

PARAGUAS PESADOS DE MICROPILOTES

José Polo Narro
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
SITE

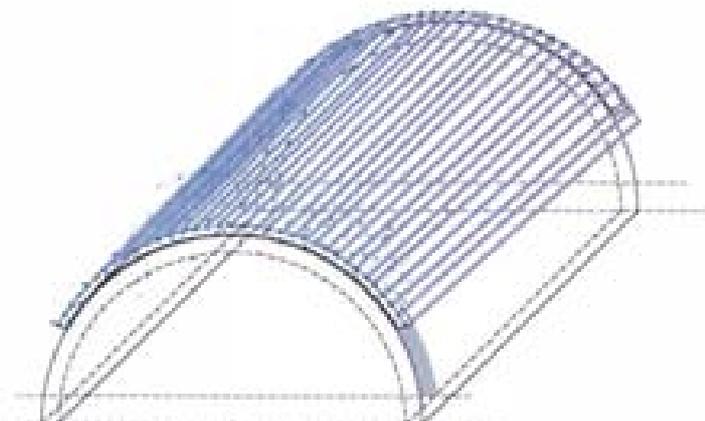
Esta exposición es continuación de la realizada por SITE (T. Murillo P.) con motivo de la 20ª Sesión de las Jornadas sobre Obras de Interés Geotécnico ejecutadas por Constructores Españoles, en la que se mostraron las características de los paraguas de micropilotes, las fases de ejecución, equipos y la realización de una obra concreta.

Partimos aquí de esa base, haciendo síntesis de la misma para, posteriormente, hacer énfasis sobre los aspectos más importantes para la buena ejecución, en especial sobre las armaduras y equipos a emplear, especialmente por el desconocimiento existente sobre aquellas.

1. DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y FASES DE EJECUCIÓN.

1.1. Definición.

Un paraguas de micropilotes es un conjunto discreto de elementos lineales subhorizontales perforados en el terreno armados e inyectados, que forman una prebóveda resistente envolvente de la cavidad a excavar, cuya misión es sostener el terreno existente por encima, así como minimizar las deformaciones del mismo para evitar daños en estructuras o infraestructuras viarias existentes durante la excavación.





1.2. Clasificación.

Se puede realizar la siguiente clasificación, en función de tres criterios básicos: tipo de armadura constituyente, geometría, y posición. Se resumen en el cuadro siguiente:

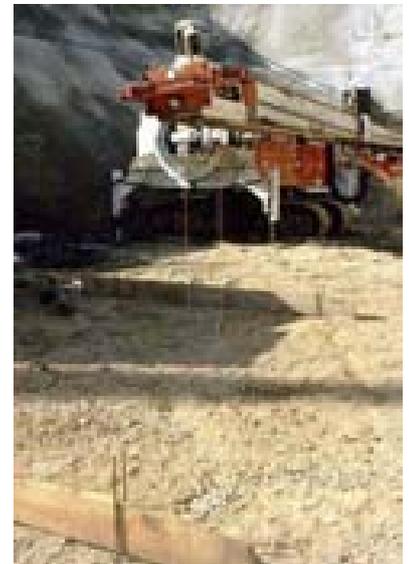
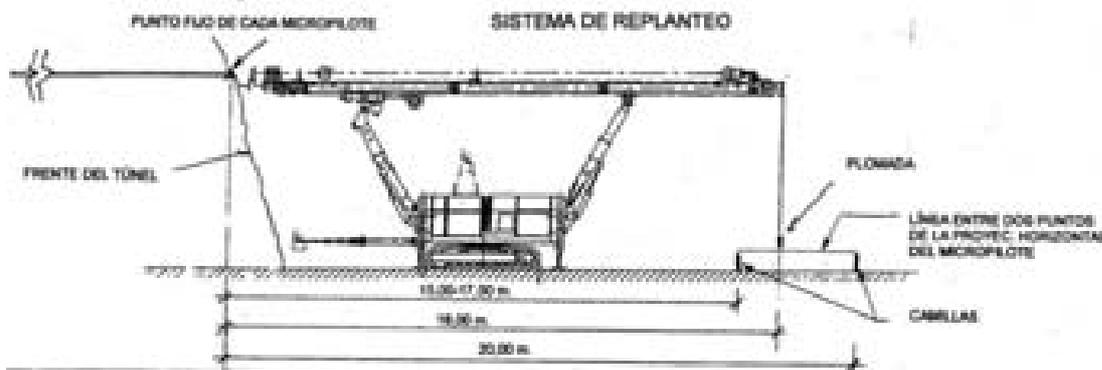
ARMADURA	PESADO	Armadura Tubular	Lisa (Inyección única global)
		Perfiles / Carriles	Con válvulas (Inyección IRS)
	LIGERO	Bulones	
	JET GROUTING		
GEOMETRÍA	CILÍNDRICO	Recto	
		Esviado	
	TRONCOCÓNICO		
POSICIÓN	EXTERIOR (De emboquille)		
	INTERIOR		

1.3. Fases de ejecución.

Se distinguen cuatro fases principales: replanteo, perforación, introducción de la armadura e inyección. Describimos a continuación la fase de replanteo, y después agrupamos perforación-armadura-inyección en función de los tipos de terreno y sus condicionantes.

1.3.1. Replanteo.

Es una fase fundamental para la buena ejecución del paraguas. De no realizarse correctamente los micropilotes pueden cruzarse en el espacio, terminar dentro de la sección del túnel a excavar, o cortarse entre sí debiendo abandonar el micropilote que corta a otro al producirse tal circunstancia. El sistema de replanteo debe ser preciso, fiable y fácil de realizar. En las siguientes figuras se observa el método a seguir.



Dado que los micropilotes son generatrices de una superficie reglada, se pueden replantear del siguiente modo:

- Se marca un punto fijo en el frente (punto de emboquille de cada micropilote). Con este punto se consigue fijar un extremo de la perforadora.
- Se marcan dos puntos de la proyección sobre la plataforma de trabajo de la generatriz correspondiente (micropilote). Con ello se fija la perforadora en dirección quedando como único grado de libertad la inclinación del micropilote en el plano vertical.
- Se fija la inclinación del mástil de la perforadora (y por tanto del micropilote) mediante un nivel de ángulos.

1.3.2. Perforación-Armadura-Inyección.

Se sintetizan a continuación los criterios generales seguidos dependiendo del terreno a perforar.

1.3.2.1. En roca competente.

- Perforación: RotoperCUSión con martillo de fondo.
- Inyección: Por el interior de la armadura. Se obtura la boca del taladro, dejándose dos conductos, uno para la inyección y otro de purga y control de llenado.

