



Federico Cantero Villamil

1874-1946

Un ingeniero de Caminos
en la vanguardia de su tiempo

SICMA
Cuarta edición

**Semana
de la
Ingeniería**
de Caminos
en Madrid

Del 22 al 28
de mayo
2017



Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:
www.fomento.gob.es

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Título de la obra: Federico Cantero Villamil 1874-1946. Un ingeniero de Caminos en la vanguardia de su tiempo.

Catálogo exposición, SICMA Cuarta edición.

Autor: Demarcación de Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; Fundación Juanelo Turriano

Año de edición: 2017

Características Edición:

Iª edición electrónica: 2017

Adobe Acrobat:

Formato: PDF

Tamaño: 17,73 MB

© De los textos: los autores

© De las ilustraciones: las instituciones y fotógrafos

Edita:

© Ministerio de Fomento

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

NIPO: 161-17-085-4

Aviso Legal Todos los derechos reservados. Esta publicación no podrá ser reproducida ni en todo, ni en parte, ni transmitida por sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico o cualquier otro.





Federico Cantero Villamil

1874-1946

Un ingeniero de Caminos
en la vanguardia de su tiempo



Colegio de Ingenieros
de Caminos
Canales y Puertos
de Madrid



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Organiza

Demarcación de Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Miguel Angel Carrillo Suárez. Decano

Fundación Juanelo Turriano
Victoriano Muñoz Cava. Presidente

Exposición

**Demarcación de Madrid. Colegio de Ingenieros
de Caminos, Canales y Puertos**
Fundación Juanelo Turriano
Descendientes de Federico Cantero Villamil

Comisario
Fernando Cantero Núñez

Comité Asesor
Miguel Angel Carrillo
Fernando Sáenz Ridruejo
Isabel Díaz de Aguilar Cantero
Álvaro González Cascón

Diseño y dirección de montaje
Bernardo Revuelta Pol

Diseño paneles
Ignacio Burguillo García

Montaje
VINTEC

Catálogo

Dirección
Demarcación de Madrid. Colegio de Ingenieros
de Caminos, Canales y Puertos

Coordinación
Isabel Díaz de Aguilar Cantero

Textos
Federico Suárez Caballero
Fernando Sáenz Ridruejo
Federico Cantero Núñez
Fernando Cantero Núñez
Álvaro González Cascón

Diseño y maquetación
Ignacio Burguillo García

Supervisión de textos
Isabel Díaz de Aguilar Cantero

Edita e imprime
Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento

Agradecimientos

Las instituciones organizadoras quieren agradecer la inestimable colaboración de los familiares de Federico Cantero Villamil, especialmente de su hija Concepción Cantero García-Arenal, ya que muchos documentos y fotografías que aparecen en el libro, y que también se han utilizado para los paneles de la exposición, pertenecen a su archivo privado; y a su nieto Federico Cantero Núñez por la aportación de las fotografías originales sobre las que se ha montado la exposición. También a su nieta Isabel Díaz de Aguilar Cantero por su impulso y colaboración para poder realizar la muestra.

De igual manera nuestro agradecimiento a Alfredo López Díez, por ceder la maqueta del Helicóptero de Cantero Villamil, a Álvaro González Cascón, a La Asociación Ferroviaria Zamorana, a Industria de Turbo Propulsores (ITP), a José de Castro y Francisco Flores por las imágenes que han cedido. A José Caruncho por el revelado de las fotografías de la exposición.

Asimismo, queremos agradecer la ayuda recibida del personal del archivo del Ministerio de Fomento; del secretario de la Escuela de Caminos, Felipe Gabaldón, de Concepción García Viñuela que dirige la biblioteca del centro y de Begoña Sánchez-Aparicio de la Fundación Juanelo Turriano. Finalmente nuestro agradecimiento a Isabel Sagüés Ibero, Directora del Patrimonio Histórico-Artístico de Iberdrola, por haber facilitado la reproducción de planos del Proyecto del Salto de San Román y sus modificaciones para el libro y planos originales para la exposición, así como a la Directora del Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo”, Yolanda Diego Martín, por todas las gestiones y ayudas recibidas.

Presentación

La cuarta edición de la Semana de la Ingeniería de Caminos en Madrid, organizada por la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, bajo el lema "INGENIERÍA DE CAMINOS PARA TRANSFORMAR EL MUNDO", ha querido acercar el trabajo y la actividad profesional de los ingenieros de caminos a la ciudadanía. Por esta razón además de jornadas temáticas, visitas a obras realizadas, actos para jóvenes y niños, ha considerado dos ejes centrales para esta edición: la muestra por Madrid de piezas actuales representativas de esta profesión y la exposición que reivindica la aportación decisiva de los ingenieros de caminos al desarrollo de España y a la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos, centrándose en la figura de Federico Cantero Villamil (1874-1946).

Este insigne ingeniero de caminos nace en Madrid, el mismo año que falleció Lucio del Valle, a cuya figura se dedicó la exposición de la tercera edición. Como él, realizó una contribución fundamental al desarrollo industrial, empresarial y tecnológico de España. Proyectó a partir de 1906 los aprovechamientos hidroeléctricos denominados, globalmente, "Saltos del Duero" y diseñó la estrategia conocida como "Solución Española" para interesar al Gobierno portugués en la explotación conjunta del potencial hidroeléctrico del tramo internacional del Duero. Proyectó en 1913 el trazado del ferrocarril directo Zamora - Orense, una vieja aspiración que no se vería acabada hasta 1957. Se ocupó desde 1910 del estudio de aeronaves dotadas de alas giratorias, resultando de ello la construcción de la "Libélula Española" primer prototipo de helicóptero español.

Por todas estas razones la Demarcación de Madrid tomó la decisión de organizarle una exposición y dedicarle este libro que la acompaña. A esta iniciativa se ha añadido la Fundación Juanelo Turriano, institución dedicada a la investigación y difusión de la historia de la ingeniería y de la obra pública.

Hay que agradecer que se hayan sumado ilustres especialistas en la figura de Federico Cantero Villamil así como sus descendientes que han facilitado una documentación fundamental para la exposición.

Con estas aportaciones las instituciones organizadoras han podido presentar una muestra y una publicación que esperan contribuya a un mejor conocimiento de la obra de Federico Cantero Villamil y de la historia de los ingenieros de caminos, canales y puertos.

Miguel Ángel Carrillo Suárez
Decano de la Demarcación de Madrid.
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Bernardo Revuelta Pol
Director Gerente
Fundación Juanelo Turriano

Índice

10	Introducción Federico Cantero Villamil, un ingeniero polifacético
13	I.- Del Duero a “La Libélula Española”. Una travesía para estoicos <i>Federico Suárez Caballero</i>
27	II.- Cantero Villamil, Ingeniero de la Generación del 98 <i>Fernando Sáenz Ridruejo</i>
47	III.- Un desafío hidroeléctrico en el Duero: Testimonio fotográfico 1898 -1907 <i>Fernando Cantero Núñez</i>
93	IV.- El Ingeniero ferroviario 1904-1918 <i>Álvaro González Cascón</i>
115	V.- Aprovechamientos hidroeléctricos, proyectos y realizaciones <i>Federico Suárez Caballero</i>
139	VI.- La vertiente aeronáutica de un ingeniero de Caminos <i>Álvaro González Cascón</i>
159	Bibliografía
161	Obras de Federico Cantero Villamil
165	Bibliografía generada a raíz de la publicación de la biografía de Federico Cantero Villamil
169	Bibliografía general

Introducción: Federico Cantero Villamil, un ingeniero polifacético

Nace Federico Cantero el 22 de junio de 1874 en el nº 7 de la madrileña calle de la Libertad. La elección de su figura como protagonista en la Semana de Ingeniería de Caminos en Madrid (SICMA 2017) no responde a la conmemoración de una cifra redonda de su nacimiento ni de ninguna otra fecha significativa en su devenir vital. Es más bien una respuesta a la inquietud de la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos por dar a conocer la figura y la obra de importantes personajes que ejercieron esta noble profesión a lo largo de más de dos siglos de existencia, especialmente en sus primeros años, aquellos en los cuales la sólida formación adquirida por los ingenieros, constituyó la base del conocimiento y también la iniciativa necesarios para acometer multitud de proyectos, cuya contribución a la modernización de una España de escasos recursos e incipiente desarrollo tecnológico está fuera de toda duda.

La personalidad elegida en esta ocasión corresponde a un ingeniero cuya temprana afición a la fotografía le llevó a plasmar en numerosísimas instantáneas no solo escenas de su vida privada sino también aquellas que reflejan las múltiples circunstancias que acompañan y condicionan la ejecución de muchos de sus proyectos. Entre ellos merece la pena destacar las imágenes obtenidas durante la construcción del aprovechamiento hidroeléctrico de San Román que por su calidad y contenido constituye un verdadero fresco de cómo era la construcción y la vida cotidiana en los años que rigen el cambio de siglo XIX al XX.

Pero no se trata solamente del ingeniero aficionado a la fotografía que acumula un valioso testimonio gráfico. Federico Cantero es un ingeniero, y tal vez por esta circunstancia, es una persona emprendedora, de enorme curiosidad que le lleva a innovar, tanto en su ámbito profesional como en otros aparentemente ajenos a su quehacer diario. Es hombre que está al tanto de muchos descubrimientos del momento y participa sus inquietudes en diversas publicaciones. El carácter, más bien reservado, le resta proyección pública y como consecuencia su figura resulta desconocida para muchos, incluso dentro de su profesión.

Como profesional libre su inquietud le conduce al estudio de proyectos decididamente orientados a la obtención de energía de origen hidráulico, con la idea clara de que se trata de una forma de energía renovable, una forma de energía inagotable en el concepto de aquella época en que la conciencia de conservación del medio ambiente no existía, por innecesaria en la mayor parte de nuestra geografía. En esta especialidad aventura una importante innovación en la construcción de presas, pues para reducir notablemente el volumen de hormigón que se necesita en estas estructuras, diseña la de Burgomillodo como presa de contrafuertes, que, aunque se basa en la tradición de las antiguas presas de contrafuertes españolas, puede considerarse como pionera a nivel mundial. Sí debemos precisar que por esas fechas se construía en Méjico una del mismo tipo, aun cuando no había constancia allí de la obra española ni aquí de la existencia de otra similar en dicho país. En cualquier caso, la oportunidad de un negocio rentable subyace en todos estos estudios y nos revela la faceta emprendedora de su personalidad.

Un importante proyecto ferroviario contribuye a redondear su currículum como ingeniero de caminos; la línea Zamora - Orense, cuyo desarrollo comenzó en 1913 y culminó con la inauguración en 1957, 11 años después de su fallecimiento.

En campos ajenos a la obra civil es de destacar la atención prestada a diversos aspectos relacionados con la aviación, desde estudios realizados sobre la forma de perfiles de ala de planeadores hasta la obtención de patentes sobre turbinas de propulsión.

El proyecto más audaz es el desarrollo e implementación de un primitivo helicóptero, construido a sus expensas, que por las difíciles circunstancias sobrevenidas tras la guerra civil, no llegó a realizar las pruebas de vuelo.

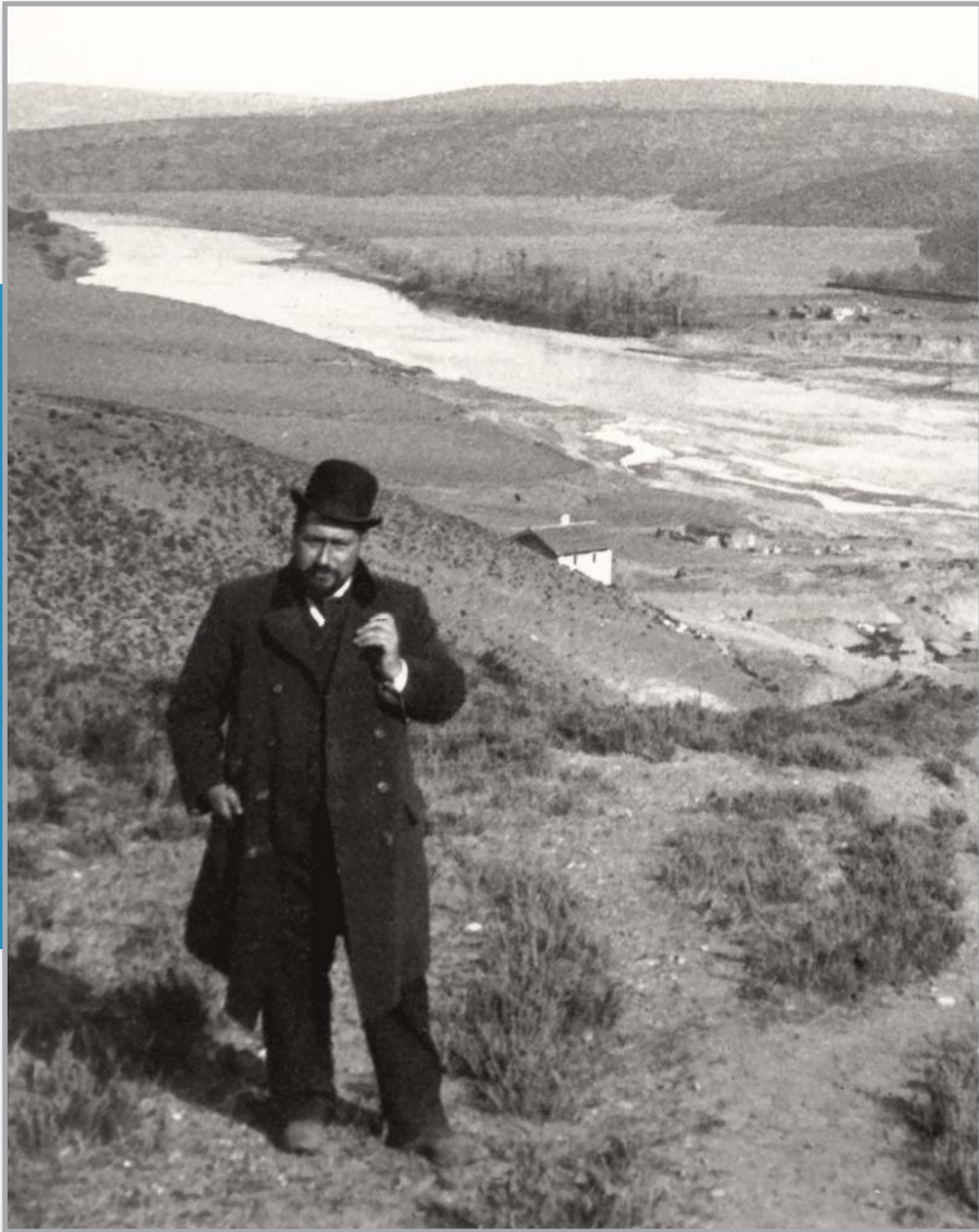
Su incesante actividad y su inquietud le llevan no solamente a publicar artículos en revistas técnicas sobre temas de su especialidad sino también a exponer su visión acerca de determinados problemas de carácter social y económico.

Esta breve descripción del perfil de Federico Cantero Villamil como ingeniero justifica la adopción de su figura para ser protagonista de esta Semana de Ingeniería de Madrid. La muestra que se expone en la sala del Colegio de Ingenieros de Caminos recorre su vasta trayectoria profesional y la colección de fotografías que salen a la luz pública por primera vez nos acerca al modo de construir y, en cierta medida, a la manera de vivir de algunas de aquellas personas que, hace 120 años, hicieron realidad un proyecto: el Salto de San Román.

Fernando Cantero Núñez
Comisario

El ingeniero y el Duero aguas abajo del azud de San Román. Hacia 1902. Archivo Federico Cantero Núñez.

I



DEL DUERO A "LA LIBÉLULA ESPAÑOLA". UNA TRAVESÍA PARA ESTOICOS

Federico Suárez Caballero

Biógrafo

Apuntes de una vida

1. SUAREZ CABALLERO, Federico, *Federico Cantero Villamil. Crónica de una voluntad. El hombre, el inventor*, Madrid, Arts & Press, 2006.

2. "El homenaje a los Ingenieros de Caminos pioneros en la aeronáutica mundial: Leonardo Torres Quevedo, Juan de la Cierva Codorniu, Federico Cantero Villamil y Jorge Lóring Martínez", Guadalajara, 2009.

Desde mucho antes del barullo organizado por el inefable Unamuno con el "que inventen ellos" han sido numerosos los españoles, muchos anónimos y no por ello menos heroicos, capaces de inventar cosas y pecaríamos de mentecatos si no reconociésemos que nuestra cultura tiene una deuda secular con un buen puñado de personas que continúan siendo ninguneadas en los manuales al uso.

En tal constante histórica no cabe la extrañeza una vez sabido que mucha historia social funciona como una guillotina siempre dispuesta a decapitar al sujeto en beneficio de los procesos. Queda el recurso de la biografía para poner rostro humano a acontecimientos importantes protagonizados por personas ignoradas no obstante su contribución al bienestar de la sociedad porque, se mire por donde se mire, encender cada día las bombillas de nuestros hogares requiere mucha ciencia y tecnología.

Y no digamos de la necesitada para viajar a bordo de un armatoste capaz de desplazarse casi a la velocidad del sonido con cuatrocientas personas en sus bodegas. Participó activamente en los orígenes de una España que apagaba para siempre los candiles, se olvidaba de las diligencias para subir a los trenes y veía posible el sueño de volar. Sin embargo, en ningún momento, en ninguno, la biografía de Cantero Villamil fue una biografía amable sino la de un caminar infausto con el dolor como constante.

Varias y variadas son las circunstancias convergentes en la vida de Federico Cantero Villamil para que su figura y aportaciones técnicas hayan permanecido, hasta la publicación de su biografía¹, en el anonimato a pesar de ser uno de los más importantes innovadores españoles en el ámbito de la ingeniería hidráulica y también en el de la aeronáutica junto a su coetáneo Juan de la Cierva y otros adelantados del aire².

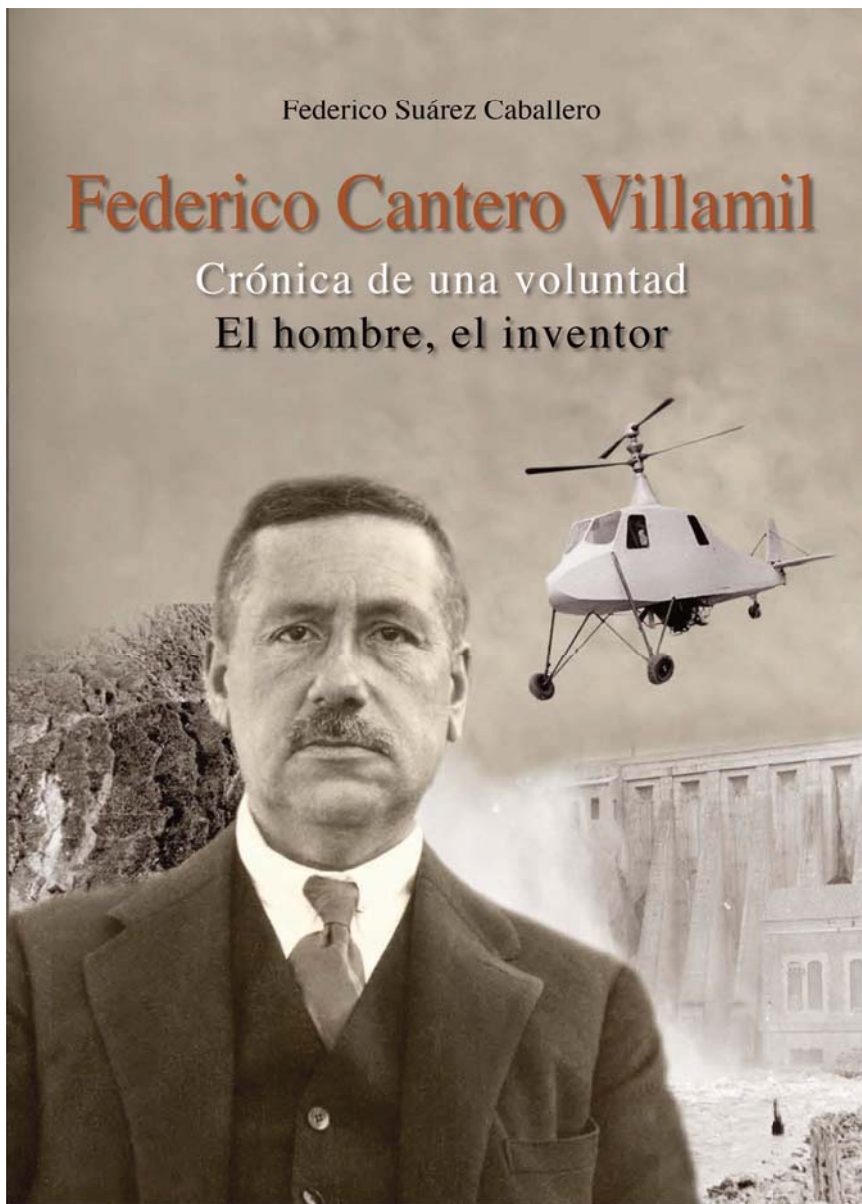
La Guerra Civil le pasa factura a la familia Cantero García-Arenal. Sus bienes fueron dañados por los contendientes durante el conflicto armado. Los álbumes fotográficos, las bibliotecas, proyectos, y trabajos técnicos, un material imprescindible llegado el momento de ensayar su biografía, se pierde casi en su mayoría. No obstante se salvaron unos cientos de documentos y fotografías utilizados para llevar algo de luz a la vida familiar y profesional de un personaje singular.

Al esbozar en esta ocasión la semblanza de Federico Cantero Villamil (1874-1946) se quieren subrayar algunos de los rasgos morales que perfilan su acusada personalidad. Condición relevante de ella fue la firmeza, firmeza que le otorgó esa cuota de constancia necesaria para la consecución de los objetivos propuestos pese a los reveses sufridos en el ámbito familiar y a lo largo de sus trayectorias profesional e investigadora. Esa cualidad de su carácter, la entereza, se manifiesta al actuar desde muy joven sin vacilaciones ni dudas, sabe lo que quiere y como lograrlo.

Nace en el número 7 de la madrileña calle de la Libertad, nombre que llegó rodado para ser heraldo, precoz augurio, de su independencia profesional mantenida, a modo de bandera desplegada, en su inmovible línea de conducta, temeraria a veces, a lo largo de una vida fecunda y creativa, siempre dispuesto a pasar de proyectos a realidades.

A Cantero Villamil le llegan impuestas por vía genética paterna, al menos, algunas de las características más destacables de su identidad, entre otras, inteligencia, extraordinaria capacidad de trabajo, tesón, empatía y el talento para inventar cosas.

Fueron sus progenitores Federico Cantero Seirullo (Valencia, 1842 - Vigo, 1934), Ingeniero Industrial, e Isabel Villamil Olivares. Basta con asomarse a la trayectoria



Portada de su biografía. Composición en la que aparecen la "Libélula Española", prototipo de helicóptero con dos rotores coaxiales, diseñado y construido por Cantero Villamil; y aliviadero de la "presa de contrafuertes tipo Cantero", construida (1929) sobre el río Duratón a la altura de Burgomillado (Segovia). Archivo Concepción Cantero García-Arenal.

3. El escrito de Cantero Seirullo, fechado en Zamora (09-02-1866), dirigido a D. Melitón Cenarro, Secretario General de la Cia. M.Z.O.V., iba acompañado por los dibujos y Memoria de las traviesas metálicas por él inventadas. Fondo Fundación de los Ferrocarriles Españoles. Archivo Histórico Ferroviario. Madrid. Signaturas C-118-088 y C-1495-003.

4. "Relación nominal de los Ingenieros de Caminos que terminaron sus estudios en los años 1839 a 1898", *Revista de Obras Públicas*, nº extraordinario, 1899.

profesional y vivencial de Cantero Seirullo para que cobre plena validez el aserto "de buen tronco, buena rama".

Cantero Seirullo se vincula a los Caminos de Hierro en 1856 como delineante en las oficinas del Servicio de Tracción y Material de la línea Madrid-Alicante. Compatibilizó su trabajo con los estudios de ingeniería en el Real Instituto Industrial, precursor de la actual Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Madrid, donde consigue el título (1863) en la especialidad de Mecánica.

Visitó en Francia fábricas e instalaciones ferroviarias como las de la Compañía Fives-Lille en cuyos talleres trabaja durante un año. Regresa a España en 1864 incorporándose al personal técnico de esta Compañía. Ingresó (1866) en la Compañía Ferroviaria Medina del Campo-Zamora-Orense-Vigo (M.Z.O.V.) para dirigir desde Zamora, donde fija su residencia, el trozo de Medina del Campo a Zamora.

En este mismo año ofrece³ a la M.Z.O.V. un sistema de traviesas metálicas para ferrocarriles ideadas y ensayadas por él. Los planos y la Memoria correspondiente permiten evaluar el alcance de su propuesta innovadora y sirven para probar su disposición para hacer cosas nuevas, es decir, inventar.

Cantero Seirullo sensible al desamparo que afectaban a las clases populares centra su interés en varios ámbitos de ayudas. En 1888 crea la Sociedad Anónima Zamorana, que tenía por objeto establecer un Monte de Piedad y Caja de Ahorros, una solución al problema del crédito rural capaz de terminar con la lacra social de la usura que arruinaba a los labradores humildes.

Fue miembro fundador de La Redentora Castellana, Sociedad creada en 1893 para la redención de mozos en edad militar. El Estado permitía eludir el servicio militar obligatorio mediante el pago de una "cuota". La Redentora pagaba la "cuota" de muchos pobres elegidos a sorteo.

Presidió desde 1897 la Asamblea Provincial de la Cruz Roja Española destacándose en la acogida de los soldados heridos, enfermos o moribundos llegados a la metrópoli de las guerras coloniales y abandonados a su suerte por los gobiernos.

Etapas escolares

Cursó sus estudios preuniversitarios en el Colegio Hispano-Romano de Madrid. Finalizada la etapa secundaria, se incorpora a la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos donde en 1896, con veintidós años, obtiene el título con el número uno de su promoción con 46 individuos, la más numerosa desde 1839 junto a la promoción de 1897 formada por 47⁴.

El ingeniero y su época

Como tantos otros profesionales de su generación, vivió los últimos coletazos y las consecuencias del siglo XIX, un siglo nefasto con trágicas repercusiones en el acontecer histórico de las primeras décadas del XX.

Todas las calamidades acontecidas en aquel siglo siniestro para España como nación, y para el pueblo español, no impiden que surjan hombres forjadores, como Cantero Villamil, y tantos otros, que echaron sobre sus hombros proyectos y empresas. A estos dedicó, sin descanso, todas las horas de su larga vida, abriendo, con medios muy limitados, nuevos horizontes al progreso y al bienestar de sus coetáneos.

Federico Cantero Villamil (primero por la izquierda, segunda fila por arriba) con sus compañeros del colegio Hispano-Romano en el curso 1882-1883. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Federico Cantero Villamil practicó el ciclismo, deporte de moda en sus años mozos, ataviado con un impresionante vestuario de "sportsman". Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



En Zamora

5. CANTERO GARCÍA-ARENAL, Francisco, *Mis memorias* (1916-1942), inéditas, 1983. Pueden consultarse parcialmente en "Memorial para la nostalgia" parte novena de la biografía de su padre: *Federico Cantero Villamil. Crónica de una voluntad...*, pp. 209-224

6. Ver capítulo IV, "El ingeniero ferroviario 1904-1918".

7. Ver relación completa de patentes en capítulo VI, pp. 156-157.

Con el flamante título de Ingeniero se instala en la casa familiar de Zamora. Se ocupa, entre otras tareas, en la prospección del río Duero aguas abajo de esta ciudad y hasta su entrada en Portugal. Después de innumerables y agotadoras jornadas ecuestres, la manera más adecuada y probablemente la única factible en aquellas lejanas fechas, escudriña barrancos, escarpes y laderas, conoce los lugares donde su cauce presenta desniveles apropiados para construir presas de gran salto.

Se incorpora (R.O. del 26 de marzo de 1899) al Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos al Servicio del Estado con destino en la Jefatura de Obras Públicas de Zamora. El 12 de mayo del mismo año se le concede su baja temporal para dedicar toda su atención a los trabajos de construcción de la presa y central eléctrica del Salto de San Román, próximo al pueblo de San Román de los Infantes.

Desempeña el cargo de Ingeniero Jefe de todos los servicios en la Compañía de ferrocarriles de Medina del Campo a Zamora, desde 1904 hasta 1918. Su padre, Cantero Seirullo, había fijado su residencia en Vigo (1905) para ser Director-Gerente de la Compañía de Ferrocarriles M.Z.O.V. en el trozo Orense-Vigo.

Con treinta y un años (1905) se une en matrimonio a Tránsito Ruiz Zorrilla. Queda viudo (1909) con dos hijos, Federico y José María. Contrae segundas nupcias (1912) con Concepción García-Arenal Winter, nieta de Concepción Arenal.

En 1928 sufre un episodio dramático, la muerte de su hijo José María con tan solo 20 años. Otro de sus hijos, Francisco, comenta en *Mis Memorias*⁵ refiriéndose a la muerte de su hermano: "No soy capaz de describir la pena tan horrible que experimentó mi padre".

Desempeña (1910-1912 y 1914-1918) la Dirección de Carreteras de la Diputación Provincial de Zamora. Realiza (1913) para la Compañía M.Z.O.V. el proyecto de ferrocarril Zamora a Orense⁶, uno de los más complicado de España por su difícil orografía.

En Zamora compatibiliza las más diversas tareas con la dirección facultativa del Salto de San Román. Ensayo en su propio taller, creado al efecto, "alas giratorias" con las que pretende hacer volar su "carro volador" embrión de lo que años después sería la "Libélula Española", primer prototipo de helicóptero hecho por un español; continúa la prospección del río Duero y algunos de sus afluentes, aguas abajo de Zamora, estudios que le permitieron diseñar, años más tarde, un ambicioso y estratégico proyecto hidráulico conocido como "Solución Española del Duero", y trabaja en otras ideas originales que dan lugar a un repertorio notable de patentes⁷.

No limita la actividad laboral a estudios y proyectos hidráulicos. Su extraordinaria capacidad de trabajo le lleva a simultanear la dirección facultativa del "Salto de San Román" con la gerencia de "Menvior", Sociedad dedicada a la fabricación de productos químicos, abonos para modernizar la agricultura.

Monta en Zamora dos talleres en colaboración con el célebre Físico y sacerdote Eugenio Cuadrado, uno de ellos, dedicado a la mecánica de precisión, equipado con la maquinaria más moderna del momento adquirida en París, a donde se desplazan con ocasión de celebrarse la Exposición Universal de 1900. Otro taller se dedica a la restauración de objetos sagrados mediante procesos químicos: niquelados, cromados, y para aliviar los calurosos estíos zamoranos, se ocupa de la dirección técnica de una fábrica de hielo.

En abril de 1900 el mundo se da cita en París. La Exposición Universal abre sus puertas en la capital de Francia para ser el umbral de una era, el siglo XX, cuya grandeza profetizaban los sabios y cuyas realidades sobrepasarían los sueños de las imaginaciones más calenturientas de la época. Fotografía por Federico Cantero Villamil. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Adelantado en el Duero. Comienzos de una vida empresarial

El Duero, aguas abajo de Zamora capital, emprende una carrera veloz hacia su desembocadura transformándose en una potencial mina de energía renovable. Ese es el gran hallazgo, incuestionable, de Cantero Villamil. Ya en 1906 había conseguido hacerse con los más preciados secretos del Duero desde Zamora hasta su entrada en Portugal.

Poco después de su llegada a Zamora da a conocer, a través de *El Herald de Zamora* en su edición del 3 de diciembre de 1897, el proyecto “Una presa sobre el río Duero y canal transversal en túnel destinado a crear fuerza hidráulica transportable por medio de la electricidad”.

Este proyecto, capaz de generar energía abundante y barata, a ocho kilómetros de Zamora capital, con perspectiva de conducirla a Salamanca, Valladolid y docenas de pueblos de las tres provincias, fue un proyecto de trascendencia suma para Zamora, para Castilla y para España porque marcó el camino que otros tardaron en seguir. Por citar un solo ejemplo, los Saltos del Duero, “obra grandiosa y estratégica” continuaban medrando apoyos políticos y económicos para sacarlo adelante en enero de 1923, cuando el Salto de San Román de los Infantes llevaba 20 años produciendo energía eléctrica.

El salto de San Román y “El Porvenir de Zamora”

Nadie había sospechado hasta la llegada a Zamora del joven ingeniero que en un caprichoso rodeo del Duero se encontraba un germen de riqueza. Sin pérdida de tiempo elabora una Memoria publicada en los periódicos locales, *El Herald de Zamora* y *El Correo de Zamora*, a partir del mes de diciembre de 1897.

La Memoria se centra en destacar el interés industrial y mercantil del salto, eludiendo, discretamente, los datos técnicos más prolijos, cuya lectura podría ser enojosa y además ininteligible para la mayoría de las gentes.

El salto toma el nombre del caserío de San Román de los Infantes, próximo a la curva prodigiosa del Duero, al que es obligado llegar si se accede al embalse o a la Central eléctrica por carretera. La Sociedad Anónima instrumentada para la construcción del salto de San Román recibe el nombre de “El Porvenir de Zamora” porque la energía eléctrica generada en el salto quiso ser la base, imprescindible, sobre la que pudo asentarse un tejido industrial que nunca se configuró por falta de iniciativas locales.

Las intervenciones de Cantero Villamil en las Juntas Generales y en las Directivas de “El Porvenir” se orientan siempre, desde 1912, hacia la necesidad de ampliar los elementos de producción de la Sociedad, entre otros la construcción del Salto de Trechón, sobre el Duero, un poco más abajo del Salto de San Román. Les advierte que deben estar preparados para la entrada en el sector eléctrico de los “Saltos del Duero”:

“[...] porque los “Saltos del Duero” van a ser un hecho, creándose con ello una región de abundancia de fuerza que harían bajar los precios y que, de quedarse “El Porvenir” como está, será evidente que no tendrá defensa y sucumbirá ante rivales inevitables”.

Los accionistas de “El Porvenir” desatienden, sistemáticamente, las advertencias hechas sobre posibles competidores. Finalizado en 1934 el salto de Ricobayo, sobre el río Esla, se cumplen sus previsiones en 1938 al irrumpir en el mercado eléctrico zamorano “Saltos del Duero”, contraviniendo el “pacto de no agresión” firmado entre Horacio Echevarrieta (Banco de Bilbao) y Cantero Villamil al venderle este sus concesiones en 1918.

Fallece en diciembre de 1946 y en abril de 1951 se disuelve la sociedad “El Porvenir de Zamora” adquirido el viejo Salto de San Román por Iberduero. La falta de visión empresarial de los accionistas y los intereses económicos inmediatos truncan el futuro de la sociedad pese a las advertencias proféticas y directrices marcadas por Cantero Villamil desde 1912.

La Sociedad El Porvenir de Zamora, en Junta General celebrada el 26 de mayo de 1905, le agradece a Cantero Seirullo su excelente gestión de la sociedad y acepta su dimisión como gerente, al fijar su residencia en Vigo para ser director de la línea ferroviaria Vigo-Orense-Monforte. Archivo Federico Cantero Núñez.



Los Cantero en Madrid

Las desavenencias económicas surgidas con la Compañía M.Z.O.V. en torno a la percepción, o no, de honorarios por sus trabajos como autor del trazado de la línea Zamora-Orense (1913), del que fue autor y primer responsable, le llevan a presentar su dimisión irrevocable (julio de 1918) en la dirección del tramo Medina del Campo-Zamora.

En julio de 1918 se reincorpora al escalafón del Ministerio de Fomento y en julio de 1919 a la Jefatura de Obras Públicas de Santa Cruz de Tenerife regresando a la Península, por razones de salud, en noviembre del mismo año. Al servicio del Estado forma parte (1919-1920) de la Comisión de Estudios del ferrocarril directo Madrid-Algeciras.

Impulso a la “Libélula Española”

Reanuda en Madrid (1922) sus investigaciones aeronáuticas iniciadas en Zamora en 1909. Tiene muy avanzados, ya en 1933, los planos para la construcción de un aparato dotado de alas giratorias, helicóptero, al que llamó inicialmente “Libélula Española”. Las piezas las construyen en un taller de precisión situado en el semisótano de la calle Padilla, nº 68.

Poco a poco, y a sus expensas, sin ayudas estatales, van cobrando forma el embrague centrífugo, el cabezal oscilante, los ejes concéntricos para los dos rotores superpuestos que debían girar en sentidos contrarios, etc.

La guerra civil interrumpe durante tres años (1936-1939) la construcción de la “Libélula Española”. Se reanuda en 1940 a pesar de la escasez de materiales, incluso los más elementales, debida al aislamiento internacional de España y a la dificultad para conseguirlos en países europeos inmersos en la Segunda Guerra Mundial.

Fueron años decisivos aprovechados por Sikorsky, en Norteamérica, para poner en el aire (septiembre de 1939), su helicóptero VS-300, el primero de la historia aeronáutica capaz de maniobrar en el aire con control absoluto, realizar vuelo estacionario y hacer despegues verticales. Para Cantero Villamil la Guerra Civil supuso, además de otros infortunios, un parón crucial en sus investigaciones aeronáuticas, demora que le posterga al anonimato no obstante ser uno de los adelantados en el ámbito internacional de los helicópteros.

Juan de la Cierva y Federico Cantero Villamil, ingenieros de Caminos y coetáneos, fueron protagonistas de su tiempo en una España sometida a numerosos y trascendentales cambios políticos, culturales y económicos. Es paradójico el tratamiento que la memoria histórica ha otorgado a estas figuras de la ingeniería. Ajustada con el autogiro y Juan de la Cierva y el desconocimiento absoluto de Cantero Villamil cuya principal aportación a la aeronáutica es la “Libélula Española”, primer helicóptero patentado por un español, un aparato desaparecido sin dejar rastro alguno oficial de su existencia.

La difusión internacional del Autogiro le proporcionó distinciones y honores que determinaron, finalmente, el reconocimiento del papel relevante en la aeronáutica mundial. No pudo ser así en el caso de Cantero Villamil.

Domicilio de los Cantero García-Arenal en la madrileña calle del General Oráa, 5. Fotografía por Federico Suárez Caballero.



En el taller de Construcciones Mecánicas de Precisión de Antonio Díaz, en Madrid, se fabricó y montó el prototipo de "La Libélula Española". La instrumentación fue suministrada por las empresas Junkers, Pioneer, Eclipse. Anuncio publicado en la revista *Motoaviación*, 25-05-1929.

TALLERES ELECTRO-MECANICOS

Antonio Díaz

PROVEEDOR DE AVIACION MILITAR

REPRESENTANTE DE

EQUIPOS

S.E.V.

ACUMULADORES

FULMEN

Accesorios eléctricos.—Reparación de equipos eléctricos de Automóvil.-Aviación (magnetos, dinamos, motores eléctricos)

MECANICA EN GENERAL

Príncipe de Vergara, 8.-Teléfono 52204

MADRID

8. Piloto comercial, contactó con el Catedrático de Helicópteros, José Luis López Ruiz, para que conociese el helicóptero de su abuelo. Ver capítulo VI, p. 154.

9. Ver capítulo III, pp. 48-50.

10. CANTERO VILLAMIL, Federico, "De relatividad". *Madrid Científico*, nº 1090. 1923, p. 150.

11. CANTERO GARCÍA-ARENAL, Francisco, *Mis memorias (1916-1942)*, capítulo "Verano", inéditas, 1983, p. 29.

Sesenta años después del fallecimiento de Cantero Villamil, Conchita, única sobreviviente de sus ocho hijos, impulsa un proyecto reivindicativo, ambicioso en sus propósitos, secundada por su hija Isabel, coordinadora del mismo, y por su hijo Fernando⁸, con el que se quiere recuperar para la posteridad la memoria y el lugar que le corresponde a su padre en la historia de la ingeniería hidráulica y aeronáutica. Otros nietos, Federico y Fernando Cantero Núñez, fascinados por su personalidad, se incorporan al proyecto de recuperación⁹.

Conocer la vida y las aportaciones de Cantero Villamil en los diversos ámbitos en los que proyectó su inteligencia y tesón es una actividad, como poco, apasionante y sorprendente porque inaudito parece que sus prototipos de helicópteros, la "Libélula Española", con rotores coaxiales y con rotor de cola, probados en el aeródromo militar de Cuatro Vientos, no trascendiesen a la sociedad a través de la prensa madrileña.

Ni una sola noticia acerca de un aparato estrafalario que intentaba volar (elevarse y desplazarse) en unos años escasos de noticias que no estuviesen referidas a la marcha de la Segunda Guerra Mundial o a la propaganda del régimen. Su humildad, nacida de firmes sentimientos religiosos, y, probablemente, la timidez, le llevaron a una vida recoleta basada en la familia, el trabajo y la discreción, lejos de alharacas mundanas cuando por su posición económica, profesional y contactos políticos hubiera podido ocupar un lugar destacado en la sociedad.

