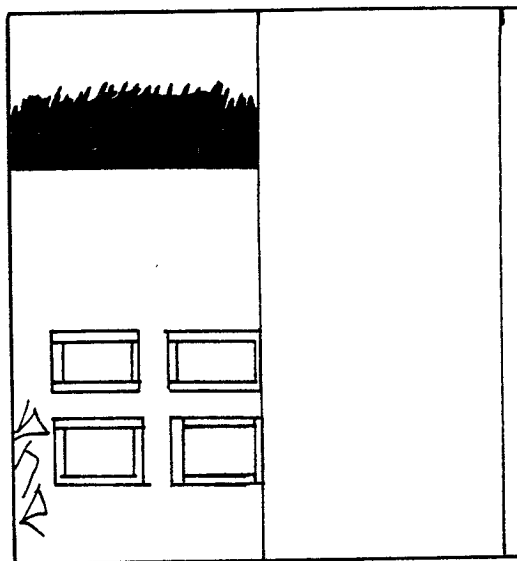
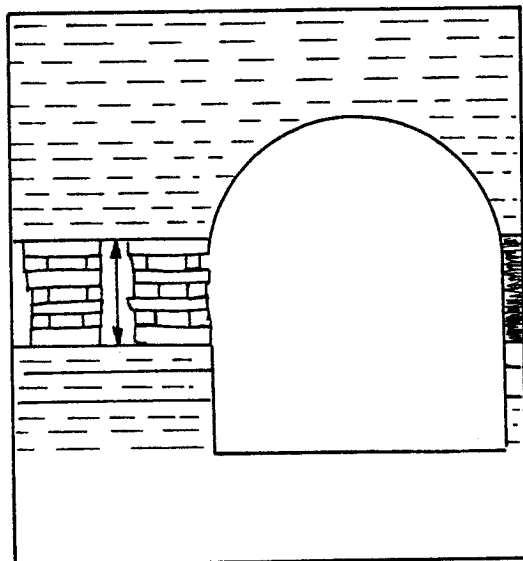
Mina: ANTRACITAS DE FABERO, S.A.

Fecha:

Galería: Plano M-2

Localización:

(A) GEOMETRIA



(B) CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS

— Estado de los hastiales

Los hastiales de la capa se encuentran generalmente en buen estado antes del paso del tajo pese a que el techo es cortado al trazar la galería (en muchos tramos no se coloca sostenimiento hasta después de que el tajo ha pasado). Esto se ve favorecido por estar el macizo virgen a ambos lados. No obstante, al aflojarse los terrenos se produce alguna caída de costeros pequeños y se favorece la formación de bloques.

— Estado de fracturación y diaclasado (orientación, continuidad, espaciado, etc.)

Se han medido los principales planos de fracturación y diaclasado y se han encontrado 3 familias predominantes (además de la estratificación). La dirección y dirección de buzamiento son las siguientes:

$$J_1 = 130/85^\circ$$

$$J_2 = 0/45^\circ$$

$$J_3 = 170/85^\circ$$

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (2)

Mina: Antracitas de Fabero, S.A.

Fecha:

Galería: Plano M-2

Localización:

(C) MEDIDAS (cms.)

Se han realizado medidas de convergencia vertical entre las llaves de madera situadas en el borde del tajo una vez que éste hubiera pasado. Estos son los resultados:

DISTANCIA AL TAJO (m)	- 5	- 20	- 33	- 55	- 80
MEDIDA (m)	0,92	0,81	0,74	0,63	0,55
% SOBRE ALTURA INICIAL	100	88	80	68	60
CONVERGENCIA RELATIVA (%)	0	12	20	32	40

(D) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

El hundimiento del tajo se presenta justo detrás de la última fila de llaves y de la última fila de mampostas, rompiendo el techo inmediato en pequeños bloques en los que se va apoyando el techo próximo que se rompe muy regularmente cada cierto tiempo. Se observa también que esto se ve favorecido si se emplean llaves de roble (más rígidas que las de pino). Pese a tener solamente 4 puntos de cruce, las llaves se deforman verticalmente en un 40% cuando el tajo ha pasado 100 m por delante del punto de lectura, cantidad que se ha visto superada en otros tajos en los que se ha medido la convergencia entre llaves.