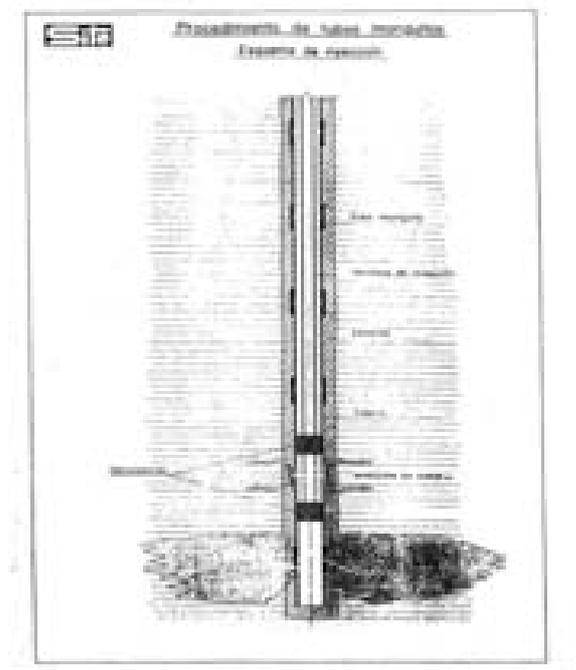
1.3.2.2. En suelos.

1.3.2.2.1. Suelos con cohesión.

- Perforación: Rotación con trialeta.
- Inyección: Por el interior de la armadura. Se obtura la boca del taladro, dejándose dos conductos, uno para la inyección y otro de purga y control de llenado.

1.3.2.2.2. Suelos con baja o nula cohesión.

Se trata de terrenos arenosos, zonas de rellenos, vertederos, etc., en los que se pueden producir despredimientos entre micropilotes adyacentes al excavar el túnel al abrigo de los mismos. En estos casos se realizan paraguas con armadura equipada con válvulas para inyección IRS, con el fin de *solapar* la inyección de los micropilotes formando una superficie resistente más continua. Se distinguen básicamente dos formas de realizar el proceso descrito.



A) Armaduras con manguitos de caucho (tubo-manguitos).

Es el procedimiento tradicional.

- Perforación: Rotación con trialeta, y tubería de revestimiento recuperable.
- Inyección: Mediante obturador simple o doble seleccionando cada válvula.



B) Armaduras con válvulas insertas.

- Perforación: Rotación con trialeta no recuperable dispuesta sobre la propia armadura, actuando ésta como varillaje de perforación, sin tubería de revestimiento.
- Inyección: Mediante obturador simple o doble seleccionando cada válvula.



1.3.2.3. En roca muy meteorizada y disgregada.

También en este caso se puede utilizar armadura equipada con válvulas insertas, pero el método de ejecución es distinto en lo que se refiere a la perforación.

- Perforación: Rotación con trialeta como en 1.3.2.2.A) si el terreno lo permite, o rotoperusión con martillo de fondo. En este caso no es viable desde el punto de vista económico utilizar la armadura como varillaje de perforación, con martillo de fondo perdido. Por ello, se equipa la armadura con corona de corte no recuperable y constituye la tubería de revestimiento durante la perforación, empleándose varillaje convencional de perforación a rotoperusión con martillo de fondo por el interior.

- Inyección: Finalizada la perforación, se retira el varillaje interior con el martillo y se procede a inyectar a través de las válvulas.

2. ARMADURAS-TIPOS DE UNIÓN.

A continuación se desglosan los distintos tipos de aceros y tuberías disponibles en el mercado, su relación con los tipos de unión y las características de unas y otras.

Se tratan sólo armaduras tubulares, por ser predominante su uso y fácil su unión, dejando aparte los perfiles metálicos y carriles, que requieren unión mediante soldadura *in situ*, poco recomendable en obra.

2.1. Aceros Convencionales.

Denominamos aceros convencionales a aquellos de uso habitual en estructuras metálicas, fabricados en perfiles y tuberías según las especificaciones UNE, EN, DIN, etc. Se resumen los habituales en el cuadro siguiente.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS CONVENCIONALES												
Tipo de acero	Norma	Límite Elástico (MPa)	Resistencia a rotura (MPa)	Alargamiento (%)	Composición Química							
					C %máx	Mn %mín	Mn %máx	P %máx	S %máx	Cr %máx	N %máx	Mo %máx
S 235	EN	235	360	26	0.17	1.2	1.2	0.040	0.040			
A 37	UNE											
Fe 360	UNI											
ST 37-2	DIN											
E 24-2	AFNOR											
S 275	EN	275	410	22	0.2	0.5	1.4	0.035	0.030	0.30	0.30	0.10
Fe 430	UNI											
ST 44-3	DIN											
E 28-3	AFNOR											
S 355	EN	355	510	22	0.2	0.90	1.65	0.035	0.030	0.30	0.50	0.10
A 52	UNE											
Fe 510	UNI											
ST 52-3	DIN											
E 36-3	AFNOR											

2.2. Aceros Reutilizados de la Industria Petrolífera.

Denominamos así los aceros normalizados por el American Petroleum Institute, que componen las tuberías de perforación-extracción en la industria petrolífera que habitualmente son aprovechadas en micropilotes. Se resumen a continuación los más habituales. Cualquiera de ellos tiene mayor capacidad mecánica que los anteriores.

Tipo de acero	Especificación	Aplicación Original	Límite Elástico (MPa)		Resistencia Mín. rotura (MPa)	Alargamiento (%)	Composición Química							
			Mín	Máx			C %máx	Mn %mín	Mn %máx	P %máx	S %máx	Cr %máx	N %máx	Mo %máx
J55	API 5 series	Casing, Tubing	379	552	517	24				0.040	0.060			
K55	API 5 series	Casing	379	552	655	19.5				0.040	0.060			
E	API 5 series	Drill Pipe	517	724	689	16				0.040	0.060			
N80	API 5 series	Casing, Tubing	552	758	689	18.5				0.040	0.060			
P105	API 5 series	Tubing	724	931	827					0.040	0.060			
P110	API 5 series	Casing, Tubing	758	965	862	12				0.040	0.060			
X95	API 5 series	Drill Pipe	655	862	724					0.040	0.060			

2.2.1. Clasificación.

Según la función para la que fue fabricada la tubería se pueden agrupar, aunque no de forma exhaustiva sí práctica para conocer las tuberías más habituales, del siguiente modo.

- **CASING.** Tubería de revestimiento.
 - “Seamless tube” (Fabricado en una pieza, sin costuras).
 - Especificación API 5A, (American Petroleum Institute).
 - Terminales macho-macho con manguito exterior.
 - Tipos de acero: J55, K55, N80, P110.



- **TUBING.** Tubería de extracción.
 - “Seamless tube” (Fabricado en una pieza, sin costuras).
 - Especificación API 5A (American Petroleum Institute).
 - Terminales macho-macho con ligero ensanche de sección, con manguito exterior grueso.
 - Tipos de acero: J55, N80, P105, P110.