Cantero Villamil deja constancia pública de su modestia¹⁰, entendida como virtud cristiana contrapuesta al orgullo o la vanidad, con motivo de la estancia en Madrid de Einstein para impartir un ciclo de conferencias sobre la teoría de la Relatividad en la universidad madrileña. Cantero asiste a ellas y comenta:

"[...] yo no sé si habré entendido bien sus magistrales explicaciones... pero nuestra preparación matemática no da de sí para tanto. Por ello hubimos también de pasar por el suplicio de no haber podido seguir con la inteligencia y los conocimientos necesarios al sabio profesor Einstein en su tercera conferencia de la Universidad, habiendo envidiado mucho, entonces, a los que pudieron comprenderle y seguirle en sus maravillosas ecuaciones".

Sobre su discreción y dedicación al trabajo deja unos apuntes su hijo Francisco¹¹ al comentar las veladas musicales organizadas por su madre, Concepción García-Arenal, en el domicilio madrileño de General Oráa, 5:

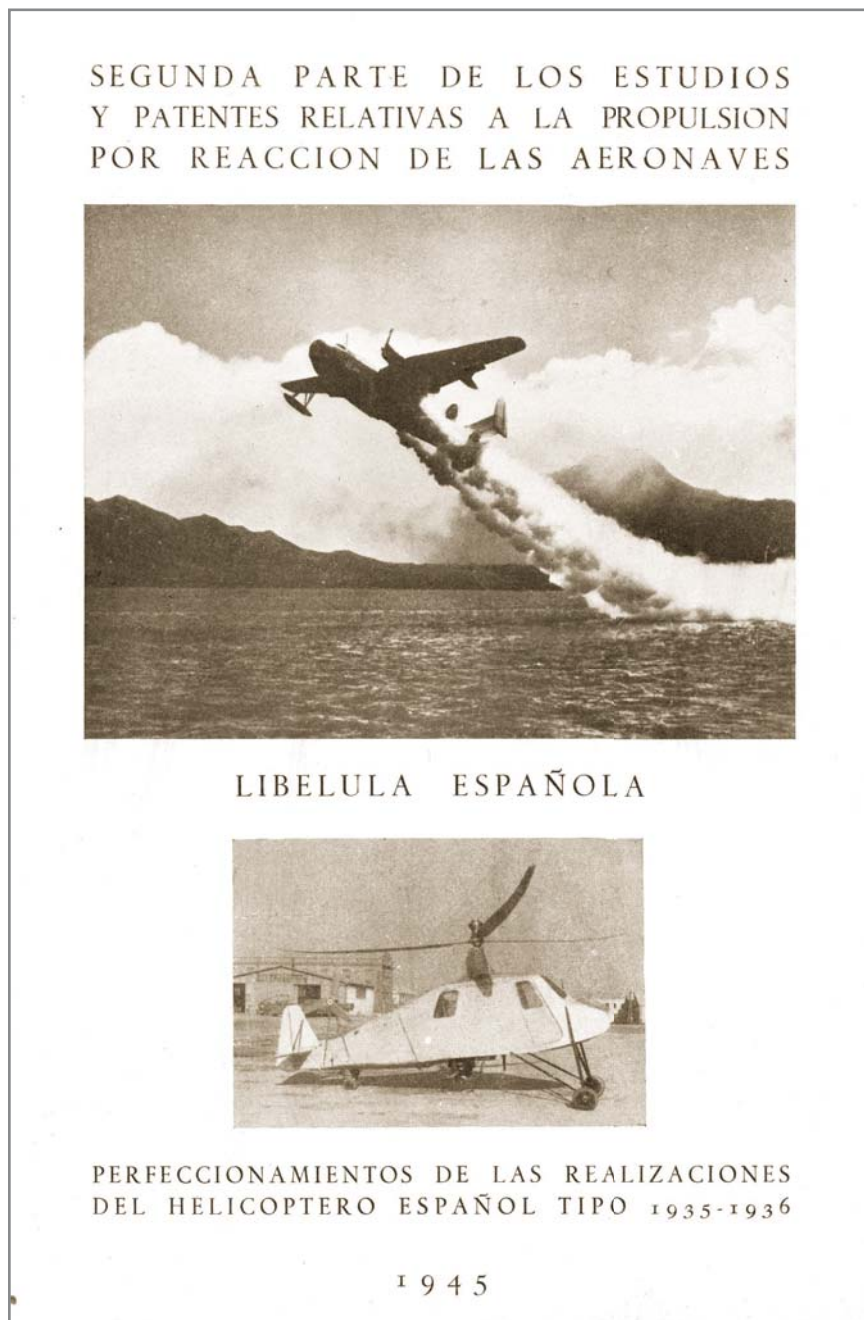
"[...] permanecía, generalmente, en su despacho ocupado en sus estudios y proyectos, que le entusiasmaban, y hacía una corta aparición en el salón aprovechando pequeñas pausas musicales para tomar el té o al final de la velada, para saludar a las señoras y a los maridos..."

Después de años dedicados a estudios y ensayos realizados en solitario, la noticia del VS-300 acabó con la ilusión y la esperanza de Cantero Villamil de poner en el aire su helicóptero adelantándose a otros inventores.

Al margen del resultado final de los ensayos es notoria, a través de las patentes de invención y publicaciones, su contribución a la conquista "vertical" de la capa de gas que envuelve a nuestro planeta. Las aportaciones de Cantero Villamil profundizan en el desarrollo del binomio ciencia- tecnología y trata de establecer un puente entre lo básico y lo aplicado en la España que apenas se despertaba de un retraso secular.

Su trayectoria aeronáutica muestra aptitudes especialmente importantes de su personalidad cuya vigencia, entrado el siglo XXI, siguen en pie por ser los pilares sobre los que se construye el progreso: intuición, voluntad para conocer los secretos de la naturaleza, apego al trabajo, tenacidad, determinación en el desarrollo de las ideas y contacto con la sociedad, en el caso de Cantero a través de sus publicaciones, artículos en periódicos y revistas.

Portada del último libro publicado por Cantero Villamil.



Palacio de Villahermosa, en Madrid, hoy sede del museo Thyssen-Bornemisza, donde estuvo ubicado el Consejo de Obras Públicas en los años en que Cantero Villamil fue consejero y presidente de la sección de Puertos.

II



CANTERO VILLAMIL, INGENIERO DE LA GENERACIÓN DEL 98

Fernando Sáenz Ridruejo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

1. Todas las cartas que se citan en este apartado se encuentran en el archivo de Concepción Cantero García-Arenal.

2. *Gaceta de Madrid*, nº 33, 1886, p. 310.

3. *Gaceta de Madrid*, nº 195, 1892, p. 183.

Sin entrar a debatir el concepto de generación del 98, aplicado normalmente a los hombres de letras que florecieron en torno a esa fecha con ideas estéticas contrapuestas a las de las generaciones anteriores, consideramos aquí como generación del 98 de la ingeniería al conjunto de ingenieros que se incorporaron a la vida profesional durante la última década del siglo XIX y los primeros años del XX y que, trabajando al margen del servicio estatal, desarrollaron actividades nuevas y tuvieron un carácter más dinámico que sus predecesores. Los ingenieros del 98, con una actitud positiva, que contrasta con el pesimismo de los escritores coetáneos, contribuyeron eficazmente a la regeneración del país. Federico Cantero Villamil es uno de los ingenieros más representativos de esa generación. En este apartado revisamos su paso por la Escuela de Caminos, su breve carrera funcional y su fugaz paso por la política, en relación con otros ingenieros de su entorno.

En la Escuela Preparatoria

Federico Cantero estudió la carrera de ingeniero de Caminos entre 1891 y 1896, haciendo los dos primeros cursos en la Escuela Preparatoria de ingenieros y arquitectos. Tenemos muy pocas noticias de sus primeros años en Madrid, pero hay una carta de su madre, de 15 de enero de 1896, en que le dice que había estado en Zamora “el Sr. Bois, el profesor que tuviste”¹. Félix Boix era en esa fecha ingeniero de la Compañía del Oeste y sería más tarde director de la del Norte; pero antes había tenido, con Francisco Javier Cervantes, una academia de preparación para el ingreso en la Escuela de Caminos a la que asistieron, entre otros, Orbegozo, el futuro conde de Guadalhorce, y también, según se deduce, Federico Cantero. Es posible que acudiera a la academia durante su primer año de estancia en Madrid, para preparar el examen de entrada en la Escuela preparatoria.

Aquellos años estuvieron marcados por dos hechos relevantes. Uno fue el traslado de la Escuela de Caminos desde el caserón de la calle del Turco en que se habían desarrollado las enseñanzas desde 1847 hasta el edificio del Cerrillo de San Blas, que se abrió en 1889. Con ello se consiguió mayor espacio, mejores condiciones higiénicas y una enseñanza más práctica, mediante la instalación de laboratorios. De todas formas, este nuevo edificio, situado en lo que entonces eran las afueras de la ciudad, entre el parque del Retiro y el Observatorio Astronómico, tenía para profesores y alumnos el inconveniente de su lejanía, lo que provocó la creación de una plaza de profesor ayudante para refuerzo de la plantilla.

Otro hecho importante fue la existencia de la Escuela Preparatoria, que funcionó desde su creación, por Real decreto de 29 de enero de 1886², hasta su supresión en 12 de julio de 1892³. Esta entidad, que dependía de la Universidad Central, tuvo su sede en el número 14 de la calle del Barquillo. De su organización se encargó una Comisión de la que, entre otros, formaban parte los ingenieros de Caminos José Echegaray y Eduardo Saavedra, el de Montes Máximo Laguna y el agrónomo Vicente Alonso Martínez. Su primer director, con carácter interino, fue el ingeniero de Caminos Rafael Clemente Garrido; pero en 1887 fue nombrado delegado regio y director el médico Julián Calleja, que permaneció en el cargo hasta la supresión de la Escuela.

Por Real decreto de 11 de septiembre de 1886 se establecieron las asignaturas que habían de explicarse en cada año. En el primero: Cálculo infinitesimal; Geometría descriptiva y sus aplicaciones; Elementos de dibujo (cabezas y extremos) y Dibujo

lineal, primer grado. En el segundo año: Mecánica racional; Estereotomía completa; Topografía y elementos de Geodesia y Delineación y lavado. En el tercer año: Física; Química; Hidrostática, Hidrodinámica e Hidráulica general; Economía política y elementos de Derecho administrativo; Elementos de dibujo ornamental y Dibujo de paisaje. La duración de cada clase habría de ser de una hora y media y la del curso de ocho meses. Los exámenes de ingreso se celebrarían en junio y septiembre, con doble número de preguntas para los alumnos libres que para los oficiales⁴. Puede observarse la importancia concedida a las asignaturas de dibujo.

4. *Gaceta de Madrid* de 17-09-1886.

La plantilla docente, de 16 profesores, no siempre llegó a completarse. De hecho, en la *Gaceta* de esos años abundan los avisos de haber quedado vacante una u otra cátedra. Entre los ingenieros de Caminos que pasaron por el claustro de la Escuela Preparatoria citaremos a Vicente Rodríguez Intilini y Luis Gaztelu que tras la supresión de éste centro pasarían a la Escuela de Caminos. En el último año Vicente Machimbarrena fue profesor de Topografía, que también se incorporaría, diez o doce años más tarde, a Caminos. El ingeniero industrial Francisco de Paula Rojas, gran difusor de las aplicaciones de la electricidad, fue profesor de Hidráulica en el tercer curso de la Escuela Preparatoria. La Escuela se suprimió cuando Federico Cantero había terminado el segundo curso y éste no llegó, por tanto, a ser alumno de Rojas.

Reunión de exalumnos de la Escuela preparatoria hacia 1918. Abajo, 2º por la derecha Carlos Mendoza, 3º Federico Cantero. En el centro, con una escarapela, Mariano de Castro Guerrero. Arriba: 5º por la derecha Eduardo Fungairiño, 6º Luis Sánchez Cuervo; debajo de la ventana Miguel Otamendi. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



La Escuela Preparatoria tuvo como consecuencia que, en sus tres cursos comunes a todas las ingenierías, se establecieran vínculos de amistad y compañerismo entre los futuros ingenieros. Esos vínculos serían determinantes para la creación, a partir de 1903, del Instituto de Ingenieros Civiles y serían mantenidos por una asociación de exalumnos que se reunió hasta los años cuarenta. Al acabar los cursos de la Preparatoria, los alumnos podían elegir entre las distintas escuelas, lo que provocó un gran incremento en el número de los que se matricularon en Caminos. Se pasó de una media de diez alumnos en las promociones de los años ochenta a cifras superiores a los 40 en la década siguiente. En 1895 acabaron la carrera 42; en 1896 lo hicieron 46 y otros tantos, más un alumno libre, en 1897.

En la Escuela de Caminos

La supresión de la Escuela Preparatoria dio lugar a un complicado casuismo para adecuar los cursos a las distintas situaciones de los alumnos, tanto oficiales como libres. La Junta de Profesores de la Escuela de Caminos, con fecha de 1 de octubre de 1892, confeccionó un plan de estudios que contemplaba cinco modalidades distintas⁵. A Cantero la supresión le sorprendió cuando ya había cursado y aprobado dos de los tres años previstos y fue incluido en el llamado Año Transitorio, en que se estudiaban las siguientes materias: Física, Química, Hidráulica general, Economía política y Derecho, Máquinas (primer curso), Dibujo de adorno y Dibujo topográfico. Fue el año más sobrecargado de la carrera y el que provocó una mayor criba en el alumnado.

De los 54 alumnos que, ordenados por méritos académicos, formaron parte del Año Transitorio solo diez terminarían la carrera en 1896; nueve de estos diez figuraban en la mitad superior de la lista inicial. Cantero, que pasó a la Escuela de Caminos con solo 18 años, hacía el número 7 de la lista y acabaría los estudios con el número 1. Otros 24 alumnos acabaron en 1897, dos en 1898 y otros dos lo hicieron posteriormente, mientras que dieciséis no llegaron a graduarse. Algunos de los que no terminaron la carrera destacarían más tarde en otras profesiones. Gaspar Bennazar Moner sería un importante arquitecto en Palma de Mallorca. Joaquín Coloma Fortis, ingeniero industrial por la Escuela de Barcelona, desarrollaría gran actividad en Valencia. Juan Francisco Sanz López, que se pasó a la Escuela de Montes, llegaría a ser presidente del Consejo Superior de Montes⁶. Otro que no terminó, Enrique Jardiel Agustín, padre de Jardiel Poncela, se hizo delineante de Obras Públicas y, además de trabajar como tal en la Escuela de Caminos y en el Consejo de Obras Públicas, fue un conocido escritor y periodista.

El claustro de la Escuela de Caminos, el 2 de octubre de 1893, aparte del director Pedro Pérez de la Sala, estaba compuesto por los siguientes profesores, ordenados por rigurosa antigüedad y con expresión de las asignaturas que tenían a su cargo: Antonio Arévalo (Hidráulica; secretario), Serafín Freart (Mecánica aplicada; bibliotecario), Melchor de Palau (Geología), Enrique Llasera (Topografía y Geodesia y Dibujo topográfico), Antonio Portuondo (Cálculo, Mecánica y Legislación), Mariano Cardenera (Arquitectura y Dibujo), Vicente Rodríguez Intilini (Máquinas, primer curso), Recaredo de Uhagón (Máquinas, segundo curso), Manuel López Martín (Física y Proyectos), Vicente Ruiz (Carreteras y Caminos de hierro), Manuel López Bayo (Puertos y señales marítimas), Alfredo Mendizábal (Química y Materiales de construcción), Luis Gaztelu (Cimientos, Puentes y Túneles), Ricardo Boguerín (Construcción general y Dibujo topográfico) y Luis Barcala, profesor auxiliar.

En los años posteriores falleció López Bayo y López Martín pasó a explicar la asignatura de Puertos, mientras que Barcala se encargaba de la Física. También salió de la Escuela Uhagón y entró a sustituirle el futuro ministro Emilio Ortuño. Éste sería luego el primer profesor de Aplicaciones de la Electricidad que hubo en el centro. La cátedra se creó por acuerdo de la Junta de profesores de 4 de julio de 1896, agregándola al tercer curso. Cantero, por lo tanto, no llegó a estudiar electricidad en la Escuela de Caminos y tampoco creemos que asistiera a las conferencias que sobre la materia pronunciaba José María de Madariaga en el Ateneo. Debíó de aprender la materia de forma autodidacta, por medio de las publicaciones francesas que le proporcionó su padre y luego, ya en Zamora, en contacto con un sabio sacerdote local.

Palau pasó a explicar también Legislación en sustitución de Portuondo, que incorporó a su curso lecciones de Cálculo de probabilidades. Era Palau un poeta, con fama de ingenuo entre sus compañeros, y resulta curioso que la primera impresión que Cantero transmitiera a su casa fue que se trataba de lo que llamaríamos “un hueso”, y de eso se hacía eco su madre en carta del 19 de octubre de 1895. En otra carta posterior, en cambio, le daba la enhorabuena “por la nota alcanzada con el Sr. Palau”.

El ambiente de la Escuela durante esos años estuvo marcado por las perturbaciones introducidas por los frecuentes cambios normativos. Siguió imperando, no obstante, la rígida disciplina que, desde su fundación, había caracterizado al centro, agudizada, además, por la feroz personalidad del director. Carlos de Orduña, en sus *Memorias de la Escuela de Caminos*, pintaría con vivos colores la figura de Pérez de la Sala. Algunas de las víctimas de este director debieron de ser Francisco Granadino, fundador de la revista *Madrid Científico*, y Augusto Krahe que más adelante la dirigiría. El primero acabó la carrera con retraso y el segundo no llegaría a terminarla. Cuando en 1902 Pérez de la Sala fue nombrado director por segunda vez, desde las páginas *Madrid Científico* se haría una crítica muy dura de esta decisión.

Cantero fue aprobando todas las asignaturas en la primera convocatoria y al final del curso Transitorio estaba ya al frente de su promoción. Conservó el puesto al término del primer curso; pero al final del segundo pasó a la segunda posición, cediendo el puesto a José María Royo Villanova. Era éste hijo de Mariano Royo, director del Canal Imperial y compañero de estudios del director de la Escuela Pérez de la Sala y del presidente del Gobierno Práxedes Mateo Sagasta. Tal vez por eso, en carta de 9 de octubre de 1895, la madre de Cantero, Isabel Villamil, insinuaba que habría mediado alguna influencia; pero esto es impensable conociendo el funcionamiento de la Junta de profesores.

El 12 de septiembre de 1895 cesó Pérez de la Sala en la dirección de la Escuela y fue sustituido por Antonio Álvarez Núñez. Era un ingeniero prestigioso, hijo del ministro Álvarez Guerra y pariente del padre de los hermanos Machado; pero no había tenido ninguna relación previa con la docencia. El 13 de noviembre Federico Cantero Seirullo escribía a su hijo animándole a que, con su tío Antonio, fuera a visitar al nuevo director. Antonio Cantero Seirullo, hermano de Federico, había sido diputado por Carballiño y La Estrada y senador por la provincia de Pontevedra. También fue secretario general en la primera Junta de la M.Z.O.V., empresa a la que estaba vinculado desde su creación. Ese mismo curso 1895-96 se agregaron al claustro, como refuerzo, dos nuevos profesores auxiliares, Antonino Sáez y Antonio Sonier. En julio de 1896 entró Antonio Lagos, que en el curso siguiente sustituiría a Palau en la cátedra de Legislación y Derecho. Estuvo presente en la Junta de 9 de octubre en que se dio la calificación final de la promoción de Cantero, pero no llegó a darle clase.

Calificaciones curso 1894-1895.

Escuela Ingenieros de Caminos de Madrid - Secretaría		
N.º	Nombres	Notas
19	Argüeta Monasterio (D. Román)	Bueno
20	Andreu y Alsina (D. Jaime)	Bueno
21	Marquinduy S. Santamarina (D. Luis)	Bueno
22	Willota Baquiza (D. Álvaro)	Bueno
Serafin Freart = Melchor de Palau = Alfredo Mendizabal = Ricardo Boquerin = Rubricadas.		
N.º	2.º Año Antiguo	Notas
1	Poyo Villanova (D. José María)	Bueno
2	Cantero Villamil (D. Federico)	Bueno
3	Jungaino y Jernander (D. Eduardo)	Bueno
4	Echeverría y Murrolo (D. José)	Bueno
5	Lumbraga y Egorce (D. Rafael)	Bueno
6	Mendoza Saiz (D. Carlos)	Bueno
7	Salas y Salas (D. José)	Bueno
8	Manrique de Lara (D. Francisco)	Bueno
9	Daena y Caro (D. Manuel)	Bueno
10	Bagliery Norma (D. Enrique)	Bueno
11	Barber Sanchez (D. Luis)	Bueno
12	Soriano Escudero (D. Angel)	Bueno
13	Oriones y Angosto (D. José Luis de)	Bueno
14	Fontana Estelrich (D. Juan)	Bueno
15	Larrai y Artiguez (D. Manuel)	Bueno
16	Suarez Coronas (D. Antero)	Bueno
17	Goricochea Solis (D. Jesus)	Bueno
18	García Ruiz (D. Nicolás)	Bueno
19	Allende y Zabala (D. Víctor O.)	Bueno
20	Romero Carrasco (D. Juan)	Bueno
21	Alvarez Ballesteros (D. Rafael Luis)	Bueno
22	Greix Andrade (D. Ramon)	Bueno
23	Pascual Lorenzo (D. Ramiro)	Bueno
24	Lafarga Garbino (D. Rafael)	Bueno

Melchor de Palau. Procedencia: Clemente Sáenz García, "100 años de enseñanza geológica en la escuela de caminos", Revista de Obras Públicas, mayo 1953.



José Álvarez Núñez. Óleo en el Ministerio de Fomento.



Cantero Villamil, ingeniero de la generación del 98

7. Libro de Actas, vol. 8, folios 63-64.

8. El doctor Grinda era el yerno de Eduardo Saavedra e Ignacio Saavedra su sobrino; aún muchos años después de que abandonara la docencia, la sombra del antiguo profesor seguía gravitando sobre la Escuela y su entorno.

9. Carta de 15-12-1895, de Cantero Seirullo a su hijo Federico. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.

La relación de los 46 individuos que acabaron la carrera estaba encabezada por Cantero, seguido por Fungairiño, Mendoza, Royo Villanova, Echeverría, Zumárraga..., hasta Arriandiaga, que ocupaba el puesto número 46. En ese orden pasaron al escalafón estatal. Contra lo habitual, ninguno, ni siquiera Cantero, fue calificado como “Muy Bueno” y todos figuraron como simplemente Buenos⁷. Hay que señalar que, tal vez por su carácter reservado o por su extremada juventud, no asumió Cantero el liderazgo que normalmente correspondía al primero de la clase.

Compañeros de estudios

Según se deduce de la correspondencia familiar, Federico Cantero fue un buen estudiante, pero muy retraído y objeto, a veces, de las bromas de sus compañeros. Su tío Antonio haría las veces de tutor y sus padres, por medio de abundantes cartas, se desvivieron por aconsejarle y protegerle hasta el último curso de la carrera. La madre se interesaba por su salud, su estado de ánimo y sus amistades. En carta de 13 de octubre de 1895 escribe: “Veremos si váis a ver a Alfonsito y al Dr. Pablos, son dos visitas que te recomendamos mucho”. El padre, aparte de instarle a que anduviera y tomara los medicamentos recetados por el doctor Grinda, le tenía al tanto de los progresos del ferrocarril, de la llegada de la luz a Zamora y del fonógrafo traído desde Barcelona. Le compró una máquina de fotos, le envió otra de escribir por medio de Ignacio Saavedra, envió su nombre a *Electricien* para que constara en el Anuario de Electricistas de 1896 y se cuidó de inscribirle en la Sociedad de Ingenieros de Francia⁸. Cuando al final del 2º y anteúltimo curso perdió Cantero el nº 1 de la promoción, el hecho, presente en la cartas de ambos progenitores, les preocupó más que al interesado.

Hay tres compañeros de curso que aparecen en esa correspondencia: el zamorano Andrés Morán Arroyo y los gallegos Ramón Freire de Andrade y Casto Méndez Núñez. Morán (1869-1955) era natural de Benavente. Representativo de su amistad es el hecho de que ante las vacaciones de Navidad de 1895, Federico, que por el estatus ferroviario de su padre viajaba a casa en primera clase, pidió a éste otro billete similar para Andrés y el padre, no pudiendo facilitárselo, se ofreció a pagarle la diferencia en el trayecto Madrid-Medina⁹. Cuando en 1899, siendo ambos ya ingenieros, marchó Federico a dar una conferencia a Salamanca, “el Sr. Morán Arroyo” fue, según la prensa local uno de sus acompañantes. Morán trabajaría luego en el Laboratorio de la Escuela de Caminos, del que sería director a partir de 1929. También Freire estuvo destinado en la Escuela, en la que fue profesor de Derecho Administrativo hasta su temprano fallecimiento en 1919. Méndez Núñez, nieto tal vez del marino homónimo, debió de tener dificultades y, en carta de 12 de octubre de 1895, preguntaba Isabel Villamil si había abandonado los estudios. No fue así, solamente perdió curso y acabó en 1897. Haría toda su carrera como subalterno en el puerto de Vigo del que fue director Fernando García-Arenal.

Los tres compañeros que, como queda dicho, siguieron a Federico Cantero en la clasificación final de la Escuela fueron Eduardo Fungairiño, Carlos Mendoza y José María Royo Villanova. Estaban, con Cantero, entre los más jóvenes del curso e, igual que Cantero, serían destacados ingenieros hidráulicos. Fungairiño (1875-1941) era el benjamín del curso. Fue director del canal de Castilla, de la Confederación del Duero, de la Canalización del Manzanares y del Canal de Isabel II. Inventó con Alfredo Mendizábal el taquímetro autorreductor MF, que presentaron en la Sociedad

Matemática Española en 1911. Fungairiño, hombre muy de derechas, fue dejado cesante por el gobierno republicano en agosto de 1936, lo que en el Madrid revolucionario hubiera supuesto un grave riesgo para su vida; pero los obreros del Canal, de UGT y de la CNT, se opusieron a la medida, lo restituyeron a su despacho y consiguieron que se anulase tan inicua decisión¹⁰. De todas formas, las privaciones y disgustos de esos años, en que vio morir asesinados a dos hijos y un yerno, provocaron su muerte a los dos años del final de la contienda.

10. DIAMANTE CABRERA, Julián, *De Madrid al Ebro. Mis recuerdos de la Guerra Civil española*, Madrid, Fundación Ingeniería y Sociedad, 2011, pp. 93-94.

Acta de 9 de octubre de 1896 de la Escuela de Caminos

nos, se hizo despues con determinento la clasificaci6n y calificaci6n de fin de carrera de todos los alumnos que han terminado sus estudios en el curso ultimo de 1895-96 dando el resultado siguiente

Curso de 1895-96 = clasificaci6n y calificaci6n de fin de carrera de todos los alumnos que la han terminado en este curso, aprobado por la Junta celebrada en 9 de octubre de 1896.

N.º	Nombres	Calificaciones
1.º	Cantero Villamil (D. Federico)	Buena
2.º	Fungairiño y Fernandez (D. Eduardo)	Buena
3.º	Mendoza Diaz (D. Carlos)	Buena
4.º	Royo Villanova (D. José M.º)	Buena
5.º	Escheverria y Urrozola (D. José L.)	Buena
6.º	Lumbreras y Egozcue (D. Rafael)	Buena
7.º	Baena y Cano (D. Manuel)	Buena
8.º	Maurique de Lara (D. Francisco)	Buena
9.º	Aguiar y Norma (D. Enrique)	Buena
10.º	Salas y Salas (D. José S. de)	Buena
11.º	Barber Sanchez (D. Luis)	Buena
12.º	Juarez Andrade (D. Ramon)	Buena
13.º	Larrea y Arriaga (D. Manuel)	Buena
14.º	Abollo Canales (D. Gabriel)	Buena
15.º	Soriano Escudero (D. Angel)	Buena
16.º	Comero Canasio (D. Juan)	Buena
17.º	Roda Lopez (D. José)	Buena
18.º	Fuentera Velasco (D. Juan)	Buena
19.º	Pasual Lorenzo (D. Ramon)	Buena
20.º	Munoz Correas (D. Antero)	Buena
21.º	Grizolacha Solis (D. Jesus)	Buena
22.º	Buenos Angosto (D. José Luis de)	Buena
23.º	Alvaran Arce (D. Andres)	Buena
24.º	Tomaz de Sousa (D. Sebastian)	Buena
25.º	Alfaro y Lafata (D. Pedro C.)	Buena
26.º	Alvarez Ballesteras (D. Rafael M.º)	Buena
27.º	Lafuente Garbano (D. Rafael)	Buena

Escuela Ingenieros de Caminos de Madrid - Secretaria

Eduardo Fungairiño. Retrato proporcionado por sus descendientes.



Cantero Villamil, ingeniero de la generación del 98

11. *Gaceta de Madrid*, 6 de junio de 1922.

12. MUÑOZ REBOLLO, Gabriel, "El Puente-Arco de San Miguel. Magia en la Huesca de 1912. Monumento modernista, pionero del hormigón armado, obra del ingeniero de Caminos Gabriel Rebollo Canales", *Revista de Obras Públicas*, nº enero 2017, pp. 50-73.

13. SÁENZ RIDRUEJO, Fernando, *Los ingenieros de Caminos de la generación del 98*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, *Los Cuadernos de Cauce* 2000, nº 14, s.f. [1985].

14. Valenciano, amigo de Cantero, era propietario de la casa de General Oraá 5, en que éste vivió en Madrid. Murió asesinado en noviembre de 1936.

Royo Villanova (1873-1949), siendo aún alumno, fue secretario de la sección de Ciencias del Ateneo de Madrid. Hizo luego casi toda su carrera en el Canal Imperial de Aragón, que llegó a dirigir, y presidió finalmente el Consejo de Obras Públicas. El 23 de enero de 1920 firmó en Zaragoza el proyecto que sirvió de base a la concesión del salto de Burgomillodo, que luego desarrollaría Cantero¹¹. Es un hecho curioso que viene a unir al cabo de los años los nombres de estos dos compañeros y competidores. El vínculo de Royo con el promotor Francisco Zorrilla Arroyo bien pudo ser el propio Cantero que en 1919, habiendo reingresado en el servicio estatal, estaba destinado en Canarias, o quizá otro ingeniero zaragozano Cleto Miguel Mantecón Arroyo, pariente de Zorrilla, que haría luego otro proyecto reformado en 1922.

La trayectoria profesional de Carlos Mendoza (1872-1950), desarrollada en su totalidad al margen del servicio estatal y con notables actuaciones hidroeléctricas y ferroviarias, es más cercana a la de Cantero. Con Alfredo Moreno y Antonio González Echarte fundó Mengemor, sociedad que, además del Canal de Santillana, construyó muchos saltos de agua en la cuenca del Guadalquivir, y con éstos y con Miguel Otamendi, fue promotor del metro de Madrid.

Otro miembro reseñable de la promoción de 1896 fue Gabriel Rebollo Canales, proyectista de obras de hormigón armado, que empezó como representante en España de Hennebique y trabajó luego por su cuenta, siendo autor de alguna patente de este material. Proyectó el puente de San Miguel, en Huesca, sobre el que su nieto Gabriel Muñoz ha hecho recientemente un detallado estudio¹². Rafael Fernández Shaw, hermano del músico y del arquitecto, fue autor del proyecto de la presa de Peña del Águila, para abastecimiento de Badajoz, y constructor del acueducto de Trujillo. Especial referencia merece Mariano de Castro Guerrero (1859-1932) el "abuelo" del curso, que aglutinaría a los exalumnos de la Escuela preparatoria y que tuvo una destacada intervención en la creación del Instituto de Ingenieros Civiles.

Los ingenieros de Caminos de la generación del 98

En otros lugares, a partir de 1985, hemos considerado que los ingenieros de Caminos de esa generación, unos 400 en total, eran los pertenecientes a las 15 promociones comprendidas entre 1889 y 1903. Las cuatro notas diferenciales que caracterizaron su actuación fueron: preocupación por la reforma de la enseñanza; trabajo libre, a menudo en equipo, para ayuntamientos y particulares; interés por la hidroelectricidad y sus aplicaciones y desarrollo de un nuevo material constructivo, el hormigón armado¹³.

Muchos, normalmente los de mejor expediente académico, pasaron pronto a ejercer la docencia en la Escuela de Caminos. Narciso Puig de la Bellacasa (número 2 de la promoción 1889) fue profesor de Geología; Saturnino Zufiurre (promoción 1890, nº 2) de Electrotecnia; Antonio Valenciano (1891, nº 4) de Derecho y otras materias¹⁴; Juan Manuel de Zafra (1892, nº 1) de Puertos y de Hormigón armado; Fermín Casares (1892, nº 5) de Mecánica; Antonio Prieto (1893, nº 1) de Ferrocarriles; Bernardo Granda (1894 nº 1) de Resistencia de materiales; José Luis Gómez Navarro (1894, nº 3) de Hidráulica aplicada; Luis Sánchez Cuervo y Pablo Fernández Quintana, números 1 y 2 de la promoción 1897, fueron profesores de Electrotecnia y Cálculo, respectivamente. Otros se incorporaron más tarde como Pedro Miguel González Quijano o los portuarios Ramón Hernández Mateos y Eduardo de Castro. Al frente de todos

ellos estuvo un ingeniero que por edad estaba en el límite con la generación anterior, Vicente Machimbarrena. Puede decirse que Federico Cantero fue una excepción en esta dedicación docente de los mejor preparados.

Pero no solo ejercieron la enseñanza en Madrid. Eduardo Navarro Beltrán y Emilio Hortsmann fueron profesores de Electrotecnia en la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao y Francisco Pérez de Muñoz de Matemáticas en la Universidad de Manila.

Entre los que, como el propio Federico Cantero, obtuvieron concesiones hidroeléctricas y construyeron saltos de agua, además de los citados Mendoza, González Echarte y Moreno, citaremos al navarro Serapi Huici, en el río Irati; a Eduardo Perxés Gubert, en el Alto Freser; Eugenio Grasset en la Rioja y en el Duero; Rafael Benjumea en el Chorro y Manuel Jiménez Lombardo, también en Andalucía. Emilio Azarola promovió saltos de agua en Gredos y Diego Mayoral en Cataluña. José María Hernández Delás dirigió una central eléctrica en Madrid y también, hasta su temprano fallecimiento en 1903, trabajó en negocios eléctricos Juan María Cabré. José Orbe gozo trabajó en los saltos del Duero, en los que, como se explica en este libro, tuvo una polémica relación con Cantero. Gómez Navarro, antes de incorporarse a la Escuela, proyectó varios saltos de agua y, con un socio alemán, constituyó la empresa Boetticher y Navarro para construcción de toda clase de bienes de equipo hidráulico.

José Royo Villanova. Retrato en el Consejo de Obras Públicas.
Fotografía por Francisco Flores.



José Luis Gómez Navarro. Óleo en la Escuela de Caminos.



15. Fallecidos sin hijos Granadino y su mujer, a su muerte donaron a los salesianos un palacete ajardinado con maravillosas vistas sobre el Tajo de Ronda; dedicado por éstos a la docencia primero y como residencia después, allí se conservaban los retratos del matrimonio.

Algunos constituyeron oficinas de proyectos más o menos permanentes para presentarse a concursos convocados por ayuntamientos y diputaciones. Vicente Machimbarrena formó con sus primos Joaquín y Miguel Otamendi y con el arquitecto Palacios, el grupo “Laurac Bat”, para presentarse al concurso de un puente sobre la ría de Bilbao. Los Otamendi promoverían después, en Madrid, entre otras iniciativas, la inmobiliaria Metropolitana. Granda junto con Sonier y Orduña se presentó, y ganó, el concurso para proyectar el saneamiento de Zaragoza. Los proyectistas de puentes y otras estructuras de hormigón armado fueron demasiado numerosos como para intentar hacer aquí una nómina mínimamente representativa. Citaremos, como muestra, los nombres de Ramón Grotta, Enrique Colás, Fernando Hué y Juan Manuel de Zafra. José Cebada, a pesar de trabajar en la Sociedad de Construcciones Metálicas, tradujo algunos manuales sobre “cemento armado”.

Los ingenieros del 98 fueron los primeros que fundaron empresas constructoras y trabajaron como contratistas. José Eugenio Ribera fundó la Compañía de construcciones hidráulicas y civiles, en la que trabajaron Manuel Gomendio y Mariano Luiña, que luego se establecería por su cuenta. Luis Harguindey y Dámaso Torán, asociados con Antonio Palacios, construyeron, entre otras cosas, el edificio de Correos, actual sede del ayuntamiento de Madrid. Carlos Corsini construyó los depósitos de agua de Zaragoza y luego sus hijos fundaron, con Rafael López Sánchez-Sandino, Corsan, empresa que aún subsiste.

Entre los que trabajaron como empresarios, o como ingenieros libres en actividades diversas, podemos citar a Nicolás Urgoiti, director de la Papelera Española, fundador de la editorial Espasa Calpe y, con Ortega y Gasset, del periódico El Sol. Una figura interesante, y poco conocida por su prematuro fallecimiento, es la de Enrique Sanchis Tarazona (1869-1919), que se movió por Londres, donde fue corresponsal de la Revista de Obras Públicas; Bruselas, donde tuteló a los obreros y técnicos enviados al extranjero por la Junta de pensiones en el extranjero, y París, donde fabricó automóviles. Se interesó, como el propio Cantero, por la aviación: en 1909 proyectó un aeroplano para la Exposición Regional de Valencia y en 1914 presentó la patente de un “Dirigible semirrígido con viga dorsal sólida”.

El rondeño Francisco Granadino (1865-1932) tuvo un paso dificultoso por la Escuela hasta terminar la carrera en 1897. Siendo aún alumno fundó la revista Madrid Científico en la que colaboraron ingenieros de todas las ramas y que dirigió durante algunos años otro exalumno que no llegó a terminar la carrera, el matemático Augusto Krahe. Granadino coincidió en las aulas e hizo amistad con Cantero, que luego publicaría gran número de artículos en su revista. Nuestra impresión personal es que la publicación en Madrid Científico, periódico enzarzado en frecuentes polémicas y considerado por muchos como de divulgación, no ayudó a dar la difusión ni el relieve que la ideas de Federico Cantero merecían¹⁵.

Carrera funcional de Federico Cantero

La carrera funcional de Federico Cantero, se limitó a tres breves periodos repartidos a lo largo de cerca de medio siglo, pues la mayor parte de su tiempo se mantuvo en situación de supernumerario. Al terminar los estudios, como los restantes ingenieros de la promoción de 1896, quedó a la espera de que se fueran produciendo vacantes en el escalafón del Estado. Casi cuatro años después, el 25 de marzo de

1900, fue nombrado ingeniero aspirante y fue destinado a la jefatura de Obras Públicas de Zamora¹⁶. El 25 de abril tomó posesión del puesto ante el ingeniero jefe José Nogales; pero pocos días después presentó una instancia solicitando autorización para simultanear el trabajo al servicio del Estado con la dirección de las obras del salto de San Román de los Infantes o, en caso contrario, pasar a la situación de supernumerario. Informó Nogales negativamente y el 31 de mayo cesó Cantero en la Jefatura¹⁷.

Las siguientes anotaciones que aparecen en el expediente de Cantero corresponden a los sucesivos ascensos en el escalafón estatal, aunque siempre como supernumerario. El 22.4.1901 fue nombrado por Real orden oficial 2º de Administración, con un sueldo de 3.000 pesetas anuales. El 15 de marzo de 1907 ascendió a oficial 1º con 3.500 pesetas de sueldo. El 13 de febrero de 1911 fue nombrado ingeniero subalterno, jefe de negociado 3º, con antigüedad de 1 de enero, y el 30 de octubre de 1913 pasó a jefe de negociado 2º.

16. Expediente personal de Federico Cantero Villamil. [Salvo indicación en contrario toda la documentación de este epígrafe procede de dicho expediente]. Archivo del Ministerio de Fomento, leg. 5.522.

17. Oficio de 01-06-1900 firmado, en ausencia de Nogales, por un subalterno en funciones de jefe accidental.

Título de Federico Cantero Villamil. Archivo Federico Cantero Núñez.



18. Sánchez Cuervo, profesor de Electrotecnia en la Escuela de Caminos, era el nº 1 de la promoción siguiente a la de Cantero, y también había hecho una carrera profesional basada en los sectores eléctrico y ferroviario. Nombrado director general el 19 de abril, cesó el 15 de agosto de ese mismo año. En 1926 fue elegido académico de La Real de Ciencias. Fue asesinado durante la Guerra Civil en Madrid.

En 1918, por instancia del 19 de junio, solicitó el reingreso en el servicio del Estado. Previo informe del negociado de personal, pasó la solicitud al Consejo de Obras Públicas, el cual, con fecha de 20 de agosto, devolvió el expediente manifestando que podía ser destinado a cualquiera de los servicios de la Dirección General, a excepción de los relacionados con su anterior actividad privada: la 1ª División de Ferrocarriles y la jefatura de Obras Públicas de Zamora. El 8 de octubre de ese año, en cumplimiento de la Ley de Bases, se le confirmó como jefe de negociado de 2ª clase, con 7.000 pesetas de sueldo anual. Hasta el 31 de mayo de 1919 no se le concedió el reingreso y en esa misma fecha fue destinado a la jefatura de Santa Cruz de Tenerife, para prestar servicio en la oficina auxiliar de la Palma.

