

Los túneles y los Ingenieros de Caminos

Manuel J. Melis Maynar

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. M. Sc, MBA

Promoción 1968

Prof. Titular de Ingeniería del Terreno, ETS Caminos La Coruña

El túnel es la culminación de la ciencia geotécnica, la más maravillosa obra de la Ingeniería de Caminos como exponente del hombre venciendo a la naturaleza y dominándola sin dañarla. Y España, por su terrible orografía, es uno de los países del mundo predestinados a ser, como ha sido, crisol de túneles y de los Ingenieros de Caminos que los construyen. Hoy ya no se estudia en la Escuela el clásico libro del Prof. José M^a García-Lomas y Cossío "Tratado de Explotación de Ferrocarriles", y por ello algunos lectores tal vez no conozcan la famosa figura del perfil longitudinal del FFCC París – Madrid. Permítase al autor incluirla aquí como figura 1, de la primera edición del texto, año 1945. Este perfil ilustra mejor que cualquier otra explicación la realidad de España en comparación con el resto de Europa y su extraordinaria y profunda relación con los túneles.

Pero la difícilísima y peligrosa obra de ingeniería que es el túnel, que en otros países suele ser lenta y costosa, es más fácil en España por el trabajo de los Ingenieros de Caminos. Los Ingenieros de Caminos actuales trabajamos, como Newton, subidos a hombros de los gigantes que nos precedieron y mientras que en otros países se sigue con la tradición del kilómetro de túnel por año, la Ingeniería de Caminos española está ya en muchos proyectos en el kilómetro de gran túnel al mes.

Cuando se estudia con cariño la ingente obra de los túneles de España, sea cual sea el tramo de ferrocarril que se seleccione, uno queda sobrecogido por el ingenio, la fuerza de voluntad, la capacidad de trabajo en condiciones muy difíciles y adversas y sobre todo por la tenacidad de nuestros antecesores, los Ingenieros de Caminos españoles creadores de

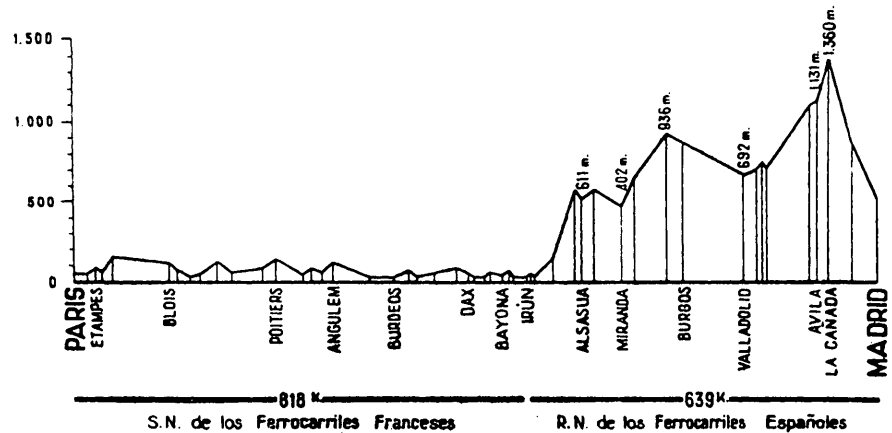


Figura 1. Perfil FFCC Madrid-París (García-Lomas, 1945. Sigue igual en 1999.

nuestras infraestructuras. Y en estos momentos finales del siglo XX, cuando esas maravillosas infraestructuras han cumplido largamente su vida y han quedado obsoletas, en estos momentos de indecisión y vacilación ante la obra de grandes túneles que queda por realizar en España, nos invade la desazón y la tristeza. Nos falta hoy la grandeza y la visión de nuestros antecesores, de un Eduardo Maristany, un José Elduayen, un Calixto Santa Cruz, un José o Juan Subercase, un José García Otero, un Máximo Perea, un Manuel Gibert, un José Echegaray, un Leopoldo Brockman o entre los no Ingenieros de Caminos un José Campo o un Marqués de Salamanca. Nos falta abandonar la comodidad, la tranquilidad, la huída ante los problemas y el ponernos a trabajar con decisión en los túneles de la España del siglo XXI.

Más de 4.620 túneles con una longitud total superior a los 2.500 kilómetros. Esta es la realización de nuestros predece-

CUADRO 1. NUMERO DE TUNELES DE ESPAÑA

	CARRETERA	FFCC	HIDRAULICOS	TOTAL
ANDALUCIA	18	251	442	711
ARAGON	74	97	253	424
ASTURIAS	23	259	114	396
BALEARES	4	1		5
CANARIAS	31		27	58
CANTABRIA	2	58	82	142
CASTILLA LA MANCHA	13	78	152	243
CASTILLA LEÓN	35	186	246	467
CATALUÑA	44	323	215	582
EXTREMADURA	4	36	40	80
GALICIA	5	278	80	363
LA RIOJA	6	1	36	43
MADRID	3	118	32	153
MURCIA		8	340	
NAVARRA	12	1	17	30
PAIS VASCO	29	76	85	190
VALENCIA	19	60	315	394
TOTAL ESPAÑA	322	1,831	2,476	4,629

CUADRO 2. LONGITUD CONSTRUIDA TOTAL, Kilómetros

	CARRETERA	FFCC	HIDRAULICOS	TOTAL
ANDALUCIA	2.5	78.0	275.5	356.0
ARAGON	20.5	43.0	170.0	233.5
ASTURIAS	8.5	80.0	93.0	181.5
BALEARES	0.8	0.1	0.0	0.9
CANARIAS	6.0	0.0	34.0	40.0
CANTABRIA	0.1	19.5	22.0	41.6
CASTILLA LA MANCHA	2.5	28.0	156.0	186.5
CASTILLA LEÓN	11.0	62.0	138.0	211.0
CATALUÑA	19.5	157.0	220.5	397.0
EXTREMADURA	0.8	17.5	15.0	33.3
GALICIA	1.8	89.0	91.0	181.8
LA RIOJA	0.5	0.3	12.5	13.3
MADRID	6.2	135.0	100.5	241.7
MURCIA	0.0	1.0	98.0	
NAVARRA	1.7	0.1	21.0	22.8
PAIS VASCO	9.0	28.5	63.0	100.5
VALENCIA	6.0	16.0	137.0	159.0
TOTAL ESPAÑA	97.4	755.0	1,647.0	2,499.4

sores Ingenieros de Caminos. Estos túneles permitieron crear nuestra vieja red de FFCC, la antigua red de carreteras y la reciente de autovías y autopistas, los metros de Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao y el enorme complejo de túneles y cavernas hidráulicas de que hoy disponemos. España, al contrario que el resto de los países europeos salvo Suiza, no puede tender un ferrocarril sin enormes movimientos de tierras y túneles, ni le ha dado Dios un medio de transporte casi gratuito y enormemente eficaz, como son los grandes ríos de nuestros vecinos europeos. Un trazado actual de ferrocarril en España es una sucesión de largos túneles, y hasta que esta idea no penetre en los responsables, seguiremos sin comunicaciones adecuadas.