- **DRILL PIPE.** Varillaje de perforación.
 - “Seamless or welded tube” .
 - Especificación API 5A, 5D (American Petroleum Institute).
 - Terminales macho-hembra tipo manguito exterior incorporado en un extremo con ensanche progresivo de sección en ambos terminales (macho y hembra), y rosca cónica.
 - Tipos de acero: E, X95.



2.3. Uniones.

2.3.1. Armaduras sin manipulación.

Como se ha visto en el epígrafe anterior, cualquiera de los tipos de tubería mostrados (*casing*, *tubing* y *drill pipe*), están dotados de uniones de fabricación original con la propia tubería diseñadas para soportar altos esfuerzos dinámicos y estáticos sin disminución de resistencia respecto a la sección nominal de la tubería.

Lo óptimo es aprovechar esta cualidad y por tanto utilizar dichas tuberías sin manipulación en los paraguas y en otras estructuras sometidas a flexión. Ello obliga al empleo de maquinaria especial de grandes dimensiones para introducir la armadura en los

taladros perforados, como se verá en un epígrafe posterior. Con estos equipos se consigue además otro efecto favorable, como es minimizar el número de uniones por micropilote.

2.3.2. Armaduras con unión mecanizada en taller.

Los tipos de unión que se describen a continuación tienen un factor en: su mecanización afecta a la sección nominal de la tubería reduciendo la misma. En todos los casos se produce pérdida de resistencia a tracción debido al pequeño paso de rosca, siendo variable el comportamiento a flexión dependiendo del tipo de unión mecanizada.

Tras la descripción de los distintos tipos se muestran de nuevo los resultados de un ensayo sobre tuberías con distinto tipo de unión.

2.3.2.1. Unión macho-hembra.

Este tipo de unión reduce la sección nominal de la armadura tubular. Se produce una pérdida de resistencia a flexión del 50 % respecto a la tubería sin unión. Se produce la rotura sin grandes deformaciones.



2.3.2.2. Unión macho-macho con manguito exterior.

Aunque reduce la sección nominal de la tubería al labras los extremos macho, la sección total puede incrementarse al elaborar el manguito exterior con tuberías de diámetro y espesor superiores, siendo conveniente que dicho espesor sea superior al nominal de la tubería por su mejor comportamiento en la parte plástica del diagrama carga-flecha. Es además conveniente que el manguito sea largo, entendiéndose por tal aquel cuya generatriz es mayor que el diámetro.



2.3.2.3. Unión hembra-hembra con manguito interior.

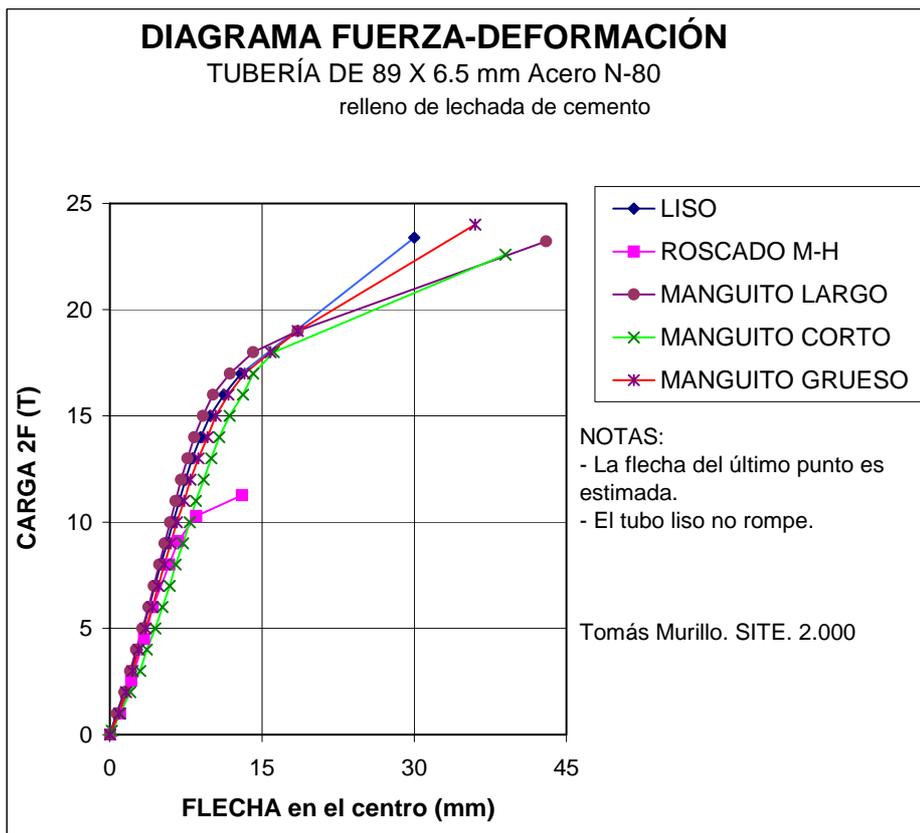
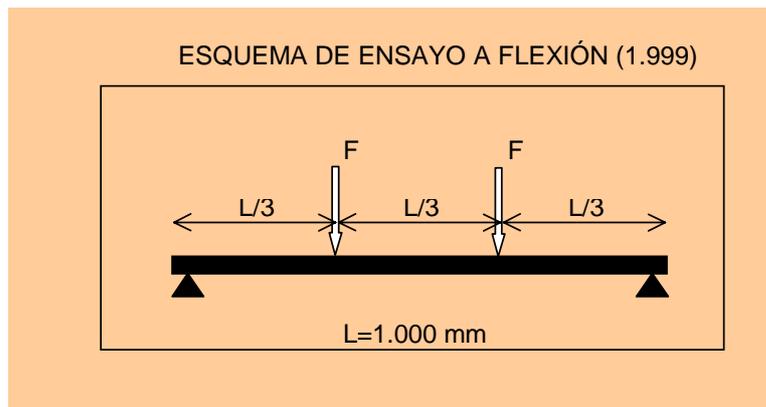
Este tipo de unión reduce la sección nominal de la armadura tubular. Si bien puede parecer una ventaja el manguito interior por no producir incremento de diámetro en la unión y no condicionar el de la tubería de revestimiento, presenta el inconveniente de que lejos de

confinar las secciones debilitadas por la labra de la rosca como en el caso del manguito exterior, constituye un elemento muy rígido en el interior que favorece la abolladura y rotura de la unión. No parece aconsejable su empleo frente al del manguito exterior.



2.3.2.4. Ensayo sobre tuberías.

Se reproduce de nuevo aquí el resultado del ensayo mostrado en la 20ª Sesión, sobre tuberías sin unión y con uniones mecanizadas.