El dictamen del Consejo, acorde con lo dispuesto sobre incompatibilidades, había sido formulado por la sección de Asuntos generales, presidida por el antiguo profesor de Escuela Alfredo Mendizábal y formada por Pedro García Faria, ingeniero con una trayectoria público-privada en muchos aspectos semejante a la de Cantero, además de Narciso Martínez y Salvador Pérez de Laborda. En cambio, la decisión ministerial de enviarlo a la isla de la Palma, en donde no había posibilidad de aprovechar su experiencia, más parece un destierro que un destino.

Así debió de entenderlo el nuevo director general de Obras Públicas Luis Sánchez Cuervo pues el 10 de junio se ordenó que, manteniendo su puesto en Canarias, pasase Cantero durante tres meses a la comisión encargada de redactar el anteproyecto del ferrocarril directo de Madrid a Algeciras. Ello no fue óbice para que el 1 de julio tuviera que personarse a tomar posesión en Santa Cruz de Tenerife¹⁸.

Al término de los tres meses, el presidente de la comisión del ferrocarril solicitó, con fecha 2 de octubre, que se prolongase la presencia de Cantero, alegando que era el único ingeniero de que disponía; pero a su vez Pedro Matos, jefe en funciones de Obras Públicas de Santa Cruz de Tenerife reclamó su presencia en las islas y, tal vez, al no contar ya con el apoyo de Sánchez Cuervo, el día 6 se denegó su continuidad en la comisión. El 14 se notificaba que había cesado en la misma. El 27 de noviembre solicitó Cantero una prórroga del plazo de un mes para reincorporarse a su destino alegando, con certificado del doctor Rodríguez Saldoval, no estar repuesto de una enterocolitis que le impedía trasladarse a Tenerife. El 4 de diciembre se denegó la prórroga por haberla solicitado fuera de plazo y, finalmente el 29 de diciembre pidió la baja temporal en el escalafón. Mientras tanto, el 19 de octubre había ascendido a jefe de negociado de 1ª clase, con 8.000 pesetas de sueldo y antigüedad del 1 de agosto. No tenemos datos sobre la labor realizada en el anteproyecto del directo Madrid-Algeciras.

De nuevo en situación de supernumerario, los siguientes apuntes que existen en su expediente datan de 1926 y son los certificados de los servicios que había prestado a la Diputación provincial de Zamora y a la compañía del salto del Porvenir. Posiblemente los recabó como apoyo de su próximo ascenso a ingeniero jefe. Por Decreto de 7 de enero de 1927 fue nombrado jefe de 2ª clase y, por otro de 10 de enero de 1931, jefe de 1ª. En septiembre de 1934 se planteó su ascenso a la categoría de inspector y el asunto fue sometido a la deliberación de la Junta Superior Consultiva de Obras Públicas, organismo que había remplazado al suprimido Consejo de Obras Públicas. La sección de Asuntos generales y personal dictaminó por unanimidad que “no constando que desde su ascenso a Jefe haya prestado al Estado ninguna clase de servicios directos ni indirectos” no era apto para el ascenso. La resolución se envió a la jefatura de Obras Públicas de Zamora y desde allí el jefe

accidental José Crespo Álvarez comunicó habérsela entregado al interesado. Para esa fecha Cantero era ya director general de Obras Hidráulicas y pocos días después el propio Crespo sería nombrado director general de Carreteras. Poco después ascendieron a inspectores sus compañeros Fungairiño, Royo Villanova y otros que le sobrepasaron en el escalafón, frustrándose así su posibilidad de alcanzar la presidencia del Consejo de Obras Públicas, que era la cabeza visible del Cuerpo. El puesto, por fallecimiento de Fungairiño, lo ocuparía Royo Villanova.

19. Certificado expedido en 1926 por el Secretario de la Diputación Ángel Casaseca Zambrina.

No hay en su expediente personal la menor referencia a su paso por la dirección general de Obras Hidráulicas ni consta en el archivo que el gobierno republicano adoptara durante la guerra ninguna disposición en su contra. Terminado el conflicto inició un largo proceso para conseguir el reingreso en el Estado con la categoría de inspector. El 25 de septiembre de 1941 fue nombrado inspector y destinado al restablecido Consejo de Obras Públicas. Aportó una declaración jurada de haber sido director facultativo de la Compañía Anónima “El Porvenir de Zamora” desde 1899, con la excepción del periodo de 1934-35 en que estuvo al frente de Obras Hidráulicas, y se le pidió que certificase haber abandonado tanto esta Compañía como la del Salto del Olvido. El mismo día 19 de enero de 1942 emitieron sendos certificados los respectivos secretarios de ambas empresas. José María Cid presidía “El Porvenir” en aquel momento y Justo Santos Ruiz-Zorrilla el Salto del Olvido. El 20 de febrero de 1943 se le confirmó en el empleo de jefe de sección, con un sueldo anual de 22.000 pesetas y dada su antigua vinculación a los sectores hidráulico y ferroviario fue nombrado para presidir la sección de Puertos en la que tomó posesión el 1 de septiembre de 1943. Se jubiló al cumplir los 70 años el 22 de junio de 1944.

Otra actividad de Federico Cantero en el servicio público es la desarrollada en la Diputación provincial de Zamora entre los años 1910 y 1919. El 6 de diciembre de 1910 se le nombró sin sueldo y con carácter interino; pero el 3 de mayo siguiente, “en atención a los excelentes servicios” que prestaba, se acordó nombrarle director interino de carreteras provinciales y entregarle como gratificación la cantidad que estaba fijada como sueldo. El 3 de mayo de 1912 se aceptó su renuncia, haciendo constar el sentimiento de la corporación. Quien ocupó el puesto fue José Calvín, pero en 1914 renunció éste y en su lugar se nombró a Cantero, con un sueldo de 1.000 pesetas, para ocuparse de la conservación de caminos y a José Crespo Álvarez, con uno de 3.000, para los estudios de caminos, carreteras y obras nuevas o en proyecto. Finalmente, el 18 de enero de 1919 cesó Cantero, acumulando Crespo ambos cometidos¹⁹.

Los ingenieros del 98 en la política

Son pocos los ingenieros de Caminos de la generación del 98 que se dedicaron de forma continuada a la política. Solo dos estuvieron al frente de algún ministerio; Rafael Benjumea fue ministro de Fomento durante la Dictadura y Manuel Becerra Fernández de Instrucción Pública y de Trabajo, Justicia y Sanidad durante la II República. Becerra fue también subsecretario de Obras Públicas antes de su entrada en el gabinete y Bernardo Granda desempeñaría ese cargo en la inmediata posguerra. Los que ocasionalmente fueron diputados a Cortes en alguna legislatura u ocuparon otros cargos de carácter político lo hicieron como una continuación de su actividad técnica o a causa de determinados vínculos familiares, caso de Luis Canalejas, hermano de José. Otros diputados fueron Antonio Hernández Bayarri, Carlos Corsini, Félix Iturriaga, Antonio Fernández Sesma, Francisco Sánchez Jiménez,

20. Gaceta de 18 de octubre de 1934.

21. Ambos en la Gaceta de 7 de noviembre de 1934.

22. Gaceta de 10 de noviembre de 1934.

23. C. de C. E. [Carmelo de Cirió Escauriza], "Necrologías, Ilmo Sr. D. José Crespo Álvarez", *Revista de Obras Públicas*, 1951, p. 200.

24. En julio de 1936, una circunstancia trágica volvería a unir los nombres de Cid y Gómez Carbajo. El primero sería uno de los cuatro diputados que interpelló al gobierno por la muerte de Calvo Sotelo; al segundo le correspondería formar el expediente, en calidad de juez del distrito de Buena-vista.

Emilio Azarola, Pedro Martín Martín, Víctor Pradera, Méndez de Vigo, Juan José Santa Cruz, Luis Capdevila, y Manuel Lorenzo Pardo, además de los citados Becerra y Benjumea.

Horacio Azqueta y Luis Sánchez Cuervo, que encabezó la promoción siguiente a la de Cantero, fueron directores generales de Obras Públicas por breve espacio de tiempo en 1919. José Cebada, yerno de Nicolás Salmerón, fue director general de Enseñanza profesional y técnica, en 1931, con Fernando de los Ríos como ministro. Al frente de la dirección general de Puertos estuvieron Casimiro Juanes, a quien hemos de referirnos, y José Delgado Brakembury y Miguel Menéndez Boneta, después de la guerra.

Paso de Cantero por la política

El 4 de octubre de 1934, en un gabinete de Lerroux, fue nombrado ministro de Obras Públicas José María Cid Ruiz-Zorrilla, que anteriormente había llevado la cartera de Comunicaciones. José María Cid (Zamora, 1882 - Madrid, 1956), diputado por Zamora del partido Agrario, era hermano de Tránsito, la primera mujer de Federico Cantero. Otros hermanos de José María fueron Fabriciano, ingeniero agrónomo, Enrique, juez, y Luis. El día 17 Cantero fue nombrado director general de Obras Hidráulicas²⁰. Fue el primer nombramiento del departamento, seguido más tarde por los del subsecretario, Ursicino Gómez Carbajo, el director general de Caminos, José Crespo Álvarez²¹, y el director general de Puertos, Casimiro Juanes²².

Podrá extrañar que Cid Ruiz-Zorrilla tardara más de un mes en completar su equipo directivo, pero conviene recordar que el mismo día 4 de octubre, con el pretexto de la entrada en el Gobierno de tres ministros de la CEDA, estalló en toda España la huelga general revolucionaria que más adelante se conocería como la Revolución de Asturias, por las muchas muertes y grandes estragos que produjo en esa región. Hasta el día 15 en que se dio por terminada la revolución, el nuevo gabinete no pudo tomar otras determinaciones distintas de las conducentes al restablecimiento del orden.

Parece evidente que Cid, sin otra vinculación con las obras públicas, recurrió a su cuñado, que gozaba de prestigio profesional en materia de obras hidráulicas; y también parece evidente que éste, técnico sin la menor vocación política, aceptó el cargo para apoyar a Cid. Para la dirección de Caminos recurrió Cid al zamorano José Crespo Álvarez (1888-1951). Crespo ingeniero de la promoción de 1914, trabajaba en la jefatura de su provincia natal, a la que regresaría cuando, al cabo de unos meses, cesó el ministro. Había hecho el bachillerato junto con Fabriciano y Luis Cid y había colaborado con Cantero en la Diputación provincial y en el proyecto de la solución española de los Saltos del Duero²³. El subsecretario era un juez que también estaba vinculado a la provincia de Zamora; su familia tenía casa en Villalpando, pueblo en que Enrique había ejercido la judicatura²⁴. Casimiro Juanes era de la promoción siguiente a la de Cantero y al ingresar en el Estado estuvo destinado en Valladolid; pero no tuvo ninguna vinculación con Zamora. En cambio, su hijo homónimo trabajó para el ferrocarril de Zamora a La Coruña, para el que, en 1928, proyectó el viaducto sobre el río Ulla. Para la Dirección general de Ferrocarriles, Tranvías y Transportes por carretera nombró a Pedro Redondo Sanz, abogado del Estado del que no conocemos ninguna relación anterior o posterior con el cargo.

En el mes de diciembre se celebraba en Madrid la reunión reglamentaria de todas las zonas de la Asociación de Ingenieros de Caminos, que tradicionalmente aprovechaban para presentar sus propuestas y reivindicaciones al ministro de turno. Al término de las sesiones, el día 15, celebraron un banquete en el Hotel Ritz al que, además de los ingenieros de Caminos diputados y el director de la Escuela Vicente Machimbarena, fueron invitados tanto Cid y el subsecretario, así como Cantero y los restantes directores generales. En su discurso de sobremesa agradeció Cid el apoyo recibido de los ingenieros de Caminos para el restablecimiento de las comunicaciones perturbadas por la revolución y se prestó a atender sus justas aspiraciones²⁵.

25. "Banquete de la Asociación de Ingenieros de Caminos", *Revista de Obras Públicas*, 1935, p. 18.

Cesó Cid el 4 de abril de 1935 y el día 7 se admitió la dimisión de Cantero, dos días después de que hubieran sido sustituidos el subsecretario y los restantes directores generales. En los 6 meses escasos en que ocupó el cargo no tuvo ocasión Cantero de realizar grandes planes; pero en la *Gaceta* de ese periodo aparece un centenar de disposiciones relacionadas con la Dirección general. Muchas de ellas se dedican a dar curso a expedientes administrativos relativos a concesiones de agua para abastecimientos o usos hidroeléctricos; pero hay algunas de más calado, como la adjudicación de obras de pantanos y canales o las referentes a ampliación de créditos a los servicios hidráulicos.

José María Cid Ruiz-Zorrilla. Caricatura en la prensa de Lugo, Noviembre 1934.



26. *Gaceta* de 27 de febrero de 1935.

27. *Gaceta* de 26 de marzo de 1935.

28. *Gaceta* de 2 de abril de 1935.

29. *Gaceta* de 31 de marzo de 1935.

30. "El ministro de Obras Públicas en Málaga", *Revista de Obras Públicas*, p. 60.

31. "El viaje a Granada del Sr. Ministro de Obras Públicas", *Revista de Obras Públicas*, pp. 97-98.

32. *Gaceta* de 23 de enero de 1935.

Entre las obras de la cuenca del Duero, adjudicadas casi todas ellas en 1935, poco antes del cese de Cid y su equipo, citaremos la del trozo 3º del Canal de San José, en Zamora, adjudicadas a Francisco Escrivá de Romani y Antonio Herrera en 849.000 pesetas²⁶; las del pantano de Villameca, a S.R.C. Valle y y Díez, de León, por 2.564.079,10 pesetas²⁷ y el suministro de 9.000 toneladas de cemento para del pantano de Linares del Arroyo, en Segovia²⁸. Se obtuvo también la autorización para contratar las obras del pantano de Santa Teresa, en el Tormes, por su presupuesto de 12.158.167,07 pesetas, repartido en cinco anualidades²⁹. Especialmente significativa es la aprobación, por Orden de 25 de marzo de 1935, del Plan General de aprovechamientos hidráulicos de la cuenca del Duero, que había sido redactado por la Confederación del Duero con fecha de 20 de agosto de 1930 y que durante casi cinco años había sufrido sucesivos retrasos y modificaciones. Se publicó en la *Gaceta* del 3 de abril de 1935, el día antes del cese de Cid. Son escasas las obras puestas en marcha en otras cuencas e, incluso, se derogó la Orden que autorizaba la construcción de la presa de Benagéber, en el Turia, mediante el sistema de anillos independientes.

Aunque estas resoluciones contaran con el respaldo técnico de Federico Cantero, parece evidente que se debieron a los intereses regionales de Cid y su partido Agrario. Podría pensarse, incluso, que en los últimos meses hubo un cierto distanciamiento entre el ministro y el director general. Así podría deducirse del hecho de que, en la visita realizada por Cid, en enero de 1935, al pantano del Chorro quien le acompañase fuera el director general de Puertos Casimiro Juanes³⁰. Al mes siguiente giró una visita a las carreteras y obras hidráulicas de Almería y Granada y quienes le acompañaron fueron el subsecretario y los directores de Caminos y de Montes³¹. En esa línea podría estar el nombramiento de Manuel Lorenzo Pardo como delegado del ministro, para que en el plazo de un año estudiase la adaptación de los estudios hidrográficos de carácter general a las necesidades de los servicios hidráulicos³². Lorenzo, director del Centro de Estudios Hidrográficos en excedencia, era a la sazón diputado a Cortes por Las Palmas. En cualquier caso, la relación entre ambos cuñados continuó después de la guerra en que, como queda dicho, Cantero fue hasta su entrada en el Consejo de Obras Públicas director de "El Porvenir de Zamora", del que José María Cid era presidente.

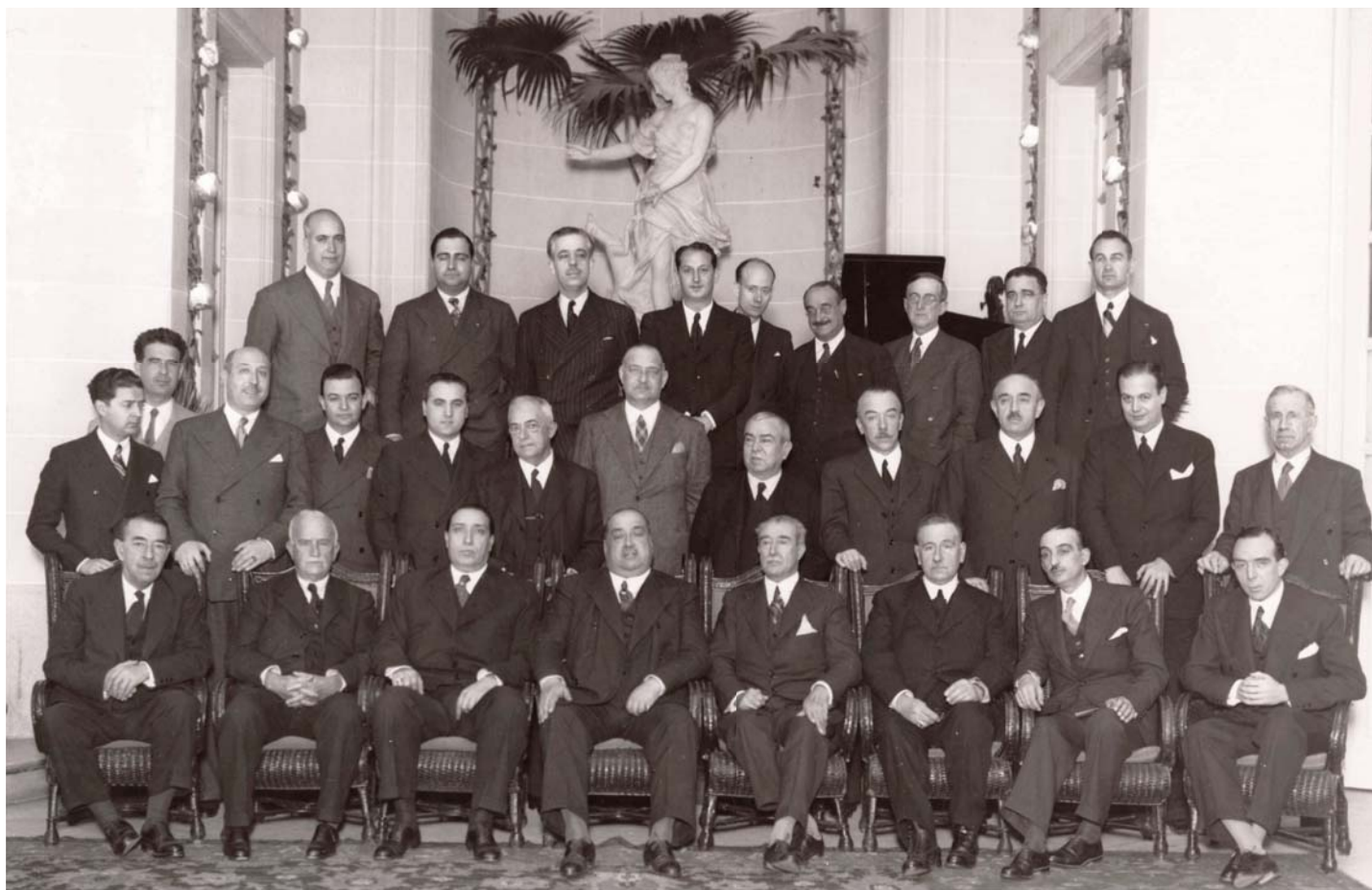
Colofón

Federico Cantero fue, con características propias, uno de los miembros más distinguidos de la generación de ingenieros del 98. Sin embargo, hubo dos facturas que contribuyeron a que su figura no alcanzase el relieve que merecía. Uno fue la propia dispersión de sus inquietudes y aficiones, y otro su escasa mano izquierda para gestionar cerca de la administración un puesto adecuado para desarrollar sus potencialidades. No ejerció la docencia y eso le privó del prestigio que la cátedra proporciona y de los discípulos que hubieran seguido sus pasos y conservado su recuerdo.

Un repaso a su biografía muestra un sin fin de adversidades, ilusiones no cumplidas y proyectos frustrados; pero, vista en el contexto de los hombres de su generación, hemos de concluir que fue relativamente afortunado. No sería ese el caso de muchos de sus compañeros que se han citado. En general, fueron los más luchadores y sacrificados los que sufrieron mayores penalidades y contratiempos. Muchos

de ellos, Zafra, Grotta, Sanchis, Freire, Cabré, Hortsmann..., fallecieron prematuramente; otros fueron víctimas de la guerra civil o de sus secuelas. Alguno, como el mismo Orbegozo o como Urgoiti, acabaron con la cabeza medio perdida a causa de los disgustos. La vida de Ribera, que perdió en África a su propio hijo y a alguno de sus colaboradores, fue un continuo sobresalto, jugándose su fortuna personal en cada obra que emprendía. Federico Cantero pudo dedicarse a sus estudios, dejó obras que le sobrevivieron y tuvo, sobre todo, una familia numerosa y unida que al final ha salvado del olvido su memoria.

Banquete de la Asociación de 15-12-1934 en el hotel Ritz. De izquierda a derecha, abajo: 2º Vicente Machimbarrena, 4º José María Cid, 5º Manuel de la Torre, 6º Federico Cantero. Fila intermedia: 3º Tomás García-Diego, 5º Guillermo Serra-Andreu, 9º Manuel Lorenzo Pardo. Arriba: 5º Eduardo Torroja, 6º Alfonso Peña. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



El ingeniero con su inseparable cámara fotográfica. Detrás la casa de máquinas, casi concluida, del salto de San Román. Hacia 1904. Archivo Federico Cantero Núñez.

III



UN DESAFÍO HIDROELÉCTRICO EN EL DUERO. TESTIMONIO FOTOGRÁFICO 1898-1907

Fernando Cantero Núñez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El milagro de unas fotos

En los últimos años del S.XIX, no era todavía habitual disponer de una cámara fotográfica para quien no hubiera hecho de la fotografía su profesión.

Menos habitual era que el aficionado que conseguía adquirir una supiese sacarle todo su partido. Si además de lograr el dominio de la técnica, éste llegaba a dominar el encuadre, la luz y la captación vivaz del objeto que pretendía inmortalizar, sin duda constituiría una *rara avis* en aquel tiempo.

Estas circunstancias concurren en la persona de mi, por entonces, jovencísimo abuelo Federico Cantero Villamil. En esos años, recién obtenido el título de Ingeniero de Caminos, se desplazó a Zamora y descubrió el río Duero y sus tributarios como fuente de energía eléctrica, acometiendo como proyectista, concesionario y empresario el primer salto de aquel río: el de San Román de los Infantes.

Sin duda hubo otros que, en el intento de aprovechar las fuerzas naturales como fuente de energía, hicieron lo propio en otras cuencas. Pero pocos llegarían a realizar un seguimiento fotográfico de la novedosa obra de una manera tan personal, constante y tenaz. En este punto, debe reconocerse también la aportación providencial de su padre, el ingeniero industrial Federico Cantero Seirullo, que fue quien le regaló el dispositivo fotográfico que tan bien sabría aprovechar.

Como testimonio de esta gran obra, las fotografías que hoy, 120 años después, se dan a conocer por primera vez.

No ha sido fácil que las fotos se hayan conservado a lo largo de tanto tiempo. Que hoy puedan ver la luz es el resultado de diversas circunstancias que, conjuntamente, suponen casi un milagro.

Estamos a finales del S. XIX. Los cristales que reproducen las imágenes fueron guardados por él en su casa de Zamora, hasta que en 1922 se trasladó a Madrid.

Tras unos años en la casa sita en el (hoy) número 114 de la calle Velázquez, los cristales le acompañaron a su nueva residencia en el piso 2º de la calle General Oraá número 5. Durante la guerra, de 1936 a 1939, sobrevivieron al expolio y destrucción que sufrieron la mayor parte de sus bienes muebles y documentos de trabajo. Cuando la familia regresó a su domicilio, terminada la guerra, la caja que contenía los cristales apareció arrumbada en un desván del edificio.

En la casa continuaron en un armario de trastos después de su fallecimiento, ocurrido en 1946, y allí se conservaron durante la viudez de su mujer, Concepción García- Arenal Winter, y durante la orfandad de su hija Isabel, que continuó habitando la casa, convertida por entonces en centro de reunión familiar. Así permanecieron hasta que en el año 1981, mi padre, Fernando Cantero García-Arenal, recién jubilado, dispuso del tiempo y las ganas de reencontrar unas imágenes de su Zamora natal que permanecían en su retina de adolescente.

Logrado el laborioso objetivo, los negativos estereoscópicos de cristal recién encontrados viajaron a Vigo, donde él vivía. Allí mi padre comenzó la catalogación y ordenación de los mismos, así como su revelado en un laboratorio de Pontevedra, si bien en pequeño formato para los álbumes que poco a poco fue confeccionando con finalidad exclusivamente familiar.

Cuando en 1997 falleció, me hice cargo de este legado, trasladándolo a La Coruña, donde mi mujer, Teresa Morán, tomó conciencia de la importancia documental y artística de los cristales y se asombró de que un material tan frágil hubiese podido sobrevivir a tantas vicisitudes.

Logró contactar con el fotógrafo José Caruncho, que admirado por la realidad que contemplaban sus ojos, aceptó encargarse del revelado –ya en tamaño exposición– de los negativos que se conservan en los cristales. Ambos procedieron a la clasificación, identificación, numeración y elección de las instantáneas, de las cuales una parte relevante han sido seleccionadas para este libro y la coetánea exposición llevada a cabo en la sede del Colegio de Ingenieros de Caminos de Madrid.

El proceso se llevó a cabo mediante copia en papel baritado de dimensiones 50x40 cm con revelado químico y sin retoques, a fin de ser plenamente fiel al material al que debía dar vida el nuevo soporte.

A lo largo de los años 2005 y 2006, cada mes había 10 nuevas fotos reveladas. El milagro era una realidad. Sólo era cuestión de esperar el momento propicio para darlo a conocer, y este ha llegado en 2017 de la mano del Ilustre Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, que ha decidido dedicar el año a la memoria del ingeniero autor de las fotos.

Quiero terminar estas líneas dejando constancia de la abnegada dedicación de Isabel Díaz de Aguilar Cantero a la recuperación de la memoria de nuestro abuelo y de la enorme alegría que me produce que la más pequeña y única sobreviviente de sus hijos, Conchita Cantero García-Arenal, lo haya podido ver.

Federico Cantero Núñez

Cuando hace ya algún tiempo mi hermano Federico me enseñó las fotografías de la construcción del salto de San Román, que había conseguido ampliar en gran formato, me llamó poderosamente la atención lo rudimentario del proceso constructivo y la penuria de los medios disponibles en los últimos años del siglo XIX, un empresario (y no cabe duda que Cantero Villamil lo era tanto como ingeniero) tuvo la certidumbre de acometer unas obras a las que hoy no les concederíamos mayor atención, pero que dentro de su contexto constituyó un notable desafío.

La existencia de obras singulares a finales del siglo citado (Torre Eiffel, 1889; primer túnel de San Gotardo, 1880 y bastantes más que podríamos citar) que requerían la aportación de medios auxiliares de importancia así como de una poderosa organización en la ejecución del proyecto y acostumbrados hoy día a que la tecnología y la especialización en una industria como la construcción hayan puesto a nuestro alcance unos recursos que permiten realizar proyectos de una envergadura que supera con creces el alcance de nuestra imaginación, nos llevaría a ignorar, quizás por su aparente insignificancia, una obra como la que se realizó para materializar la empresa de El Porvenir.

La primera impresión recibida al contemplar las fotos fue que la construcción de determinadas partes de la obra se había hecho con procedimientos más propios de los utilizados por los romanos veinte siglos antes, que aquellos que la técnica en la década de 1890 era capaz de ofrecer.

Esto estimuló mi curiosidad como ingeniero de Caminos que ha desarrollado su vida profesional en empresas constructoras, para tratar de comprender, de manera bastante superficial dicho sea de paso, las diversas vicisitudes inherentes a la ejecución de las obras. Por ello, en las líneas que siguen, mi propósito es plasmar unas consideraciones sobre el proceso que bien habría podido seguir su construcción, más que un estudio detallado sobre el mismo, pues así como ha pervivido un archivo fotográfico importante, la mayor parte de los datos que podían referirse al desarrollo detallado de las obras se han perdido.

Hitos relevantes

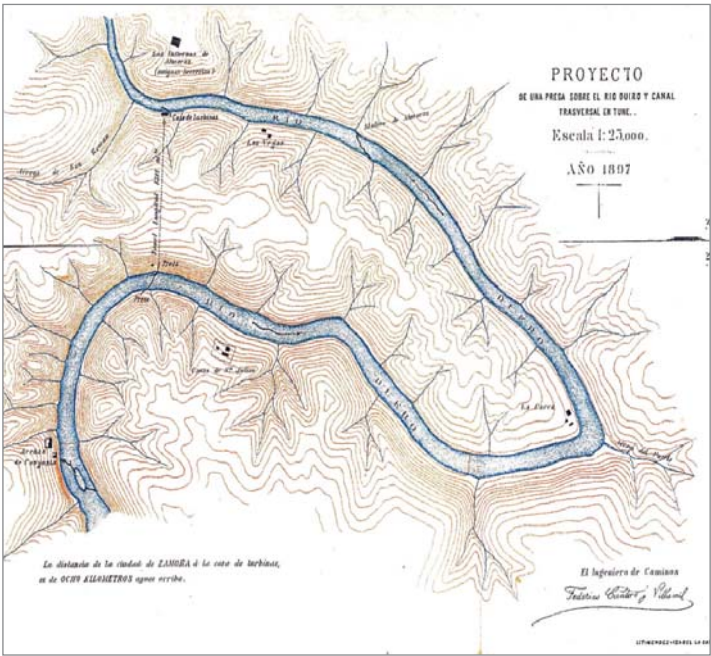
En la materialización de este proyecto podemos distinguir una serie de hitos que lo definen en sus coordenadas temporales. A lo largo de los años 1897 y 1898 se concibe la idea de un aprovechamiento hidráulico, aguas abajo de Zamora, donde el río Duero describe un pronunciado meandro que ofrece un desnivel de 14 m. entre dos puntos no más alejados de 1500 m. y posee un abundante caudal a lo largo de todo el año del que se puede extraer, previamente transformado, una fuente de energía estimada en 6000 CV equivalentes a 4400 Kw. Se solicita la concesión para utilizar una parte del caudal del Duero y se plasma con más detalle el proyecto de construcción. Paralelamente se dan todos los pasos necesarios para obtener financiación y constituir la empresa "El Porvenir de Zamora S.A.", que gestionará la construcción, explotación y mantenimiento del Salto de San Román. También se llevan a cabo algunas obras para mejorar el acceso a los futuros centros de trabajo.

El 26 de junio de 1899 puede tomarse como punto de comienzo oficial pues ese día se celebra una ceremonia religiosa para bendecir públicamente las obras¹. A finales de julio de ese mismo año se empieza la excavación del túnel y se acometen también el canal de toma y una serie de trabajos previos en el azud.

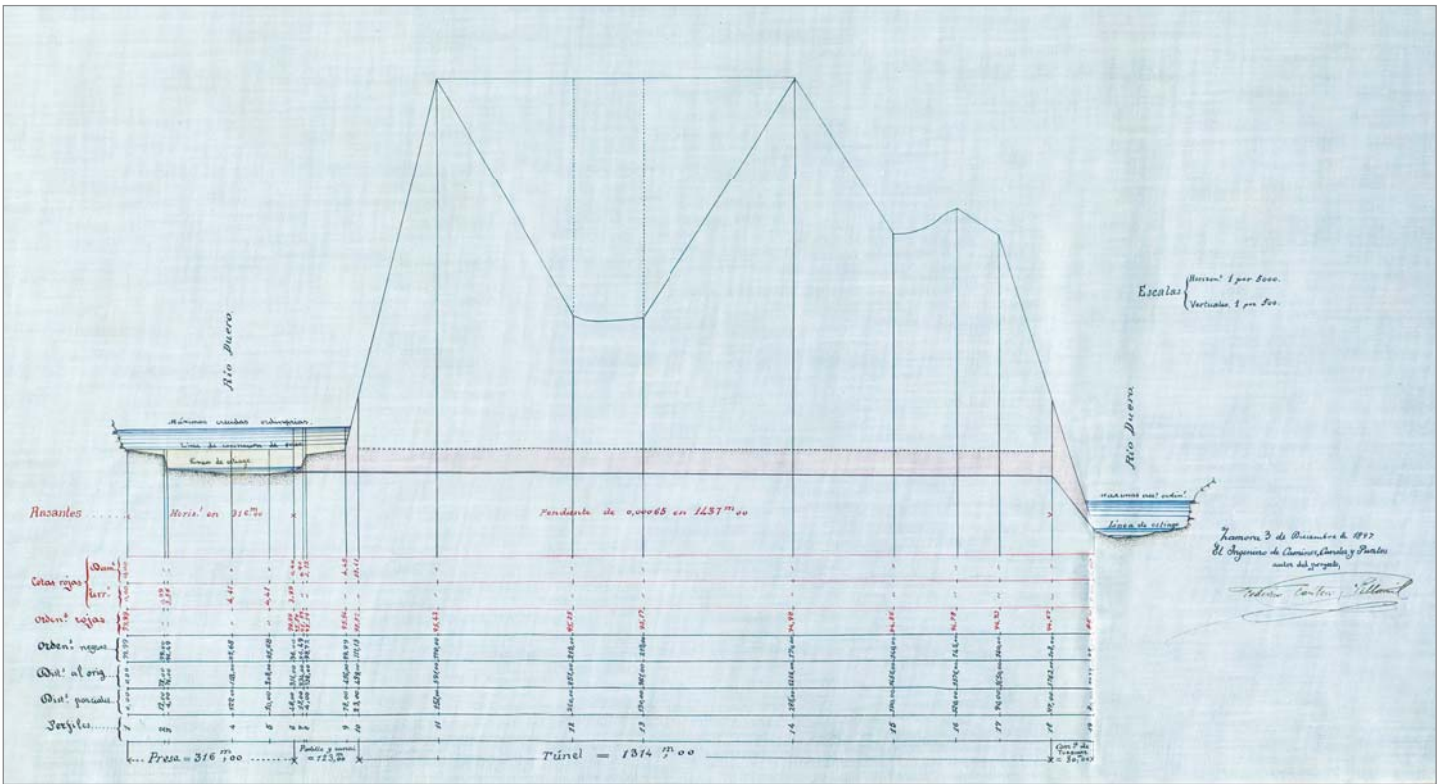
El río Duero. Futuro emplazamiento de la presa.



Topografía de la cerrada. Proyecto de una presa sobre el río Duero y canal transversal en túnel, 1897. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo”. Fondo El Porvenir de Zamora (Signatura 164).



Corte longitudinal del canal de desvío. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo”. Fondo El Porvenir de Zamora (Signatura 164).



Un desafío hidroeléctrico en el Duero. Testimonio fotográfico 1898-1907

El 8 de octubre de 1901 se produce el cale del túnel y a comienzos de 1902 empiezan los trabajos de la central. Al término de ese mismo año entran en funcionamiento los dos grupos generadores de 360 Kw y se anuncia la inminente puesta en servicio de otros dos más, con una potencia de 720 Kw cada uno.

De manera progresiva se incorporan tres grupos más, también de 720 Kw, y en 1907 pueden darse por finalizados los trabajos en el Salto de San Román.

Las obras; el problema de la logística

A pesar de la rapidez con que se completa el proyecto, tres años y medio desde su comienzo hasta la puesta en servicio parcial y comienzo del suministro de energía eléctrica, tuvieron que superarse dificultades de todo tipo durante su construcción y afrontar una organización y una logística compleja consecuencia de un trabajo intensivo en mano de obra dada la ausencia casi absoluta de maquinaria.

Si tenemos en cuenta la simultaneidad de los tajos del azud, la obra de toma y el túnel, y no disponiendo de más datos que los que pueden deducirse del legado fotográfico, estimo que el número de personas que debieron trabajar simultáneamente, en ningún caso sería inferior a 150 personas aunque tampoco creo que en los períodos de mayor actividad se superase la cifra de 250 a 300. Dicha cifra se justificaría considerando que en los tajos a cielo abierto se trabajaría a un solo turno, pues resulta impensable que existiera una iluminación artificial en horas de oscuridad. Así pues, en el azud habría no menos de 60 obreros entre albañiles y peones, entre 40 y 50 en las obras de toma y canal de entrada y en el túnel, con dos frentes de trabajo y en cada uno, no más de 20 o 25 personas. En la construcción de la central estarían empleadas del orden de otras 50.

De todo este colectivo un porcentaje apreciable estaba formado por grupos procedentes de otros lugares, así, los que trabajaban en el azud parece ser que venían de Portugal, al menos en parte, y los empleados en la excavación del túnel eran mineros de profesión, según testimonios recogidos de la prensa local de aquellos días².

La mano de obra disponible en el lugar debía ser más bien escasa. Zamora, según el censo de 1906, no tenía más allá de 15.000 habitantes y la zona rural aledaña estaría muy poco poblada, las pocas personas que allí tuvieran su vivienda estarían dedicadas preferentemente a labores agrícolas. La población más próxima a la obra, San Román de los Infantes, no superaría la cifra de 200 o a lo sumo 250 personas, conjetura más bien optimista si juzgamos el número de viviendas apreciables en fotografías de la época o el número de habitantes que residían en 1996, exactamente un siglo más tarde: 39.

La ciudad de Zamora se encuentra a 18 km. aproximadamente del emplazamiento de el Salto de San Román por caminos carreteros por lo que si hubo personas de esa localidad trabajando en el Salto, forzosamente debían de establecerse junto a las obras y lo mismo cabe pensar de cualquier otra población cercana con excepción de San Román de los Infantes, que se encuentra a solo 2 km. y permite ir y volver al trabajo invirtiendo no más de 25 minutos en cada trayecto.

Las caballerías eran la única alternativa para el transporte de personas y materiales a los lugares de difícil acceso.



En el Duero las embarcaciones facilitaban el transporte de personas y mercancías. Trabajadores marchando a la faena.



Podemos aventurar que parte de los habitantes de San Román de los Infantes y algunos habitantes del caserío de San Julián, en la margen derecha del río se empleasen en las obras, al menos durante una parte de su ejecución. ¿Cuántos? si juzgamos por algunas de las fotografías de que disponemos en las que se aprecia un equipo de mujeres acarreando en sus espaldas material procedente de la excavación para la formación de ataguías provisionales o para trasladarlo a las escombreras, podemos contar hasta una docena de ellas, en realidad serían bastantes más y si admitimos que como mínimo el número de hombres del pueblo duplicaría el de mujeres trabajadoras estaríamos hablando de, al menos, 60 personas residentes en el pueblo.

Para el resto del personal hubo que habilitar algún tipo de albergue. Hay constancia de un edificio de unos 40 m. de largo por 6 o 7 de ancho destinado a cantina. Merece la pena destacar que la construcción de ésta es objeto de un concurso cuyo alcance comprende no solo la ejecución del edificio, con una distribución interna especificada en distintas dependencias destinadas a cocina, cantina con mostrador, dormitorio, comedor para 60 personas, almacén y bodegón, sino también la gestión de las comidas y la expendición de comestibles y otros artículos a precios similares de comercios de la capital. Además de la cantina, claramente identificada en las fotos, se advierten otras edificaciones cuya presencia varía en el transcurso de las obras y cuya finalidad no puede ser otra que servir de alojamiento a las personas no residentes en las aldeas vecinas. Resulta curioso observar unos huecos cuidadosamente recortados en el cantil de la antigua terraza fluvial cuya finalidad, suponemos, sería la de disponer de pequeñas dependencias destinadas, bien a almacenes o quizá también a proveer una mayor capacidad de alojamiento.

La organización de los trabajos

La organización de los cuatro tajos de la obra, canal de llegada y toma, azud, túnel y central o casa de máquinas, resulta evidente por las características propias de cada uno. De todos ellos es la perforación del túnel o galería de conducción la que puede plantear más dificultades dada la incertidumbre del terreno que se va a atravesar, pues pese a las presunciones de una buena calidad de la roca lo cierto es que no hay constancia de que se realizase ningún sondeo previo que pudiera atestiguarlo y por consiguiente debía ser prioritaria su acometida para asegurar mejor el cumplimiento del plazo.

El canal de llegada, en cuanto que enlaza sin solución de continuidad con la entrada del túnel, precisa su inmediata iniciación a fin de disponer de dos frentes de ataque en la excavación subterránea. Por otra parte constituye una importante fuente de materiales en la construcción del azud para ejecutar ataguías provisionales o para su empleo como material de construcción.

El azud cuya ejecución se lleva acabo independientemente de las obras anteriores sin duda estaría condicionado, al menos en parte, a la variación del caudal del Duero a lo largo del año que en aquella época y en ausencia de regulación era muy acusada. Su terminación, por este motivo, debería guardar una cierta relación con el acabado del túnel. No obstante la excavación en los estribos y los arranques pueden iniciarse desde el principio y así debió de hacerse en su momento.