No se dieron en España los túneles para canales navegables, como ocurrió en la Europa del Norte, ya que no hay ríos navegables. Sólo los heroicos intentos del Canal de Castilla pretendieron crear comunicaciones por canal. Los túneles en España comenzaron en la práctica al nacer el ferrocarril a principios del siglo pasado, y los de carretera no comenzaron seriamente hasta los años 60. El desglose de los túneles españoles en 1997, según los trabajos de la Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas AETOS, era el reflejado en el Cuadro 1.

La longitud total correspondiente de estos túneles esta reflejada en el Cuadro 2.

Como se sabe, los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos tienen su origen en la Inspección General de Caminos, establecida por la R. O del 12 de Junio de 1799 y en la que se le encargó todo lo referente a la construcción y conservación de los caminos del reino. Por R. O. del 26 de Julio de 1803 se denominaron estos funcionarios Ingenieros de Caminos y Canales. Desde entonces todas las obras de infraestructura de España, y en concreto todos sus túneles han sido proyectados, construidos y dirigidos por los Ingenieros de Caminos, como en la actualidad.

CUADRO 3. TUNELES DE FFCC

TRAMO	LONGITUD FFCC (Km)	Nº TUNELES	LONGITUD TUNELES (Km)
MADRID - BARCELONA	685.28	117	35,171
MADRID - HENDAYA	641.60	57	22,313
LEON - GIJON (Pajares)	170.93	97	32,509
VENTA DE BAÑOS - SANTANDER	229.00	28	7,463
ZAMORA - ORENSE	248.70	95	46,701
ORENSE - SANTIAGO	128.68	67	21,344
MONFORTE - ORENSE	45.53	12	1,593
ORENSE - VIGO	131.61	15	2,399
PALENCIA - LA CORUÑA	547.89	85	20,770
SANTIAGO - LA CORUÑA	74.40	19	7,230
CUENCA - UTIEL	113.50	21	9,667
UTIEL - VALENCIA	87.91	13	2,079
JATIVA - ALCOY	63.70	16	3,352
CALATAYUD - VALENCIA	293.70	13	2,643
ALCAZAR DE S.JUAN - SEVILLA	423.30	13	3,558
HUESCA- JACA - CANFRANC	135.36	30	8,259
LERIDA - POBLA DE SEGUR	89.35	41	14,641
VILLALBA - SEGOVIA	62.67	7	3,463
ZARAGOZA-LERIDA-BARCELONA	365.73	27	6,121
SUMAS	4,538.84	773	251,276

1. TÚNELES DE FFCC

Son sin duda los más espectaculares de España, y unas de las obras de ingeniería más importantes del mundo. La bajada de la meseta a Oviedo y Gijón por Pajares, el acceso norte desde León a Coruña por el Bierzo con el túnel del lazo de Manzanal, la bajada de la meseta a Santander por la Bárcena de Pie de Concha, el acceso a Canfranc y Francia desde Jaca con la hélice de Villanúa, son obras que sobrecogen, especialmente al pensar en los medios con que se construyeron. Para tener una idea de la magnitud de la obra construida por los Ingenieros de Caminos Españoles resumimos, del inventario de túneles de RENFE, algunos de los trayectos más impresionantes de nuestra red de FFCC (Cuadro 3)

Los túneles de la red, según el inventario de AETOS (1988) son los siguientes, en número de túneles (Cuadro 4).

CUADRO 4. NUMERO DE TUNELES DE CADA TIPO DE VIA

	SENCILLA	DOBLE	ESTRECHA	SIN ESPECIFICAR	TOTAL
ANDALUCIA	249			2	251
ARAGON	94	1		2	97
ASTURIAS	100		156	3	259
BALEARES			1		1
CANARIAS					0
CANTABRIA	29	4	23	2	58
CASTILLA LA MANCHA	77	1			78
CASTILLA LEÓN	136	40	8	2	186
CATALUÑA	228	56		39	323
EXTREMADURA	35	1			36
GALICIA	246		31	1	278
LA RIOJA	1				1
MADRID	5	33		79	117
MURCIA	8				
NAVARRA	1				1
PAIS VASCO	15	37	24		76
VALENCIA	39		19	2	60
TOTAL ESPAÑA	1,263	173	262	132	1,830

CUADRO 5. LONGITUD DE TUNELES DE CADA TIPO DE VIA, metros

	SENCILLA	DOBLE	ESTRECHA	SIN ESPECIFICAR	TOTAL
ANDALUCIA	68.981			9.737	78.718
ARAGON	33.991	2.100		7.014	43.105
ASTURIAS	35.792		39.315	4.966	80.073
BALEARES			0.141		0.141
CANARIAS					0.000
CANTABRIA	7.224	7.406	4.249	0.511	19.390
CASTILLA LA MANCHA	24.777	3.319			28.096
CASTILLA LEÓN	44.247	15.755	1.650	0.664	62.316
CATALUÑA	63.855	26.152		66.985	156.992
EXTREMADURA	17.298	0.232			17.530
GALICIA	81.682		6.935	0.424	89.041
LA RIOJA	0.250				0.250
MADRID	3.086	17.372		114.409	134.867
MURCIA	1.177				
NAVARRA	0.093				0.093
PAIS VASCO	5.062	16.176	7.378		28.616
VALENCIA	9.416		2.546	4.253	16.215
TOTAL ESPAÑA	396.931	88.512	62.214	208.963	756.620

Y en cuanto a longitud la relación es la que se ve en el Cuadro 5.

Entre los túneles más significativos de nuestra red deben destacarse el primero de todos, el de Mongat, del primer ferrocarril Barcelona – Mataró del año 1848 y el de Argentera, en el pk 556 de la línea Madrid – Barcelona (4.044 m) que había comenzado en 1883 y que pasó después bajo la dirección del joven Ingeniero de Caminos D. Eduardo Maristany, que terminó el túnel en menos de 3 años, y escribió su monumental obra maestra de 6 tomos sobre el mismo.

El antiguo túnel de Somport (5.850 m) de 1928 está cerrado al tráfico, así como el famoso túnel de La Engaña (6.900 m), acceso a Santander desde Ciudad – Dosante cerca del Puerto del Escudo y que terminado en 1948 nunca llegó a ponerse en servicio aunque está totalmente perforado, sucio, abandonado y expuesto a todo vandalismo. El túnel más largo actualmente en servicio es el del Padornelo (5.971 m), en la línea Puebla de Sanabria – Orense, abierto el 1 de julio de 1957. Será el segundo de España cuando se abra el nuevo túnel carretero de Somport (8.500 m, 5.600 en la parte española). Los fondos europeos para la construcción de este último se concedieron en Noviembre de 1990, la perforación comenzó en 1992 y se espera que se abra al servicio en el año 2.000.