Como se observa, el comportamiento de la unión con manguito exterior es similar al de la tubería sin unión.

Se comprueba también el mal comportamiento de la unión roscada macho-hembra mecanizada en taller.

2.3.3. Conclusiones.

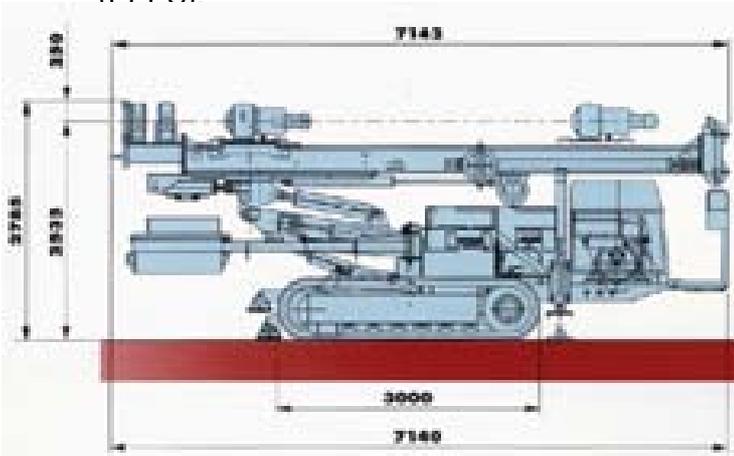
A la vista de lo anterior, cabe destacar lo siguiente:

- Debe aprovecharse al máximo la ventaja que supone la utilización de armaduras originales sin manipulación, en las que la unión está convenientemente reforzada, pudiéndose decir que llevan el manguito exterior incorporado. Con ello se minimiza además el número de uniones por micropilote al utilizarse las armaduras en su longitud original, es decir lo más largas posible.

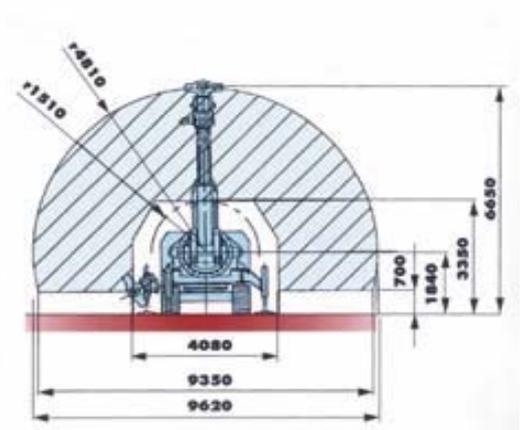
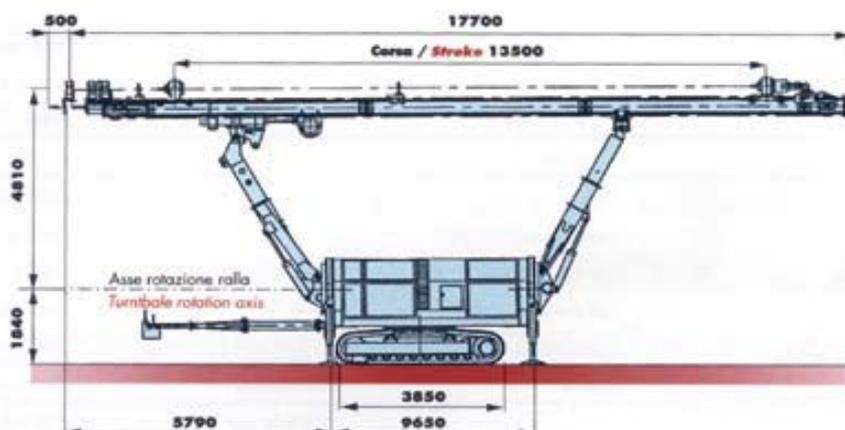
- En caso de imposibilidad de utilización de equipos de grandes dimensiones y por tanto de empleo de las armaduras en su longitud original, debe procurarse la unión mecanizada macho-macho con manguito exterior.

3. EXIGENCIAS EN LOS DE PARAGUAS DE MICROPILOTES. EQUIPOS.

A continuación se describen los condicionantes más importantes para ejecutar paraguas de micropilotes contrastando las diferencias entre el empleo de equipos convencionales de perforación (ECP) y equipos específicos de perforación subhorizontal (FFPS)



ECP





EEPS

3.1. Replanteo.

- ECP necesita varios replanteos, tantos como rebajes de excavación para la ejecución completa del paraguas.

- EEPS necesita un único replanteo para la ejecución completa del paraguas.

3.2. Precisión.

3.2.1. Estabilidad de la perforadora.

ECP	EEPS
· Un solo apoyo del mástil. Susceptible de <i>balanceo</i> durante la perforación.	· Mástil con dos apoyos.
· Peso \cong 12.000 kg. Según modelos.	· Peso \cong 33.000 kg.
· Distancia entre gatos de apoyo: Long. \cong 3,20 – 4,30 m. Transv. \cong 1,60 m.	· Distancia entre gatos de apoyo: Long. \cong 4,60 m. Transv. \cong 3,50 – 4,00 m.

3.2.2. Varillajes de perforación.

- ECP utiliza varillas de 2-3 m.

- EEPS utiliza varillas de hasta 11 m., reduciendo el número de uniones y por tanto disminuyendo el riesgo de *cabeceo* de la perforación y el riesgo de terminar la perforación dentro de la sección del túnel.

3.2.3. Replanteo.

- ECP tiene un mástil de \cong 7 m. según modelos.

- EEPS tiene un mástil de 18 m.

Tal diferencia de longitud impone la misma diferencia en la distancia al frente del replanteo trasero de la perforadora. Un error de la misma cuantía de un operario en la fijación trasera de la máquina en planta (colocación de la plomada) respecto al punto teórico,

suponiendo correctamente colocado el punto de emboquille, supone una desviación del taladro 2,57 veces mayor en los equipos ECP frente a los EEPS.

3.3. Rapidez.

3.3.1. Alcances.

- ECP alcanza una altura aproximada de 2,5 m. Ejecuta el paraguas en tres ciclos de excavación-perforación con las consiguientes interferencias de los equipos de una y otra labor. No resulta útil en paraguas interiores por el tiempo de paralización que impone a los equipos de excavación de túnel.



- EEPS alcanza una altura superior a 6,5 m. Ejecuta el paraguas en una sola fase. Produce mínima interferencia con los equipos de excavación de túnel. Ante hundimientos de túneles en ejecución se ha simultaneado la perforación por una boca con la excavación por la otra superando los rendimientos de los equipos de excavación en paraguas de 15 m. con solape de 3 m. (Túnel de Las Dehesillas. LAV Madrid-Barcelona), o en infraestructuras con túneles dobles alternándose en uno y otro (Túnel de El Fabar. Autovía del Cantábrico).