Zanja para empotramiento del estribo derecho.



Pilares de mampostería en estribo izquierdo.



Por último, el edificio de la central cuya definición es clara y no está sometido a las contingencias de las otras partes del proyecto es la última en iniciarse, pues previamente se ha de disponer en el río una mota de protección para la cual se aprovechará la mayor parte del material excavado en el túnel desde la boca de salida.

Aproximación al desarrollo de las obras

La obra de toma.-

Se caracteriza por un gran volumen de excavación que lógicamente progresó de arriba a abajo y que en su mayor parte se efectuó en terrenos de tránsito y por medios exclusivamente manuales. El porte de los materiales de excavación se llevó a cabo en una primera fase transportándolo en espuelas o serones a hombros o apoyados sobre la cabeza y en estas tareas la colaboración femenina cumplió un papel importante como testimonia la fotografía. También se utilizaron vagonetas, probablemente empujadas a mano. El empleo de carros, tirados por mulas y yuntas de bueyes se circunscribiría en gran medida al traslado de grandes piedras, que de otro modo hubiera sido imposible desplazar. En alguna imagen se aprecia una reata de una docena de caballerías destinadas para tiro o para relevo de otros animales. El transporte de materiales desde almacenes de Zamora tuvo sin duda que llevarse a cabo con estos medios.

Excavación de la obra de toma. Se observa la ataguía de contención.



Excavación en fase inicial de canal de toma y túnel.



Trabajos iniciales en el azud. Mujeres transportando tierra en la margen derecha.



Poco tiempo después del arranque de las excavaciones comenzó a construirse el tramo inicial de los muros de la embocadura del canal de entrada. Era necesario hacerlo así para aprovechar la ventaja que supone trabajar cerca de la orilla. Además la construcción de la ataguía para aislar de las aguas el resto del canal y la boca de entrada del túnel resultaría mucho más sencilla al apoyarse en los muros de esa parte del canal.

De este modo y con no pocos retrocesos debido a las crecidas de un Duero bastante salvaje, se terminarían los muros hasta la boca de entrada del túnel de derivación, el revestimiento de éste en los primeros metros de su desarrollo y el talud frontal. Sobre la berma de este talud se afirma un dispositivo (aparentemente un simple torno movido a mano) para accionar la compuerta vagón que controla aguas arriba el caudal que se desvía hacia la casa de máquinas.

Aspecto de las obras de toma con los muros de la embocadura parcialmente contruidos.



Una crecida del río en plena construcción.



Revestimiento de mampostería de los muros del canal de toma.



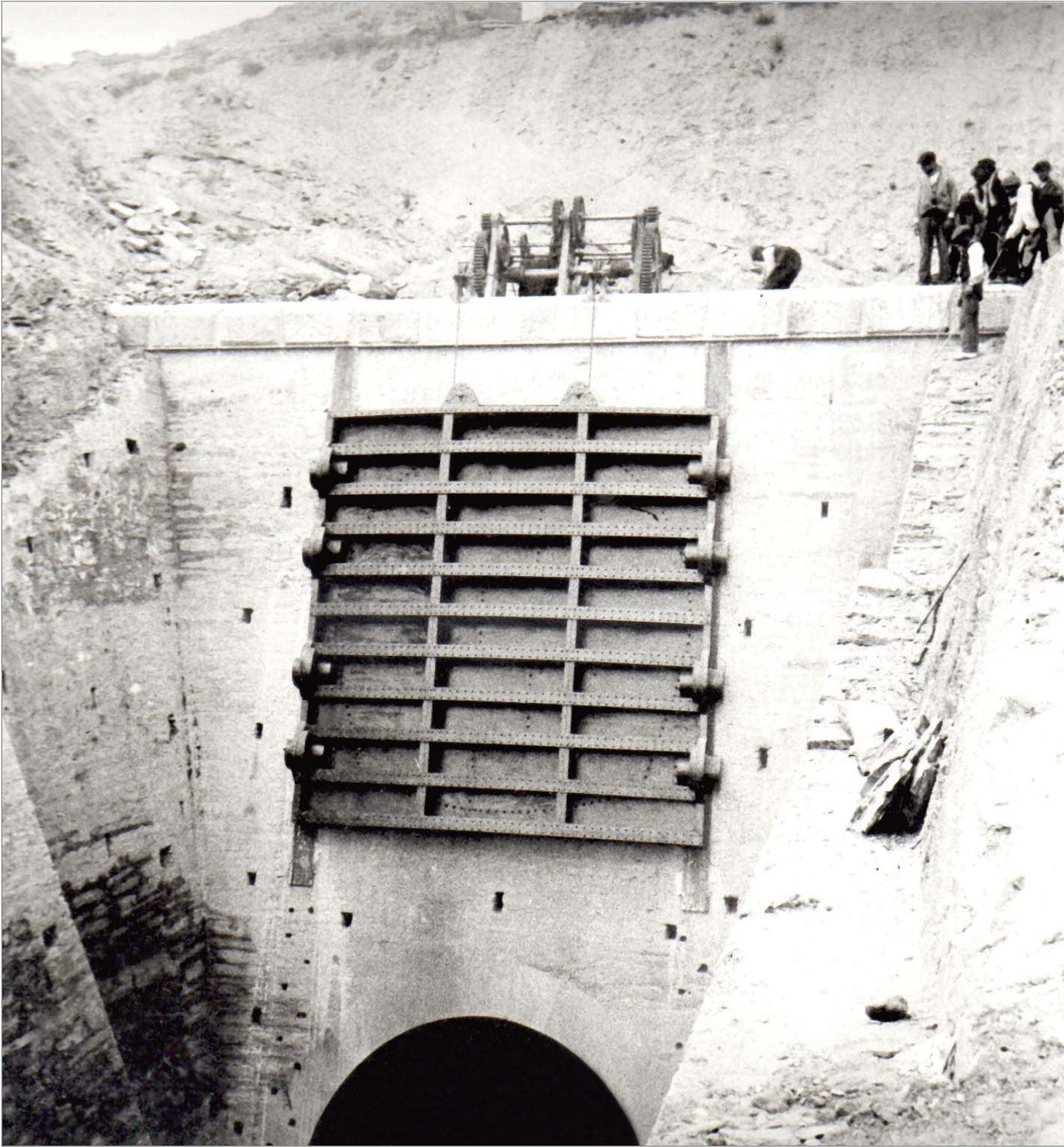
Muros del canal de toma prácticamente terminados.



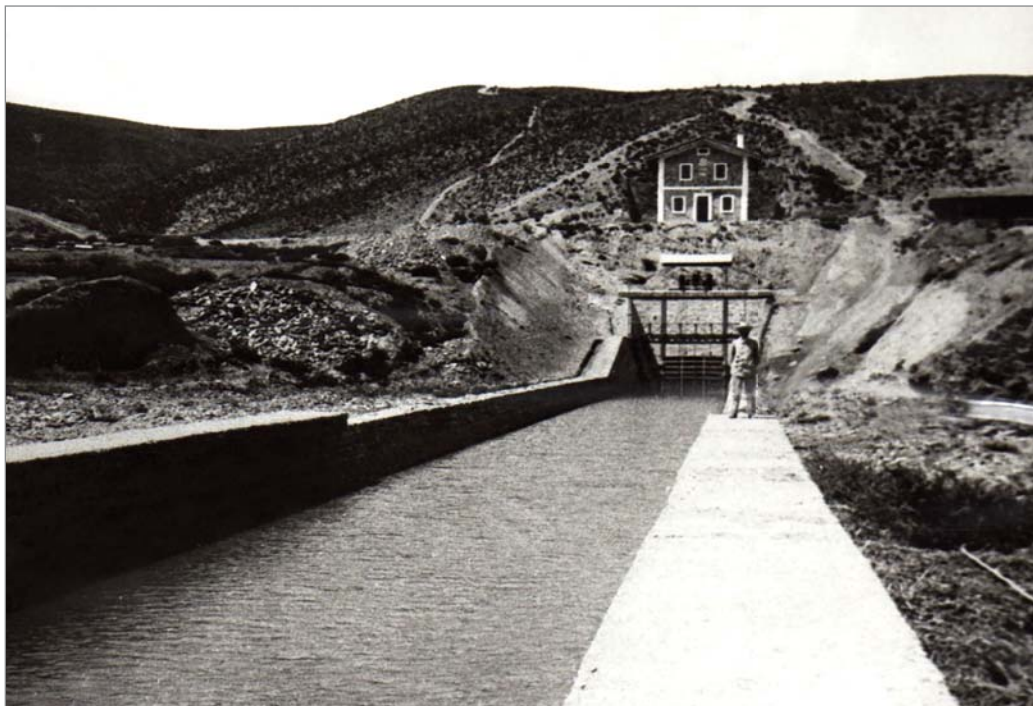
Dovelas del tímpano en la embocadura del túnel. Detalle de andamios.



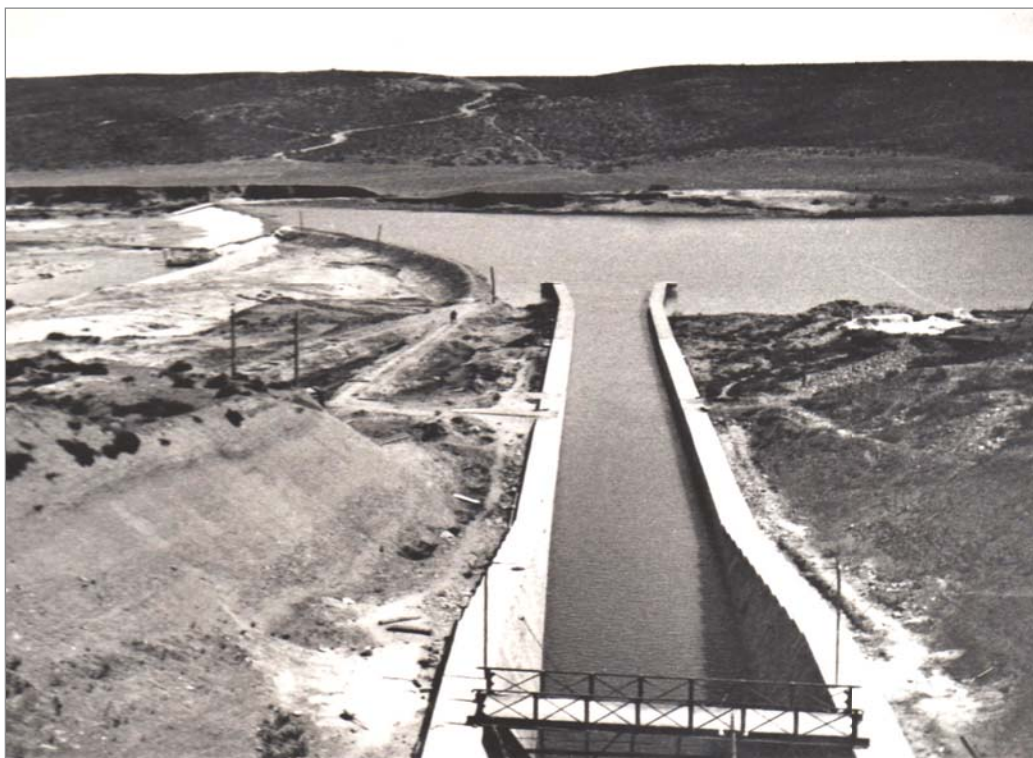
Compuerta vagón.



Canal de entrada concluido con su rejilla de desbaste.



Aspecto de la obra acabada.



Túnel.-

Es la parte del proyecto sobre la que menos datos nos han llegado. Sí sabemos que fue adjudicada a un contratista especializado en obras subterráneas de nombre Juan Zunzunegui.

¿Cómo lo construyó y con qué medios? apenas tenemos fotografías, cosa lógica, por otra parte, pues la sensibilidad de las emulsiones fotográficas de entonces y la precaria iluminación interior hacían inviable su obtención. Las dos o tres imágenes que aportan alguna información revelan unas dimensiones de la sección transversal inferior a las de la sección definitiva y consecuentemente podríamos afirmar que la perforación se haría muy probablemente en dos fases, con una galería de avance en bóveda de 3,5 m. de ancho y 2 o 2,5 m. de alto. Este dato es real, pues viene descrito en una carta que escribe FCV comentando el cale del túnel al día siguiente de haberse producido³.

La roca que atraviesa el túnel es un esquisto que demostró ser muy competente, y solo exigió revestir apenas una sexta parte de su longitud lo que sin duda contribuyó a que la excavación no ofreciera problemas importantes. La prueba es que, según algunos datos disponibles, el 24 de febrero de 1900 se había excavado una longitud de 450 m. en apenas 7 meses lo que supone un avance de 65 metros al mes. El siguiente hito, el cale del túnel, tiene lugar el 10 de octubre de 1901 casi 20 meses más tarde con un rendimiento medio mensual de 45 m. entre los dos frentes de ataque.

El arranque de los trabajos comenzó por la boca de salida, pues este frente de ataque no estaba limitado por ningún condicionante previo y disponía de una línea eléctrica de postes de madera que suministraba energía necesaria para accionar los compresores de aire.

Detalle de la excavación de la boca de entrada.



Boca de salida. Al fondo a la izquierda se ve una noria movida por mulas.



Una visita a obra en la boca de salida.

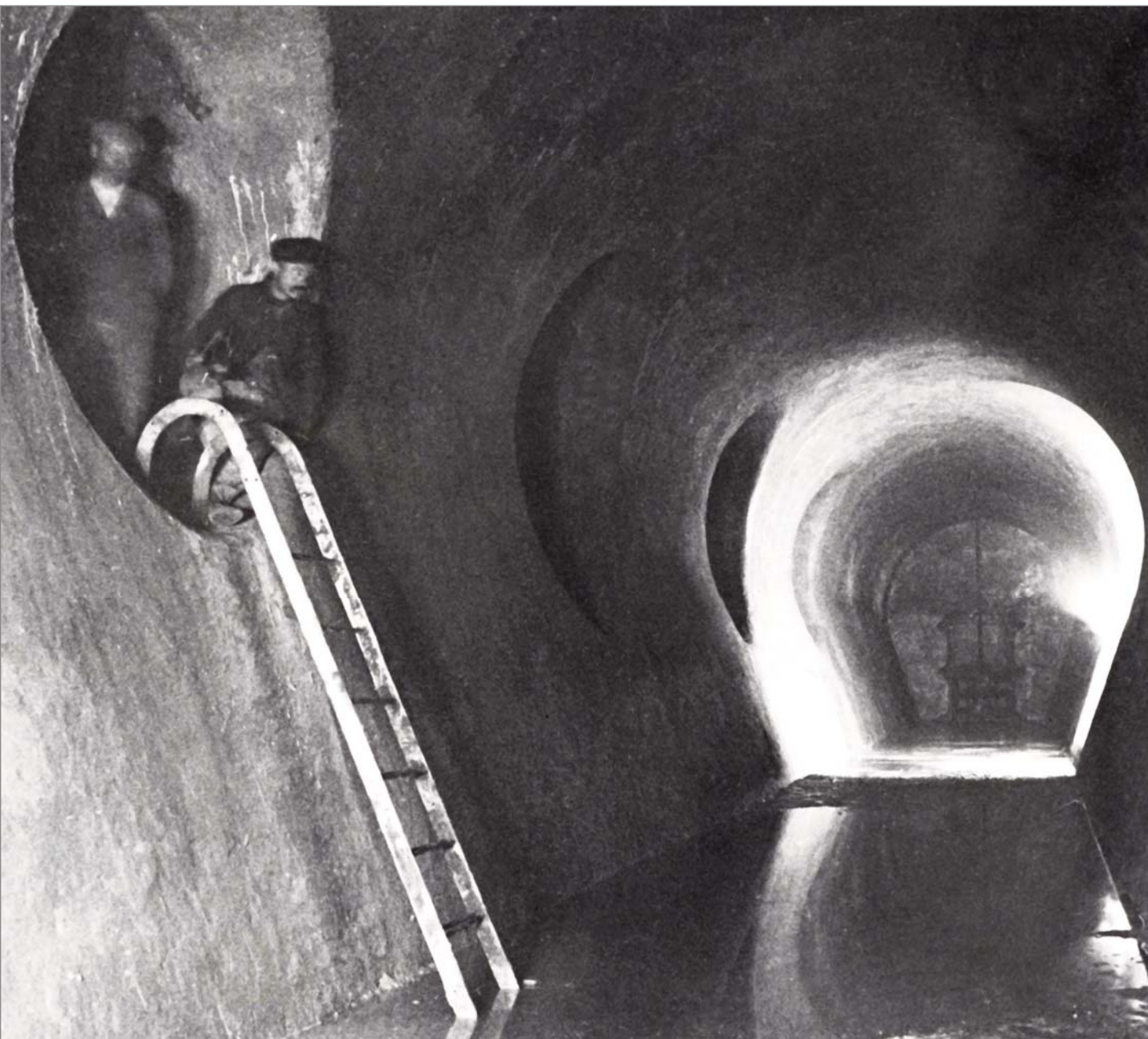


Así pues el túnel progresaría por medio de una galería de avance seguida a corta distancia por el ensanche de la bóveda y más atrás, por la destroza, a una distancia suficiente para efectuar un acabado razonable del perímetro de la bóveda, que no era preciso revestirla, sin tener que recurrir a la utilización de pesados andamios. Dicha labor se realizaría manualmente con herramientas ligeras como piquetas o alcotanas.

Túnel revestido, boca de entrada.



Acabado de la galería transversal con los conductos de distribución a las turbinas.



4. "Lo del Porvenir de Zamora", *El Correo de Zamora*, 14-11-1899.

5. CANTERO VILLAMIL, Federico, "Perfiles transversales por medio de la fotografía". *Revista de Obras Públicas*, nº 2000. pp. 43-44.

En cuanto a los medios mecánicos empleados en la perforación de los barrenos debieron utilizarse martillos neumáticos accionados por compresores eléctricos situados relativamente cerca del frente de ataque para minimizar la longitud de las conducciones de aire comprimido y la consiguiente pérdida de rendimiento.

La longitud de cada ciclo debía estar comprendida entre 75 cm. y un metro. La calidad de los aceros de entonces causaba un rápido desgaste de las barrenas que obligaba a sustituirlas con mucha frecuencia, ocasionando la interrupción del trabajo cada vez que se efectuaba esta operación. Si a esto añadimos que el control en la dirección de los taladros era bastante impreciso con aquellos martillos primitivos, parecería razón suficiente no exceder dicha medida.

El explosivo utilizado sería dinamita que ya se fabricaba en España desde la década de 1870.

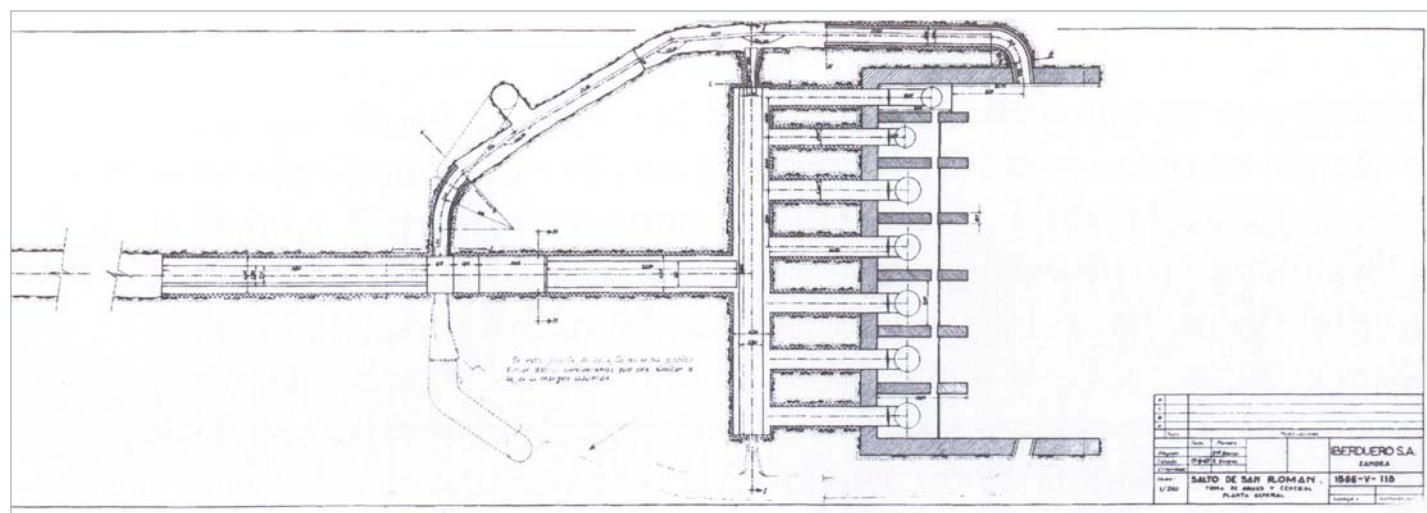
El alumbrado interior se efectuaba a base de candiles de acetileno y la ventilación, aparte de la renovación natural, se vería facilitada en alguna medida por el propio aire expulsado por los martillos perforadores. La mayor necesidad de aire fresco vendría generada tras las voladuras para diluir los humos generados en la explosión.

El desescombro se realizaba por medios manuales cargando vagonetas que serían empujadas por obreros hasta el exterior, al menos al principio, cuando la distancia del frente de ataque a la boca de salida era reducida. Posteriormente a medida que el recorrido iba creciendo creo que se debieron emplear animales para remolcar las vagonetas. Llama la atención la precariedad de estos carretones, de caja de madera y dotados con un único mecanismo de palanca para facilitar la descarga. Tenemos constancia, por un periódico local, de un accidente mortal atribuido a que las vagonetas carecían de "galgas" o frenos⁴.

En estas condiciones, el ritmo de avance del túnel iría disminuyendo a medida que se incrementaba la distancia a recorrer por las vagonetas hasta el exterior en las tareas de desescombro. También se dilatarían los intervalos de tiempo para reanudar la actividad en el frente a consecuencia de una mayor tardanza en la dispersión de los gases de las voladuras. Por estos motivos se podría justificar el descenso de la progresión mensual indicada en párrafos anteriores.

A propósito del túnel y aunque no tenga que ver estrictamente con la construcción quiero hacer referencia a un método muy ingenioso y al aparato desarrollado por FCV para obtener de una manera precisa y sencilla los diferentes perfiles transversales de la excavación a una escala determinada. Básicamente consiste en proyectar un potente y estrecho haz luminoso perpendicular al eje de la galería que al incidir con la superficie de la roca dibuja por contraste con la oscuridad reinante una línea clara que es precisamente el contorno de esa sección. Si se obtiene una fotografía de dicho contorno colocando la cámara a una distancia calculada previamente, la copia revelada proporciona el perfil a la escala deseada. Una vez más la fotografía, esta vez como auxiliar, inseparable de su profesión⁵.

Planta del tramo posterior del túnel y conductos de distribución. Proyecto de una presa sobre el río Duero y canal transversal en túnel, 1897. Archivo Histórico Iberdrola "Salto de Ricobayo". Fondo El Porvenir de Zamora (Signatura 164).



Primitivo martillo perforador Sommeillier empleado en la perforación del túnel de Mont Cenis (1857 - 1871). Los utilizados en San Román no serían muy diferentes. STRUCTURAE.



Construcción de la central

La construcción de la central se realizó en dos fases: en la primera de ellas se erige un edificio para albergar dos grupos de 360 Kw, con el fin de suministrar electricidad a Zamora en el más breve plazo posible. Probablemente también existiría otra razón de índole económica: esperar a ver la respuesta de potenciales consumidores sin necesidad de efectuar toda la inversión.

El proyecto de la central fue modificado con fecha 19 de abril de 1900 pues la experiencia de una crecida del río en el transcurso de las obras previa a su comienzo, que alcanzó una altura de ¡14 metros! sobre el nivel de estiaje así lo aconsejó. Se dispuso la cota del piso de alternadores 15 m. por encima del nivel de aguas bajas y se alejó de la orilla obligando a una mayor excavación de la ladera y consiguiendo una protección total frente a eventuales avenidas. En la Memoria y en el Pliego de Condiciones del nuevo proyecto se describe bien cómo ha de ejecutarse:

Cimentación general.- "una vez ejecutada la excavación para edificar la casa de máquinas, se echará en el fondo una gran tortada de hormigón muy hidráulico, de un metro de espesor próximamente y sobre esa base se empezarán a construir los muros del edificio."

Muros de recinto.- "Los muros de recinto están proyectados en su interior de mampostería hidráulica de pizarra cuarzosa de la que hay excelente en las proximidades de la obra, la fábrica del paramento será toda de sillarejo de pizarra escogida".

Muros de separación de las cámaras de turbinas.- "Los muros divisorios se ejecutarán en todo su espesor con sillarejo de pizarra de elección y los frentes de esos muros con sillería de grandes dimensiones".

Bóvedas.- "Las bóvedas serán de sillería y de hormigón hecho con cemento Portland de la mejor clase. Los frentes y partes vistas serán todos de sillería."

Coronación de muros y aletas.- "Las aletas, muros, etc. van coronadas por losas de sillería con moldura sencilla. La sillería será siempre de granito de buena clase".

Sala de alternadores y Taller - Oficina.- "El cuerpo superior del edificio, o sea, la sala de alternadores y el taller - oficina, están contruidos con sillarejo de pizarra escogida formando entrepaños encerrados por cadenas y zócalos de sillería apiconada. Las jambas y áreas de los huecos serán igualmente de sillería."

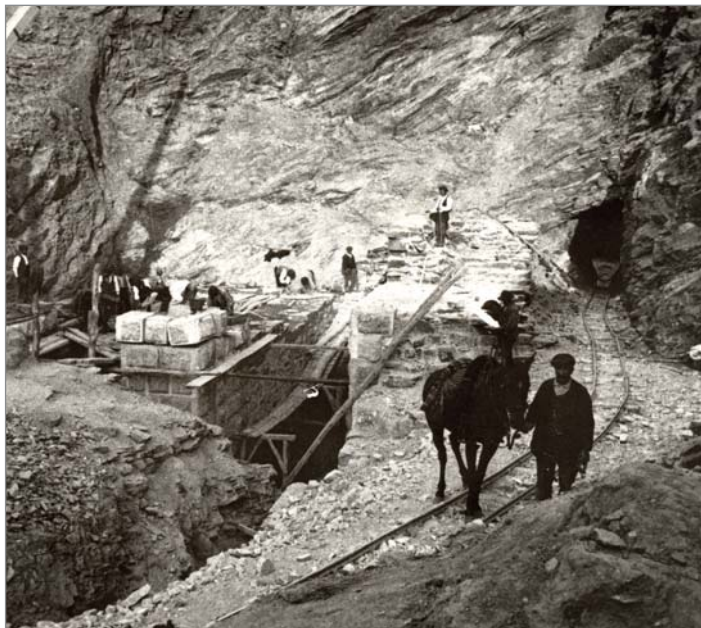
Revestimiento de las galerías subterráneas.- "El revestido de las galerías subterráneas se ha proyectado ejecutarlo con ladrillo de primera calidad recibido con mortero hidráulico obtenido con Portland superior. La elección de esta clase de fábrica hará que la obra resulte más perfecta pues con materiales de pequeñas dimensiones como son los ladrillos se resuelven con facilidad y solidez todos los casos de encuentros de bóvedas que en el proyecto se repiten en distintos puntos al hacer la distribución en grupos. Las boquillas de las galerías son siempre de sillería de granito".

Con esta descripción y las fotos que se insertan queda bien ilustrado el proceso de ejecución seguido. Únicamente añadir que la mano de obra fue casi exclusivamente el medio con que se construyó el edificio aunque, como puede verse en alguna fotografía, se contaba con una grúa derrick de estructura de madera accionada de forma manual.

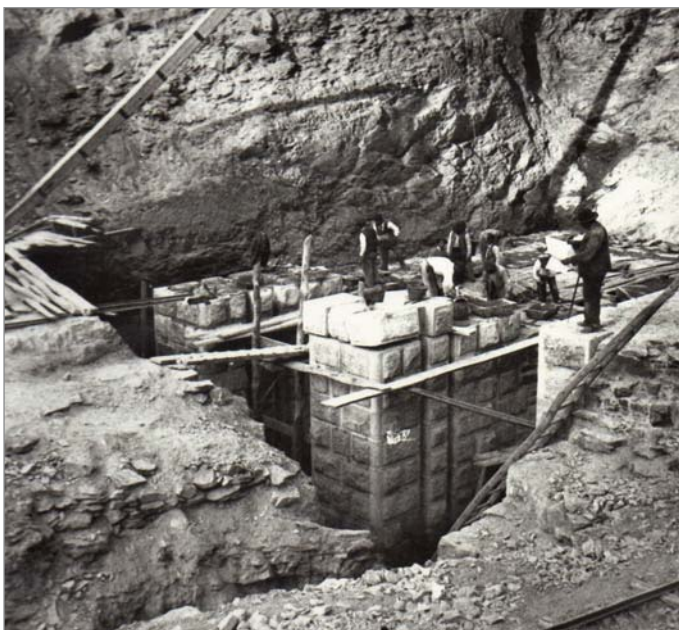
Erección de los muros de la central,
1ª fase. Grúa derrick accionada manualmente.



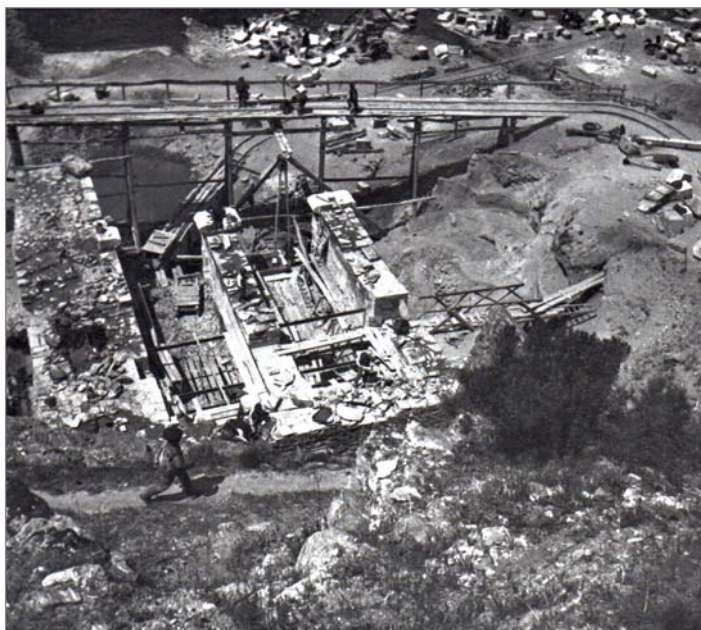
Central, 1ª fase y salida de la galería lateral.



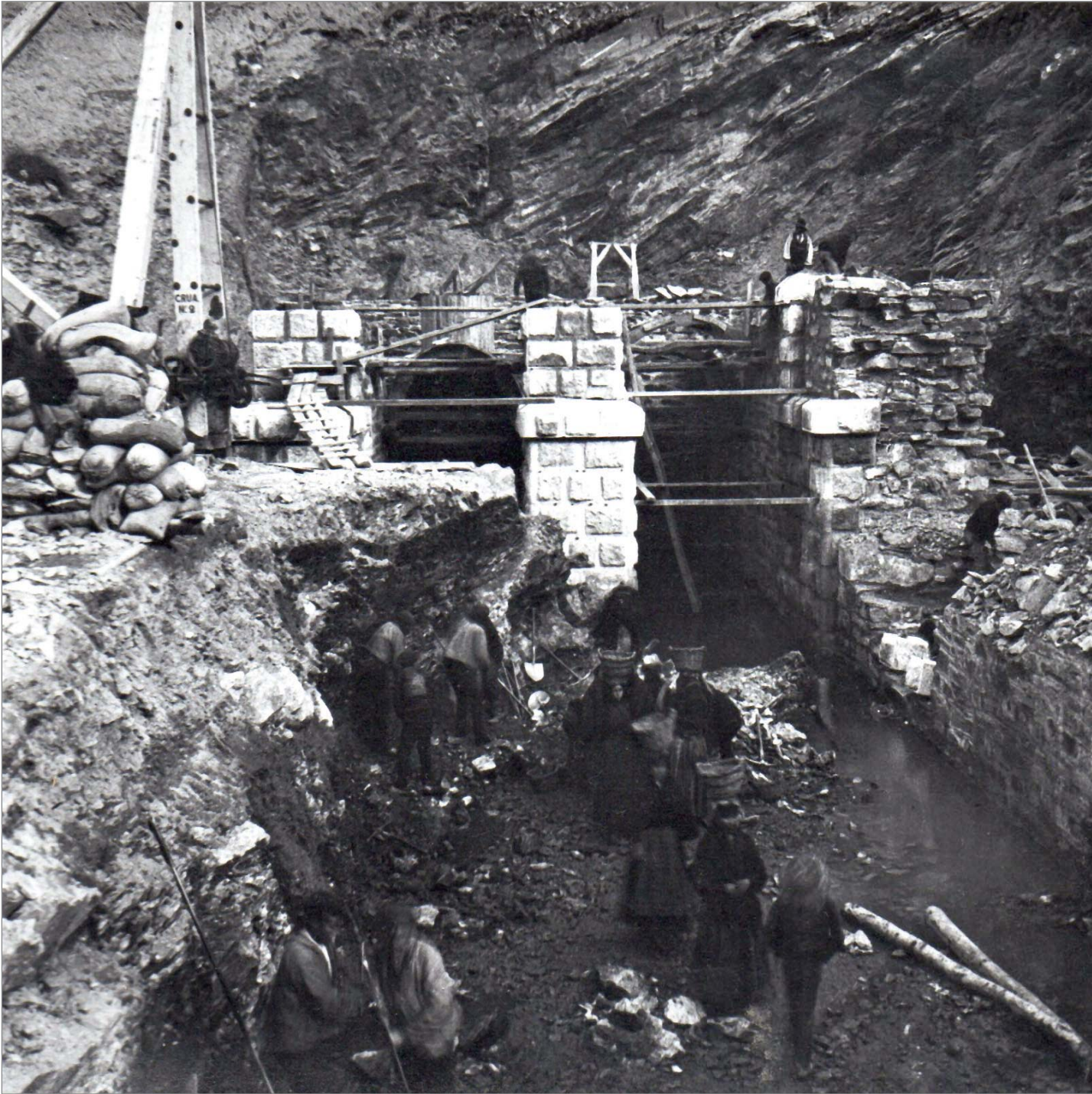
Central, 1ª fase. Sillería de granito
en los muros separadores de las celdas de turbinas.



Central, 1ª fase. Vista del conjunto de andamios y pasarelas auxiliares.



Central, 1ª fase. Un nutrido grupo de hombres y mujeres se afana en rebajar el terreno aguas abajo.



Vista de la 1ª fase de la Central en avanzado estado de construcción.



Un desafío hidroeléctrico en el Duero. Testimonio fotográfico 1898-1907

La primera fase se erigió a lo largo del año 1902 e inmediatamente después se procedió a ampliar la central adosando un edificio de cinco cuerpos que solo se diferencia del construido en la anchura de los vanos para turbinas, que tienen 3 m. en lugar de 2.5 m. La ampliación de la obra civil se concluyó en 1905 y dos años más tarde la central de el Salto de San Román debía operar a pleno rendimiento.

Comienzan las excavaciones de la 2ª fase de la central.



Muros de separación entre cámaras de turbinas, 2ª fase de la central.



Otra vista de la fotografía anterior tomada desde aguas abajo, 2ª fase de la central.



Todo dispuesto para el arranque de los arcos, 2ª fase de la central.



Ejecutado el forjado del piso de alternadores se inicia la fachada, 2ª fase de la central.



Central, nave de alternadores (dcha.) y edificio adosado para transformadores, aparellaje y control.

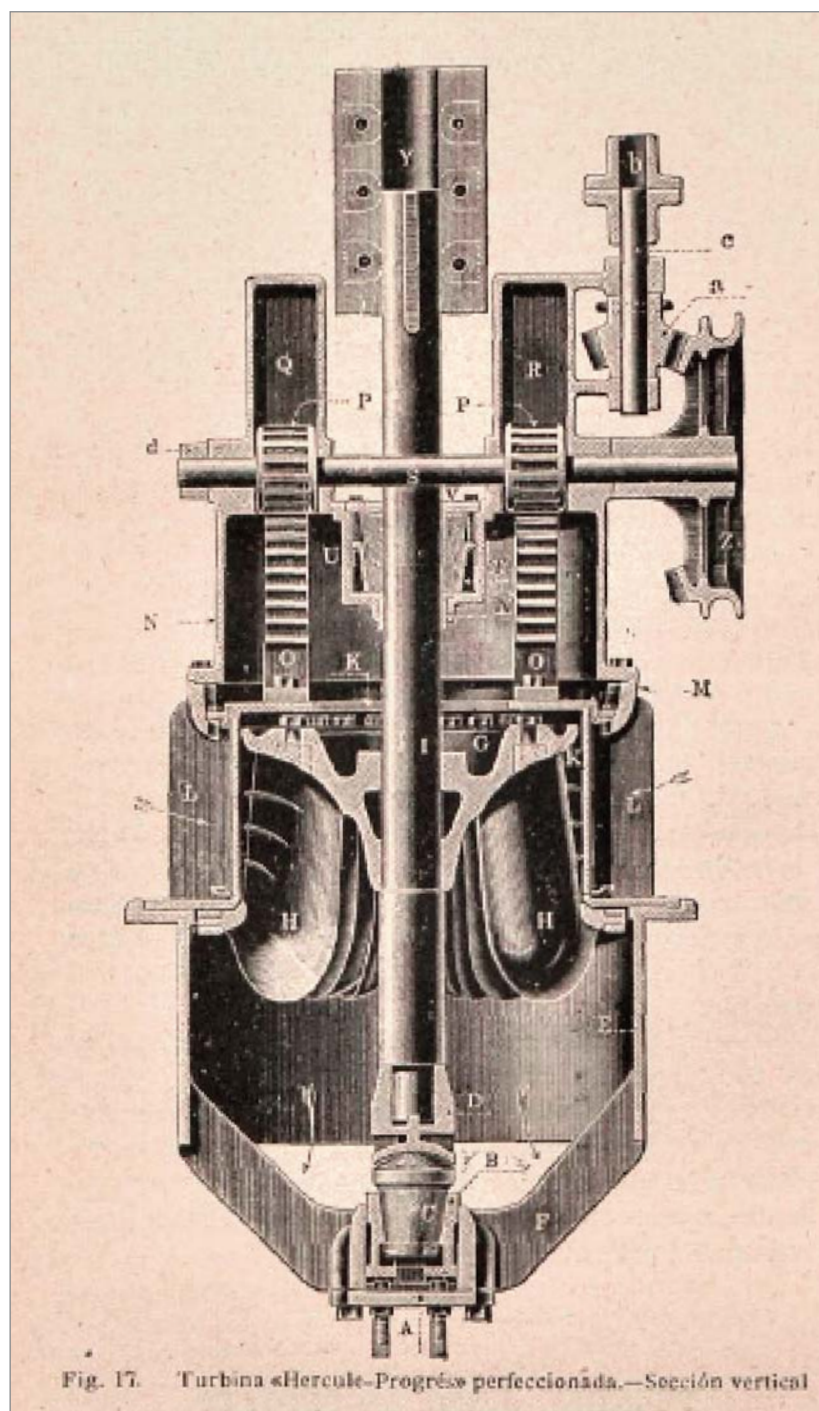


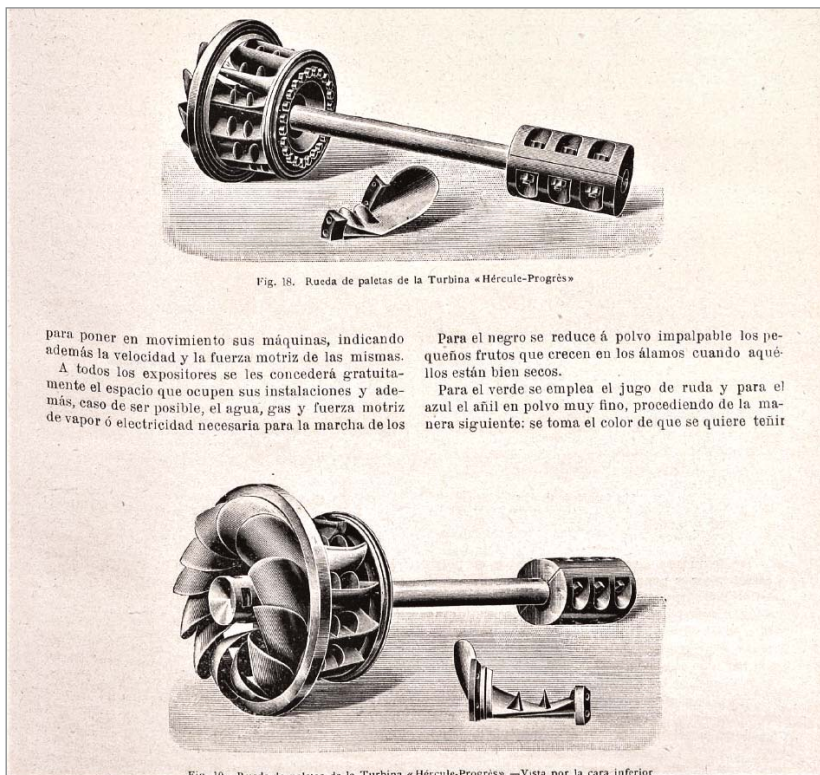
Vista parcial de la casa de máquinas a pleno rendimiento.