Pensamos que la utilización de llaves de roble y la formación de bloques que casualmente tienden a acuñarse explican en parte el buen comportamiento de la galería y nichos.

GEOCONTROL, S.A.

CLIENTE: INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PROYECTO: Estudio geomecánico de la problemática de nichos en tajos mecanizados de carbón en capas horizontales.

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (1)

Mina: Carbones de S. Antonio, S.A.

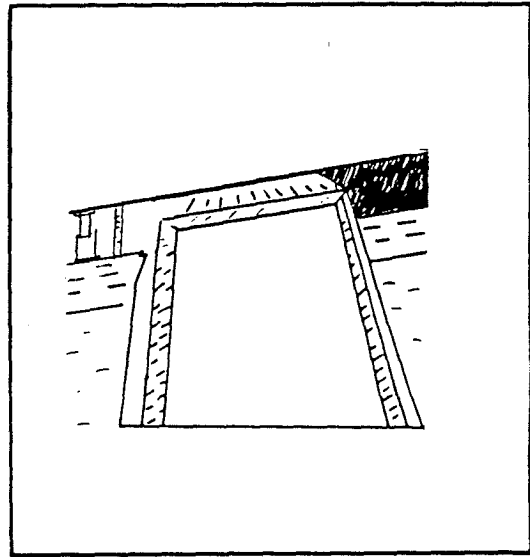
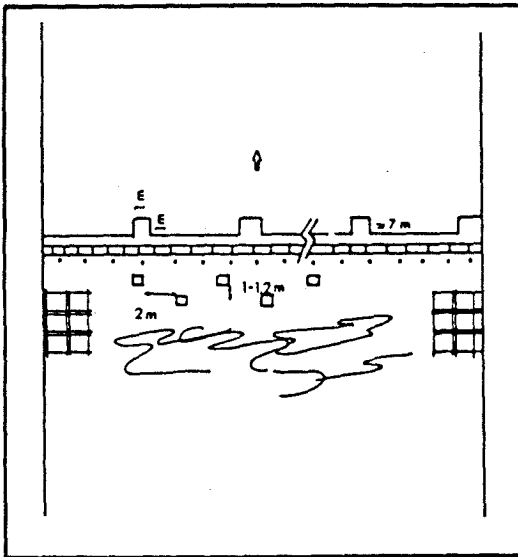
Fecha:

Galería: Chu-chu 6ª Planta

Localización: Tajo de picadores con panzer de extracción de carbón

(A) GEOMETRIA

No existen nichos propiamente. Solamente los alojamientos que se preparan los propios picadores.



(B) CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS

— Estado de los hastiales

En general bien antes del paso del tajo. Una vez que este pasa se forman bloques en los paramentos, generalmente a muro de la capa.

— Estado de fracturación y diaclasado (orientación, continuidad, espaciado, etc.)

Existen varias familias de juntas que generalmente son subverticales con direcciones medias del buzamiento de 165, 145 y 75°.

CONTROL DEL COMPORTAMIENTO DE NICHOS (2)

Mina: Combustibles de Fabero, S.A.

Fecha:

Galería: 18-S

Localización:

(C) MEDIDAS (cms.)

DISTANCIA AL TAJO (m)	- 10	- 30	- 50	- 100	- 200
MEDIDA (m)	0,92	0,74	0,62	0,46	0,38
% SOBRE ALTURA INICIAL	100	80	67	50	41
CONVERGENCIA RELATIVA (%)	0	20	33	50	59

(D) OTRAS OBSERVACIONES DE INTERES

Parece conveniente, en principio, la eliminación de los nichos en estas circunstancias, procurando que en esa zona el número de operaciones a realizar manualmente sea mínimo. Parece aconsejable también, en caso de seguir con nichos, no cortar falso techo, pero existe el inconveniente de que la potencia del mismo es irregular y se dificulta la operación de carga del carbón al panzer repartidor de la galería. Un bulonaje adecuado antes del paso del tajo puede ser muy beneficioso.

De cara a los resultados de las medidas puede decirse que, aunque no se aprecie en la tabla, los descensos entre llaves son bruscos, en escalones (¿golpes de techo?). Los niveles de convergencia entre llaves son elevados.