3.3.2. Cambios de varillaje.

- ECP, por utilizar varillas de 2-3 m, necesita de 5 a 8 varillas para perforar longitudes unitarias de paraguas de 15 m., y los mismos cambios de varilla tanto al perforar como al extraer.
- EEPS utiliza varillas de hasta 11 m. El recorrido útil de la cabeza de rotación es de 13 m. Puede realizar paraguas de 12-13 m. sin realizar cambio alguno de varillaje. Admite hasta 32 m. de varillas cargadas simultáneamente pudiendo perforar paraguas de esa longitud con sólo dos cambios automáticos de varilla por micropilote.



3.4. Continuidad de armaduras.

- ECP puede introducir tramos de armadura de hasta 4 m. utilizando el mástil. Por tanto, no puede utilizar armaduras sin manipulación en su longitud original.
- EEPS tiene un mástil de 18 m., pudiendo introducir armaduras en su longitud original, aprovechando sus cualidades, y minimizando el número de uniones por micropilote, y con ello la probabilidad de coincidencia de uniones de micropilotes distintos en una misma sección transversal de túnel.

3.5. Seguridad.

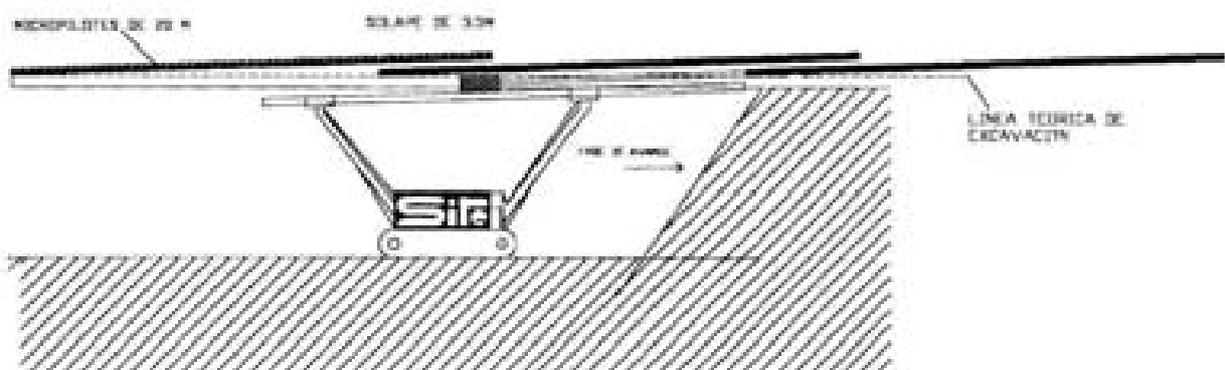
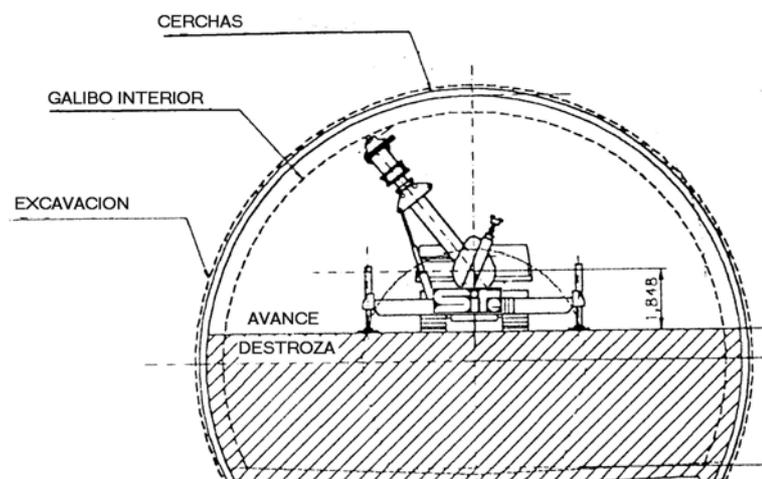
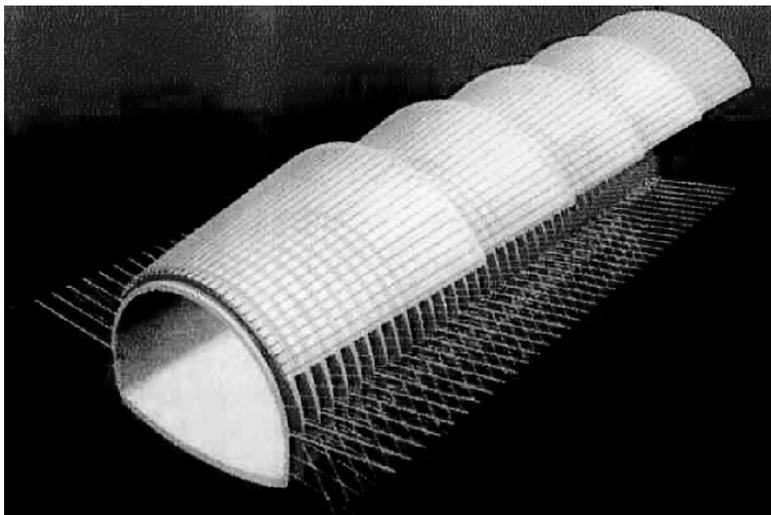
- ECP requiere manipulación manual de varillas de perforación y de armaduras, así como el empleo de medios auxiliares (andamios, etc.) para su colocación sin variar el replanteo de la perforadora.
- EEPS introduce la armadura de modo automático. Se coloca desde la plataforma de trabajo en los cargadores y la máquina eleva, carga e introduce la armadura en la perforación. Debe observarse que la utilización de armaduras en su longitud original supone manipular unidades de armadura de entre 125 y 250 kg. en las armaduras comúnmente utilizadas en paraguas (de 13 a 26 kg/ml). Para evitar cualquier manipulación de cargas por parte de los operarios a favor de su seguridad, resulta conveniente el empleo auxiliar de

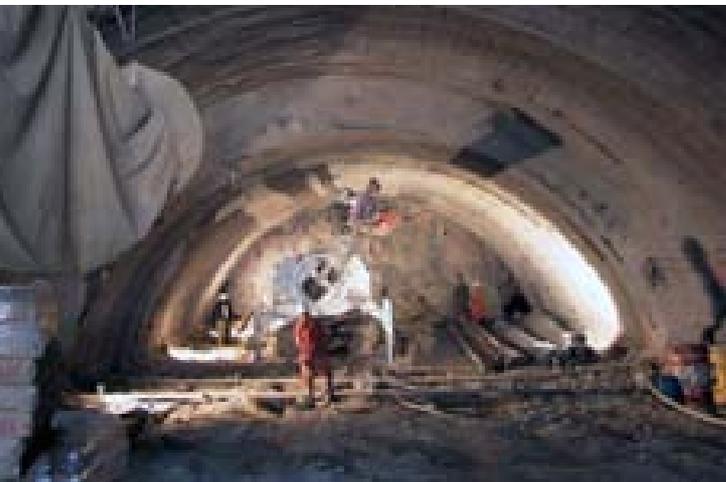
camión-grúa para colocación de armaduras en el mástil. En unas 5 horas se introduce la armadura correspondiente a 4 jornadas de perforación (400-500 m.).