Por lo que respecta a las turbinas, se montaron unas del tipo "Hercule - Progrès" que a tenor de los estudios comparativos realizados en su momento sería la opción más adecuada y del tipo más innovador.

Corte vertical de la turbina. Revista *Industria e Invenciones*, 04-09-1897, p. 90.





para poner en movimiento sus máquinas, indicando además la velocidad y la fuerza motriz de las mismas.

A todos los expositores se les concederá gratuitamente el espacio que ocupen sus instalaciones y además, caso de ser posible, el agua, gas y fuerza motriz de vapor ó electricidad necesaria para la marcha de los

Para el negro se reduce á polvo impalpable los pequeños frutos que crecen en los álamos cuando aquellos están bien secos.

Para el verde se emplea el jugo de ruda y para el azul el añil en polvo muy fino, procediendo de la manera siguiente: se toma el color de que se quiere teñir

GRAN PREMIO ♦ DIPLOMA DE HONOR ♦ MEDALLA DE ORO

Exposición de Burdeos: Fuera de concurso — Miembros del jurado
1897: Medalla de Oro de la «Société d'Encouragement de l'Industrie Nationale»
por perfeccionamientos en las turbinas hidráulicas

TURBINE HERCULE-PROGRÈS

Patentada s. g. d. g. en España y en todos los países extranjeros

Única adecuada para gastos variables. — 300,000 caballos de fuerza de funcionamiento. Superioridad reconocida para alumbrado eléctrico, Trasmisiones de fuerza, Molinos, Hilaturas, Tejidos, Fábricas de papel, Forjas y toda clase de industrias.

RENDIMIENTO GARANTIDO AL FRENO, DE 80 á 85 %.
Rendimiento obtenido con una turbina suministrada al Estado Francés 90'4 %.

Garantizamos el rendimiento medio, al freno, de la turbina **Hercule-Progrès**, superior al de cualquier otro sistema ó imitación, y nos comprometemos á volver á tomar cualquier motor, dentro de los tres meses, si no diese estos resultados.

VENTAJAS—No necesita engrase, ni entretenimiento, no sufre desgaste; marcha con perfecta regularidad, funciona sumergida aunque sea á varios metros, sin pérdida de rendimiento. Construcción sencilla y resistente, instalación fácil. Precios módicos.

Existen siempre al menos 100 Turbinas en construcción ó dispuestas para su expedición inmediata
Producción actual de los talleres: **DOS TURBINAS DIARIAS**

SINGRUN HERMANOS

Ingenieros constructores en ÉPINAL (Vosges)

Evitar las falsificaciones — Desconfiar de las imitaciones

Pídanse prospectos, precios y presupuestos al representante D. J. Nanot, S. Eusebio, 66; S. Gervasio (Barcelona)

Agradecemos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la revista **INDUSTRIA E INVENCIONES**

Turbina con cámara abierta

Turbina con cámara cerrada

Azud

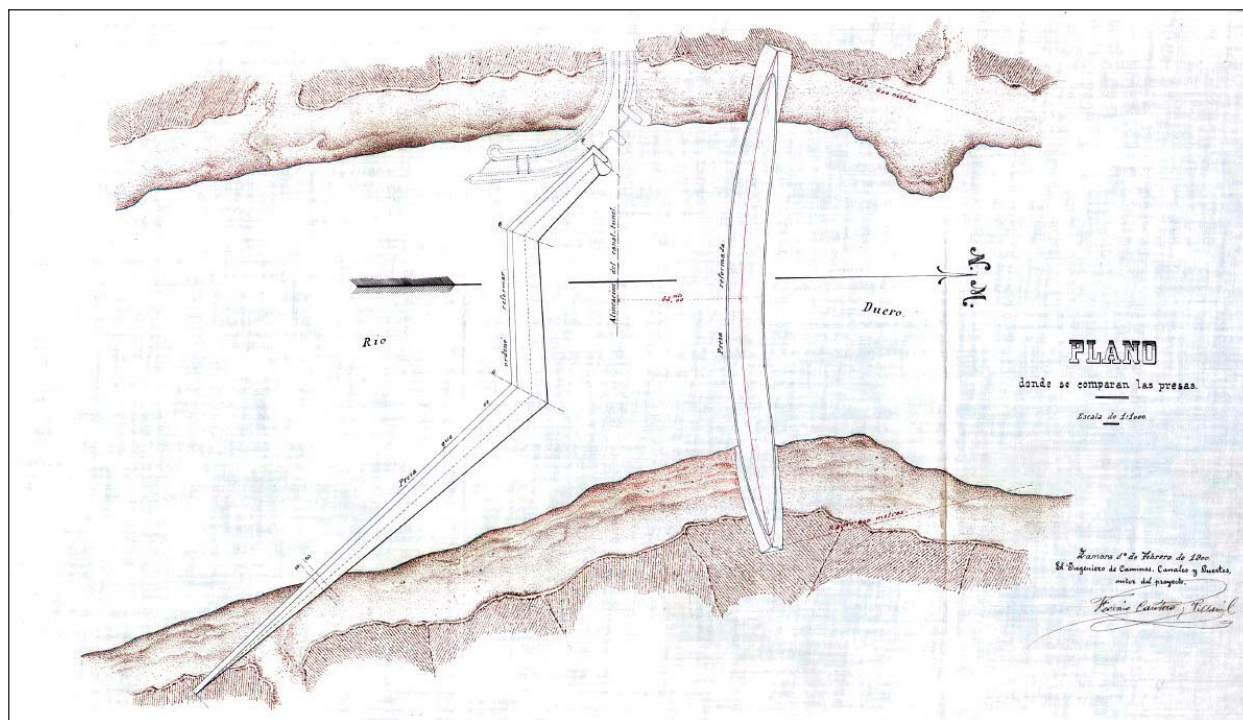
El proyecto fue objeto de una modificación durante su construcción, cambiando su forma en planta que inicialmente estaba formada por tres alineaciones cuyo propósito era el de dirigir el flujo del agua directamente a la obra de toma.

Esta solución, como se justifica en la Memoria del nuevo proyecto, exigía que el estribo derecho de la presa, adyacente al muro del canal de toma, se cimentara a gran profundidad resultando de ejecución muy costosa. Además tal disposición provocaría el depósito de importantes volúmenes de acarreos en el canal de entrada con el consiguiente mayor coste de limpieza de los mismos y la necesaria parada en la producción de electricidad.

Por esa razón y por conocer en virtud de los sondeos realizados que la profundidad de acarreos en el lecho del río era reducida, se decidió situar la nueva presa a medio centenar de metros aguas abajo del eje del canal de toma, disponiéndola perpendicularmente al cauce y dotándola en planta de una forma ligeramente curva, de 400 m. de radio, lo cual augura a priori un funcionamiento hidrodinámico más satisfactorio.

Desde el punto de vista de su ejecución, sin duda es ésta la parte de la obra que hubo de enfrentarse a la fuerza del río con menos protección artificial, por decirlo de otra manera, a pecho descubierto y a merced del capricho de las crecidas, imposibles de anticipar y de gran violencia cuando tenían lugar, ya que el reducido número de presas construidas en la España de entonces implicaba la ausencia de cualquier tipo de regulación de caudales a los que hoy estamos acostumbrados.

Planta con la situación de las dos soluciones. Proyecto de la presa sobre el río Duero, 1900. Archivo Histórico Iberdrola "Salto de Ricobayo". Fondo El Porvenir de Zamora (Signatura 200/2).



En 1899 no había trajes de neopreno. Puesta en obra de grandes bloques.



No era fácil dominar las aguas con medios tan elementales.



Bien es verdad que el ciclo más o menos anual de aguas altas y estiajes marcaría las pautas de actuación de determinadas actividades en la construcción del azud, aprovechando los períodos de caudal reducido para trabajar en el agua, y otros menos favorables para progresar en los arranques o estribos donde se podría hacerlo en seco o con aguas quietas.

De las fotos puede deducirse que se trabajó prácticamente al mismo tiempo a lo largo de toda la presa. No obstante, podríamos señalar que la obra progresa desde los estribos hacia el centro del río para facilitar la aportación de materiales. En el estribo izquierdo, el correspondiente a la orilla opuesta al canal de entrada, se dispone un portillo de dos vanos cuya razón parece ser la de funcionar como desvío parcial durante las actuaciones en la parte central del cauce atemperando así la fuerza de arrastre de las aguas. Que se trate de un desvío parcial se justifica por el hecho de que en las fotografías se advierte la existencia de ataguías o terraplenes provisionales que, en mi opinión, servirían más para remansar el agua, o ser utilizados como accesos temporales.

Transporte de bloques.



Colocación de mampuestos en medio de la corriente.



Construcción de un pequeño puente de acceso a las obras con losa de hormigón armado.



Perfilado del estribo derecho de la presa.



Portillo provisional de dos vanos en estribo izquierdo. Preparación de ataguías auxiliares de madera.



En otras fotografías se observa que en el estribo derecho hay un gran caballón inmediatamente aguas arriba del azud en el que aprovechando la inclinación del talud se descargan grandes bloques que con su peso contribuyen a asegurar la estabilidad de la estructura.

Llama la atención durante la fase inicial de la construcción el replanteo cuidadoso y la precisa colocación dentro del agua de muchos de estos bloques sin otros medios que grandes palancas para llevarlos a su sitio y conformar así una especie de directrices para los paramentos del azud.

Refuerzo de los muros previos.



Para salvar los vanos entre pilares se utilizan tabloncillos de madera reforzados con carriles.

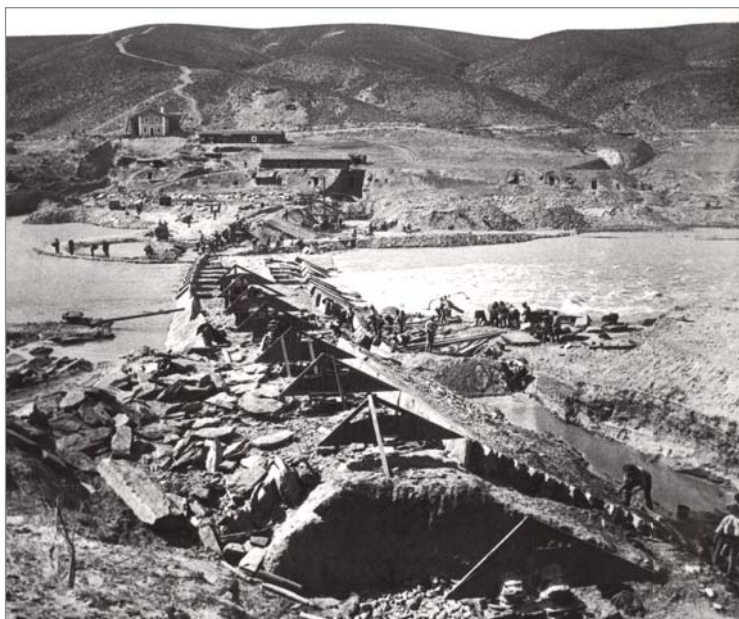


La zona central de éste se resuelve mediante la ejecución previa de muros de mampostería independientes que forman como un esqueleto sobre el que apoyarse. Posteriormente se enlazan por encima con pesadas losas formando un puente provisional que une ambas orillas, cuya plataforma, situada a un nivel inferior al de coronación, facilita el tránsito de personas y materiales y permite, al mismo tiempo, el flujo del agua a través de los portillos. Este método brinda, además, la posibilidad de cerrar paulatinamente el paso de las aguas y facilita la operación de macizar la presa.

Ejecución discontinua mediante muros.



Panorámica muy descriptiva sobre el procedimiento seguido durante la construcción.



Detalle.

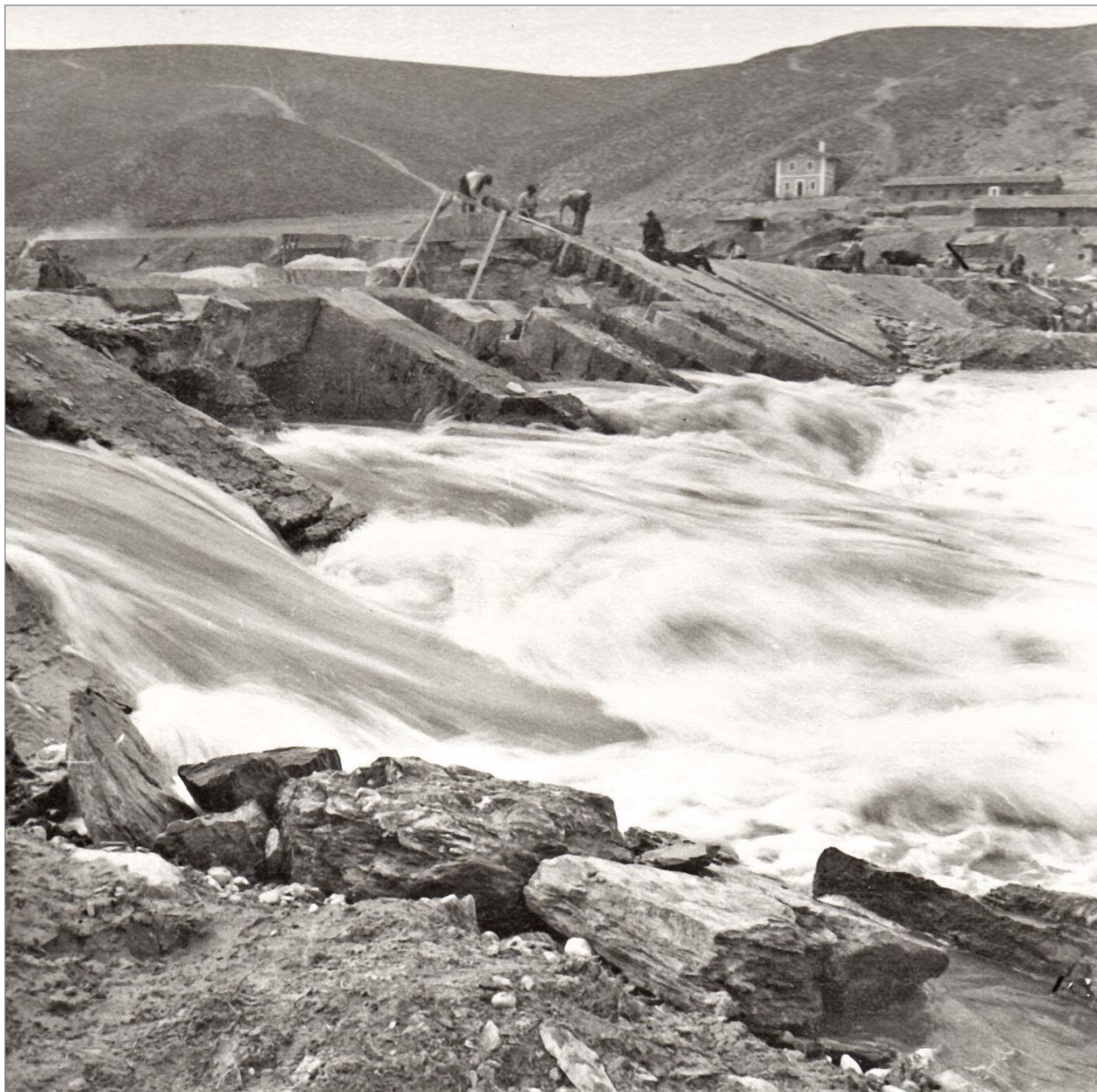


Trabajos de remate sobre un tramo del azud.



Fernando Cantero Núñez

Dando forma a la coronación del azud con ayuda de maestras.



Sobre esa plataforma se eleva, finalmente, la porción superior del azud a la que se le da su forma redondeada definitiva con ayuda de grandes maestras.

Una vez que el túnel ya construido permitiera el paso del agua por su interior y coincidiendo con los bajos caudales de estiaje, se procedió a dar continuidad a la coronación de la presa y llevar a cabo la terminación del paramento aguas abajo.

Una vez más los medios auxiliares de que se dispuso se limitaron casi exclusivamente a carros arrastrados por animales, unas vías de precario trazado y montaje muy elemental así como algunas vagonetas que circulan sobre ellas.

Sobre las obras de fábrica

Hay que destacar que todas las obras de fábrica consisten en mamposterías trabadas con diferente calidad según el uso al que estaban destinadas y la función estructural que debían desempeñar. También se utilizan fábricas de sillería en los paramentos vistos de la casa de máquinas. El conglomerante de unión era generalmente mortero de cemento portland pero también se empleaban morteros de cal en obras de menor compromiso. El hormigón, material caro entonces, se utilizó en el túnel, en el revestimiento de la solera y en la central, en la cimentación de la base, en las bóvedas intermedias de apoyo, las turbinas y en los forjados de la planta de alternadores.

Probablemente los hormigones de la central tuvieron algún tipo de refuerzo con armaduras pues el Pliego de Condiciones hace referencia a las características que debe cumplir el "hierro en barras".

En 1898 José Eugenio Ribera utiliza el hormigón armado en los forjados de la cárcel de Oviedo.

Parece claro que Cantero Villamil debía estar al corriente de esta nueva variante del hormigón. En una de las fotografías donde se muestra la ejecución de la losa de un pequeño puente se advierten unas esperas de hierro, probablemente para la conexión de las barandillas, y que hacen suponer que el hormigón de dicha losa estaría reforzada de manera adecuada.

Creo importante reseñar que el hormigón se preparaba "in situ", sobre "un suelo duro y horizontal cubierto de tablas, mezclando la grava y el mortero (cinco partes de grava por dos de mortero hidráulico) con rastrillos hasta lograr una mezcla homogénea, cargándose enseguida y transportándolo al punto de empleo".

Una brevísima conclusión

Con aquellos mimbres se hizo el cesto de El Porvenir de Zamora, que sobrevivió hasta 1951, año en que se disuelve la Sociedad. En 1967 Iberdrola sustituye la vieja central por una moderna, de 5600Kw de potencia, que sigue produciendo energía gracias al caudal de agua derivado por la misma presa y a través del mismo túnel que fue concebido y hecho realidad hace casi 120 años. Parece increíble.

Revestimiento final del talud posterior.



Confección de mortero.





Tren de viajeros de la M.Z.O.V. en la estación de Vigo a comienzos del siglo XX. Fotografía por Federico Cantero Villamil.

IV



EL INGENIERO FERROVIARIO 1904-1918

Álvaro González Cascón
Licenciado en Geografía e Historia

Desde 1908, Cantero Villamil participó de manera significativa en la consecución de un nuevo acceso directo a Galicia, no solo por la redacción del proyecto, si no por su implicación en el proceso que condujo a la autorización del mismo como un trazado complementario a los incluidos en el Plan General de Ferrocarriles de 1877. Durante la revisión del trazado (1926-1927) antes del inicio de la construcción, en la que lógicamente no intervino, se demostró que era el único viable para acceder, desde la meseta norte, a Galicia por el camino más corto y con excelentes características para la circulación.

Su relación profesional con el ferrocarril comenzó en 1904, al ser contratado por la M.Z.O.V. como Ingeniero Jefe de todos los servicios de la línea de Medina del Campo a Zamora. En 1918 dimitió para ingresar en el cuerpo de Ingenieros de Caminos del Estado.

La comunicación a Galicia por Zamora era una vieja aspiración de la compañía ferroviaria M.Z.O.V. que construyó los tramos Medina-Zamora y Vigo-Orense-Monforte y así consta en la memoria de la Junta General de Accionistas celebrada el 3 de julio de 1862:

“[...] el trazado (Medina-Zamora), [...] por su posición topográfica, está en el centro natural de las comunicaciones de Galicia”.

“Nuestro camino está destinado a formar la primera parte de una línea de interés general, que, además de utilizar la navegación probable del Duero, enlace a Zamora directamente con los puertos de la Coruña y Vigo, que esperan nuevos medios de comunicación interior para aumentar su importancia”.

Sin embargo, a pesar de la utilidad y necesidad del tramo Zamora-Orense por las Portillas de la Canda y el Padornelo, no fue incluido en el Plan General de ferrocarriles de 1867 y, en consecuencia, excluido de la Ley ferroviaria de 1877. En el artículo 6º se dejaba claro que “El plan general de ferrocarriles no podrá alterarse ni modificarse sino en virtud de una ley”, pero en el mismo texto legal se establecía el procedimiento para que una línea no incluida en el Plan General se pudiese declarar de utilidad pública y añadirse a él, con la condición de tener el rango de Ley y ser aprobada en las Cortes.

España enfilaba la recta final del siglo XIX con una guerra en Cuba y Filipinas y, pese a ser la centuria de la industrialización, la Piel de Toro mantenía una economía agrícola y minera, cuya seña más visible de modernidad era el ferrocarril, que se extendía enlazando la capital del reino con la periferia.

Aunque en 1900, con 11.000 Km construidos, el Plan General de Ferrocarriles de 1867 estaba prácticamente concluido —financiado y explotado por el sector privado con la supervisión y subvenciones del Estado—, existía el convencimiento, tanto por parte de la opinión pública como de los estamentos oficiales, de que no era suficiente. El ferrocarril no llegaba a muchas poblaciones y además los tiempos de desplazamiento en los trayectos de larga distancia no estaban a la altura de las necesidades reales del país.

Con el cambio de siglo se inicia un nuevo periodo en el que el Estado, dada su situación financiera, se inhibió de asumir más responsabilidades ferroviarias pero lanzó un plan de ferrocarriles *secundarios y estratégicos* para cubrir las lagunas de la Red, recurriendo al ancho métrico (1 m. de separación entre carriles); más económico de construir y explotar, por las menores exigencias técnicas para su trazado, (radios de curva de 150 y 100 metros), pero también de menor capacidad de carga y velocidad.

Práxedes Mateo Sagasta, Ingeniero de Caminos residente en Zamora desde 1849, dirigió la construcción de la carretera de acceso a Galicia por las portillas de la Canda y el Padornelo. A partir de 1857 se dedicó exclusivamente a la política. Fue líder del partido Liberal desde su constitución en junio de 1885 hasta su fallecimiento en 1903. Cuadro de José Casado del Alisal. Senado.



José Elduayen Ingeniero de Caminos y miembro fundador de la Compañía del ferrocarril de Medina del Campo a Zamora, luego M.Z.O.V., se convertiría en el hombre de confianza de Cánovas del Castillo en el proceso que culminaría en la Restauración de la dinastía borbónica en 1875. En 1897 era Presidente del Senado. Grabado de época.



Antonio Cánovas del Castillo fue presidente de la compañía ferroviaria M.Z.O.V., entre 1870 y 1874. Artífice de un nuevo periodo de convivencia política estable, basado en la Restauración dinástica con el Rey Alfonso XII y la nueva Constitución de 1876. Fue líder del partido Conservador hasta su asesinato en 1897. Cuadro de Ricardo Madrazo. Senado.



1. "El Ferrocarril de Zamora a Orense". *El Correo de Zamora*, nº 3456, 1-02-1909.

2. "Una reunión". *El Correo de Zamora*, nº 3455, 30-01-1909.

3. "Última hora, lo tratado en el Consejo". *El Correo de Zamora*, nº 3.466, 13-02-1909.

4. "Don Antonio Massó", *Revista Ilustrada de Banca, Industria y Ferrocarriles*, 25-02-1913, pp. 86-87. Carta de Antonio Massó a F. Cantero Villamil, Barcelona. 04-05-1918. Carta de Antonio Massó a F. Cantero Villamil, Barcelona 13-12-1918, Archivo Concepción Cantero García-Arenal.

El 26 de marzo de 1908 se promulgó la Ley que incluía el nuevo plan de ferrocarriles de vía estrecha, en el que se contemplaba una línea de acceso a Galicia, con los siguientes tramos: Orense a Verín, por Ginzo de Limia, 82 km; otro de Verín a Puebla de Sanabria, por San Juan de Laza, 88 km. y por último, un tramo de Puebla de Sanabria a Benavente de 90 km. El que fuese elegido Benavente, en vez de Zamora, como una de las cabeceras, creó un conflicto entre ambas poblaciones pertenecientes a la misma provincia y restaba fuerzas en Madrid ante el gobierno y las Cortes.

Aunque el documento completo nos es desconocido, sabemos que la compañía para la que trabajaba Cantero Villamil, la M.Z.O.V., le encargó un anteproyecto y que el 1 de octubre de 1908 ya estaba terminado. Las principales características fueron divulgadas por la prensa. Su objetivo era salvar el desnivel entre Zamora (650 m) y Orense (220 m), por las Portillas de la Canda y el Padornelo (1.250 m), buscando el camino más corto pero con pendientes que no superasen el 15 por mil para conseguir un coste menor de la obra y una velocidad de circulación lo más alta posible, que calculó en 55 Km/h de media para una composición con coches de viajeros. Lo que en 1909 suponía un ahorro de aproximadamente 6 horas en el tiempo de trayecto entre Madrid y Vigo¹.

Para ello eligió, como mejor trazado ferroviario entre Zamora y Puebla de Sanabria, el paso por la vertiente sur de la Sierra de la Culebra: valle del río Aliste y las mesetas entre éste y la citada sierra, un terreno que ascendía de forma natural hacia Puebla, con pendientes lo suficientemente suaves como para no superar el máximo de 15 milésimas que él se había impuesto para todo el trazado; haciendo innecesarias las dobles tracciones como ocurría en la única línea de acceso existente a Galicia, por Astorga y Monforte.

El estudio técnico permitió argumentar con más fuerza el arranque desde Zamora y puso de manifiesto las ventajas que ofrecía un enlace ferroviario entre esta capital y Orense². Había algo positivo en la Ley de 1908: la inclusión del trazado Benavente-Orense, y que el Estado aportaría dinero y otras facilidades para su posible construcción. Adaptándose a las circunstancias, se planteó al gobierno que aceptase el cambio de ancho de vía pasando de 1 m a 1,67 m y que el origen del trazado fuese la capital zamorana en lugar de Benavente, sin perder las ayudas públicas.

En febrero de 1909, en un Consejo de Ministros presidido por Maura, se estudió detenidamente el proyecto de Zamora á Orense y el de Medina á Benavente pero, por haber "intereses encontrados y cruzarse grandes influencias", no se tomó ninguna decisión al respecto³.

El gobierno de Maura se vio comprometido con otras cuestiones más graves. El Rey le retirará su confianza a consecuencia de la represión ejercida durante la Semana Trágica de Barcelona y su repercusión internacional. Será durante la siguiente legislatura cuando se ponga en marcha la *Ley de Ferrocarriles Complementarios*.

Se abrió así un periodo de calma aparente en el que la Junta de Defensa del ferrocarril, creada en Zamora el 29 de enero de 1909, continuó con sus gestiones y, por otro lado, el presidente de la M.Z.O.V. (la Cia. ferroviaria tenía su sede en Barcelona), Antonio Massó, las combinó con una estrategia dirigida al nuevo gobierno de Canalejas, en el poder desde 15 de junio de 1910. Aconsejado por el Senador Ignacio Girona, recurrió a una ingeniosa idea: redactar un borrador de proyecto de Ley que hizo llegar al gobierno, a través del ministro de Hacienda, y en el que también participaron Federico Cantero Villamil y su padre Federico Cantero Seirullo⁴.

En color amarillo el trazado contemplado en la Ley de 1908 de ferrocarriles estratégicos y secundarios. Enlazaba en Medina de Rioseco con el existente desde Valladolid y continuaba a Benavente, Puebla de Sanabria, cruzaba las Portillas y descendía hasta Verín para continuar a Ginzó de Limia y terminar en Orense. En rojo los trazados contemplados en la Ley de ferrocarriles Complementarios, el de Medina del Campo a Benavente. El directo Zamora - Orense, el único que se construiría entre 1927 y 1957. En verde el propuesto por Zarrazina de Valladolid a Vigo, pasando por Benavente y Puebla de Sanabria, coincidía con el trazado del Zamora - Orense hasta Los Milagros, antes de llegar a Orense capital, y buscaba un camino directo al puerto de Vigo por un sinuoso recorrido. Se observa un error de impresión al pasar la línea roja del Zamora-Orense por el valle del Aliste, pues se ve por el sur del río en vez de la orilla norte, que era por donde aparece en el proyecto de 1913. Mapa publicado en 1914 por F. Cantero Villamil.



El asesinato de Canalejas no dio al traste con el proyecto que del Ministerio de Hacienda había pasado a la Presidencia del gobierno, y devuelto al de Hacienda, éste lo trasladó al de Fomento. El 29 de noviembre de 1912, el Conde de Romanones, nuevo Presidente, firmaba el proyecto de Ley de Ferrocarriles Complementarios a la Red General, remitiéndolo a las Cortes para su tramitación. Como el gobierno contaba con mayoría parlamentaria, el 22 de diciembre de ese mismo año fue aprobado y el 11 de febrero de 1913 se publicaba en la Gaceta de Madrid el Concurso de Proyectos para el ferrocarril complementario de Zamora a Orense.

El espíritu del proyecto de la Ley de Ferrocarriles complementarios a la Red General Española, era el de autorizar la construcción de “nuevas líneas que representen acortamientos de la red principal, y especialmente aquellos que hayan de poner en rápida comunicación los más importantes puertos y las fronteras de España entre sí y con las regiones centrales de la Península”, y entre otras líneas férreas se encontraba el directo Zamora-Orense.

El proyecto Zamora - Orense

La M.Z.O.V. ya había previsto este desenlace y solicitado a Federico Cantero Villamil que ampliase y perfeccionase el proyecto estudiado anteriormente. Los estudios de campo no se podían iniciar sin el consentimiento del Ministerio de la Guerra, pues cualquier posible trazado se encontraba dentro de la franja de 100 Km, catalogada como *zona de defensa fronteriza*, haciendo necesaria la supervisión militar.

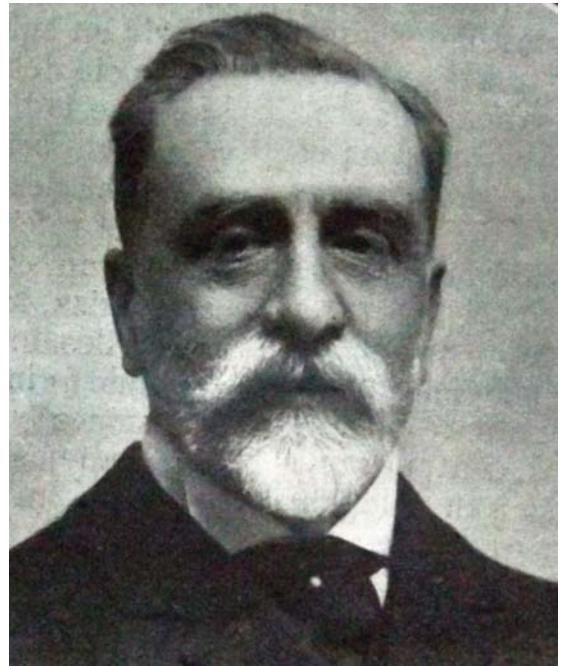
El Concurso exigía un plazo de tan solo 6 meses para la entrega del Proyecto completo. Resultaba imprescindible realizar un exhaustivo trabajo de campo con el fin de que el Proyecto resolviese de manera definitiva el problema de los accesos a Galicia, para viajeros y mercancías.

Al ser el plazo tan corto y con el objetivo de terminar el 1 de agosto, organizó 6 brigadas que trabajaron, al mismo tiempo, a lo largo del trazado. Era necesario dar respuesta a todos los apartados que exigía la Ley de ferrocarriles desde 1855:

- 1º. Una Memoria descriptiva del proyecto.
- 2º. El Plan general y el perfil longitudinal y transversal.
- 3º. El presupuesto del material de explotación y el anual de su reparación y conservación.
- 4º. Tarifa de precios máximos que deban exigirse por peaje y transporte.
- 5º. Condiciones particulares exigidas a este trazado: pendientes máximas de 15 milésimas, un mínimo de 100 m entre curva y contra curva, radios de curva mínimos de 300 m, capacidad real de circular a 50 km/h de velocidad media en todo el trayecto.

La elección del trazado resultaba muy comprometido puesto que era la clave, no solo para cumplir con las exigencias del Concurso de proyectos, sino también para que su coste de construcción no se disparase y permitiese una rápida puesta en marcha, 8 años era lo que calculó el director del proyecto.

Antonio Massó Casañas, Presidente del Consejo de Administración de la M.Z.O.V. desde 1910, preparó la estrategia de continuidad de la compañía, de concesionaria de ferrocarriles a constructora de obra civil, al ser la adjudicataria del trazado directo entre Zamora y Orense; objetivo perseguido desde la fundación de la sociedad en 1862. Foto de prensa 1913.



Álvaro de Figueroa y Torres, Conde de Romanones, se hizo cargo de la Presidencia del Gobierno Liberal, firmando el Proyecto de Ley de Ferrocarriles Complementarios el 29 de noviembre de 1912, a los pocos días del magnicidio de José Canalejas. Caricatura de Sileno.

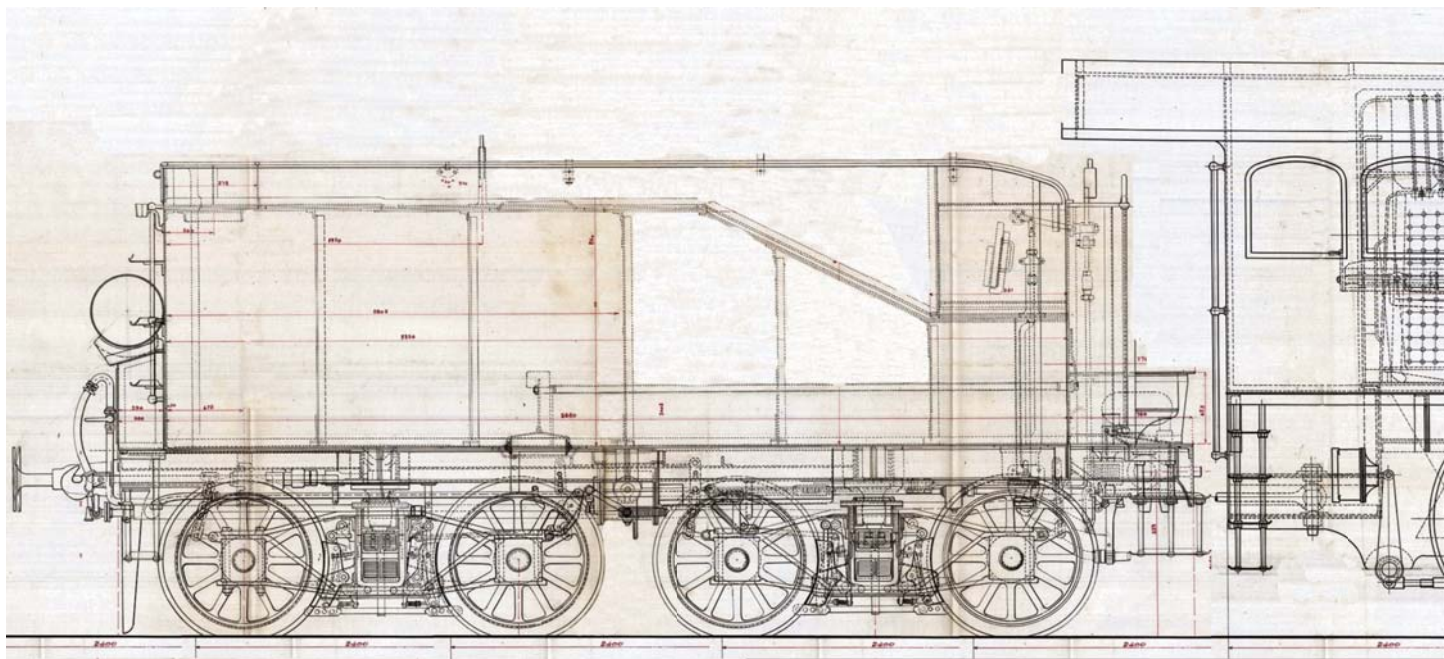


En líneas generales, Cantero Villamil tenía claro, desde 1908, los puntos clave por los que debía discurrir. Se ocupó de la dirección y organización de las 6 brigadas de campo. Este numeroso equipo, formado por Ingenieros, Ayudantes de Obras Públicas, topógrafos etc., trabajó domingos y festivos.

Una vez hechos los reconocimientos previos del terreno, se iniciaba el trabajo de campo de cada brigada que realizaba los tanteos, y una vez determinado el eje de vía, dado que la cartografía existente carecía de curvas de nivel, era imprescindible el levantamiento topográfico de su zona de influencia, y cuando el trazado de la sección quedaba fijado, se desplazaba a la siguiente sección. Se tomaron entre 200 y 260 puntos por Km., anotados en libretas taquimétricas. A partir de estos datos se obtendrían el perfil longitudinal y transversal pudiendo así calcular el movimiento de tierras, fundamental para elaborar el presupuesto. Una vez en marcha todas las secciones, hizo las visitas que fueron necesarias para resolver las dudas de las brigadas en sus respectivas zonas.

Fue un trabajo en equipo bien coordinado y motivado. Aunque desconocemos la mayoría de los nombres de los que fueron contratados temporalmente, alguno de ellos quedó reflejado en la prensa, como el de los técnicos Marco Payo y Martín Gómez Pinilla que trabajaron en una brigada en la provincia de Orense.

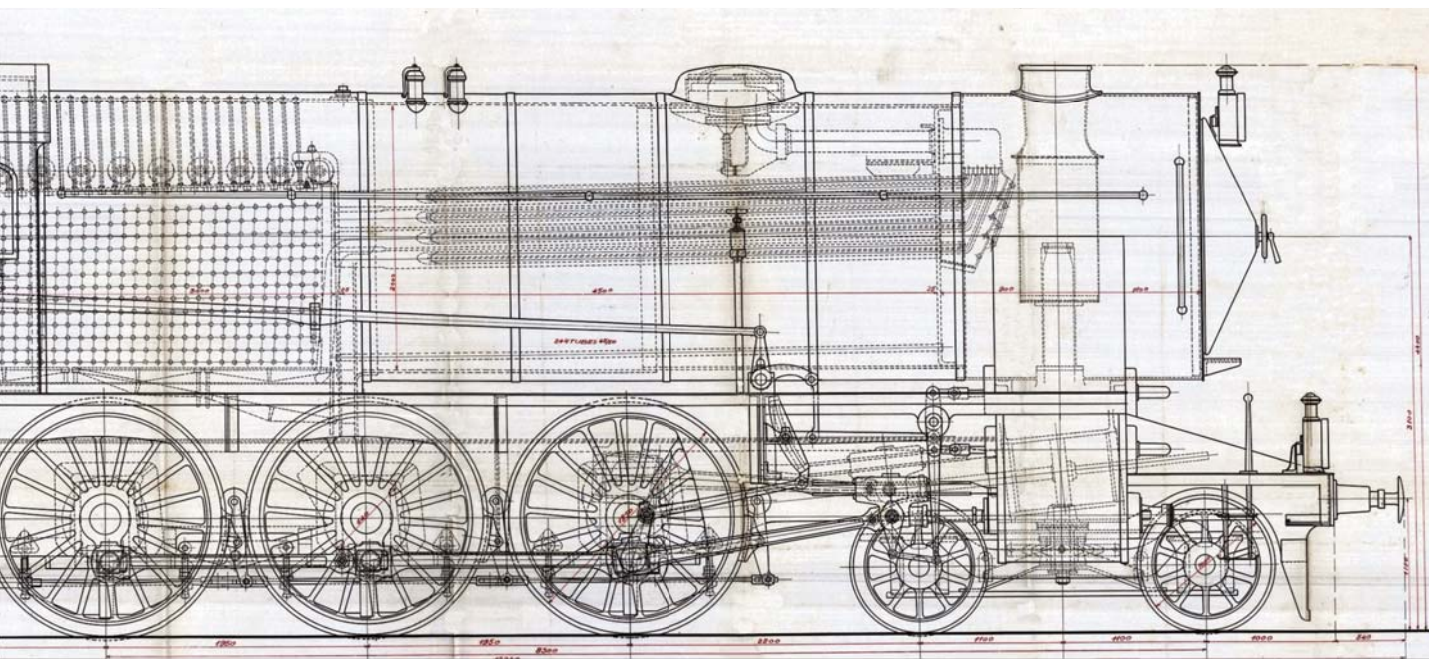
Dirigió todo el proceso de gabinete. En la oficina M.Z.O.V. de Vigo, el ingeniero industrial Marcelino Fabregas Suau, que también formaba parte de la plantilla de la compañía, realizó todos los cálculos de puentes, armaduras metálicas y los planos correspondientes. La coordinación entre Zamora y Vigo se realizó por correo, telégrafo y mensajería.



Federico Cantero utilizó su automóvil, de la marca norteamericana Mitchell, para hacer las visitas a las brigadas que realizaron el trabajo de campo en las provincias de Zamora y Orense durante la elaboración del proyecto. Archivo Federico Cantero Núñez.