1.a. El acceso a Asturias. Paso de Pajares

Aunque no tiene longitudes de túnel extraordinariamente largas como ocurre en Suiza, es probablemente la obra de in-

geniería de túneles más importante de Europa, y una de las más importantes del mundo. Desde el pueblo de Pajares, situado a 1.300 metros de altura, hasta Puente Los Fierros, a la cota 670, la distancia recta es de 3 kilómetros. Salvar este enorme desnivel de 600 metros de altura, exigió el trazado que puede verse en la figura 2. Tiene más de 31 km de longitud, y su pendiente media es, como se ve, de 20 milésimas. Este acceso a Asturias lleva en servicio, con

múltiples trabajos de mantenimiento y los túneles moviéndose, más de 115 años mientras que el necesario túnel de base de Pajares lleva siendo estudiado ya 15 años sin ningún resultado práctico. Todo el tramo es vía única, y uno de los mayores sufrimientos que puede tener un amante de los túneles y del ferrocarril es el ver cómo suben lentamente por Puente Los Fierros y salen del túnel del Orrio nuestras viejas locomotoras 251 de 6 ejes arrastrando los pesados trenes de bobinas de acero mientras su bogie central desplazable va destrozando día tras día la vía y los túneles, o lo que nos queda de ellos.

El tramo Busdongo–Puente los Fierros (42.8 km) se inauguró el 14 de Agosto de 1884. El tramo Pola de Gordón–Busdongo (19.9 km) se había abierto 12 años antes, el 23 de Mayo de 1872, y los accesos León–Robla (25.0 km) y Robla–Pola de Gordón (8.1 km) se abrieron respectivamente el 17 de Enero y el 1 de Agosto de 1868. Pero los estudios y discusiones del cruce del puerto se prolongaron durante varios años, por los diversos intentos de la compañía concesionaria de aumentar la pendiente hasta el 3.5% para reducir costes. Las manifestaciones en contra de esta pretensión dieron nombre hasta a la plaza en que se produjeron, la antigua Plaza de la Escandalaria de Oviedo. El Gobierno decidió en Julio de 1881 el trazado con el 2% y las obras comenzaron ese mismo año. En tres años se terminó el tramo, hazaña casi increíble a la vista de los 68 túneles construidos para cruzar la montaña, los números 15 (Túnel de La Perruca, de 3.071 m) al 83 (Túnel La Figarine, 153 m) en Campomanes de la relación del Cuadro 6, cedida amablemente por RENFE.

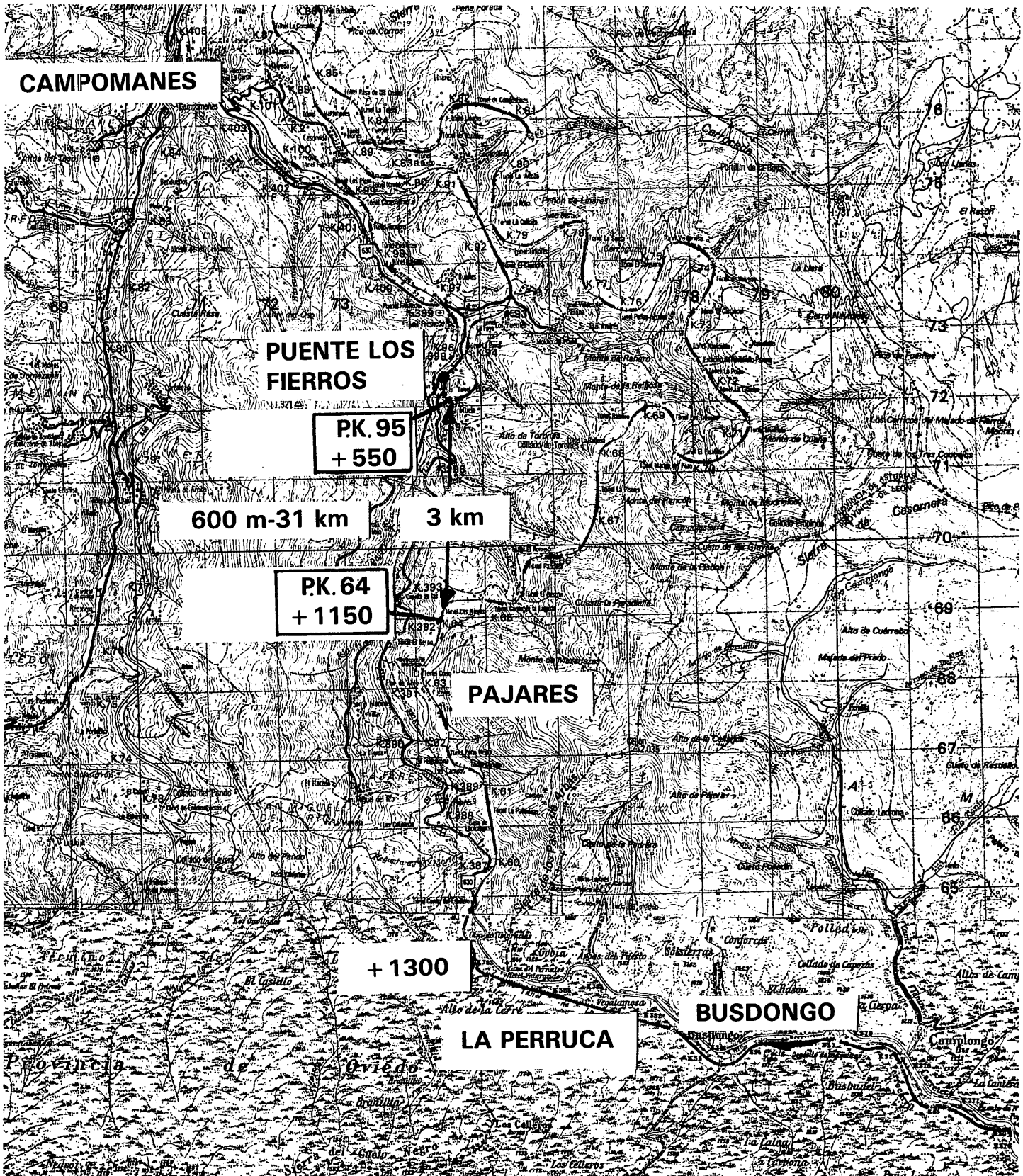


Figura 2. Paso FFCC de Pajares.