4. PARAGUAS INTERIORES.

Por todo lo anterior, se comprende que el empleo de los equipos específicos de perforación subhorizontal es especialmente importante en el caso de ejecutar paraguas interiores. Tradicionalmente se realizaban paraguas interiores en casos de hundimiento de túneles al atravesar zonas complicadas. Actualmente, cada vez más se proyecta la ejecución de túneles *al amparo* de paraguas de micropilotes, ya sea parcialmente para atravesar zonas de geología complicada conocidas previamente (Túnel de El Fabar. Asturias), ya sea en toda su longitud (Túnel de Leguizamón. Vizcaya). A continuación se muestran figuras y fotografías ilustrativas del proceso de ejecución.

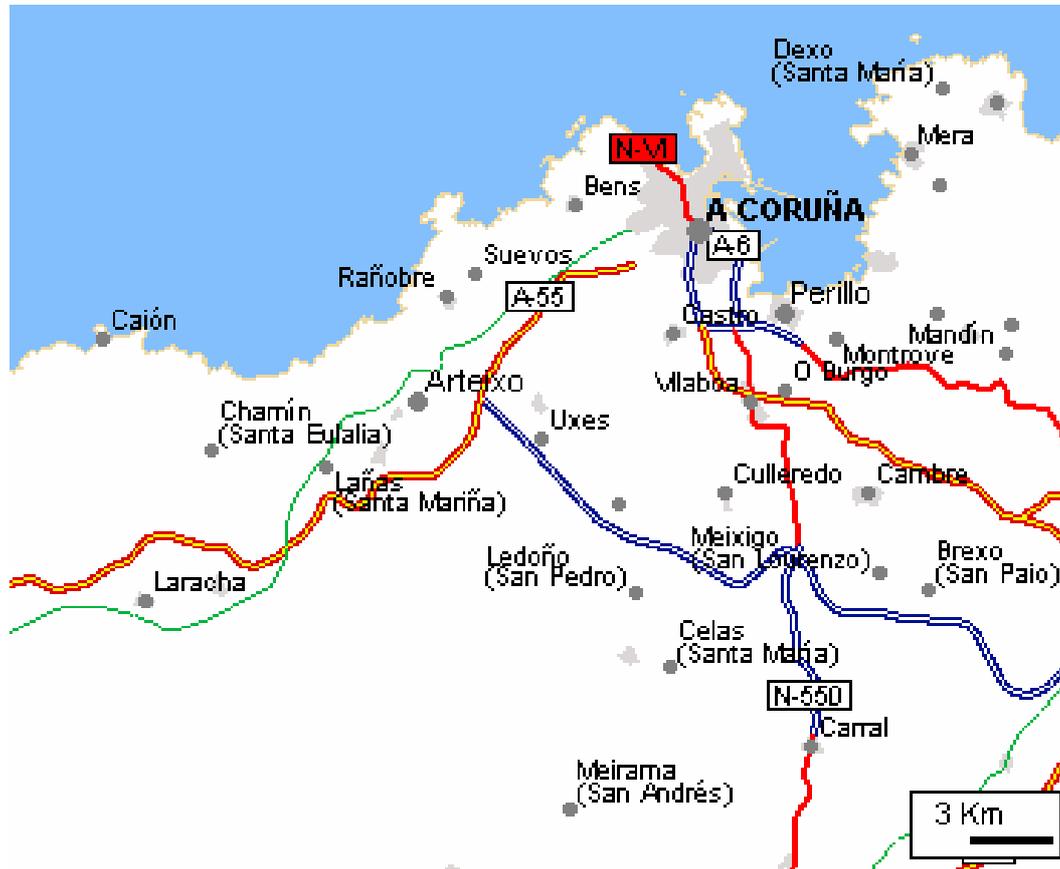




5. UN CASO SINGULAR: LA VARIANTE DE BREGUA DEL EJE ATLÁNTICO DE VELOCIDAD

5.1. Introducción.

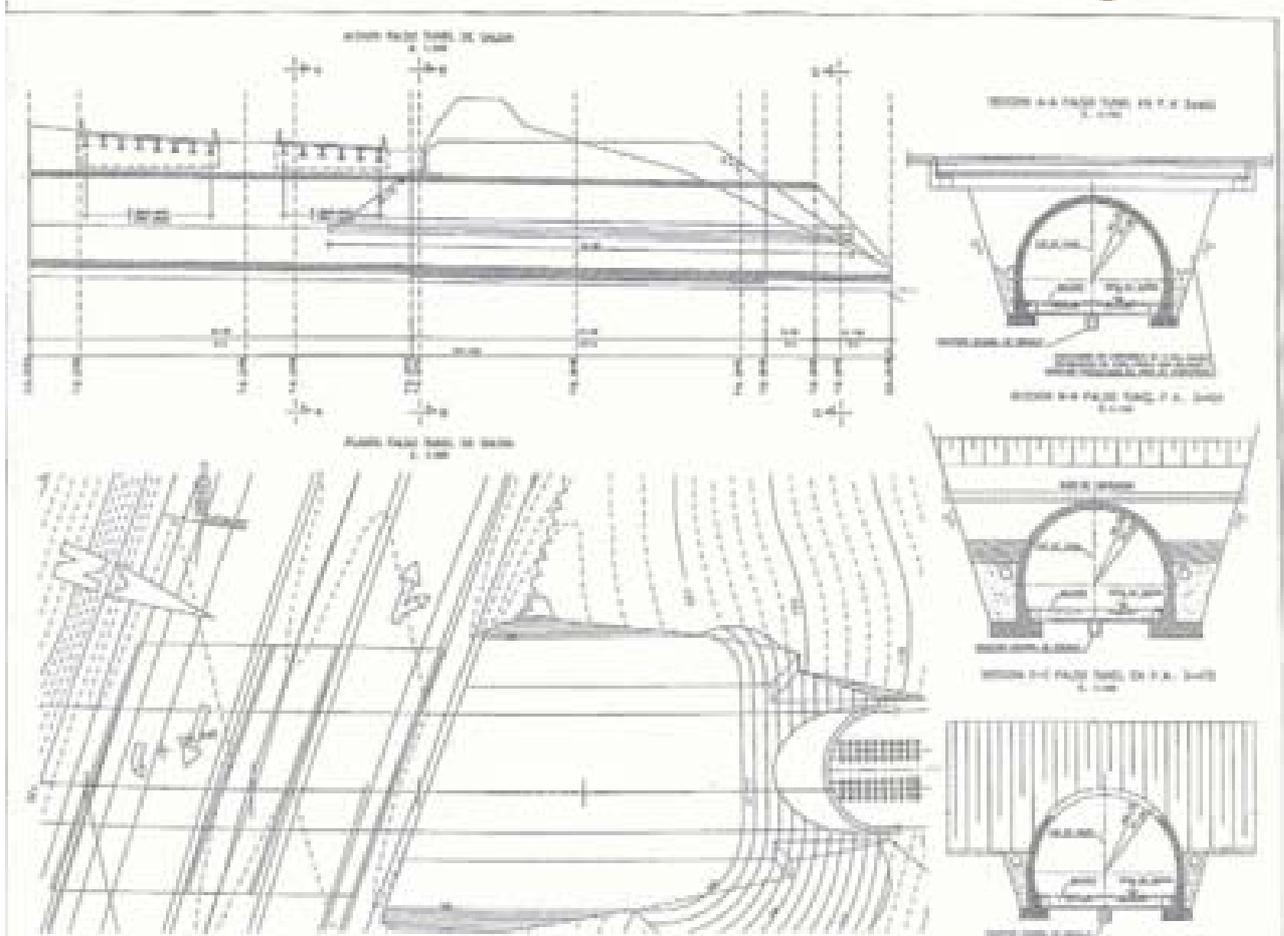
En Otoño de 2.002 se comienzan las obras correspondientes a la variante de Bregua del Eje Atlántico de Alta Velocidad.