Locomotora de viajeros seleccionada por F. Cantero para el Zamora-Orense en 1913. De 1.500 CV de potencia, de vapor recalentado y 4 cilindros (sistema Compound), con un peso en servicio de 95 Tm, sería capaz de arrastrar una composición de 250 Tm a 54,5 Km/h por rampas de 17 milésimas. Proyecto Zamora-Orense 1913. MECD, AGA, IDD (04)102.000, 26/21199.



5. Archivo Concepción Cantero García-Arenal, Documento dirigido a la dirección de M.Z.O.V., nº 67.

6. "De interés regional. El Ferrocarril de Zamora a Orense", *El Correo de Zamora*, nº 4.801, 09-09-1913.

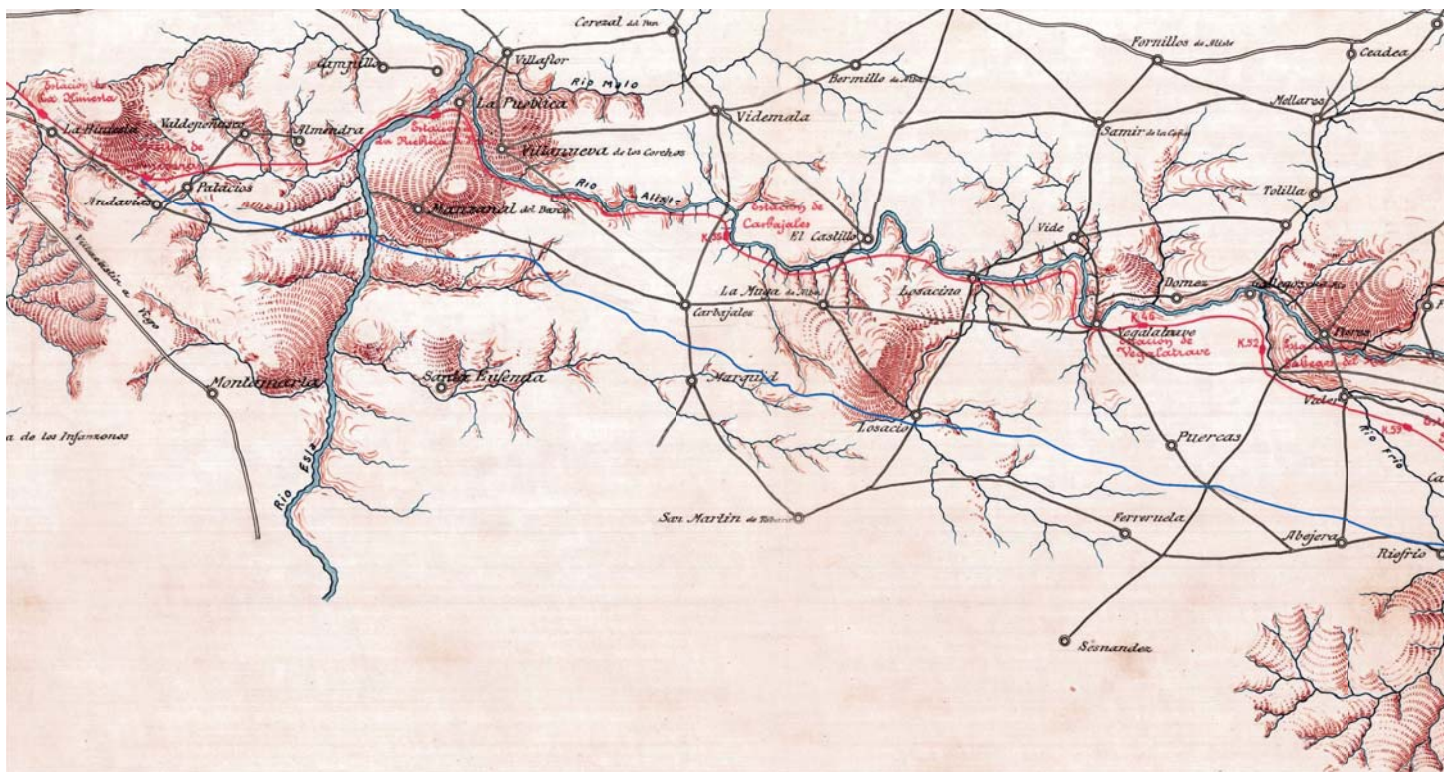
Cantero Villamil no se limitó a la dirección y supervisión, pues dibujó personalmente las curvas de nivel en planos taquimétricos a escala 1:2000, dibujando, él mismo, la traza en todos los planos. Auxiliado por un ayudante, calculó y fijó el perfil longitudinal y realizó el cálculo y trazado de todos los perfiles transversales. También las cubricaciones, e hizo los esquemas o borradores de todos los proyectos de las estaciones, pontones y puentes de fábrica y otros detalles del proyecto⁵. Los delineantes dieron el impresionante acabado final que se ha conservado en el AGA.

Se ocupó personalmente de la búsqueda y selección del sistema de señalización, del material de tracción y remolque específico para viajeros y mercancías, de la elaboración del estudio comparativo de explotación de otras líneas de montaña españolas, del cálculo de los presupuestos y tarifas a aplicar, y de la elaboración del Pliego de Condiciones. La redacción final del Proyecto, en el que estampó su firma el 5 de septiembre de 1913, fue presentado dos días antes de la finalización del plazo.

La prensa se hizo eco de la terminación del Proyecto:

"Ese proyecto es obra del ilustrado ingeniero don Federico Cantero Villamil, que es quien le ha presentado en el ministerio"...felicitamos a la compañía de Medina a Zamora y al señor Cantero Villamil por su laudable esfuerzo y por el brillante trabajo presentado."⁶

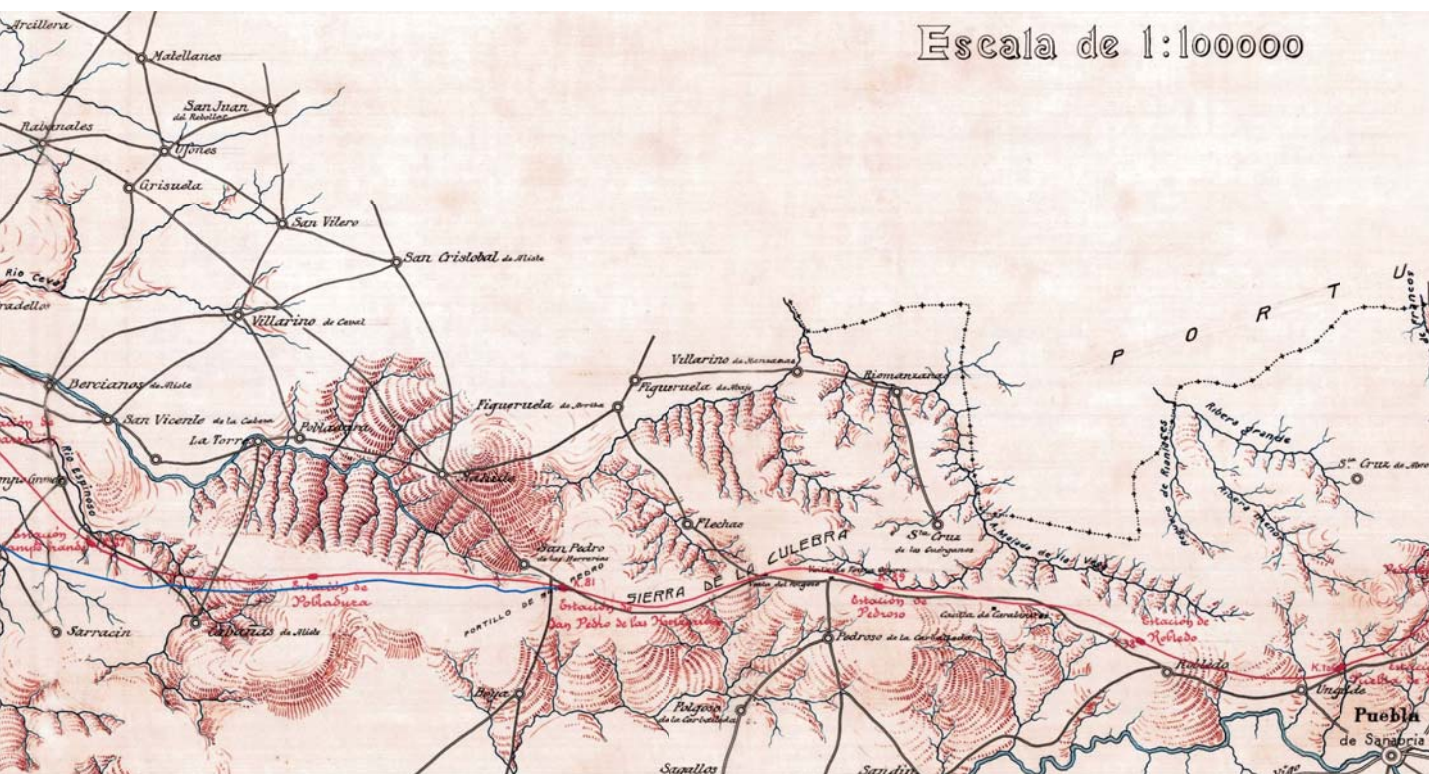
Vista parcial del plano general del proyecto del ferrocarril directo Zamora-Orense. Se observa (línea roja) el trazado propuesto en 1913 que sigue la orilla norte del río Aliste y superpuesta en azul, el de la variante, por la meseta entre la Sierra de la Culebra y el río Aliste, tras la revisión del proyecto en 1918. Proyecto Zamora-Orense 1913.AGA, IDD (04)102.000, 26/20993.



En una entrevista al Presidente de la M.Z.O.V., el 18 de febrero de 1914, Antonio Massó, hizo la siguiente declaración:

“la Compañía cuyo consejo de administración me honro en presidir no ha cesado un momento de activar el proyecto del Ferrocarril Orense-Zamora, en el que van gastadas más de cien mil pesetas, puesto que se trata de un trabajo serio que ha merecido elogios de cuantas personas inteligentes en la materia han tenido ocasión de enterarse de él, habiéndole dicho que no se había presentado nunca en otro en tales condiciones de perfección ni tan completo a la Dirección de Obras públicas. Su autor, el ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, don Federico Cantero Villamil lo presentó, y fue el único que respondió a la convocatoria en el plazo señalado, y actualmente la primera División de Ferrocarriles se ocupa en su comprobación”.

La importancia económica y social, el valor estratégico en suma, que se atribuía a una línea ferroviaria desataba el deseo de reclamar su paso por ciudades o poblaciones que se consideraban directamente afectadas por el trazado elegido. De manera que, antes incluso de que estuviese terminado el proyecto, se encontró con una enérgica protesta, desde Valladolid se exigía ser la cabecera de la nueva línea reemplazando a Zamora.



7. "El ferrocarril Valladolid-Vigo". *Gaceta de los Caminos de Hierro*, nº 2966, 16-02-1914, pp. 73-74.

8. RODRIGUEZ ZARRAZINA, Isidro, *El ferrocarril directo de Valladolid a Vigo y las comunicaciones ferroviarias con Galicia*, Valladolid, Imprenta Castellana, 1916.

9. CANTERO VILLAMIL, Federico, *A los representantes del país en Cortes*, Barcelona, Talleres Gráficos, 1914, p.10.

10. GARRIDO RODRÍGUEZ, Jaime, *El puerto de Vigo*. Síntesis histórica, Vigo, Autoridad Portuaria-Consorcio Zona Franca de Vigo, 1996, p. 171.

11. "Notas de Sociedad", *El Correo de Zamora*, 07-08-1914

12. A.G.A., (04), 102 26-20929, p. 5.

El movimiento alternativo vallisoletano lo lideraba el ingeniero industrial Isidro Rodríguez Zarracina, haciendo público un trazado verdaderamente directo hasta Vigo sin pasar siquiera por Orense capital. La originalidad de su planteamiento se basaba en que si se construía un muelle en el que pudiesen atracar los trasatlánticos que desde América se dirigían a Europa, los pasajeros desembarcarían en Vigo y seguirían por ferrocarril hacia los diferentes destino europeos a través de Valladolid, convirtiéndose esta estación en un centro de distribución hacia sus destinos finales.

El Ferrocarril directo Valladolid-Benavente-Vigo lo dio a conocer su impulsor mediante una campaña de prensa que culminó en una reunión con el ministro de Fomento a comienzos de 1914⁷, quedando plasmado en un libro el año 1916⁸.

Cantero Villamil redactó un texto que dio a la imprenta para su mejor difusión, en el que demostraba que no se podía ignorar la realidad de la orografía que se interponía entre Vigo y Valladolid.

"[...] Faltos de un proyecto que pueda llamarse tal, no podemos saber de qué manera le resulta una distancia de 404 kilómetros entre Valladolid y Vigo, ni en qué cálculos está basado el presupuesto de construcción por 541,000 pesetas el kilómetro con doble línea. Nos lo asegura bajo su palabra y sin duda con igual exactitud que la de las líneas rectas de sus planos"⁹.

La opción vallisoletana sirvió para apuntalar lo razonable del trazado por Zamora, puesto que de Medina del Campo a Valladolid la conexión existente era perfecta para enlazar con Zamora. También resultó una excelente llamada de atención sobre la precariedad de las instalaciones del puerto de Vigo. La construcción del muelle, para atraque directo de los buques de gran tonelaje, se terminó en 1937¹⁰.

En los primeros días de agosto de 1914, y coincidiendo con el comienzo de la Primera Guerra Mundial, el Ingeniero jefe, Antonio Faquinet y el Ingeniero subalterno, don Gregorio Pérez Conesa, de la primera División del Cuerpo nacional de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, llegaron a Zamora para realizar los trabajos de confrontación sobre el terreno¹¹.

Durante los años de la guerra se produce una larga espera sin que hubiese ningún tipo de noticia sobre el resultado de la inspección. Al final de la Memoria del proyecto aparece la siguiente anotación: "Examinado. Madrid 9 de diciembre de 1917. Firmado, Ingeniero Jefe. Inspección Técnica y Administrativa de Ferrocarriles. 1ª división".

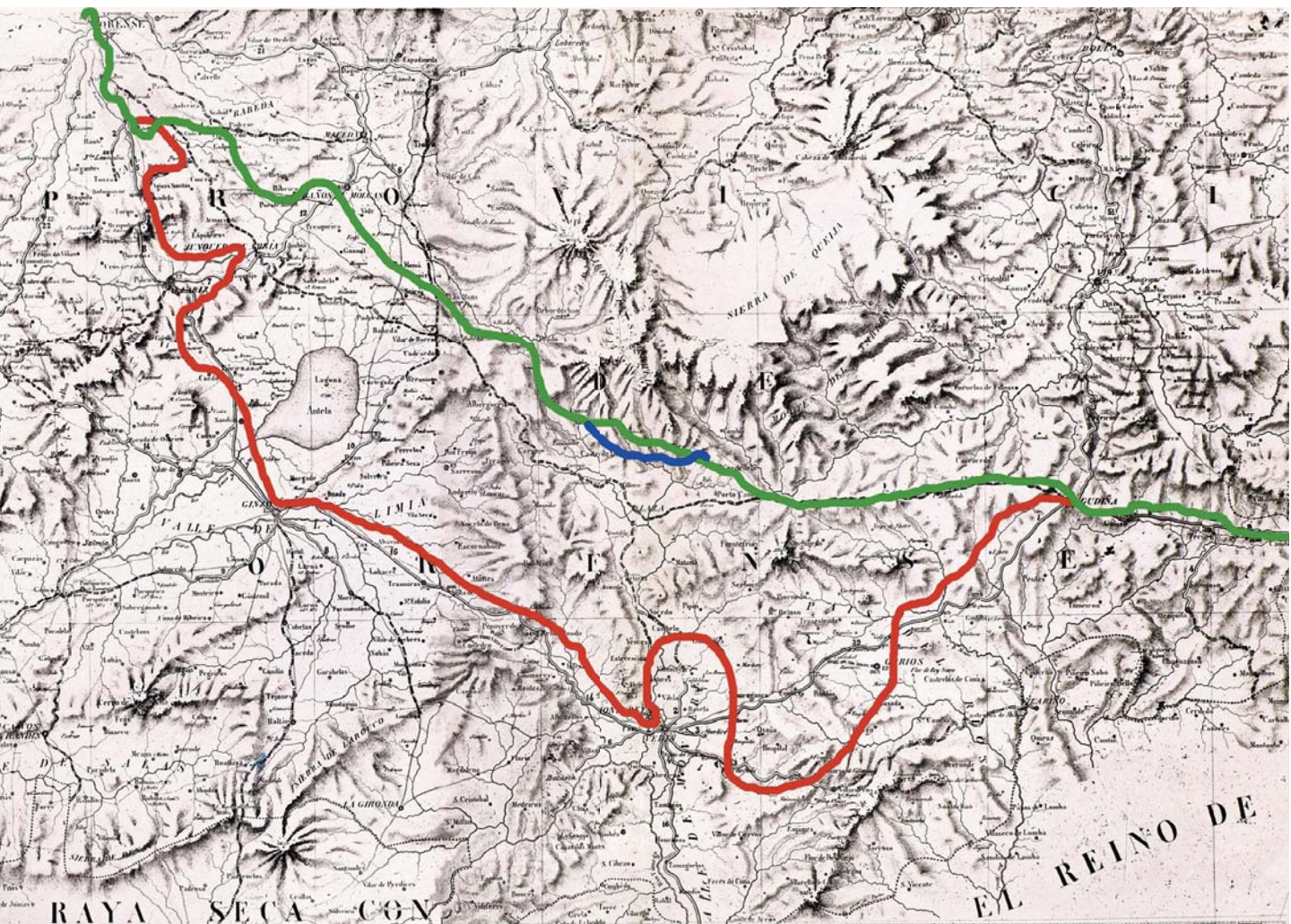
Hasta el 16 de marzo de 1918 no se conocerán los resultados de la revisión en la que el proyecto fue aprobado salvo por la supresión en el original de dos tramos, uno en la provincia de Zamora y el otro en la de Orense, que hubo de sustituir por las correspondientes variantes, propuestas por los ingenieros de la 1ª División.

El primer tramo correspondía a la variante del río Aliste, difícil y tortuoso. El trazado por el que había llevado la línea obligaba a la construcción de varios túneles y obras de fábrica para salvar los profundos barrancos que llegan al cauce del Aliste. Cantero Villamil encontró otra alternativa¹²:

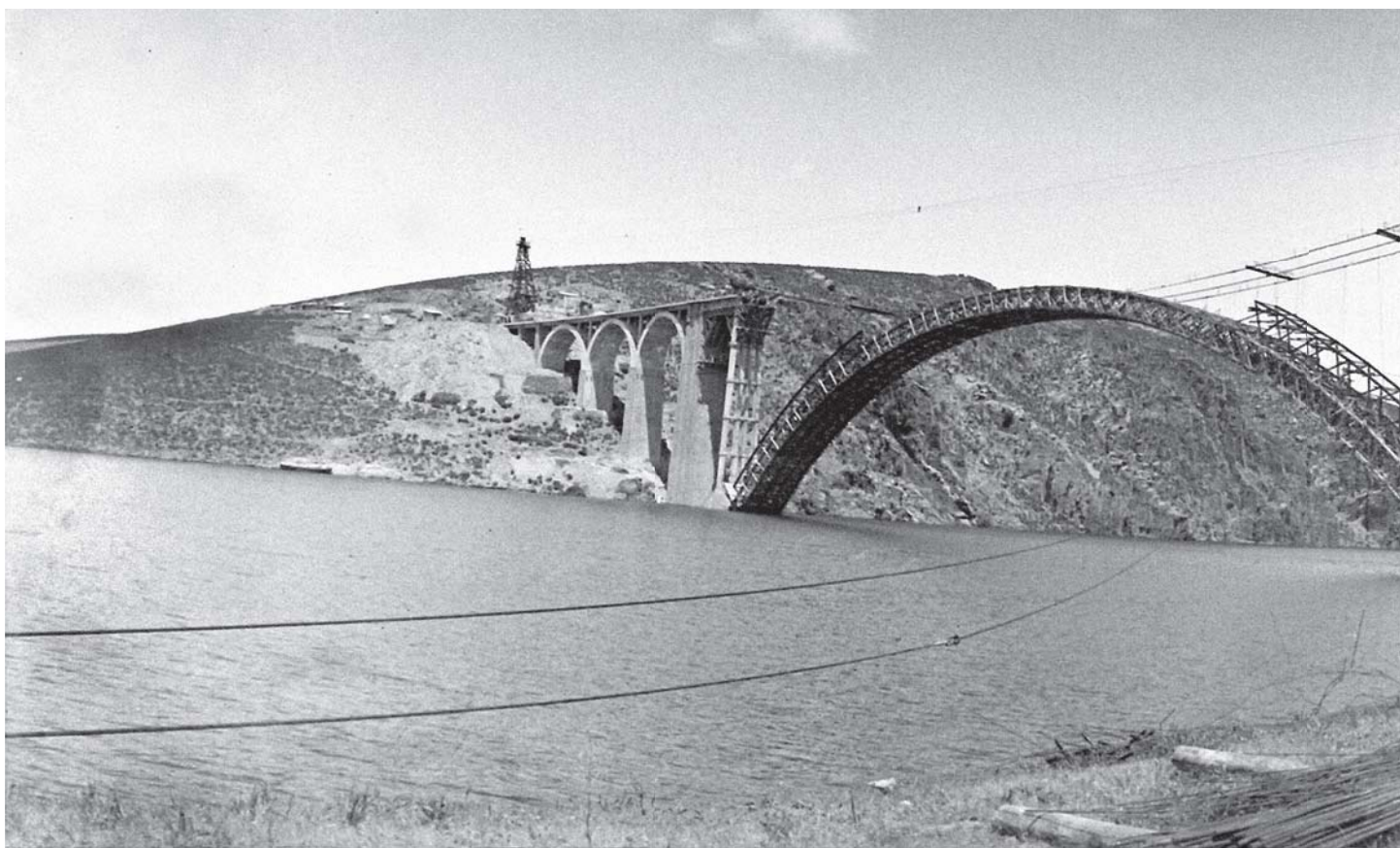
“Huyendo de estos inconvenientes y habiendo demostrado el estudio detenido del Valle del referido río que podría encontrarse otra solución alejando el trazado de sus orillas y llevándolo por las mesetas de la cuenca y especialmente por el borde o encuentro de dichas mesetas con las Sierras secundarias de la principal de la Culebra, tituladas de Cantadores, Carcabones y Corbaceira o de Abejera, se tanteó dicha solución con resultado satisfactorio”.

El resultado de la variante del Aliste acortó y simplificó el trazado, mejorando el perfil longitudinal, debido a la gran cota a la que decidió finalmente cruzar el río Esla por el paraje de Los Cabriles, en el que se construiría el famoso puente *Martín Gil*. Esta modificación permitiría reducir la longitud y el coste de la línea.

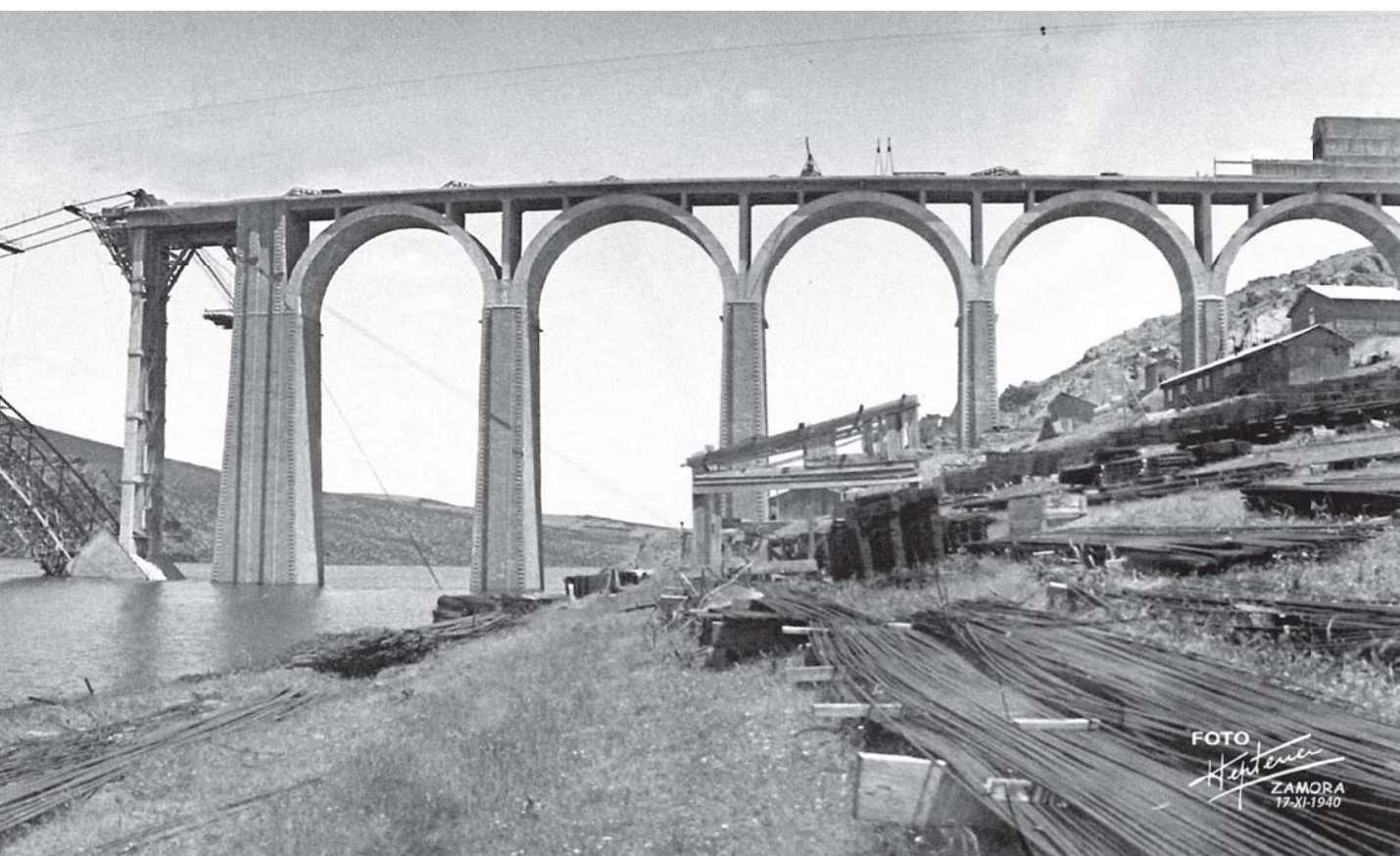
Plano del trazado por la provincia de Orense. En verde el trazado de Cantero de 1913, aprobado en 1918, con la variante del Corno en azul. En color rojo el estudio realizado en 1926 para comprobar la viabilidad de su paso por Verín y Ginzo de Limia y que resultó descartado. Confirmándose que el proyecto aprobado en 1918 era la mejor solución de acceso a Galicia. Revisión del proyecto Zamora-Orense 1927. MECD, AGA, IDD (04)102.000, 26/21098.



Situado a 23 Km de Zamora, cruza el embalse de Ricobayo situado en el río Esla, sobre el paraje denominado Los Cabriles. En 1932 se estudió la viabilidad de construir un arco parabólico de hormigón con una luz aproximada de 200 m y 60 m de flecha. El proyecto definitivo fue firmado por el Ingeniero de Caminos Francisco Martín Gil en 1932, la construcción comenzó en 1934. Entre octubre de 1939 y julio de 1940 se montó la cimbra metálica del arco central. Las obras se prolongaron durante casi 10 años y la técnica constructiva desarrollada se aplicó en otros puentes y viaductos. Fotografía por Héptener. Colección Fernando López Héptener. Archivo Asociación Ferroviaria Zamorana.



La cimbra metálica del arco central que luego quedó englobada en la estructura de hormigón. Fotografía por Héptener. Colección Fernando López Héptener. Archivo Asociación Ferroviaria Zamorana.



Resolver el trazado dentro de la provincia de Orense (entre su capital y la Portilla de la Canda), fue un verdadero problema para el director del Proyecto, por el gran desnivel que entre los dos puntos existe (más de 1.100 metros), comparado con la distancia que en línea recta los separa que es de solamente de 78 km. La única corrección, segunda variante, que le exigieron fue la denominada el Corno, que no modificaba prácticamente el perfil longitudinal y acercaba ligeramente el trazado hacia Verín, gracias a la nueva estación de Currichoso, que distaba 8 km por carretera, de la citada población.

El resultado final del trazado entre Zamora y Orense no tenía curvas inferiores a los 400 m de radio, el número total de túneles ascendía a 91, reduciéndose en 11 respecto a 1913, lo que suponía 5.149,21 m. menos.

Túneles de más de 1.000 metros:	13
Túneles entre 500 y 1.000 metros:	21
Túneles entre 100 y 500 metros:	53
Túneles hasta 100 metros:	4

46 túneles en la provincia de Zamora. En el túnel Nº 47, la Canda, está la divisoria entre Zamora y Orense, de mayor longitud: Nº 11, túnel del Ruidero, 1630 metros, en la provincia de Zamora. En la provincia de Orense 55 túneles.

Las cotas más características eran: Estación de Zamora, 638,25 metros sobre el nivel del mar. Puebla de Sanabria, 1.035 metros. Túnel de Padornelo, 1.277,50 metros. Estación de La Gudiña, 975 metros. Estación de Orense 130 m. Resultando una longitud total entre Zamora y Orense de 252.837, 64 m.

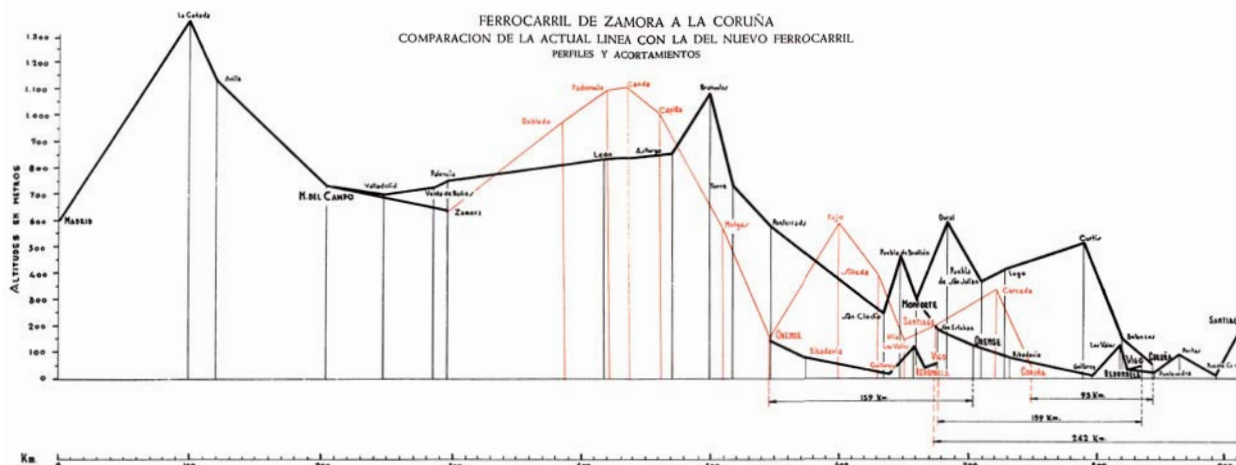
Valoración del proyecto de 1913-1918

En su conjunto, el Proyecto Zamora-Orense de 1913-1918 puede ser considerado como una obra de ingeniería diseñada para ser realizable en su tiempo, pues carece de arriesgados alardes ingenieriles que la hiciesen factible en un futuro más o menos lejano. Tratando de no elevar el presupuesto con obras faraónicas, aunque el conjunto lo era en sí mismo. Todo lo que propone podía ser llevado a la práctica con la capacidad técnica e industrial disponible en el momento de su concepción.

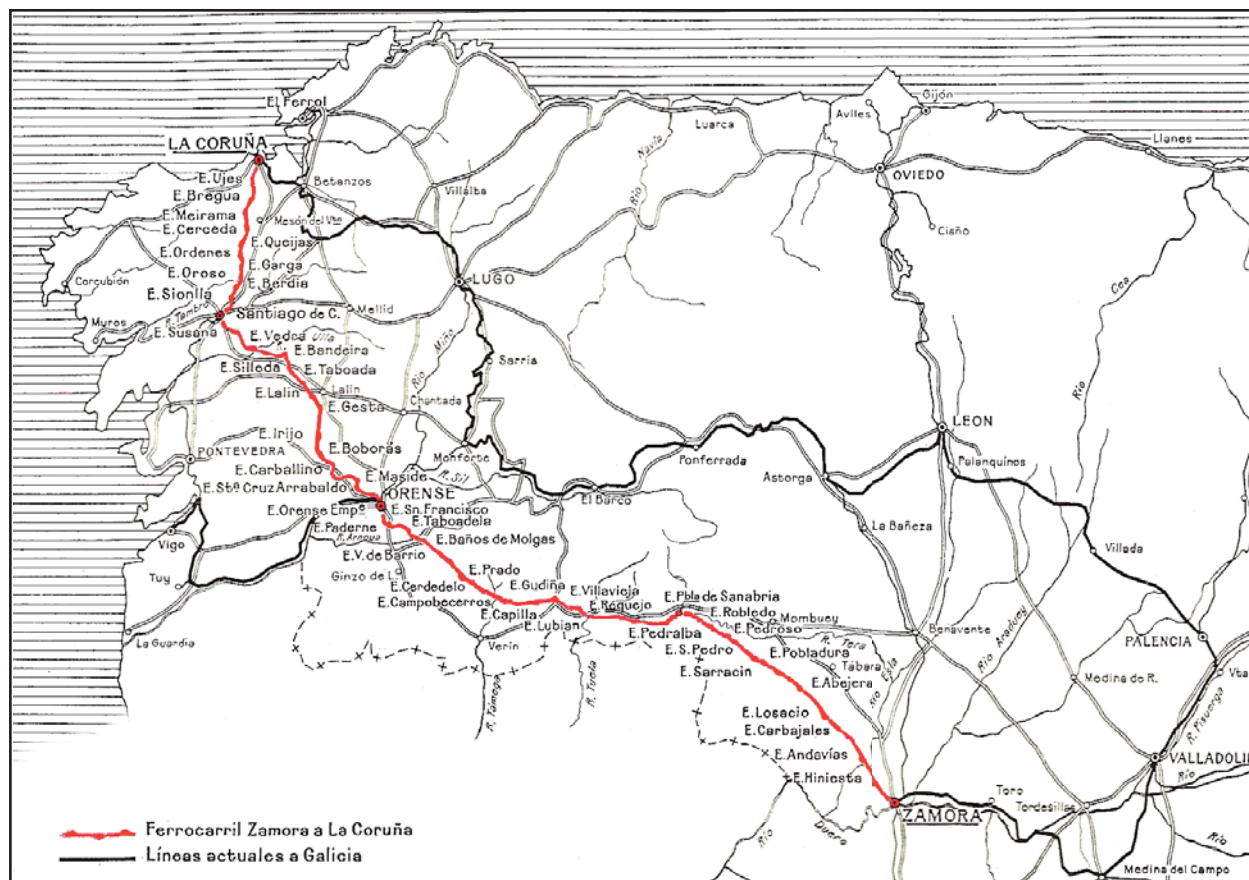
Una muestra o ejemplo de lo dicho, es la elección del metal en vez de la mampostería para la construcción de todos los puentes del trazado. La fabricación en industrias metalúrgicas, no importaba en qué lugar, pues podían ser transportados por mar y después por ferrocarril a pie de obra, y su montaje sobre los apoyos y pilares, ya contruidos, garantizaba unos plazos de entrega razonables.

El principal problema que presentaba era el de los túneles, por su elevado número. Las técnicas de construcción disponibles en la época no permitían hacerse muchas ilusiones en cuanto a la velocidad de perforación. Por ello, quizás, su longitud comedida, los que superan los 1.500 m tan sólo son 3, siendo el más largo de 1.623,65 m. A pesar de lo cual podían ser contruidos al mismo tiempo y terminados en plazo, al menos teóricamente, puesto que los problemas con que se podían encontrar en el interior de la montaña no eran fácilmente previsibles.

Perfiles longitudinales de las dos líneas de acceso a Galicia, en rojo la directa desde Zamora a Orense y en negro la del noroeste por Astorga y Ponferrada. El ahorro en Km era de 159 km para llegar a Orense y por ende a Vigo, inaugurada en 1957 y a Santiago de Compostela 242 Km, por el nuevo tramo desde Orense inaugurado en 1958. Publicado con motivo de la inauguración de la línea. Ministerio de Obras Públicas.



Se observa el trazado de las dos líneas de acceso a Galicia. En rojo el trazado construido entre Zamora y Santiago de Compostela, que evitaba la vuelta por Valladolid, Palencia y León y las difíciles rampas de Brañuelas que aumentaban los costes de explotación, al obligar a utilizar doble tracción. Publicado con motivo de la inauguración de la línea. Ministerio de Obras Públicas.



13. GONZÁLEZ CASCÓN, A., RODRÍGUEZ VIDAL, J.M., "cap. IV, Crónica documental del proyecto de ferrocarril Zamora-Orense. 1913-1927" en *100 años en línea; Un viaje apasionante (proyecto ferrocarril Zamora-Orense 1913)*, Zamora, Asociación Ferroviaria Zamorana - Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo - CSIC, 2014, pp. 112-113.

14. Antonio Massó a Cantero Villamil, 05-04-1918, Archivo Concepción Cantero García-Arenal.

Intenta resolver lo más importante: que a pesar de los grandes desniveles no haya pérdida de prestaciones dinámicas, buscando un trazado con el mejor compromiso posible entre la pendiente y el radio de las curvas que permitiese una velocidad de circulación *elevada* para alta montaña.

El proyecto es un prodigio de equilibrio entre los condicionantes del momento y su proyección hacia el futuro, con la posibilidad de ser actualizado y modernizado de la manera más sencilla y natural: la renovación del material fijo y móvil y la actualización del sistema de control de tráfico. Tenía en cuenta las necesidades de las poblaciones a su paso, sin perder de vista el verdadero sentido de la línea: comunicar eficientemente dos grandes regiones con un gran potencial de crecimiento tanto de viajeros como de mercancías¹³.

Revisión y replanteo

Una vez aprobado el proyecto definitivamente, la Ley ferroviaria establecía que se podía convocar la subasta, y a la que podía acceder cualquier sociedad, tanto española como extranjera, que quisiera construir y explotar la línea. Fue convocada para el 10 de enero de 1920, quedando desierta y tras una segunda vuelta, volvió a quedar desierta.

La realidad es que en España la construcción de líneas férreas por parte de empresas privadas era una aventura difícil de abordar en aquellos años. Los argumentos que esgrime Antonio Massó, Presidente de la M.Z.O.V., a Cantero Villamil son contundentes:

"Un ferrocarril de ese tenor no se construye sino con un presupuesto hinchado, para que lo que sobre cubra las demoras enormes que produce la administración del estado y los intereses interbancarios. Si las certificaciones se librasen y los pagos se realizasen con rapidez extremada, quizás habría medio de admitir ese trabajo de lima que ha rebajado al 50% el primitivo presupuesto; pero, tal como la Administración conduce estas cosas, la pérdida es segura y sólo el Estado puede construir la línea."¹⁴

Efectivamente, así sería unos años después, pero antes de convocarse la subasta Cantero Villamil había abandonado su intensa etapa ferroviaria. El 23 de Julio de 1918, después de realizar las modificaciones al proyecto de 1913, la M.Z.O.V. acusa recibo de su dimisión lamentando profundamente su decisión. Se despidió con estas palabras:

"[...] Deseando que mi gestión durante 14 años que presté servicios a la Compañía pueda ofrecer un saldo de aciertos y beneficios en proporción siquiera a lo que fue de entusiasmo y buenos deseos".

A pesar de los esfuerzos del ingeniero para encontrar la solución y el equilibrio perfecto en el trazado, lo difícil de resolver era que, en 1918, ni el Estado disponía de fondos para la construcción de líneas férreas, ni las empresas o particulares lo tenían o estaban dispuestas a arriesgarse a ello, ya que las posibilidades de poder recuperar el capital invertido en el plazo máximo de duración de la concesión eran muy improbables.

La decisión de construir, por cuenta del Estado (Plan de ferrocarriles de urgente construcción 05-03-1926), el enlace directo entre Zamora y Orense y su prolongación hasta La Coruña, por Santiago de Compostela, es inmediatamente anterior a la incautación (septiembre de 1928) de las líneas Madrid-Cáceres-Portugal y Oeste de España, la de Ávila -Salamanca - Medina y la M.Z.O.V, para crear la *Compañía Concesionaria Nacional de los Ferrocarriles del Oeste de España*.

La construcción del directo Zamora-Orense comenzó con la adjudicación a la M.Z.O.V., del primer tramo Zamora-Puebla de Sanabria, el 12 de marzo de 1927; la empresa cesaba en su condición de concesionaria para convertirse en empresa constructora.