CUADRO 6. TUNELES DE LA LINEA LEON - GIJÓN. PASO DE PAJARES

Núm	NOMBRE	PK ENTRADA (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE O RAMPA %	COTA DE CARRIL (m)	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
1	la Magdalena	34.644	71	R-12,65	1,010	Paleozoico-Devónico
2	de Sta. Lucia	37.440	70	R-12,65	1,035	" - Carbonífero Westafiense
3	Las Colgadas	38.350	119	R-12,65	1,047	" "
4	de Ciñera	39.066	51	R-15	1,057	Paleozoico-Devónico
5	La Gotera	41.099	209	R-15	1,090	" - Silúrico
6	de Tueiro	43.317	317	H	1,113	" - Carbonífero Westafiense
7	de Corentín	44.486	20	R-10,65	1,126	" "
8	de Villanueva	48.926	118	R-15,3	1,170	Paleozoico-Carbonífero Caliza de montaña
9	Artificial	50.220	170	R-16,17	1,185	Paleozoico-Carbonífero Westafiense
10	"	50.660	8	R-16,17	1,195	" "
11	"	50.900	223	R-16,17	1,200	Paleozoico-Carbonífero Caliza de montaña
12	de Campiongo	51.776	53	R-16,17	1,222	" "
13	de Acero	52.851	70	R-15,5	1,230	Paleozoico-Devónico
14	Artificial	53.916	471	R-20	1,270	" "
15	La Perruca	55.394	3.071	R-16,94	1,278	Paleozoico-Devónico- Silúrico-Carbonífero
16	Maja del Estudiante	58.611	125	R-19,94	1,218	Paleozoico-Carbonífero Westafiense
17	La Calera	58.819	103	P-16,95	1,210	" "
18	Loma del Asno	59.095	155	P-16,95-H	1,207	" "
19	Canto del Estillero	59.422	242	P-18,18	1,200	" "
20	Artificial	59.906	225	P-18,53	1,190	" "
21	La Pallariega	60.131	965	P-18,53	1,180	" "
22	Artificial	61.096	125	P-18,53	1,178	" "
23	El Corollón	61.221	312	P-19,5	1,169	" "
24	Peña Negra	61.660	301	P-19,5	1,155	" "
25	Canto de los Galanes	62.098	411	P-19,5	1,148	" "
26	Corrolatianda	62.916	228	P-19,39	1,144	" "
27	Artificial	63.144	175	P-19,39	1,143	" "
28	El Serón	63.452	275	P-19,39	1,140	" "
29	Las Nieves	63.970	245	P-19,39	1,130	" "
30	Canto de la Laguna	64.337	680	P-19,39	1,120	" "
31	El Bescón	65.221	84	P-19,39	1,115	" "
32	El Pandota	65.544	309	P-19,39	1,100	" "
33	El Romerón-Topeal	65.990	514	P-19,39	1,095	Paleozoico-Carbonífero
34	La Pisona	66.579	1,024	P-19,39	1,050	Westfaliense
35	La Raigosa	67.901	242	P-19,39	1,040	" "
36	Ranero	68.412	471	P-19,39	1,030	" "

CUADRO 6. TUNELES DE LA LINEA LEON - GIJÓN. PASO DE PAJARES (Continuación)

Núm	NOMBRE	PK ENTRADA (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE O RAMPA %	COTA DE CARRIL (m)	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
37	Los Trancos	69.076	333	P-19,39	1,010	" "
38	Manga del Pozo	69.818	538	P-19,39	1,000	" "
39	El Establón	70.276	230	P-19,39	980	" "
40	Mudrielo	70.839	376	P-19,39	970	" "
41	La Gramea	71.273	660	P-19,39	960	" "
42	La Polea	72.160	77	P-19,39	950	" "
43	Navadiello	72.401	258	P-20	957	" "
44	El Carrascal	73.042	8	P-20	940	" "
45	Valvenir	73.342	644	P-20	930	" "
46	Ventanoso	74.063	758	P-20	920	" "
47	El Salguero	74.881	170	P-20	910	" "
48	Peñas Agudas	75.811	263	P-20	950	" "
49	Valdecales	76.124	318	P-20	880	" "
50	La Sorda	76.601	1,077	P-20	860	" "
51	Hosnacil	77.788	338	P-20	840	" "
52	Tintones	78.556	178	P-20	800	" "
53	La Collada	79.013	296	P-20	790	" "
54	La Roza nº 1	79.526	107	P-20	780	" "
55	La Roza nº 2	79.836	173	P-20	770	" "
56	Congostinas	80.213	1,170	P-20	760	" "
57	Linares	82.007	90	P-20	760	" "
58	Rozadas	82.451	221	P-20	765	" "
59	El Burón	82.802	231	P-20	760	" "
60	Periones	83.292	140	P-20	750	" "
61	Columbiello	83.539	105	P-20	740	" "
62	La Tejera	83.930	168	P-20	730	" "
63	Rasa de las Cruces	84.306	383	P-20	730	" "
64	Bustiello	85.367	892	P-20	680	" "
65	Sienos	86.449	137	P-20	660	" "
66	La Corrada	86.928	236	P-20	650	" "
67	La laguna	87.427	122	P-20	650	" "
68	Valdebace	88.405	287	P-20	650	" "
69	Carbayo	89.060	88	P-20	647	" "
70	Los Picos	89.660	92	P-20	630	" "
71	Navedo	89.845	137	P-20	610	" "
72	Burón	90.087	47	P-20	600	" "
73	El Capricho	90.926	1,822	P-20	580	Paleozoico-Carbonífero Westfaliense
74	La Faya	93.347	84	P-20	540	" "
75	La Porra	93.899	98	P-20	515	" "
76	El Orria	94.273	1059	P-20	508	" "
77	El Batán	95.392	307	P-20	502	" "
78	Fresnada	96.492	202	P-20	490	" "

CUADRO 6. TUNELES DE LA LINEA LEON – GIJÓN. PASO DE PAJARES (Continuación)

Núm	NOMBRE	PK ENTRADA (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE O RAMPA %	COTA DE CARRIL (m)	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
79	Robledo	97.654	119	P-19,95	470	Paleozoico-Carbonífero Westfaliense
80	Padrones	98.086	53	P-19,95	460	“ “
81	Renueva	98.384	103	P-19,59	455	“ “
82	Congostinas	98.623	58	P-19,59	449	“ “
83	La Figarine	99.737	153	P-18,35	420	“ “
84	Las Campas	101.144	78	P-17,56	400	“ “
85	La Canal	101.592	146	P-17,56	388	“ “
86	Sanriella	112.596	75	P-6,51	273	“ “
87	Ojo	114.655	102	H	251	“ “
88	Peña Laspre	124.366	103	P-7,02	181	“ “
						Caliza de montaña
89	Padrún	124.779	1,725	R-9,02-H	183	“ “
90	El Carrión	127.417	75	P-14,9	160	“ “
91	Los Portales	129.161	181	P-14,9-H	144	“ “
92	Soto del Rey	131.632	128	R-15,03	155	“ “
93	El Calayo	133.53	705	R-15,08	168	Caliza de montaña-Devónico y areniscas y Cuarzitas. Pizarras y dolomitas-Cretáceo-Margas y Arcillas-Arena y facies detrítica- falla-Peligroso
94	El Fresno	137.809	427	R-2-H	228	Eoceno-Calizas y margas-Yesos y marga yesíferas. Peligroso
95	El Pando	140.476	81	P-14,06	200	“ “
96	Robledo	150.172	900	P-11,69	160	Triásico
97	Villabona	152.279	135	P-12,13	135	“

1.b. El acceso a Cantabria. Bárcena de Pie de Concha

Este acceso de la meseta al mar de Cantabria es muy similar al anterior de Asturias. Alar del Rey – Reinosa (50.1 km) se abrió el 28 de Mayo de 1857. El tramo Bárcena – Los Corrales (15.7 km) el 2 de Octubre de 1860. El Reinosa – Santiurde (10.9 km) el 2 de Febrero de 1866 y el Santiurde – Bárcena (22.8 km) el 8 de Julio de 1866. Teniendo en cuenta que el tramo Los Corrales – Santander (39.1 km) se abrió el 10 de Octubre de 1858, vemos que se tardó más de 8 años en cerrar la línea por el puerto.