El Contratista, UTE BREGUA (SACYR-CAVOSA-COPASA) se pone en contacto con SITE para contrastar la posibilidad de resolver el problema de la excavación de los primeros 50-80 m. de túnel según se detalla continuación.

5.2. Descripción del problema

El emboquille del lado UXES presenta una gran dificultad.

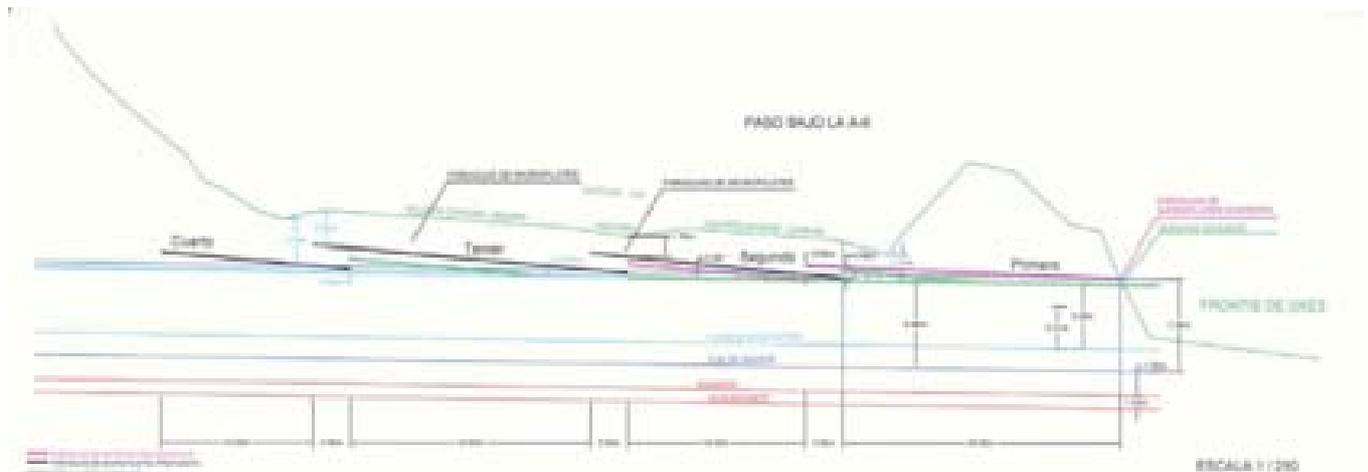


El proyecto contemplaba la demolición y corte de la autovía A-6 sobre la traza del túnel por fases y su reposición en estructura, con desvío alternativo de tráfico por cada calzada mientras se realizaba cada estructura, y comenzar el túnel en el macizo rocoso una vez restablecida la autovía.

La consulta de UTE BREGUA se basaba en la posibilidad de realizar paraguas sucesivos de micropilotes, para no afectar a la autovía, teniendo en cuenta que la clave del túnel pasaba aproximadamente a 1,5 m bajo la cuneta del lado Madrid-Coruña, unos 2,0 m bajo la mediana y unos 3,35 m bajo la cuneta del lado La Coruña-Madrid.

Considerando que la ejecución de paraguas interiores forma una figura troncocónica que conlleva sobreexcavación formando un perfil longitudinal dentado, para permitir el emboquille del siguiente paraguas, se hacía necesario planificar muy bien los paraguas a realizar.

5.3. Solución adoptada



Se decidió situar paraguas completos abarcando cada calzada compatibilizando una longitud de paraguas fiable en cuanto a minimizar los desvíos en la sección final, con la interacción posterior entre excavación del túnel bajo cada paraguas y la afectación al tráfico en la autovía. Tras valorar los condicionantes de ejecución entre SITE y UTE BREGUA para el diseño, el dimensionamiento de la solución global fue realizado por D. Elías Moreno, asesor de UTE BREGUA en esta obra. Para ello se realizó una modelización longitudinal y transversal (Flag 4.0) al túnel para evaluar la influencia en la autovía y su viabilidad, trabajo realizado por D. José Moreno Vasco.

5.3.1. Primer Paraguas. 39 uds de 25 m.

Se realizó un primer paraguas de 25 m de longitud, cuyo objetivo era pasar bajo el arcén del sentido Madrid-La Coruña hasta el borde con el carril derecho. El punto crítico estaba bajo la cuneta, pues el margen existente era 1,11 m aproximadamente a los 18 m de perforación.



5.3.2. Segundo paraguas. 37 uds de 20 m.

El segundo paraguas se emboquilló tras excavarse el avance bajo 22 de los 25 m de paraguas, manteniendo 3 m de empotramiento. La longitud definida para este 2º paraguas fue de 20 m, hasta cruzar totalmente bajo la mediana, donde se tenía el punto más desfavorable (1,50 m bajo la misma). Con este paraguas se conseguía proteger totalmente la calzada Madrid-La Coruña sin haber afectado la de La Coruña-Madrid, por la que se desviaría el tráfico durante la excavación bajo aquella por seguridad (dicha excavación duró 10 días).