Previamente se había exigido para el segundo tramo un estudio comparativo de trazados entre Puebla de Sanabria y Orense con dos soluciones: una directa y otra pasando por Verín.

Logotipo de la oficina técnica de la compañía de ferrocarriles de Medina a Zamora y de Orense a Vigo (MZOV). Archivo Asociación Ferroviaria Zamorana.



El ingeniero de Caminos Antonio Faquineto, Ingeniero Jefe de la primera División de Ferrocarriles, realizó la confrontación sobre el terreno del Proyecto Zamora-Orense en 1914. Siendo Director General de Ferrocarriles firmaba, el 14 de diciembre de 1926 el Real Decreto en el que se ofrecía a la M.Z.O.V. el derecho de tanteo para la construcción de la línea entre Zamora y Orense, si cedía a favor del Estado los derechos de propiedad del proyecto aprobado en 1918, y un estudio comparativo de trazados entre Puebla de Sanabria y Orense, incluyendo la alternativa de paso por Verín, la denominada variante André. Foto de prensa 1924.



15. LUIS ANDRÉ, Eloy, *El ferrocarril del Príncipe de Asturias (Zamora-Orense)*, Madrid, Sucesores de Rivadeneyra, 1926, p. 140.

16. El tramo Zamora-Puebla de Sanabria fue inaugurado el año 1952.

La razón que impulsó al gobierno de la nación a estudiar el desvío por Verín se debe a la personalidad de Eloy Luis André, catedrático de Instituto, que consiguió influir en la opinión pública a favor de sus planteamientos, basados en que “la traza del economista ha de preceder a la del técnico”¹⁵. El domingo 5 de abril de 1925 aparecía en la primera página de *El Imparcial*, a tres columnas, un artículo de André sobre el ferrocarril Orense a Zamora con el título: «Una línea nacional e internacional». En 1926 publicó un libro en el que proponía una nueva Red ferroviaria para todo el Noroeste de la Península Ibérica. Se volvía a repetir la situación creada en 1914 por el ingeniero Rodríguez Zarracina pero, en esta ocasión, con mucho más éxito inicial por parte del opositor.

El Ingeniero Jefe de Estudios de la M.Z.O.V., José Fernández-España, responsable del estudio de la variante de Verín, murió en un accidente de tráfico el 26 de mayo de 1927, con el trabajo de campo prácticamente terminado. Lo sustituyó Eustaquio Berriochoa, uno de los ingenieros que formaba parte del equipo.

Se realizaron tres concienzudos estudios: El de M.Z.O.V. firmado en Madrid el 17 de junio de 1927 por el Ingeniero de Caminos Eustaquio Berriochoa y dos de la 3ª Jefatura de Estudios y Construcciones de ferrocarriles del Noroeste de España, firmados por el Ingeniero Jefe Manuel Bellido, fechados en Madrid el 17 de junio de 1927 y el 8 de julio de 1927. Concluyendo, después de haber tenido en cuenta todas las consideraciones posibles que “El trazado del proyecto primitivo aprobado, es el mejor de cuantos se pueden comparar para el ferrocarril de Zamora a Orense, entre Puebla de Sanabria y Orense”.

La visión de futuro de Cantero Villamil para la línea, y el ferrocarril en general, pasaba por rutas con un trazado que no se quedase obsoleto y con posibilidades de ser actualizado con relativa facilidad. De hecho en 1926, cuando el Estado decide su construcción con cargo a su presupuesto, se establece que sea en doble vía sin pasos a nivel, y que los puentes fuesen de hormigón, se baja la cota de paso por las Portillas de la Canda y el Padornelo, duplicándose la longitud de los túneles más largos. A consecuencia del replanteo se mejoran algunas alineaciones y se aproxima la estación a la población de Puebla de Sanabria, lo que implica añadir varios kilómetros a la longitud total.

La decisión de construir los puentes en hormigón resultaría de lo más acertado, pues la producción de acero nacional era deficitaria, no abastecía la demanda interna, circunstancia que se agravaría después de la Guerra Civil y el periodo de aislamiento. Finalizadas las hostilidades se retoma su construcción con decisión, que resultará definitiva, frente al escaso interés gubernamental durante los años de la República. Inaugurada en 1957, 30 años después del comienzo de las obras, lo fue con vía sencilla, por la falta de carriles y traviesas¹⁶.

Solo cabe preguntarnos si de no haber tenido que mantener las vías de ancho Ibérico, las nuevas de alta velocidad hubiesen seguido el mismo trazado, aprobado en 1918, con las adecuadas alineaciones, por las mesetas del río Aliste hasta Puebla de Sanabria, puesto que de ahí en adelante van casi superpuestas.

CÁLCULO DE REDUCCIONES DE ESPACIO Y TIEMPO PÚBLICADO EN 1932

DIRECTO POR ZAMORA - ORENSE	POR VALLADOLID-LEÓN-MONFORTE	REDUCCIÓN en Kilómetros	REDUCCIÓN en TIEMPO
MADRID - ORENSE 533 Km	MADRID - ORENSE 691 Km	158 Km	4,00 horas
MADRID - VIGO 665 Km	MADRID - VIGO 823 Km	158 Km	4,00 horas
MADRID - PONTEVEDRA 673 Km	MADRID - PONTEVEDRA 831 Km	158 Km	4,00 horas
MADRID - SANTIAGO 664 Km	MADRID - SANTIAGO 906 Km	242 Km	6,16 horas
MADRID - CORUÑA 738 Km	MADRID - CORUÑA 831 Km	93 Km	2,40 horas
MADRID - LUGO 650 Km	MADRID - LUGO 716 Km	66 Km	1,22 horas
MADRID - MONFORTE 579 Km	MADRID - MONFORTE 645 Km	66 Km	1,22 horas

Fuente: *El Ferrocarril Zamora-Orense-Santiago-Coruña*, Orense: 1932.

Río Duratón, presa de Burgomillodo y acantilados. 1929. Fotografía por Federico Cantero Villamil.
Archivo Concepción Cantero García-Arenal.

V



APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS, PROYECTOS Y REALIZACIONES

Federico Suárez Caballero

Biógrafo

1. DÍAZ MORLÁN, Pablo, "La escuela del Duero", *Luces del Duero. Aprovechamiento hidroeléctrico de la cuenca del Duero. 1900-1970*. Catálogo de la exposición (2009-2012) Fundación Iberdrola. Madrid. 2009.

2. SUÁREZ CABALLERO, Federico, "Un visionario buscador de energía" en *Federico Cantero Villamil. Crónica de una voluntad...*, Madrid, Arts & Press, 2006. pp. 117-141, se reproducen algunas de las cartas y el contrato privado firmado entre Cantero Villamil y Horacio Echevarrieta en 3 de febrero de 1918, para la opción de compra por parte de Echevarrieta de las concesiones y derechos en el río Duero (provincia de Zamora) de Cantero Villamil y sus socios, entre otros, Santiago Alba el prestigiado abogado y político.

Salto del Duero

El Duero, en el tramo de su curso que marca frontera con Portugal, desciende unos 400 metros. Este fuerte desnivel es salvado, aprovechando algunas líneas de fractura, mediante un profundo encajamiento del cauce que, en algunos parajes, da lugar a cañones de altísimas paredes casi verticales en los Arribes y en otros tramos de su recorrido.

Recibe en su curso, a lo largo de 776 km., un número considerable de afluentes cuyos saltos (desniveles), como el propio Duero, estaban por descubrir, en buena medida, hasta que Cantero Villamil, fresca todavía la tinta de su título de ingeniero de Caminos, se dedica a registrarlos, palmo a palmo, ocupándose además, de estudios, sondeos, aforos, adquisición de concesiones, etc.

Pocos son los autores conocedores de su aportación decisiva al conocimiento del Duero. Díaz Morlán comenta¹:

"[...] el descubridor del enorme potencial hidroeléctrico del Duero y sus afluentes fue, sin lugar a dudas, el ingeniero e inventor zamorano Federico Cantero Villamil".

Cuando los grupos financieros (Banco de Bilbao y Banco de Vizcaya) comienzan a disputarse en 1918 las concesiones industriales de la cuenca del río Duero, Federico Cantero Villamil ya tenía reconocidas a su favor varias concesiones hidráulicas y, entre ellas, una llamada "Salto de Fermoselle", de gran importancia para la explotación de aquella cuenca hidrográfica.

Es decir, que cuando la mirada de los capitalistas españoles se fija en la cuenca del Duero considerándola susceptible de explotación comercial, se encontraron con que les había precedido el ingeniero quien tenía a su favor dos títulos preferentes: 1º. Unas concesiones inscritas a su nombre Salto Grande o de Fermoselle (1906) de 180 metros de altura, que corresponde a un tramo del Duero limítrofe con Portugal, con un canal de derivación de unos 32 kilómetros en la margen española del río Duero, entre los términos de Villardiegua de la Rivera y Fermoselle; y el Salto de Santiago, de 36 metros de altura y doble canal en túnel, de 380 metros de longitud, en el término de Villalcampo. 2º. Un caudal de experiencia que le hacían ser un colaborador poderoso e inestimable. La construcción de presas de gran "salto" y sus afluentes, aguas abajo de Zamora, fue otro de los objetivos profesionales de Cantero Villamil.

Un epistolario pedagógico

En el archivo familiar se conservan las copias de 168 cartas y otros documentos, inéditos hasta la publicación en 2006 de su biografía, decisivos a la hora de precisar con veracidad cual fue su participación, real y crucial, en el proyecto global de los Saltos del Duero².

Reproducir el contenido, total o parcial, de todas las cartas y documentos del archivo familiar relacionados con el Duero, intercambiados entre Cantero y los responsables de la Hispano Portuguesa de Transportes Eléctricos, sería una tarea abrumadora en esta ocasión; queda, pues, limitada a algunos de los utilizados en la demanda judicial interpuesta por Cantero Villamil a la Hispano Portuguesa.

Se inician las relaciones entre Cantero Villamil y Horacio Echevarrieta, representante de uno de los Grupos financieros del Banco de Bilbao, Presidente de la Sociedad Hispano-Portuguesa de Transportes Eléctricos, conocida popularmente por “Saltos del Duero”, mediante un contrato privado (3 de febrero de 1918) para fijar los términos de la opción a compra por parte de Echevarrieta de las concesiones y derechos en el río Duero (provincia de Zamora) de Cantero Villamil y sus socios (entre los que se encuentra el prestigiado abogado, empresario y célebre político Santiago Alba), controladas por Cantero al disponer de algo más del 50% de las participaciones.

3. Carta del Ingeniero de Caminos Víctor De No, fechada en Salamanca (06-02-1921), ayudante de Cantero Villamil en el proyecto global “Solución Española”. Le reconoce como “alma” de este proyecto solicitado a nombre de Pablo Ugarte. Archivo Federico Cantero Núñez.

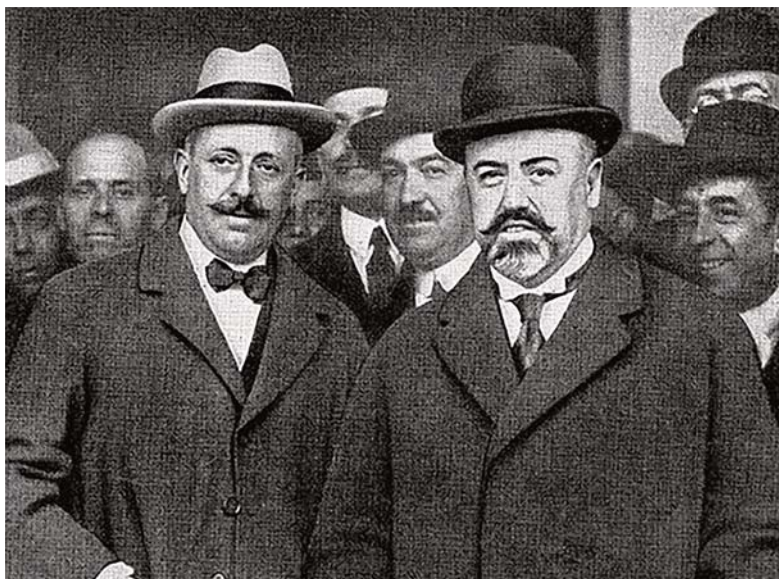
Por la cláusula 6ª del contrato se compromete a “colaborar personalmente en la medida de los posible” a efecto de impedir todo desmerecimiento o menoscabo de las concesiones cedidas a Echevarrieta y pudiesen perjudicarse con daño para el comprador. Cantero fue mucho más allá de colaborar en la “medida de lo posible” al recibir la petición expresa de Orbegozo, Echevarrieta y otros miembros de la Hispano-Portuguesa, para que realizase proyectos de gran calado encaminados a obtener concesiones estratégicas en el Duero.

La Solución Española del Duero

La participación decisiva en su proyecto “Solución Española del Duero” constituye, por el largo proceso técnico-administrativo y por el inesperado desenlace final, otro de los episodios dramáticos en su vida profesional.

No obstante haber sido el “alma” del proyecto global³, el nombre de Cantero Villamil no se cita, excepto por ser titular de concesiones, en la historiografía de los Saltos del Duero, y rara vez se encuentra alguna mención, aunque insuficiente, a sus proyectos. El anonimato de Cantero se debe, en parte, a la conveniencia de no firmar sus proyectos, y ser presentados a nombres de otros, por estar incorporado desde 1918 al escalafón del Estado.

Horacio Echevarrieta y Santiago Alba hacia 1922.



4. D. Pablo Ugarte, Cajero del Banco de Bilbao, fue el testafarro utilizado por el Grupo Echevarrieta-Banco de Bilbao para solicitar todas las concesiones de la "Solución Española de los Saltos del Duero".

5. Documento procesal. Carta de Cantero Villamil al Marqués de Palomares del Duero, 19-09-1918. Archivo Federico Cantero Núñez.

6. Documento procesal. Carta dirigida a Cantero Villamil fechada 06-07-1918 Archivo Federico Cantero Núñez.

El gran hallazgo del Duero, y algunos de sus ríos tributarios, como fuente generadora, formidable, de energía hidroeléctrica y la autoría del proyecto global, inicial, que más tarde se conocería como "Solución Ugarte"⁴ o "Solución Española de los Saltos del Duero" corresponde, sin apelación posible, a Federico Cantero Villamil. Los exegetas de José Orbegoza y de la Sociedad Hispano-Portuguesa de Transportes Eléctricos no mencionan, tal vez por ignorarlo, la aportación técnica, asesoramientos, participación continuada, las estrategias frente a los competidores para hacerse con las concesiones (Banco Vizcaya), y sus gestiones políticas en este magno proyecto.

Cantero Villamil dirige un escrito⁵ al Marqués de Palomares en el que se cita por primera vez, y se concreta, la "Solución Española del Duero", sin contar con Portugal, solución llamada por los políticos portugueses del momento "o robo do Douro".

La concreta en estos términos:

"[...] por si sirviese para ejercer presión decisiva en Portugal, caso necesario, aunque no como solución perfecta, remito a Ud. con el ruego de que la entregue al Sr. Echevarrieta, el croquis relativo a mi pensamiento de la manera de construir los Grandes Saltos del Duero, sin contar con la nación vecina. Como en dicho croquis se indica, consiste la solución:

1. En construir la gran presa de embalse y derivación dentro de España, es decir un poco aguas arriba del punto en el que el Duero empieza a ser línea fronteriza.
2. Situar la Casa de Máquinas del Salto Grande o Fermoselle en la provincia de Zamora, a orillas del río Tormes, y por lo tanto dentro de España (podría elegirse el emplazamiento en el Tormes, de tal modo que los dos saltos de Zamora y Salamanca resultasen idénticos de altura, con lo cual todos los elementos de las dos grandes Centrales hidroeléctricas, serían intercambiables y de un solo tipo uniforme).
3. El canal de la provincia de Salamanca, tendría su origen en el Tormes, frente al canal de salida de la Central del Salto de la provincia de Zamora.
4. La Casa de Máquinas del salto de Salamanca se situaría en el cauce del río Yelbes (afluente del Duero), cerca de su desembocadura, pero en territorio español".

En resumen, resultarían los dos canales de los Saltos un poco más largos, pero todas las obras estarían en España, haciéndose la toma y la devolución del agua en territorio y cauces de aguas españoles.

Claro es que a los portugueses habría que amenazarles con esta solución usando una prudente diplomacia, y en último extremo, pues a veces descubrir las armas es casi perderlas.

En una carta el Marqués⁶ de Palomares le comenta a Cantero Villamil:

"[...] comprendo la dificultad que V. encuentra para abandonar por tiempo su puesto en el ff.cc., pero crea Ud. que en muchas ocasiones, casi diría que a diario, su opinión y su conocimiento del asunto resolverían o aclararían muchas cosas.

VÍCTOR DE NÓ HERNÁNDEZ
INGENIERO DE CAMINOS

SALAMANCA

6 de Febrero de 1921



Sr. Don Federico Cantero Villamil

Mi querido amigo y compañero: Recibí en at³ carta del 4 del actual y lamento mucho que no haya podido encontrar en parte alguna los cables viejos que necesitaba. Ojalá que ^{he} podido mucho no poder facilitárselos y de esa vivamente tener otra ocasión en que poder servirle.

Es ciertamente incomprensible el aumento de la cámara agrícola de Valladolid, y le ruego a Vd. enterado del artículo que, como réplica, publicó Capdeville en el Adelanto de aquí. Al leer el del Sr. Montu formé en el acto la intención de lepa contactarle; y después de cambiar impresiones con Capdeville hice uno, que no publiqué porque era muy análogo al que hizo D. Luis y que dió a la prensa inmediatamente. Por otra parte, y debido también a que he estado solo en la Cía hasta el día 4, en que regresé Mr. Davis de Lyon, donde he pasado 20 días, me he visto imposible hacer otra, mejor dicho terminarlo, hasta ayer. Tengo el gusto de

remítirle para que lo lea y lo corrija, añadiéndole al mismo cuanto quiera y modificándolo como sea más conveniente, ya que aunque el proyecto de carta lleva mi forma, ha sido Vd. el alma del mismo, y por consiguiente trato en el artículo adjunto de defenderlo principalmente por Vd.

Si le parece bien, le ruego que, con las modificaciones que por que necesarias, me lo devuelva a mieta de como pienso publicarlo enseguida en los dos periódicos de aquí, y si le sea conveniente, puede también publicarlo en la prensa de me, modificando, u a ~~publicando~~, el primer párrafo del mismo.

Dándole a Vd. gracias mil anticipadas por todo y en espera de un grato respuesta, queda muy atento. amigo y compañero

V. de N.

Mi familia me encarga sus saludos y Mr. Davis me mira especialmente con cariño a Vd. sus recuerdos.

7. Carta fechada en Bilbao, 12-08-1919 confirmándole la aprobación de su plan por la Hispano Portuguesa. Archivo Federico Cantero Núñez.

8. La distribución temporal de las cartas marca el ritmo de participación de Cantero en el proyecto del Duero: 24 cartas en 1918, 42 cartas y 2 telegramas en 1919, 62 cartas en 1920, diversos escritos de Cantero con recomendaciones estratégicas en 1921 y 17 cartas en 1922.

9. Acta notarial nº 1379, de Toribio Gimeno Bayón, notario de Madrid, fechada 27-06-1941. Archivo Federico Cantero Núñez.

10. Se conserva la copia íntegra de la demanda ordinaria presentada por D. Saturnino Pérez Martín, procurador y representante de Cantero Villamil, contra la Sociedad Hispano Portuguesa de Transportes Eléctricos. Archivo Federico Cantero Núñez.

11. Documento procesal. Cantero se dirige, en escrito fechado en Madrid 18-07-1922, a Julio Arteche, Domingo Espalza y Julio Hernández, Consejeros del banco de Bilbao, después de haber mantenido con ellos una discusión enojosa, en Bilbao. Archivo Federico Cantero Núñez.

Solicitada, reiteradamente, la colaboración de Cantero y reunido en Bilbao con el Comité de la Hispano Portuguesa, dio comienzo a sus trabajos en las oficinas que en la calle de Fernánflor de Madrid tenía establecida Echavarrieta. Fruto de ello fue la redacción y dirección de los siguientes proyectos:

1. Salto de Ricobayo en el río Esla (50.000 caballos). Presentado y pedido a nombre de la Hispano Portuguesa en 15 de noviembre de 1919.
2. Saltos de “El Picón” y “La Espundia”, en el río Tormes (120.000 caballos). Presentado y pedido a nombre de la Sociedad Hispano Portuguesa en 15 de noviembre de 1919.
3. Salto de “Espada en Cinta” en el río Huebra (8.000 caballos). Presentado y pedido a nombre de D. Urbano Pérez Martín de la Hispano Portuguesa en 15 de noviembre de 1919.
4. Gran proyecto integral de los saltos o de la Solución española en los ríos Esla, Duero, Tormes y Huebra (800.000 caballos). Presentado y pedido a nombre de D. Pablo Ugarte, en 15 de noviembre de 1919. Este proyecto se presentó en competencia con los tres anteriores que se habían presentado principalmente a tal efecto”.

Orbegozo se dirige a Cantero Villamil para decirle: [...] hemos aprobado un plan conforme con el que Ud. me indicaba, ahora lo que es necesario es reunir los elementos para realizarlo⁷.

El epistolario cruzado entre Cantero, José Orbegozo, Vicente Machimbarrena, Marqués de Palomares del Duero y Horacio Echevarrieta se inicia en 1918 y acaba en 1931 año en el que Cantero Villamil entabla una acción judicial contra el Grupo Echevarrieta-Banco de Bilbao-Sociedad Hispano-Portuguesa de Transportes-eléctricos⁸.

En acta notarial⁹ se hace constar el plan de trabajo y lucha con la competencia (Banco de Vizcaya) ideado por Cantero Villamil, aprobado totalmente por Horacio Echevarrieta-Banco de Bilbao, para conseguir la construcción de los Saltos del Duero. Se le confía la dirección y realización de dicho plan que consistió en la redacción de los ocho proyectos técnicos de aprovechamiento hidroeléctricos que ese plan propuesto comprendía y entre ellos el fundamental e integral titulado “Solución Española de los Saltos del Duero”.

El alcance de la colaboración personal y la retribución económica por sus proyectos es la causa principal de la demanda judicial¹⁰. La relación de Cantero con la Hispano Portuguesa estuvo basada en su generosidad sin límites, hasta extremos hoy incomprensibles¹¹. El final de sus relaciones se produce cuando cree llegado el momento de reclamar sus derechos aplazados por decisión propia hasta que sus trabajos “tuviesen un valor definido”, fijando el valor de transacción en 500.000 pesetas, advirtiendo que esta cantidad no supone el verdadero valor de los trabajos y queda a la espera de la valoración pericial por si llegase el caso de una reclamación judicial.

La demanda promovida por Cantero contra la Hispano-Portuguesa tiene lugar en 1931, en ella hace valer su colaboración y solicita, porque le son negados, sus honorarios como autor real, no nominativo, de los distintos proyectos que comprende la “Solución Española del Duero” en la que están incluidas sus concesiones.

47
José Orbegozo.
Ingeniero.
de Caminos, Canales y Puertos

Bilbao 12 de Agosto de 1.919.

OFICINAS: AYALA 1.-

B I L B A O.

Sr. Dn. Federico Cantero Villamil.

ZAMORA.

Mi querido amigo y compañero: Contesto a su atta de ayer.
Empezaré por decir^{veo en el Comité y} que esta mañana ha celebrado el Consejo la propuesta que ha acordado:

1ª.- Solicitar a nombre de la Hispano-Portuguesa los aprovechamientos que, independientemente de los internacionales, pueden denunciarse en los afluentes Tormes y Esca del Duero.

Estas peticiones deben hacerse cuanto antes.

2ª.- Presentar también, en el periodo de competencia, y a nombre de 3ª persona el proyecto grande (opción Wickers) con presa de 90 metros y caudal de 100 mts.³

3ª.- Presentar también a nombre de tercera persona y en periodo de competencia, la solución española.-

4ª.) Se ha resuelto el asunto de las fianzas; se dispondrá pues de valores para hacer el depósito, sea de un millón ó mas.

5ª.- Autorizarme a tomar las medidas necesarias para llegar a la práctica esos trabajos.

Es decir; que hemos aprobado un plan conforme con el que Vd. me indicaba y hora lo que es necesario, es reunir los elementos para realizarlo.

Y paso ahora a contestar a su citada de ayer.

Efectivamente, no entendí bien, sin duda, su carta del 8 y lo celebro. En consecuencia, claro está que rectifico las manifestaciones que le hacia como consecuencia de aquel error.

De su carta de ayer deduzco que la única dificultad para prepa-

El fallo del juez de 1ª instancia, D. Juan Hinojosa Ferrer, fue plenamente satisfactorio a favor de Cantero Villamil. Contra dicha resolución y fallo apelaron ante la Audiencia de Madrid el Grupo condenado Echevarrieta-Banco de Bilbao, nombrando como abogado defensor a D. Melquiades Álvarez. Cantero nombró para su defensa a D. Ángel Ossorio y Gallardo.

Llegó el día de la vista ante la Audiencia, y cuál no sería el asombro de parte de Cantero al escuchar que D. Melquiades Álvarez no presentó más argumento y prueba, a favor de su grupo defendido, que el siguiente: “Es cierto y quedaba bien probado en la primera instancia, que Cantero Villamil había trabajado mucho y redactado proyectos meritísimos sin duda alguna, pero que según resultaba de los tramitados en la 1ª instancia dichos trabajos y proyectos correspondían a los años 1919 y 1920. Pero en cambio todos los proyectos presentados por el Grupo Echevarrieta -Banco de Bilbao, y a los que se les habían otorgado las concesiones correspondientes llevaban fecha de 1918, o sea MAS DE UN AÑO ANTES, y por consecuencia no podían ser los que el Sr. Cantero Villamil había redactado y por los que en el pleito reclamaba...

El abogado de Cantero, sin saber que contestar ante tan lacónico, único e inesperado argumento, no replicó, o por olvido o por no haber preparado bien los antecedentes del pleito. La Audiencia falló contra la sentencia del juez de 1ª Instancia.

Para Cantero Villamil esta etapa de su vida, empleada en sacar adelante sus más queridos y ambiciosos proyectos, después de trabajar cuatros años para la Hispano-Portuguesa, se transmuta de gozosa y esperanzadora experiencia en un episodio dramático en su vida profesional.

Buena prueba de ello es que, diez años después del fallo judicial, en 1941, cinco años antes de su defunción, ante notario deja constancia documental de su verdadero papel en los Saltos del Duero, y dentro de él el fundamental e integral titulado por Cantero “Solución Española de los Saltos del Duero”.

Pero “sobre todo”, así consta en el acta notarial, “para proveer, si el caso u oportunidad llegase en futura ocasión, el que pudieran sus hijos “el día de mañana”, querer hacer valer o saber, su existencia”.

Así lo quiso su hija Conchita para la que “el día de mañana” llegó en 2004 al dar luz verde a un proyecto reivindicativo iniciado con la publicación de la biografía de su padre y cuyo fin no se vislumbra, por el momento, al haberse ido sumando al mismo, a lo largo de doce años, nuevos colaboradores deseosos de profundizar en el conocimiento de un personaje extraordinario y su obra.

Por tierras segovianas

La familia Cantero García-Arenal elige el Real Sitio de San Ildefonso-La Granja, en la sierra de Guadarrama, para pasar, desde 1924, sus vacaciones veraniegas. Se instalan en “Villa Olvido”, una casa con amplio jardín que dará nombre al Salto “El Olvido”, con una pequeña Central hidroeléctrica construida por Cantero sobre el río Valsain (Eresma). Las obras comienzan en 1926 después de constituirse en Segovia (30-10-1926) la Sociedad Anónima Salto “El Olvido”.

Resolvía el problema crónico de abastecimiento eléctrico padecido por La Granja desde que en 1895 se inician los trámites para instalar la fábrica “Alfonso XIII” generadora de electricidad con vapor, un despropósito desde su puesta en marcha en 1902.

Contempla el proyecto la construcción de una presa en el río Valsaín, aguas abajo del pueblo del mismo nombre, un canal de un kilómetro de longitud para conducir el agua del embalse hasta el “partidor de aguas”; “el partidor” o ensanchamiento del canal del que parten las tuberías hasta la casa de Máquinas, en fuerte pendiente; y casa de Máquinas o Central eléctrica, en este caso elástica, es decir, podía acoplarse tanto a caudales grandes como a los más reducidos en los meses de estiaje, para ello estaba equipada con cuatro turbinas de 570, 200, 110 y 40 HP, respectivamente, más un grupo Diesel-eléctrico de 80 caballos efectivos, con sus cuadros, protecciones, etc.

El capital inicial de la Sociedad fue de 300.000 pesetas, invertido en la construcción de la presa, canal, casa de máquinas y adquisición y montaje de los grupos hidroeléctricos, con sus accesorios de mando, etc.

S.A.R la Infanta doña Isabel visita la Central, ya acabada, el día 29 de septiembre de 1927 para poner en marcha “con sus augustas manos y beneplácito” ambos grupos electrógenos. Dificultades surgidas con la fábrica Alfonso XIII retrasan hasta 1929 el suministro normalizado de electricidad a la Granja, Pradera de Valsaín y Valsaín.

El hecho de mayor trascendencia para el desarrollo de la Sociedad “El Olvido” fue el convenio concertado en 1929 con la Electra Popular Vallisoletana, propietaria del Salto del Burguillo (Ávila), para el suministro conjunto de energía a la capital.

No obstante, el “crac” de Wall Street (24 de octubre de 1929) repercute en los demás mercados del mundo y llega, aunque parezca un absurdo, con algo de retraso, 1930, a un negocio como la producción de energía eléctrica de “El Olvido”, reducido a un estrecho marco. Las recaudaciones brutas de 1930, 1931 y 1932 sufren pérdidas sensibles.

Presa y embalse del Salto “El Olvido”. Fotografía por Federico Cantero Villamil. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Para colmo de desgracias, los acontecimientos bélicos iniciados en julio de 1936 no hacen sino empeorar la situación económica de “El Olvido” por las múltiples averías causadas por el fuego enemigo o por la dinamita. Además, el estado económico de muchos de los abonados, la desaparición de gran número de ellos y el suministro sin tasa que viene haciéndose a las fuerzas militares de San Ildefonso, La Pradera y Valsain, desde el primer momento, se refleja desfavorablemente en el balance general.

Salto “El Olvido” cubre la vacante producida por el fallecimiento (1946) de Cantero Villamil, con el nombramiento del mayor de sus hijos, Federico Cantero Cid cuya competencia y experiencia en negocios eléctricos era notoria desde que en sus años mozos cursa los estudios de Ingeniería Industrial en Londres y trabaja después en diversas empresas europeas.

Para dar cumplimiento a la cláusula novena de la autorización (concesión) que en 10 de junio de 1926 otorga el entonces Real Patrimonio a favor del Salto “El Olvido” S.A., tiene lugar en Valsain la entrega de todas las instalaciones (08-10-1958) del Salto “El Olvido” al Patrimonio Nacional.

Un mes después de la entrega, el Patrimonio Nacional arrienda a Salto “El Olvido” S.A., durante un plazo de 20 años, el uso y disfrute de la presa, canal, partidor, edificio de la Casa de Máquinas y demás construcciones auxiliares y terrenos en que están enclavados para que pueda ejercer su industria de producción de energía eléctrica. La renta acordada de 20.000 pesetas anuales se incrementará cada cinco años en la cantidad de 5.000 pesetas.

Entre noviembre de 1958 y junio de 1976 dos circunstancias decisivas afectan a “El Olvido”. Su venta, primero, a Unión Eléctrica Fenosa S.A. y el abandono, más tarde, de todas las instalaciones por parte de esta Sociedad. En 1977 comunica a la administración de Patrimonio Nacional la no utilización de las instalaciones y la sustitución de todas las líneas de alta tensión que de la Central de “El Olvido” partían. Con este escrito se rescinde el contrato por parte de Unión Eléctrica y da su conformidad para que Patrimonio tome posesión de todas las instalaciones arrendadas de cuya guarda y custodia no puede hacerse cargo esta Sociedad. Tras años de abandono las instalaciones sufren actos vandálicos y el deterioro inevitable por falta de mantenimiento.

Pasa la titularidad al ICONA en 1986. En un informe del estado de las instalaciones de “El Olvido”, concluye que es “ruinoso”. El Plan Energético Nacional establecía por aquellos años, como uno de sus objetivos prioritarios, la máxima utilización de la capacidad de producción eléctrica del país.

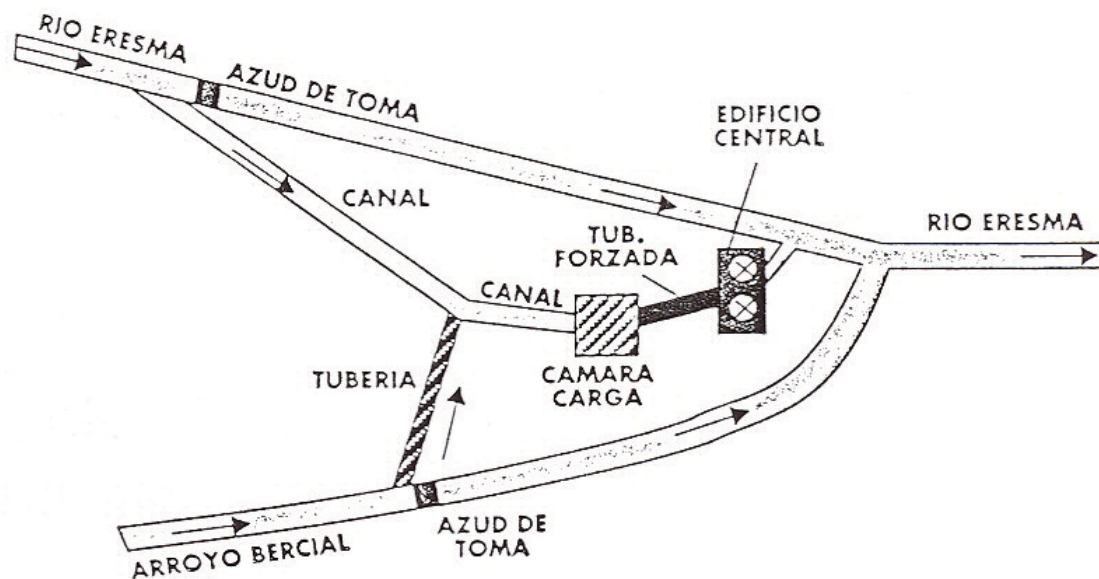
Para la consecución de dicho objetivo la Administración toma una serie de medidas entre las que se encuentra, el fomento de la construcción o recuperación de instalaciones de producción hidroeléctricas con un potencial de hasta 5.000 kw. porque un gran número de centrales hidroeléctricas, generalmente pequeñas, fueron puestas fuera de servicio y abandonadas en la década de 1980.

La recuperación del Salto “El Olvido” quiso servir de experiencia piloto en un vasto proyecto de recuperación de minicentrales en Castilla-León que tuvo escasa repercusión a pesar de la decidida voluntad de los Gobiernos Central y Autonómico. La presa del Salto “El Olvido” hoy continúa produciendo energía eléctrica.

Panorámica de las instalaciones complementarias del Salto "El Olvido". Canal, desde la presa al partidor de aguas, vivienda del ingeniero (centro), partidor, tuberías para la conducción del agua hasta la Central eléctrica, Central eléctrica, a orillas del río Valsain (Eresma), operativa con caudales de hasta 1500 litros/seg. del río Valsain y 300 litros/seg. del arroyo Bercial. La casa de los Cantero fue demolida al acabar la concesión de Patrimonio para el uso temporal del terreno sobre el que estuvo construida. Fotografía por Fernando Díaz de Aguilar Cantero.



Esquema de los aportes de agua e instalaciones del "Salto El Olvido"



Burgomillodo. Presas de contrafuertes tipo Cantero

12. CANTERO VILLAMIL, Federico, "Intereses segovianos. Salto de El Burguillo", *El Adelantado de Segovia*, 15-05-1926. publicado en primera página, en el que explica algunas de las características más destacadas de la presa y los beneficios derivados para la provincia de Segovia.

En el paraje tal vez más agreste de la provincia de Segovia, en la "cortada" más impresionante del río Duratón, al final de sus hoces, levanta Cantero Villamil una presa audaz en su tiempo llamada inicialmente "El Burguillo", conocida hoy como Burgomillodo por encontrarse a la altura de este poblado segoviano, evitándose así confundirla con el Salto "El Burguillo" ubicado en tierras abulenses.

El Adelantado de Segovia (21 septiembre 1925) publica un artículo acerca de la construcción de un Salto de agua en la provincia de Segovia para la producción de energía eléctrica. En otro artículo (17 de abril de 1926) refiere la constitución, mediante escritura pública, de la Sociedad "El Salto de El Burguillo" de la que forman parte, entre otros, el concesionario y ex diputado D. Francisco Zorrilla Arroyo y D. Federico Cantero Villamil, autor del proyecto, director facultativo de la presa.

No se puede hacer lo que hizo Cantero Villamil en Burgomillodo sin fuerza de carácter, sin prontitud de ingenio, sin claridad de visión y sin el valor de marchar decidido por el camino de la innovación. Las zancadillas y contratiempos comenzaron a partir del momento en el que aparecen las noticias de su construcción en *El Adelantado de Segovia*.

Con la experiencia adquirida por la explotación de la Central hidroeléctrica del Salto de San Román, Cantero Villamil se muestra rotundo al afirmar en la prensa que la demanda de electricidad sería cada día mayor y que cualquier salto de agua, acertadamente emplazado, bien concebido y construido sólidamente tiene que ser un negocio muy lucrativo.

Su conocimiento del sector previene a los que presumiendo de avisados y previsores pretendían que no se construyesen Saltos hidroeléctricos sino cuando la energía resultante esté "previamente vendida". Cantero Villamil les preguntaba a los expertos de "café, copa y puro" si debiera también supeditarse la implantación de una panadería a la previa posesión de una abundante nota de pedidos de pan... donde puede producirse [añade] por bueno y barato hay también clientes que lo consuman, del mismo modo que la implantación de buenos regadíos crea regantes. Y por tanto la buena energía eléctrica será donde exista, la más codiciada para toda clase de industrias.

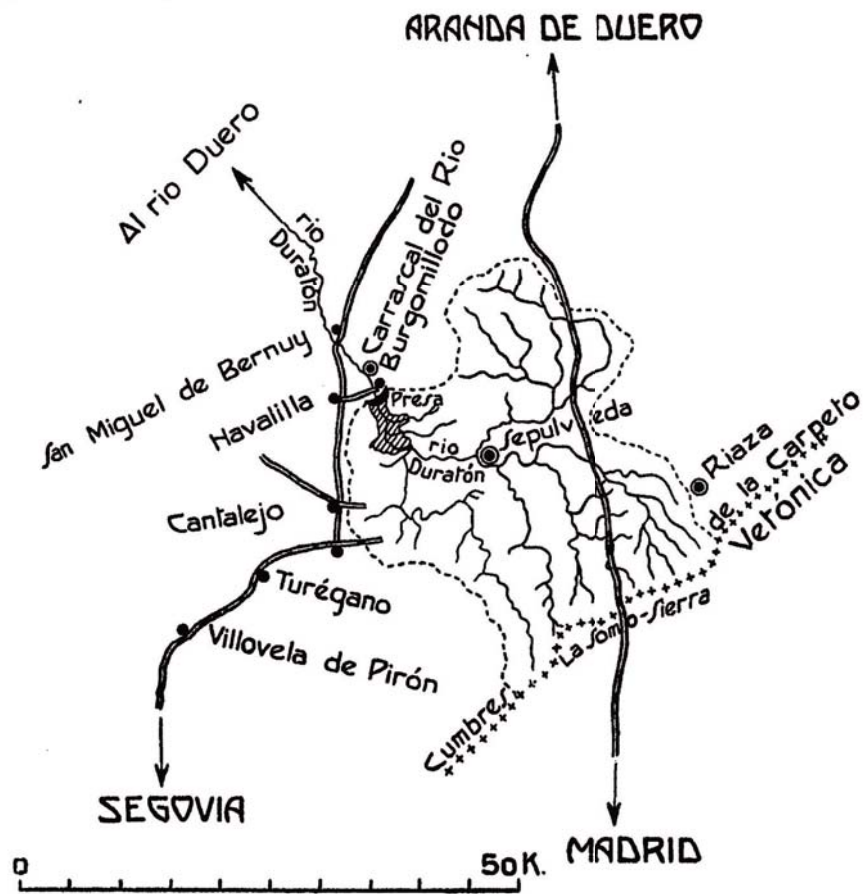
Cantero, conocedor de la idiosincrasia del castellano viejo, da a conocer¹² a la opinión pública, de donde saldrán los potenciales accionistas, los beneficios económicos derivados de su construcción. Muestra sus indudables recursos pedagógicos comparando el embalse con una "verdadera caja de caudales" de la que se sacan kilovatios a lo largo de todo el año y se rellena sola, todos los años, porque los caudales del río Duratón son abundantes siempre al aumentar por el calor los deshielos de la nieve acumulada en las sierras que lo alimentan.