El túnel 2, en Reinosa, en el pk 427.3, tiene cota de carril de 829 metros. El túnel 24, en Portolín, en el pk 461.4, tiene cota de 253 m. El paso del puerto se hizo con 22 túneles, salvando la montaña con un desarrollo de 34 km con un desnivel de 576 metros.. La figura 3 muestra la planta de este paso, lamentablemente aún en servicio después de 135 años.

1.c. El acceso a Galicia por Ponferrada. Lazo de Manzanal

La Rampa de Brañuelas es otro de los más terribles tramos de nuestra red de FFCC. En la figura 4 puede verse la planta de este famoso acceso a Galicia, en la línea Palencia – La Coruña (el acceso actual a Coruña por Zamora se inauguró en Septiembre de 1952). Los túneles del trayecto completo pueden verse en la tabla siguiente, cedida también por RENFE. Desde el pueblo de Brañuelas (pk 204.4) con cota de carril de 1.078 metros donde comienza la terrible rampa en el túnel 1, hasta el túnel 25 de Navaleo S (pk 227.2) con cota de carril 685 metros, el trazado baja 393 metros en 23 kilómetros.

El tramo Palencia – León (122.4 km) se abrió el 9 de noviembre de 1863, el León – Astorga (52.0 km) el 16 de febrero de 1866, y el Astorga – Brañuelas (27.3 km) el 17 de enero de 1868. Por el otro extremo, el tramo La Coruña – Lugo (114.9 km) se abrió el 10 de octubre de 1875, y los Lugo – Puebla

TORRELAVEGA

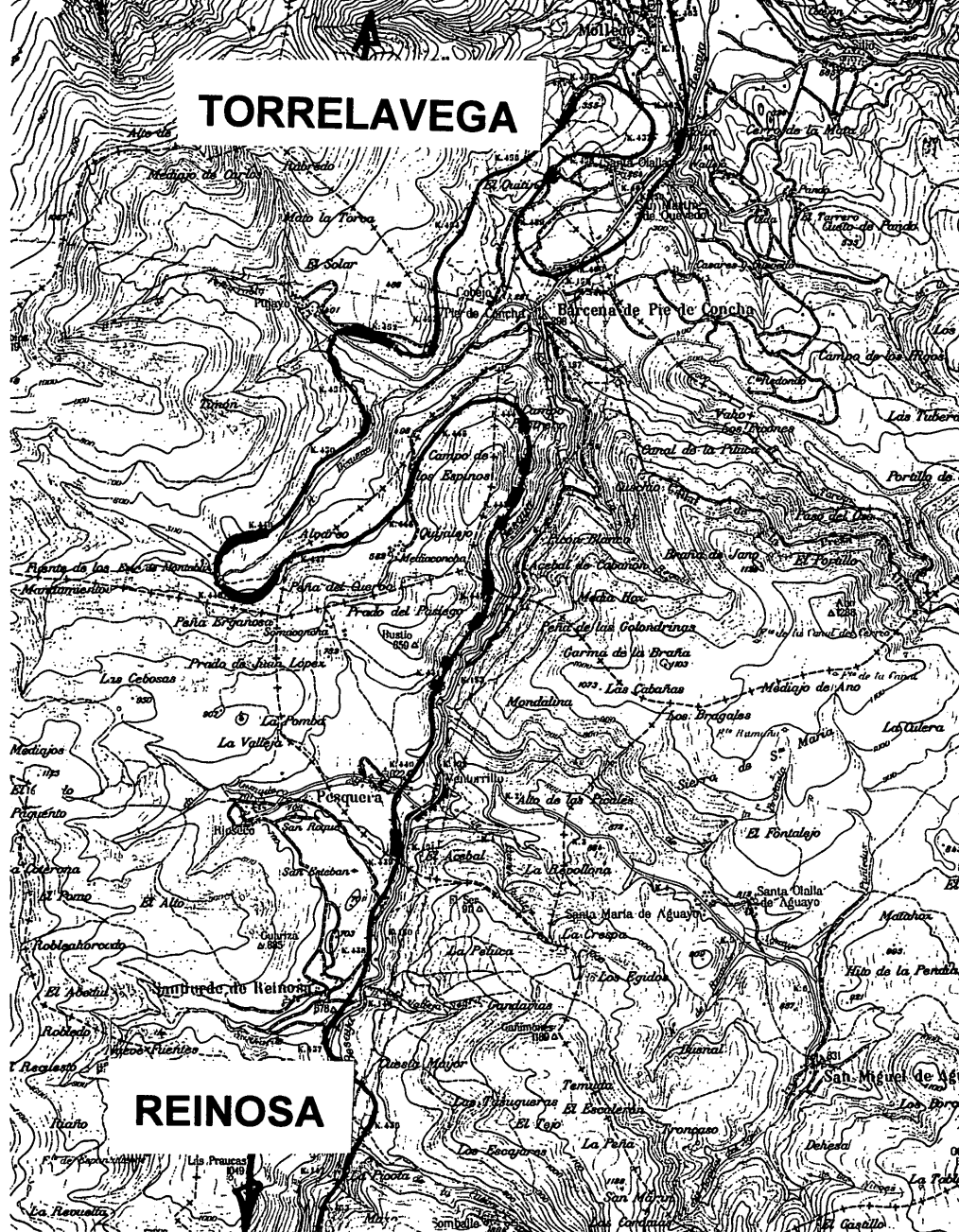


Figura 3. Paso FFCC a Cantabria.
La Bárcena de Pie de Concha.