5.3.3. Tercer paraguas. 35 uds de 25 m.

El tercer paraguas se realizó tras excavarse 17 m de los 20 m del paraguas anterior. La longitud definida fue de 25 m, comenzando bajo la mediana y terminando bajo la cuenta del lado La Coruña – Madrid.



Durante la ejecución de este paraguas el tráfico fue desviado por la calzada Madrid – La Coruña. La operación duró 6 días.

5.3.4. Cuarto paraguas. 35 uds de 25 m.

Se decidió realizar un cuarto paraguas, cuya longitud útil quedaba por fuera de la calzada La Coruña – Madrid, en el fin de empotrar en el macizo rocoso, y comprobar la calidad de éste para a partir del mismo excavar ya sin paraguas. Realmente este paraguas era el que haría las veces de paraguas exterior de emboquille pues comenzaba con 3,30-3,50 m. de espesor de material por encima, aumentado en seguida este espesor hasta los 15 m aproximadamente, dado que la traza se introducía bajo el talud de desmonte de la autovía.



Este paraguas empotró claramente en granito masivo, lo cual se comprobó desde el primer momento pues el rendimiento en la ejecución fue de la mitad que en los anteriores. Se dio por terminada la operación bajo la A-6 y se continuó la ejecución del túnel según lo inicialmente previsto.

5.4. Resumen de actuaciones.

Paraguas n°	Tipo	D _{perf.} (mm.)	Armadura		Longitud unitaria (m.)	Medición aprox. (m.)	Tipo terreno	Duración
			D _{ext.} (mm.)	e (mm.)				
1	Exterior	150	88,9	6,3	25	975	Jabre, Granito	14 días (turno simple)
2	Interior	150	88,9	6,3	20	740	Jabre, Granito	6 días (a 24 h.)
3	Interior	150	88,9	6,3	25	875	Jabre, Granito	6 días (a 24 h.)
4	Interior	150	88,9	6,3	25	875	Granito	13 días (a 24 h.)

Por último comentamos que si bien la ejecución de paraguas tuvo que alternarse con la excavación del túnel, lo que conllevaba paralización de equipos, esto se minimizó pues el contratista pudo avanzar en ocasiones en la destroza del segundo paraguas anterior a aquel en ejecución, como se aprecia en la fotografía anterior.

6. PARAGUAS REALIZADOS EN OBRAS DEL GIF.

Se acompaña seguidamente un cuadro resumen de paraguas realizados con los equipos específicos de perforación subhorizontal en distintos tramos de la LAV Madrid – Barcelona – Frontera Francesa, y del Túnel de Guadarrama lado Sur de las obras del Nuevo Acceso Ferroviario al Norte y Noroeste de España, LAV Madrid - Segovia – Valladolid/Medina del Campo, de reciente ejecución.

PARAGUAS DE MICROPILOTES REALIZADOS CON EQUIPOS ESPECIFICOS DE PERFORACIÓN SUBHORIZONTAL EN OBRAS DEL GIF										
SUBTRAMO	TÚNEL	Nº PARAGUAS	TIPO	LONGITUD UNITARIA (m.)	DIÁMETROS PERF. - ARMADURA - ESPESOR (mm.)	RENDIMIENTO MEDIO (paraguas terminado) (m/h)		MEDICIÓN TOTAL (m)	TIPO DE TERRENO	
LAV Madrid - Barcelona - Frontera Francesa										
Madrid-Zaragoza										
II	Mejorada del Campo	2	Exterior	15, 20	180	114	8.7	12,87	1.470	Alternancias de arcillas yesíferas y yesos.
III	Altos de la Presa	2	Interior	10	180	114	7	10,79	364	Alternancias de margas arcillosas y yesos.
IV	Anchuelo 1, 2	4	Exterior	25	180	139.7	10.3	13,55	3.900	Arcillas verdosas competentes con limos arcillosos, y yesos.
IX-X	Alhama	2	Exterior	15	150	88.9	7	11,05	1.110	Arenas consolidadas y areniscas.
XI	Dehesillas	7	Interior	15	180	114	8.7	8,6	3.255	Masa preconsolidada de pizarras desprendidas con inyección de lechada de cemento-cenizas tras hundimiento.
XII-a	1, 2.1, 2.2	1	Exterior	20	150	88.9	7	11,35	3.800	Alternancias de areniscas y pizarras.
Calatayud-Ricla										
I-a	Paracuellos	2	Interior	15	150	88.9	7	5	505	Pizarras y esquistos desprendidos.
				12		Inyección	9.2	378		
I-b	Purroy	2	Interior	15	150	88.9	7	5	1.640	Pizarras y areniscas desprendidas.
Lleida-Martorell										
IV-b	Camp Magre, Lilla	4	Exterior	12, 22	150	88.9	8.7	10,96	2.544	Calizas. Argilitas, lutitas y limolitas.
V	Puig Cabrer	1	Exterior	40	150	88.9	7	8.7	1.240	Argilitas. Calizas, dolomías y areniscas.
VIII-a	Dels Molins, La Morella, El Bocarro (Bitubo)	8	Exterior	22	180	114	8.7	4,84	4.554	Dolomías.
VIII-c	Les Quatre Boques	4	Exterior	22	180	114	8.7	5,3	3.608	Dolomías y conglomerados.
Martorell-Barcelona										
SANT LLORENÇ-SESROVIRE S	Camp Margarit	2	Exterior	30, 20	180	114	8,7	11,2	2.120	Argilitas
	Sant Esteve	2	Exterior	20	180	114	8,7	10,3	1.840	Argilitas
	Camp Prat	2	Exterior	20	180	114	8,7	9,8	1.920	Argilitas
	La Sinia	1	Exterior	20	180	114	8,7	10,9	960	Argilitas
PARAGUAS DE MICROPILOTES REALIZADOS CON EQUIPOS ESPECIFICOS DE PERFORACIÓN SUBHORIZONTAL EN OBRAS DEL GIF										
Nuevo Acceso Ferroviario al Norte y Noroeste de España. Madrid - Segovia - Valladolid / Medina del Campo										
Madrid - Segovia										
Lotes 1 y 2.	Guadarrama Sur (Bitubo)	2	Exterior	30-40	150	88.9	7	13.5	2.830	Granito meteorizado y diaclasado
Lote 5	La Fuentecilla	2	Exterior	25	150	114	8,7	6,7	1.925	Calizas, Areniscas, Arenas
Segovia - Valladolid										
II	Tabladillo	2	Exterior	20	180	114	8,7	6.8	1.520	Granito meteorizado. Pizarras