REINOSA

Figura 4. Rampa de Brañuelas.
Lazo de Manzanal



CUADRO 7. TUNELES LINEA PALENCIA – LA CORUÑA. LAZO DE MANZANAL

Núm	NOMBRE	PK ENTRADA (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE O RAMPA %	COTA DE CARRIL (m)	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
1	Divisoria	204.459	602	P-19,83	1,078	Carbonífero (Estefaniense)
2	“	205.750	80	P-19,83	1,070	“ “
3	“	205.979	108	P-19,83	1,050	“ “
4	Valdelan	206.370	86	P-19,83	1,030	“ “
5	Mornego	207.660	480	P-19,83	1,000	“ “
6	Macasa	208.367	163	P-19,83	990	“ “
7	Aldelacasa	208.893	110	P-19,83	980	“ “
8	Castellano	209.131	127	P-19,83	970	“ “
9	Valdepiñuelo	209.449	623	P-19,83	960	“ “
10	El Muro	210.427	188	9-19,83	952	“ “
11	El Pico	210.727	112	P-19,06	948	“ “
12	El Pozo	211.226	74	P-19,06	939	“ “
13	Artificial	211.702	110	P-19,95	920	“ “
14	Tegualón	213.698	206	P-19,78	890	“ “
15	El Pozanco	214.502	184	P-19,78	870	“ “
16	El Lazo	216.564	1,044	P-19,44	840	“ “
17	El Castrón	218.758	106	P-19,83	810	“ “
18	Los Corrales	221.656	421	P-19,83	750	“ “
19	Torre 2	222.678	118	P-15,75	728	“ “
20	Peñacallada	223.500	100	P-12,9	710	“ “
21	El Santamarina	224.198	99	P-12,9	712	“ “
22	Navaleo S	225.563	99	P-9,05	700	“ “
23	“ “	225.834	100	P-9,05	697	“ “
24	“ “	226.775	96	P-2,14	691	“ “
25	“ “	227.218	176	P-12,49	685	“ “
26	San Miguel	242.910	40	H	574	Silúrico
27	Las Fregas	243.401	1,008	P-3,39	570	“
28	El Muro	245.998	102	P-11,7	550	Devónico
29	Riandia	246.301	246	P-11,7	548	“
30	Lafuente	246.726	220	P-11,7	542	“
31	Lavaderos	247.087	309	P-11,7	535	“
32	Penedelo	266.377	188	H	427	Silúrico
33	Requejo	270.626	98	P-15,19	415	“
34	Mumao	271.544	585	P-9,97	410	“
35	Pombarín 1º	273.035	179	H	403	“
36	“ 2ª	273.221	160	H	403	“
36	Cobas	273.555	719	P-1,57	401	“
38	Perido	275.064	317	H	402	“
39	Atalen	276.616	483	H	402	“
40	Bustelos	277.524	241	P-10	400	“
41	Ventana	277.790	108	P-10	395	“
42	del Burro	278.283	230	P-10	385	“

CUADRO 7. TUNELES LINEA PALENCIA – LA CORUÑA. LAZO DE MANZANAL

Núm	NOMBRE	PK ENTRADA (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE O RAMPA %	COTA DE CARRIL (m)	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
43	Pardullón	278.898	61	H	382	"
44	Queraño	283.398	353	P-8,45	370	Cuaternario
45	La Baraja	296.232	228	P-4,84	328	Silúrico
46	Arbán	311.888	78	H	301	"
47	Artificial	312.529	36	P-7,07	298	Cuaternario
48	Malpaso	313.017	73	H	296	"
49	Pedreinas	313.888	300	H	296	"
50	Alvaredas	316.676	123	H	286	Silúrico
51	Carabillas	317.909	79	P-7,37	279	"
52	Montefurado	319.634	400	H	279	"
53	Las Lajas	320.332	128	H	279	"
54	La Barca	321.517	61	P-10,6	269	"
55	Novaes	329.588	118	H	255	"
56	Penadol	330.209	62	H	255	"
57	San Román	334.605	310	H	245	"
58	Bairos	336.006	220	P-6,16	237	"
59	Pebasabal	337.868	50	R-13,84	245	Cuaternario
60	Cobas	338.465	536	H	259	"
61	San Andrea nº 1	340.641	105	R-16,79	270	"
62	" " nº 2	340.870	89	R-16,79	275	"
63	San Pedro	342.422	235	R-16,79	285	"
64	Casti nº1	343.515	85	R-16,79	339	"
65	Casti nº 2	344.009	211	R-18	345	"
66	La Marquesa	344.557	420	R-18	357	"
67	Rubios	345.420	110	R-19,9	365	"
68	Voñifre	346.431	129	R-19,9	380	"
69	La Firira	347.726	997	R-18	415	"
70	Derecha	378.290	135	R-20	445	Cámbrico
71	Peñas Negras	378.639	134	R-20	450	"
72	Cortijo	379.235	177	R-20	454	"
73	Penela	380.038	264	R-20	465	"
74	Aguada	381.325	41	R-20	505	"
75	Dural	383.638	1,905	R-20	585	Rocas plutónicas ácidas. Granito
76	Mameda	388.141	127	R-20	568	" " " "
77	Pitamea	389.070	112	P-20	550	" " " "
78	San Alberto	464.060	223	R-8,38	412	Cuaternario
79	Vales	498.470	40	P-16,6	512	Precámbrico
80	Tieira	500.925	230	P-15,5	458	"
81	Los Leiros	507.200	80	P-17	340	"
82	Loureiros	509.912	122	P-17	330	"
83	Racemonde	510.659	80	P-17	325	"
84	Mandayo	511.129	234	P-17	300	"
85	Pasaje	544.385	424	R-2,97	5.5	Rocas plutónicas ácidas. Granito

(21.6 km) y Puebla – Sarria (14.1 km) abrieron en mayo y octubre de 1880. El tramo del lazo, Brañuelas – Ponferrada (49.3 km) se abrió el 4 de febrero de 1882, y el cierre de la línea, Ponferrada – Villafranca (23.8 km) en marzo de 1883.

1.d. El acceso a Francia por Canfranc. Hélice de Villanúa.

En la figura 5 puede verse este acceso, que sigue el curso del río Aragón desde Jaca hasta Canfranc. Entre Castillo y Villanúa, a la altura de Aratorés, el trazado se doble en la famosa “Hélice de Villanúa”, que aunque no llega a ser un lazo como el de Manzanal, es otra gran muestra del esfuerzo y el ingenio de los Ingenieros de Caminos españoles.

1.e.- Comentarios sobre los necesarios nuevos túneles de base de FFCC

España es un país de tren. Dejando aparte los trenes de levitación magnética, los trenes de ruedas de acero que hoy día se están diseñando, y que circularán por nuestra nueva red en los próximos 20 ó 30 años, tienen velocidades ya mayores de 350 km/h, y sus trazados son en la práctica líneas rectas y de muy poca pendiente. Como nuestros antecesores no disponían de los medios de construcción actuales, no pudieron construir los largos túneles necesarios para cruzar las montañas por su base (aunque sí se construyeron algunos largos en Europa), y se vieron forzados a la construcción de trazados con túneles de pico como hemos visto. Pero recordando la figura 1, el lector puede ver que ahora es necesario volver a hacer en nuestra Patria el mismo esfuerzo ingenieril que hicieron nuestros antecesores hace 150 años, pero ya en la construcción de los largos túneles de base, como están haciendo Suiza y otros países avanzados. Tal vez (esto podrían describirlo mejor los compañeros de RENFE, que conocen la red y sus necesidades a la perfección) los más críticos sean los túneles de Base de Guadarrama, de Pajares, del Padornelo, de Torrelavega (o el nuevo La Engaña), y los nuevos accesos a Alicante, Málaga y Almería entre otros.

Los túneles de la Cañada (952 m) y Navalgrande (1.004 m) son los dos más largos de los 17 existentes en el cruce de Guadarrama hacia Avila. Aparecen en la figura 1, son los más altos de España con sus cotas de 1.355 y 1.309 metros, y siguen hoy en Junio de 1999 igual que cuando se construyeron en 1863, con su estrechísimo gálibo, mientras que el túnel Base de Guadarrama sigue, ya largos años, en espera de una decisión valiente. Todas las comunicaciones de ferrocarril entre el Norte y el Sur de España están colapsadas a la espera de que se elimine este decimonónico estrechamiento, pero, increíblemente, parece que el nuevo túnel de Guadarrama no va a hacerse por ser “bastante caro” y se estudia una nueva salida alternativa más barata y que probablemente será rechazada otra vez. Mientras tanto, el actual trayecto Madrid – Coruña por la vía norte tarda casi 11 horas hasta Ferrol.



Figura 5. Paso de Somport. Hélice de Villanúa.

CUADRO 8. NUMERO DE TUNELES DE CADA LONGITUD (metros)

	0 a 100	100 a 300	300 a 500	500 a 1.000	1.000 a 2.000	2.000 a 3.000	3.000 a 4.000	Más de 4.000	TOTAL
ANDALUCIA	9	8	1						18
ARAGON	39	18	3	6	8				74
ASTURIAS	13	7		1	1			1	23
BALEARES	2	1	1						4
CANARIAS	13	12	4	1	1				31
CANTABRIA	2								2
CASTILLA LA MANCHA	4	8		1					13
CASTILLA LEÓN	10	16	2	4	3				35
CATALUÑA	22	13	3	2	1			2	43
EXTREMADURA	2	1	1			1			5
GALICIA		3		2					5
LA RIOJA	5	1							6
MADRID	1					1	1		3
NAVARRA	5	7							12
PAIS VASCO	9	10	6	2	2				29
VALENCIA	8	2	2	7					19
TOTAL ESPAÑA	144	107	23	26	16	2	1	3	322

2. TÚNELES DE CARRETERA

Al igual que la red de FFCC, la topografía ha marcado la red de carreteras española desde la dominación romana. Existen unos 180 puertos de montaña con más de 300 túneles, que se detallan a continuación según el Inventario cedido amablemente por el Presidente de AETOS, D. Manuel Serrano, actualizado a 1990.(Cuadro8)

De estos túneles carreteros el más largo es el de Viella (5.130 m) abierto en 1948. El segundo es el del Cadí (5.000 m), y el tercero El Negrón, (4.111 m) en Pajares, abierto en 1983. El túnel de Guadarrama II (3.345 m) se abrió en 1972. El Guadarrama I (2.777 m) se perforó en 2 años y se abrió en 1963.

Las longitudes de los túneles de la red española son los reflejados en el Cuadro 9.

CUADRO 9. LONGITUD TOTAL CONSTRUIDA

	0 a 100	100 a 300	300 a 500	500 a 1.000	1.000 a 2.000	2.000 a 3.000	3.000 a 4.000	Más de 4.000	TOTAL
ANDALUCIA	621	1,466	380	0	0				2,467
ARAGON	2,065	3,022	1,105	4,112	10,274				20,578
ASTURIAS	679	1,639	0	775	1,260			4,110	8,463
BALEARES	180	250	395	0	0				825
CANARIAS	854	2,001	1,566	514	1,140				6,075
CANTABRIA	90	0	0	0	0				90
CASTILLA LA MANCHA	165	1,759	0	629	0				2,553
CASTILLA LEÓN	711	3,139	882	2,445	3,910				11,087
CATALUÑA	1,158	2,253	1,303	1,100	1,111			10,159	17,084
EXTREMADURA	140	200	460	0	0	2,320			3,120
GALICIA	0	561	0	1,275	0				1,836
LA RIOJA	330	185	0	0	0				515
MADRID	30	0	0	0	0	2,860	3,319		6,209
NAVARRA	303	1,430	0	0	0				1,733
PAIS VASCO	590	2,117	2,533	1,193	2,538				8,971
VALENCIA	531	356	932	4,050	0				5,869
TOTAL ESPAÑA	8,447	20,378	9,556	16,093	20,233	5,180	3,319	14,269	97,475

CUADRO 10. LONGITUD DE LOS TUNELES HIDRAULICOS SEGUN APLICACIONES

	LONGITUD Km	ABASTECIMIENTO y REGADIO	CAPTACION y SANEAMIENTO	CANAL, DESVIO y TRASVASE	HIDROELECTRICO TERMO Y NUCLEAR	SIN ESPECIFICAR
ANDALUCIA	275.475	170.763	2.078	33.460	69.174	
ARAGON	169.980	55.115	1.585	0.000	113.280	
ASTURIAS	93.011	36.327	0.000	0.870	55.814	
BALEARES		0.000	0.000	0.000	0.000	
CANARIAS	33.786	15.125	18.661	0.000	0.000	
CANTABRIA	21.975	8.448	0.000	0.000	9.320	4.207
CASTILLA						
LA MANCHA	156.022	30.903	8.000	54.584	30.600	31.935
CASTILLA LEÓN	137.763	3.009	0.000	30.549	103.179	1.026
CATALUÑA	220.579	14.185	0.000	5.190	199.959	1.245
VALENCIA	137.033	73.918	0.000	0.756	54.479	7.88
EXTREMADURA	15.022	9.503	0.000	0.809	4.407	0.303
GALICIA	90.701	10.777	1.423	3.728	70.173	4.6
MADRID	100.518	100.103	0.000	0.000	0.415	
MURCIA	98.208	91.100	0.000	4.858	1.737	0.513
NAVARRA	21.186	18.620	0.000	0.000	2.366	0.2 ¹
PAIS VASCO	62.937	33.093	7.274	0.514	21.916	0.142
LA RIOJA	12.417	12.137	0.000	0.000	0.280	
TOTAL ESPAÑA	1,646.613	683.126	39.021	135.318	737.099	52.051

CUADRO 11. NUMERO DE TUNELES HIDRAULICOS EN ESPAÑA

	LONGITUD Km	ABASTECIMIENTO y REGADIO	CAPTACION y SANEAMIENTO	CANAL, DESVIO y TRASVASE	HIDROELECTRICO TERMO Y NUCLEAR	SIN ESPECIFICAR
ANDALUCIA	442	281	1	71	89	0
ARAGON	253	81	1	0	171	0
ASTURIAS	114	56	0	5	53	0
BALEARES		0	0	0	0	0
CANARIAS	27	11	16	0	0	0
CANTABRIA	82	27	0	0	54	1
CASTILLA						
LA MANCHA	152	87	1	20	36	8
CASTILLA LEÓN	246	10	0	12	222	2
CATALUÑA	215	23	0	2	189	1
VALENCIA	315	274	0	4	32	5
EXTREMADURA	40	14	0	2	22	2
GALICIA	80	16	4	3	56	1
MADRID	32	30	0	0	2	0
MURCIA	340	322	0	6	11	1
NAVARRA	17	12	0	0	4	1
PAIS VASCO	85	30	10	2	42	1
LA RIOJA	36	35	0	0	1	0
TOTAL ESPAÑA	2,476	1,309	33	127	984	23

3. TÚNELES HIDRAÚLICOS

Más de 2.400 túneles de diversas secciones y para diversas aplicaciones, con una longitud total superior a los 1.600 kilómetros, constituyen la red de túneles y cavernas hidráulicos e hidroeléctricos de España. La relación de AETOS es la reflejada en el Cuadro 10, con datos de 1990.

Y el número de estos túneles es el que se indica en el Cuadro 11.

4. RESUMEN

Estos últimos años del siglo son tan críticos para las infraestructuras españolas, especialmente para el ferrocarril, como lo fue la primera mitad del siglo XIX. Nuestra red de FFCC está cayéndose, y desde hace décadas faltan fondos a RENFE para su adecuado mantenimiento. Las recientes directivas de la Unión Europea en cuanto a las Empresas Explotadoras de la infraestructura no deben ser un obstáculo para que nuestra costosísima infraestructura esté en buenas condiciones.

Para la nueva red de Alta Velocidad, que ya es imparable, la solución son los largos túneles de base, que eviten los pasos que hemos comentado y que tan conocidos son de todos los Ingenieros de Caminos españoles. Túneles de base seguros en su explotación, rápidos de construir, de un coste razonable y respetuosos con el medio ambiente. La distancia Madrid - Valencia son menos de 350 km en línea recta, y con los trenes para los que se diseña el trazado el tiempo de viaje debe ser menos de una hora, más los minutos de las paradas intermedias. Lo mismo ocurre con los trayectos Madrid - Alicante, Madrid - Gijón, Madrid - Santander, Madrid - Badajoz o el terrible Madrid - Coruña, que a menos de 500 km en línea recta tiene una longitud de vía de más de 840 km, cuando un buen tren actual en una vía adecuada podría hacer el recorrido en menos de 2 horas.

Los nuevos túneles españoles para la red de Alta Velocidad deben, en la modesta opinión del autor, tener las características siguientes:

▼ 1.- No deben ser de doble vía. No es aceptable cruzar dos trenes a casi 800 km/h de velocidad relativa en un túnel de 2 vías. En caso de cualquier accidente como el reciente del ICE alemán, nadie saldría vivo del túnel. Un túnel por vía, con sus galerías de interconexión, es la solución más adecuada, independientemente de su longitud. Decía un consultor recientemente que no importa, porque probablemente los trenes no se cruzarían nunca dentro del túnel,



**Boca sur del túnel de La Engaña, en su estado actual, febrero 1999.
(Foto del autor).**

y pensábamos nosotros que entonces y con esa forma de pensar sería mejor construir sólo un túnel de una vía, como se hizo en Pajares.

▼ 2.- No deben construirse por los métodos que actualmente se siguen utilizando. El tristemente célebre Nuevo Método Austríaco debe ya relegarse a los pequeños túneles de conexión. Es inseguro, no protege el frente de excavación y es muy lento, pero es defendido por los constructores ya que no exige grandes inversiones en equipos de excavación, y por los antiguos consultores que lo aprendieron hace 30 años. Las Administraciones deben exigir equipos de construcción adecuados, independientemente de su coste, que no se refleja en mayor coste para el contribuyente con una contratación adecuada.

▼ 3.- No pueden construirse los nuevos túneles a razón de 1 kilómetro por año, sino a 1 kilómetro por mes. Con los equipos adecuados, muchos túneles españoles se han construido a más de 1 kilómetro por mes. El trasvase Guadiaro-Majaceite, por ejemplo, que se construyó con una buena tuneladora de roca, de doble escudo telescópico, y preparada para que al cruzar zonas blandas trabajara como escudo de presión de tierras, llegó en muchos meses a más de 1.000 metros, y el mes máximo a los 1.355 metros. Aunque su diámetro era pequeño (4.88 m), avances similares se obtienen en túneles del diámetro de los que necesitamos, con los equipos adecuados. En los recientes túneles del Metro de Madrid, con los equipos adecuados, y pasando bajo zonas densamente pobladas, protegiendo edificios y con muchas pérdidas de tiempo por ese motivo, se

han alcanzado en muchos meses los 600 metros al mes por equipo, con un máximo de 792 metros al mes. Y tenga en cuenta el lector que una tuneladora de suelos tarda el doble de lo que debería, porque mientras monta el anillo de dovelas no excava, mientras que las adecuadas de roca dura siguen excavando.

▼ 4.- No pueden rechazarse los túneles de base "porque son muy caros". Si los túneles del Metro de Madrid se han liquidado como media a unos 1.600 Millones de Pta por kilómetro para un diámetro de 9.40 metros, no puede decirse que los túneles de Pajares, Guadarrama o Padornelo costarán más del doble por kilómetro, y por supuesto no debe preguntarse el coste a los Contratistas, a quienes naturalmente interesa el precio más alto. La Administración puede y debe estimar adecuadamente el coste de estos túneles y sacar después a licitación las obras. En general un túnel en roca dura es más barato y rápido de ejecutar que en suelo blando en ciudad. A los Ingenieros de Caminos no nos pide la sociedad que hagamos una infraestructura mala por ser más barata que una buena y adecuada, y es nuestra irrenunciable responsabilidad el informar adecuadamente a los superiores políticos de lo que debe hacerse en cada caso para que la infraestructura sea la mejor y la más segura posible.

▼ 5.- Ni estos túneles de base que necesitamos con urgencia, ni el resto de los túneles en general, deben contratarse a precio cerrado. Es imposible para cualquier Administración el proporcionar la información geotécnica sufi-

ciente para que los Contratistas puedan licitar adecuadamente las obras. Nunca pueden hacerse los sondeos necesarios para que el túnel pueda ser proyectado con toda certeza, especialmente en las zonas de grandes coberturas como en los túneles de base que comentamos. Un túnel no puede proyectarse adecuadamente con un sondeo cada 100 metros, que ya sería un altísimo número de sondeos, ni siquiera cada 50 metros. Otros métodos de reconocimiento geofísicos o similares tampoco dan la información necesaria para la construcción. El conocer con toda certeza la geotecnia del recorrido del túnel sólo puede hacerse con un túnel piloto de algunos metros de diámetro, y aún así las variaciones geotécnicas pueden ser tales que hagan necesarios cambios muy importantes en el diseño, como puede verse en los actuales túneles carreteros de Pinglin, en Taiwan. Un Contrato cerrado terminará siempre en reclamaciones o en los tribunales, acabando en un coste mucho más elevado que el necesario y en un retraso de muchos años, como ya se ha visto en algunas infraestructuras de todo el mundo. Creemos que el túnel debe contratarse con un precio razonable para el túnel en condiciones normales, y estudiando y acordando el coste especialmente para las fallas y zonas con problemas. Con precios razonables y honestos, y tratando de resolver los problemas económicos antes incluso de que se produzcan, se tendrán estos túneles de base en su plazo y en su justo precio. ●