Superados posibles recelos de los indecisos mediante la hábil campaña informativa, aparece un segundo problema derivado de un informe geológico que pudo dar al traste con el proyecto de no contar con la firmeza y preparación técnica de su autor.

Hoces del río Duratón y presa (ángulo inferior izquierdo). Fotografía por Fernando Díaz de Aguilar Cantero.



Croquis de la cuenca del río Duratón y emplazamiento de la presa.



Croquis de la cuenca y emplazamiento de la presa.

13. CANTERO VILLAMIL, Federico, "Presa de contrafuertes en Burgomillodo", *Revista de Obras Públicas*, nº 2.579, 1931, pp.325-329.

14. GÓMEZ NAVARRO, José Luis, *Salto de agua y Presas de Embalse*, 3ª edición, T.II. Madrid, 1953, pp.1476-1485, acuña la expresión "presas de contrafuerte tipo Cantero". Se ocupa de ellas SÁENZ RIDRUEJO, Fernando, en "Presas de contrafuerte tipo Cantero", *Revista de Obras Públicas*, nº 3.506, 2010, y también SUÁREZ CABALLERO, Federico, en "Los otros regeneracionistas del 98", *Revista La Brújula de la Sierra*, nº 28, 2010.

El Adelantado de Segovia hace pública una noticia (11 de noviembre de 1925) sorprendente, al "autor del proyecto" no le parecen suficientes los estudios geológicos previos del lecho del río Duratón, realizados por la División Hidrográfica del Duero. En consecuencia, recomienda buscar firme de roca homogénea hasta una profundidad de seis metros en una faja de 32 metros de anchura y que una las bandadas del acantilado de la margen derecha con el de la izquierda.

Cantero Villamil pone al alcance de la ciudadanía las características de la presa en un artículo muy didáctico para demostrar que el salto de El Burguillo responde a las características idóneas de emplazamiento, diseño y construcción, fácil de entender, en el que se puede constatar, una vez más, su precisión en el uso del lenguaje y la claridad expositiva, no obstante la economía de palabras¹³. Así la explica Cantero:

"[...] Los objetivos para su construcción fueron: lograr primeramente un aprovechamiento hidroeléctrico, y como consecuencia del embalse, también un aumento del caudal en los estiajes para el regadío de las vegas inferiores. La capacidad del embalse es de unos 8 millones de metros cúbicos, con una superficie de cuenca alimentadora de 800 km², aproximadamente, que según los aforos conocidos proporcionarían una aportación media anual de 145 millones de metros cúbicos.

Las obras hidráulicas de Burgomillodo reúnen dos novedades, si así puede decirse, pues está constituido por una serie de contrafuertes yuxtapuestos y el aliviadero formado por una batería de sifones. La razón de estos dos tipos de obras, fue, sencillamente, un deseo de obtener la máxima economía posible en el coste del aprovechamiento hidroeléctrico. El macizo total del dique con sus encofrados, costó poco más de 900.000 pesetas, y el importe de la batería de nueve sifones para 250 m³ por segundo fue de 90.000 pesetas, completado con las excavaciones en roca para su emplazamiento y canal de evacuación hasta el río, que añadieron 60.000 pesetas.

La idea de esta presa de contrafuertes ("tipo Cantero"¹⁴), presidida por la idea de un menor coste (supone una economía de hormigón del 34'7), corresponde a la separación material de las dos condiciones principales que un dique debe cumplir: estabilidad e impermeabilidad. La primera condición se encomienda a los contrafuertes, y la segunda a una pantalla que se apoya en ellos, figura 1.

Si el espacio entre contrafuertes es semejante en magnitud al espesor de ellos, un corte por mn se presentará como en la figura 2ª; y si después imaginamos las líneas de separación cc, c'c' entre contrafuertes, podremos suponer que la presa se compone de una serie de elementos yuxtapuestos, como el de la figura 3ª, que retocados un poco para la construcción, según los casos, nos dará, por ejemplo, el definitivo de la figura 4ª.

En la presa de Burgomillodo, la dosificación del hormigón en la pantalla P fue la necesaria para conseguir la impermeabilidad, y se reduce la cuantía de cemento para los contrafuertes en relación con las cargas de trabajo elástico calculadas; sin embargo la dosificación mínima en los contrafuertes no bajó de 180 kg. de cemento Olazagutia o Valderrivas por metro cúbico de hormigón; y en lo que llamamos pantalla (P), la dosificación fue 220 kg de cemento Olazagutia por metro cúbico de hormigón apisonado.

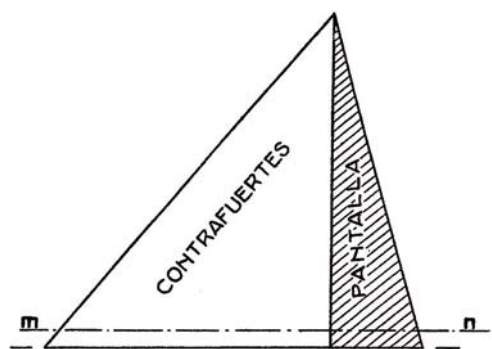


Fig. 1.ª Corte-alzado por cc de la figura 2.ª

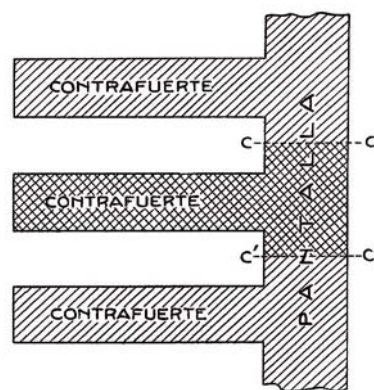


Fig. 2.ª Corte-planta por CC



Fig. 4.ª



Fig. 3.ª

15. El Ingeniero de Caminos Juan Romera, publica dos artículos: "Cálculos de estabilidad de la presa de Burgomillado". *Revista de Obras Públicas*, nº 2.583 y 2.584 correspondientes a los meses de octubre y noviembre de 1931, en los que incluye todos los cálculos utilizados por Cantero en la construcción de la presa de embalse de Burgomillado.

Con este tipo de presa parece no son de temer las subpresiones, ni tampoco la iniciación del vuelco como se comprueba con los cálculos oportunos¹⁵.

La porción de superficie más delicada de la excavación y la de su unión impermeable con el macizo de la pantalla se reduce también considerablemente. En cambio, había que contar, entre otros, con dos inconvenientes sospechados: uno, el de la retracción que probablemente se acusaría en todos los espacios entre contrafuertes, y el otro, la mayor dificultad de lograr la impermeabilidad general requerida. Esta impermeabilidad se ha conseguido plenamente con el hormigón de 220 kg. cuidando que fuese homogéneo y bastante fluido, para permitir un apiñonado más completo y menos trabajoso.

Las grietas o fisuras en retracción se presentaron, efectivamente, en la parte superior de casi todos los espacios dichos; pero repartido así el efecto, resultó pequeño cada uno, habiéndose colmatado ya algunas de dichas grietas, esperando sucederá lo mismo con el resto, ahorrándose, por tanto, las disposiciones y remedios correspondientes, que en previsión se había estudiado y preparado.

La economía que puede alcanzarse con este tipo de presa es importante levantando un dique de perfil Levy, con la condición de talud.

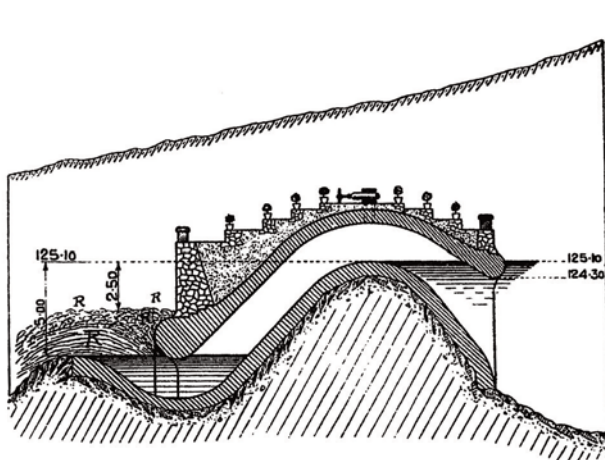
Podría pensarse que la mayor superficie de paramentos encareciese notablemente la obra por la dificultad y aumento de moldes; pero la práctica en Burgomillado, demostró era infundada esa sospecha, pues la forma misma de los espacios entre contrafuertes permitió el empleo de unos moldes volantes muy sencillos, como se ve en la fig. 3ª, y el hecho fue que por ese exceso de moldes, sobre los de una clásica corriente, se contó y pagó en el caso que nos ocupa 10.000 pesetas —para un volumen de 20.000 m³ de hormigón en el dique; es decir, que puede contarse con un suplemento para moldes del orden de 0,50 pesetas por metro cubico—.

El aliviadero en sifón nada de particular tiene, se comprende enseguida por la simple inspección de los adjuntos cortes longitudinal y transversal: su forma como en el corte longitudinal se aprecia, se adoptó bastante amplia, por la preocupación de conseguir una salida inferior sin codo pronunciado ni brusco cambio, que provocaría una fuerte pérdida de carga.

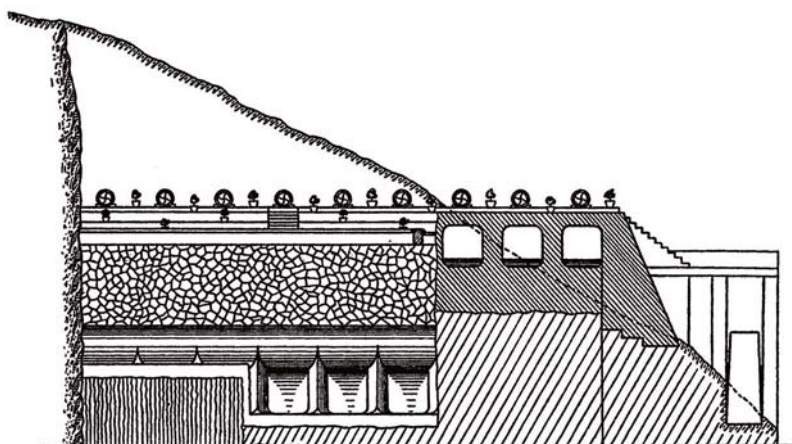
El ingreso se trazó también lo más ensanchado y abocinado posible, para que la velocidad en la sección bajo el labio superior de la entrada no obligase a reducir demasiado la cota de este, evitándose así el retardo en la descarga automática del sifón, sobre todo cuando solo trabaja una mínima parte de los de la batería. Los 80 cm. establecidos bajo la cota del nivel máximo del embalse permiten un aumento de la velocidad en el ingreso.

El canal de evacuación tiene 26 metros de anchura, en la sección correspondiente a la cresta de su vertedero, por donde libremente se vuelca el caudal.

Aliviadero en construcción. Centro inferior de la imagen. Fotografía por Federico Cantero Villamil. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Aliviadero en sifón. Corte longitudinal



Aliviadero en sifón. Corte transversal

Suponiendo que por los remolinos y expansiones la velocidad del agua, que dentro de los tubos cuadrados del sifón se ha calculado en 7 m^3 por segundo, quede reducida a poco más de seis, el nivel en el triángulo de agua tumultuosa RR (aliviadero en sifón. Corte longitudinal) alcanzaría la cota 121,60.

Sumando la contraposición correspondiente con la pérdida de carga consumida dentro de los tubos-sifones, llegamos a un desnivel neto teórico de unos 2,50 m. que como fuerza hidráulica- motriz daría lugar a una velocidad de 7 m/seg.

Cada sifón de la batería, con sus cuatro metros cuadrados libres, evacuaría $4 \times 7 = 28 \text{ m}^3$ y los nueve sifones 252 metros cúbicos. Claro es que cuando trabajan solamente uno, dos o tres sifones, la contrapresión en la salida resulta menor y, en consecuencia, el caudal evacuado aumenta.

En cuanto a dimensiones de detalle, espesores de los hormigones, etc. no diremos nada que no se deduzca de los dibujos; pero si recordamos que al proyectar el sifón de referencia, construido de hormigón en masa, nos preocuparon la vibraciones que en pleno funcionamiento pudieran producirse, y de ahí que pensásemos complementarlo con unos muretes de mampostería en seco (o con morteros áridos) para sostener encima de la obra una sobrecarga de arena y tierras, cuya superficie, como en el dibujo se indica podría aprovecharse para un jardincillo.

Queriendo prever en todas las ocasiones el menor retraso en el cebamiento de los sifones, se tomaron una serie de medidas mecánicas que aseguraban un cebamiento automático (y descebamiento también), rápido y seguro, de los nueve tubos del sifón, conjuntamente o separado, o agrupados como se quiera, y ello para ligeros aumentos escalonados del nivel del embalse (escalones de nivel de cuatro o cinco centímetros nada más).

Todas las previsiones tomadas fueron innecesarias, se quedaron sin realizar, al comprobar que, al llenarse el embalse por primera vez, los sifones se cebaban espontáneamente, en poco más de dos minutos, en cuanto el nivel del embalse crecía unos ocho centímetros nada más (estando cerrada del todo, como es consiguiente, la llave compuerta de admisión de aire del vértice superior de cada sifón).

Y se aprendió más, que una vez cebado cada elemento del sifón, se podía disminuir y hasta graduar con régimen permanente el caudal evacuado por cada uno, abriendo más o menos la compuerta de admisión de aire correspondiente.

Ante tales hechos, la instalación especial de cebamiento automático y de precisión de la batería de sifones quedaba relegada a la categoría de estación de estudios y ensayos, lo cual se salía del cuadro de preocupaciones de una presa industrial.

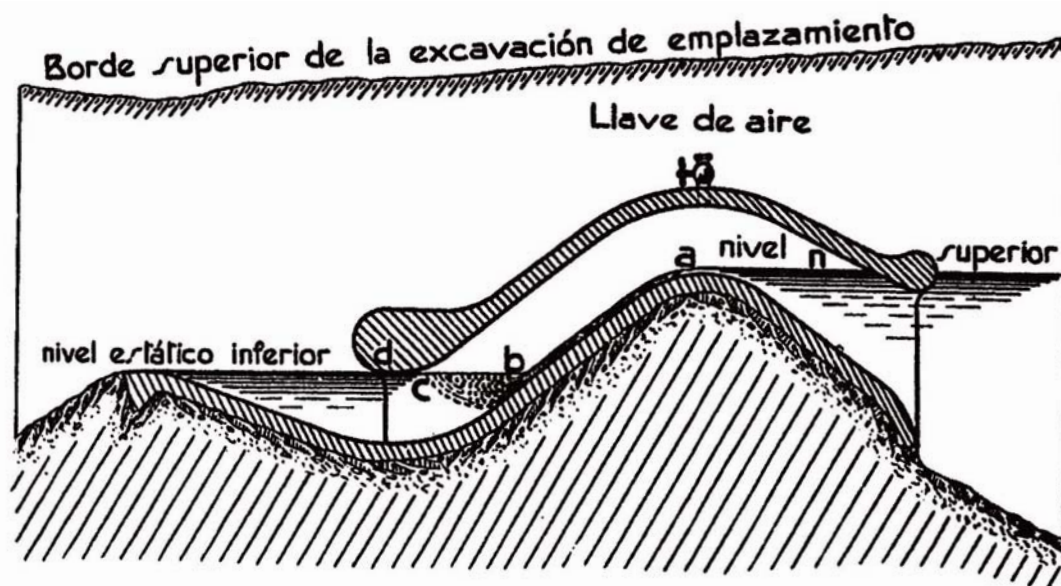
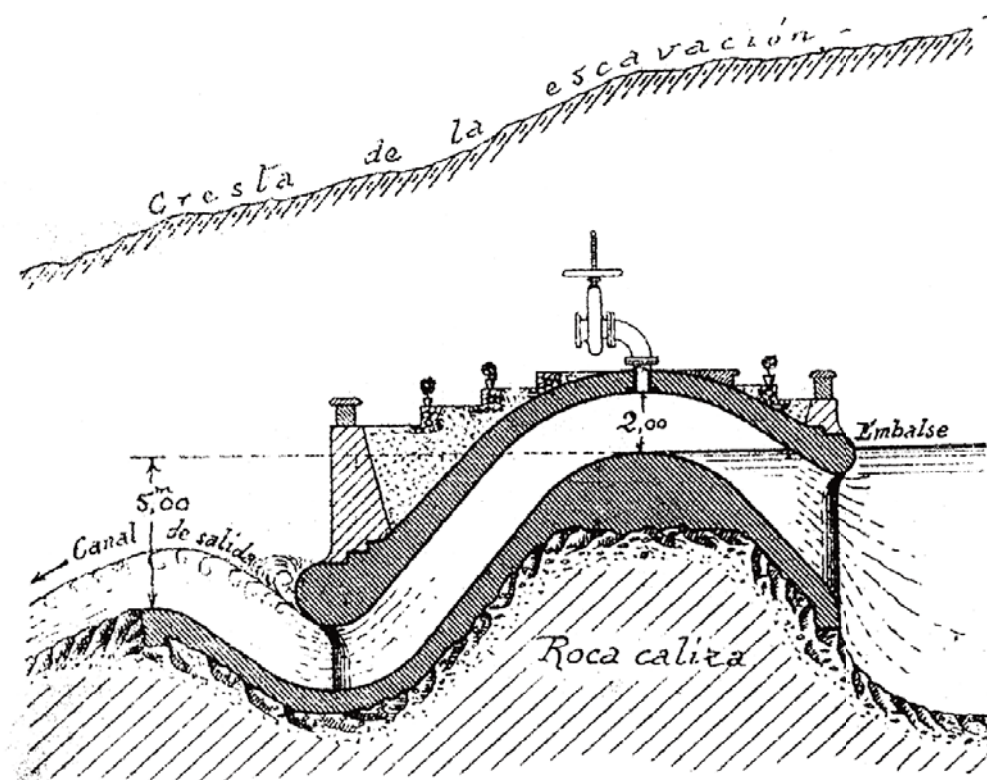


Figura auxiliar. Sección longitudinal del sifón



Aliviadero y sifón.

Analizando a *posteriori* la razón de ese fácil cebamiento de los sifones, se observó bien que la inclinación relativamente tendida de la rama inferior del sifón daba lugar a que la lamina de agua vertiente de los ocho centímetros de espesor en su origen, al descender de *a* a *b* (fig. auxiliar), llegase muy emulsionada con el aire al punto *b*, y además, por la dicha inclinación y la velocidad de caída en el agua, las burbujas de aire inyectadas en la cubeta inferior, en vez de extinguirse en el punto *c*, por ejemplo, empezaban a rebasar el punto inferior *d* del labio de salida del sifón.

Y claro es que cuando aparecían las primeras burbujas al exterior, se iniciaba el vacío de dentro; cuyo fenómeno, en grado inapreciable durante los primeros momentos, se aceleraba después, poco a poco al principio y muy intensamente a continuación, elevándose como consecuencia de los vacíos inicial y subsiguientes los niveles interiores *cb* y *an*, dando lugar este último al incremento sucesivo del espesor de la lámina vertiente, con todas las consecuencias activadoras del cebamiento, cuyo proceso total se realizaba en unos dos minutos.

La presa reunía las siguientes características: 56 metros de longitud en la base y 29 metros de altura, medidos desde el fondo de los cimientos; se complementa con un aliviadero de aguas sobrantes en el estribo de roca de la margen derecha. Al pie de la presa y en la margen opuesta, se construye la Casa de Máquinas, unidas por cortas conducciones de agua al propio embalse”.

El hecho de presentar Cantero Villamil un proyecto con un aliviadero “desconocido”, le origina otros problemas que pudieron ser insalvables, porque el Ministerio de Obras Públicas no se arriesga a autorizar el proyecto hasta que su autor no se comprometa a pagar una indemnización y construir otro aliviadero si no evacuaba los caudales declarados en los cálculos del proyecto. Fue autorizado con esta salvedad:

“[...] Este modelo de aliviadero originó no pocas suspicacias en los técnicos de Obras Públicas. Se trataba de un aliviadero tipo “labio”, pero encerrado éste en una cámara de hormigón armado para constituir una cámara o sifón que podía “cebarse” a voluntad. Con esta solución, la longitud del “labio” o vertedero se reducía, más o menos, a la cuarta parte, solución muy importante cuando la “cerrada” donde se ubica la presa es muy estrecha y escarpada.

Un año después de terminadas las obras, ya con el embalse lleno, en primavera, se nombró por el Ministerio de Fomento una comisión inspectora encargada de comprobar el caudal de agua que podía evacuar el aliviadero de sifón, coincidiendo con las crecidas del río Duratón en los deshielos. Después de las pruebas oficiales, los comisionados se mostraron satisfechos y sorprendidos porque los caudales evacuados podían superar a los que se habían garantizados en el proyecto.

Años más tarde, en el invierno de 1935-1936, como consecuencia de los numerosos datos tomados por un equipo de Ingenieros de la Confederación Hidrográfica del Duero, y de los cálculos correspondientes, se averiguó que un solo sifón evacuaba un caudal de 30'77 metros cúbicos por segundo, haciendo subir 75 centímetros el nivel de la sección del cauce (sección de unos 23 metros de ancho) donde se instalaron los cables y los aparatos de aforar¹⁶. No se hicieron ensayos y mediciones funcionando dos sifones a la vez, pues el caudal correspondiente, que hubiese sido de más de sesenta metros cúbicos, habría constituido ya una importante crecida con perjuicios quizá para las vegas y los molinos del primer pueblo situado aguas debajo de Burgomillodo¹⁷.

La energía hidroeléctrica producida por los 1.650 Kw del Salto de Burgomillodo¹⁸ se entendía imprescindible para el desarrollo industrial de la provincia y de la capital, Segovia, sometida cuando se inauguró en 1929, al caro, irregular y deficiente suministro eléctrico generado por máquinas a vapor. Disponer de energía de calidad, abundante y barata, abría el camino a la industrialización con motores eléctricos, y se abría una puerta a la esperanza para los cincuenta pueblos comarcanos que esperaban con ansiedad los beneficios de la electricidad.

16. Los ingenieros de la Confederación Hidrográfica del Duero efectuaron el 23 de mayo de 1936, después de un invierno excepcionalmente lluvioso, con crecida máxima, la medición cuidadosa del volumen real que evacuaban los sifones de Burgomillodo.

17. CANTERO VILLAMIL, Federico, *Crónica de una voluntad. El hombre, el inventor*. ..., p. 266.

18. "Memoria Quinquenio 1946-1950", *Ministerio de Obras Públicas, Confederación Hidrográfica del Duero*, p.30.

Demostración espectacular de la eficacia del aliviadero en "labio con sifones cebados a voluntad" con que fue dotada la presa de Burgomillodo.
Fotografía por Federico Cantero Villamil (1929). Archivo Concepción Cantero García-Arenal



Federico Suárez Caballero



Prototipo en construcción del helicóptero "La Libélula Española" en el taller de Antonio Díaz.
Madrid 1940. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.

VI



LA VERTIENTE AERONÁUTICA DE UN INGENIERO DE CAMINOS

Álvaro González Cascón
Licenciado en Geografía e Historia

1. CANTERO VILLAMIL, Federico, *Realizaciones del helicóptero tipo: 1935-1936*, Madrid, Imprenta Juan Bravo, 1945, p. 93.

2. En España, el 5 de septiembre de 1909 se elevó en Paterna el primer avión español diseñado por el ingeniero industrial Gaspar Brunet y pilotado por Olivert. En 1911 se creó en Madrid, la primera Escuela de Aviación organizada por Damborenea y Loygorri.

Federico Cantero Villamil forma parte del grupo de ingenieros e inventores, poco conocidos, que contribuyó al renacimiento cultural, técnico y científico de la sociedad española en el primer tercio del siglo XX, durante el reinado de Alfonso XIII y la 2ª República.

Corría el año 1887 y el gobierno Liberal se asentaba en el poder con el compromiso del partido Conservador de hacer una *leal oposición*. Se avecinaba un periodo de estabilidad política, sustentado por la alternancia de ambas formaciones.

Ese mismo año, Isaac Peral comenzaba, con apoyo oficial, la construcción de un submarino de propulsión eléctrica que demostraría su eficacia en las correspondientes pruebas, al lanzar por primera vez en la historia, mediante un ataque simulado, un torpedo en inmersión contra un buque. Mientras, Federico Cantero estudiaba en Madrid. En los últimos años de su vida recordaba de qué manera se había despertado su interés por la aeronáutica:

“[...] durante el último curso del Bachillerato, empezó a inquietarnos la idea de que el hombre, un día, llegaría a volar, puesto que otros seres vivientes –las aves– volaban.

[...] Algo después, un buen amigo y compañero de carrera, en el primer año de la Escuela de Caminos, don Francisco Granadino, a quien también preocupaba el vuelo de las aves, nos aconsejó leyésemos una obra de H. Marey, *Le vol des oiseaux*”.

Federico quedó impresionado por la agudeza de las observaciones y el estudio sistemático sobre la física del vuelo de las aves¹.

Entre 1893 y 1896, Leonardo Torres Quevedo desarrolló una máquina de calcular algebraica, dándola a conocer en Francia, con la ayuda del gobierno español. En 1896 Cantero Villamil, con 22 años, terminaba su periodo de formación en la Escuela de Caminos, encuadrado entre estos dos grandes inventores. Un joven brillante, con un abanico de posibilidades a las que dedicar su quehacer profesional.

De vuelta a Zamora, en el paraje denominado San Román de los Infantes, aprovechó un gran desnivel en el río Duero y sin necesidad de levantar una presa, encontró la forma de producir energía eléctrica. Para construirlo tuvo que buscar inversores, convencerles de la bondad del proyecto y, una vez reunido el capital necesario, demostrar que era capaz de crear una eficiente factoría de electricidad. Se convirtió así en un emprendedor al más puro estilo del siglo XXI. En 1902, el mismo año de la proclamación del rey Alfonso XIII, fue inaugurada esta ingeniosa central hidráulica. Comenzaba a convertirse en realidad el sueño de aquel joven que aspiraba a facilitar la industrialización con energía renovable.

A partir de 1910 inicia un camino que le llevará a intuir primero, y luego a comprobar, que se puede obtener un gran provecho del aire, que desde el punto de vista físico es un fluido como el agua. Esta orientación le viene dada por la atracción que siente hacia la entonces naciente aviación. Intentará encontrar el significado físico de la interacción entre los elementos aerodinámicos de una aeronave y las moléculas de aire.

Unos meses después de que Luis Bleriot demostrase las posibilidades prácticas del aeroplano, al cruzar el canal de La Mancha con un avión monoplano de diseño propio, en julio de 1909². Federico Cantero se dirigió por carta al famoso piloto el 11 de marzo de 1910, pidiéndole presupuesto para la fabricación de un avión de su

invención, cuyas principales características detalla en una memoria acompañada de los correspondientes planos (que están desaparecidos), basado en el de los hermanos Wright. Era por tanto biplano, con sistema de alabeo mediante torsión de alas y tren de aterrizaje con patines.

La característica más sobresaliente era la propulsión a base de dos motores Anzani (como el que había utilizado Bleriot), unidos ambos a las dos hélices por un mismo sistema de transmisión. La intención era que en caso de pararse uno de los motores, las hélices pudieran seguir girando. Mejorar la seguridad en vuelo era el objetivo de esta configuración bimotor³. De haberse construido y volado, habría sido el primer polimotor de la historia de la aviación, pues hasta 1913 no puso en vuelo Igor Sikorsky su tetramotor⁴. Quizás lo más sorprendente es que eligiese a Bleriot, un constructor de monoplanos. En esos años los constructores por excelencia de biplanos de encargo eran los hermanos Voisin, fundadores de la primera fábrica de aviones considerada como tal.

La alianza entre la imaginación y el entusiasmo pueden ser suficientes para convertir una idea en realidad y éstos debieron ser los elementos con los que contó Federico Cantero para ser uno de los pocos españoles, si no el único, que intentó resolver los enigmas del helicóptero. Comenzó en 1910, al registrar su primera intuición sobre el Helicóptero. Será el comienzo de un proceso que se alargará hasta el final de sus días y en el que nos vamos encontrando patentes, ensayos, estudios y vivencias aeronáuticas que culminarán en la construcción de un prototipo, iniciado en 1935 y al que dará continuidad después de la Guerra Civil española. Su inventor lo bautizó, *Libélula Española*⁵.

Patenta un sistema de paso cíclico (el paso cíclico y el colectivo serán los dos elementos fundamentales de control de un helicóptero). En la memoria hace referencia a los hermanos Wright, considerando que desde la fecha de su primer vuelo hasta ese momento (1910), los progresos de la aviación auguraban un futuro prometedor:

“Se trata de una idea que desde hace tiempo, se le ocurrió al que suscribe, pero que no llegó a apreciar toda su importancia hasta que los recientes progresos de la “aviación”, con los datos de cálculo ya hoy comprobados, respecto a la resistencia del aire y su empuje sobre superficies, le permitieron estimar el valor real de la idea, y por esto no se decidió hasta hoy, a solicitar el privilegio de invención”⁶.

En 1912 registra una patente con una nueva geometría de hélices de uso aeronáutico y naval:

“la aplicación de este sistema de hélices propulsoras ha de ser principalmente para motores de velocidad angular elevada pues la dirección de salida de ellas de las moléculas fluidas aumenta considerablemente el rendimiento”⁷.

Además la registra en Francia e Inglaterra y realizó varios modelos para aplicación naval en metal, de las que se han conservado fotografías. Las palas de los turbohélices actuales de gran potencia, tienen esa misma curvatura hacia atrás, que él propone en 1912⁸. Se adelanta a problemas que no se presentarán en aviación hasta muchas décadas después y que en su época eran de difícil realización con los materiales para uso aeronáutico disponibles.

3. “Para la propulsión se empleará en el aeroplano dos motores Anzani, de 25 caballos cada uno, mandando respectivamente por desmultiplicación dos hélices de 5 metros de diámetro girando a 400 revoluciones por minuto”.

Carta mecanografiada de 6 páginas de la que tampoco se ha conservado la posible contestación de Bleriot, Archivo Concepción Cantero García-Arenal.

4. LÓPEZ RUIZ, José Luis, “Federico Cantero Villamil. Un ingeniero maestro en la invención para la innovación y el desarrollo”, *III Congreso Internacional de Patrimonio e Historia de la Ingeniería, Escuela Universitaria Politécnica de la ULPGC y Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP)*. Mayo 2008.

5. Entre 1910 y 1946 registró 33 Patentes aeronáuticas.

6. Patente española, Nº 48214, 9-7-1910, Procedimiento o idea para producir la sustentación de [cuerpos...].

7. Patente española, nº 53189, 8-7-1912, *Nuevo sistema de hélices*. El subrayado es mío.

8. Como las del Airbus A-400 M, con los motores turbohélice más potentes que se fabrican.

9. CANTERO VILLAMIL, F., "Progresos en los aeroplanos", *Madrid Científico*, nº 797, 1913, pp. 736-737.

10. Solución utilizada por Raul Pateras Pescara, argentino afincado en España, en el helicóptero que presentó en Barcelona en 1921.

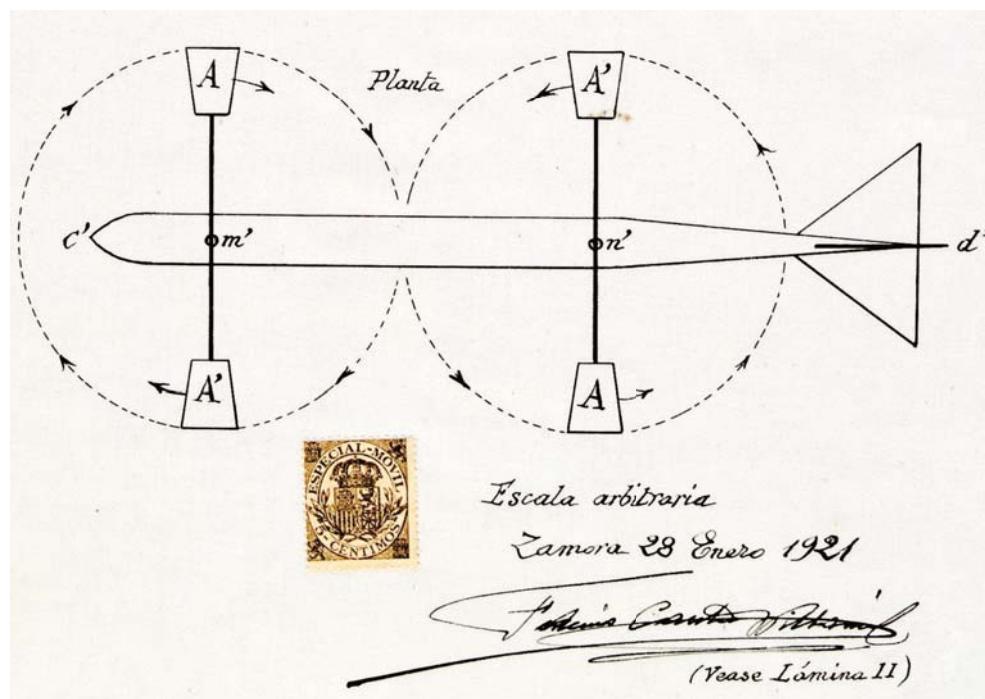
11. Patente española, nº 76972, 3-2-1921, *Helicóptero birrotor, con rotores en tándem de ejes concurrentes, que consigue la propulsión por desplazamiento del centro de gravedad*.

Su siguiente paso será un artículo titulado "Progreso en los aeroplanos", publicado en *Madrid Científico* y en el que da a conocer los resultados de los ensayos llevados a cabo por el científico francés Luis Constantín, buscando mejoras de rendimiento de las alas de aviones monoplanos, al añadir unos dispositivos aerodinámicos que aumentan la sustentación en el despegue y en el ascenso. En él se encuentran algunas de las líneas de interés que perseguirá Federico Cantero, como investigador aerodinámico, con el objetivo de mejorar el rendimiento, intentando no solo neutralizar si no aprovechar las resistencias generadas por el flujo de aire alrededor de las alas y hélices de una aeronave⁹. Se documenta y mantiene al día de lo que se hace en Europa mediante publicaciones como el *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France* o *L'Aéronautique*.

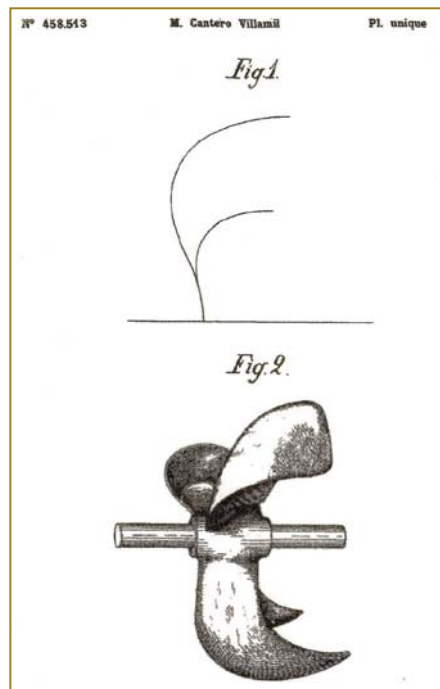
En 1921 registró una segunda patente sobre el helicóptero. Con rotores en Tándem para resolver el problema del vuelco en el momento de elevarse, sin tener que recurrir al de tipo *coaxial*, (un rotor sobre otro girando en sentido contrario en el mismo eje¹⁰). Fruto de los ensayos realizados estudiando perfiles de palas para conseguir la máxima sustentación posible, calculó que la necesaria para levantar verticalmente el peso de una aeronave tipo helicóptero, se podía conseguir con la potencia de los motores disponibles en ese momento. Aunque no describe mecanismos ni detalles constructivos, está en el buen camino pues comparte con la Cierva la claridad conceptual de que el rotor está formado por alas, de escasa cuerda, denominadas palas y que al girar generan la fuerza necesaria para elevarse (no son hélices colocadas verticalmente). Lo define de la siguiente manera:

"la solución... está en disponer los elementos sustentadores de un aeroplano, en forma tal que puedan tener movimientos de traslación independientes del cuerpo de la aeronave"¹¹.

Detalle gráfico de la patente Nº 76972 de 1921 en el que se representan los rotores en tándem, como los que ensayó en su laboratorio aerodinámico. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Brevet D'invention N° 458.513 registrado en Francia. Hélices de aplicación aeronáutica y naval, "para motores de velocidad angular elevada". Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Modelo en metal realizado en el taller de precisión que F. Cantero Villamil creó con maquinaria adquirida en París en la Exposición Universal de 1900. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Hélices de alto rendimiento para turbohélices de aviación de gran potencia, utilizadas en los aviones de transporte militar Airbus A-400M. ITP.



12. CANTERO VILLAMIL, Federico, *Aviación y relatividad. Problemas del vuelo sin motor*, Madrid, Gráficas Reunidas, 1923, pp.122-123. La visita de Einstein en marzo de 1923 a Madrid fue la causa del título del libro, y a las 3 conferencias que asistió de Einstein le dedicó un apéndice.

13. CANTERO VILLAMIL, F., "El principio de la energía del viento". *Madrid Científico*, nº 1065, 1922, pp. 132-134.

Respecto a la operativa de una aeronave de despegue vertical, consideró que sería más segura que el aeroplano al no necesitar la velocidad y el espacio libre imprescindible para elevarse del suelo o tomar tierra, pues el helicóptero tenía ventaja a la hora de salvar obstáculos a baja altura.

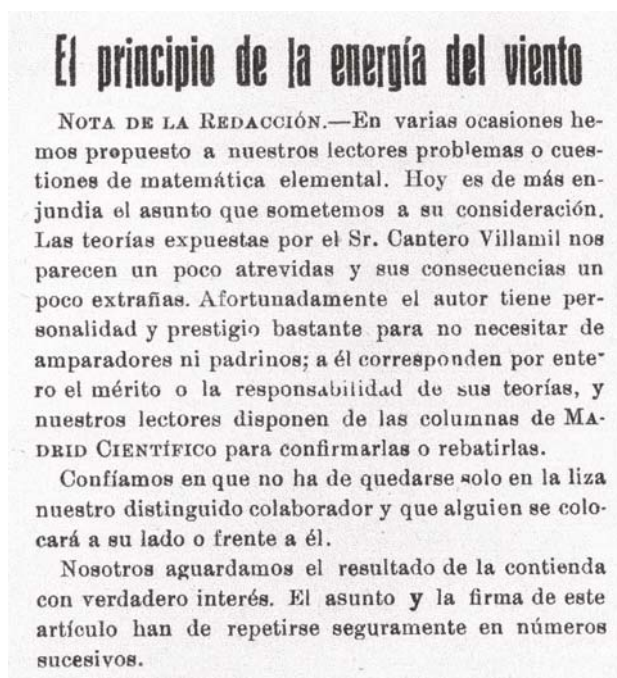
En el periodo que va de 1910 a 1922 exploró, y lo da a conocer en distintas patentes, la manera de mejorar el comportamiento aerodinámico de las alas para optimizar su rendimiento. Al no contar en España con un túnel de viento, realizó ensayos al aire libre; creando su propio Laboratorio Aerodinámico en el jardín de su casa de Zamora. También llevó a cabo experimentos y ensayos sobre el movimiento relativo y la mecánica de fluidos dentro de un vagón en marcha, a velocidad constante¹².

Dos ideas estarán presentes en todos sus trabajos aeronáuticos: el ahorro de energía y la seguridad en vuelo.

El principio de la energía del viento

La convicción de que con un mínimo de velocidad se puede mantener en vuelo una pequeña aeronave sin motor, la plasmó en forma de problema matemático en un artículo titulado "El principio de la energía del viento", en el que quiere demostrar que se puede ganar altura sin necesidad de utilizar la fuerza de un motor. Dicha convicción se debe a su trabajo experimental¹³.

La introducción que inserta la dirección de la revista Madrid Científico nos pone en situación de comprender que sus planteamientos no estaban dentro de la heterodoxia aeronáutica del momento y eran más bien heréticos. CANTERO VILLAMIL, nº 1065, 1922, p. 132.



El vuelo sin motor se desarrolló en Alemania, a raíz de la prohibición de fabricar aviones, contemplada en el Tratado de Versalles. En España, Federico Cantero estudia la posibilidad del vuelo sin motor o a vela. Quiso demostrar que en el viento se

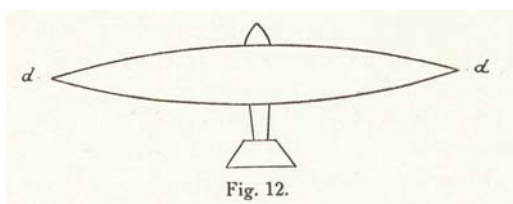
almacena la energía necesaria para que una pequeña aeronave adquiriera sustentación suficiente, y así mantenerse en el aire realizando maniobras a voluntad del piloto, sin necesidad de utilizar un motor. Un enfoque original que plasma en una publicación el año 1923: “Aviación y Relatividad”; no es un manual de pilotaje para conocer los fundamentos del vuelo sin motor, es más bien para proyectistas o técnicos de las áreas de diseño e investigación.

14. CANTERO VILLAMIL, *Aviación y Relatividad...*, 1923, pp. 28-32.

15. MUNSON, Kenneth, *Cazas 1919-39*, Madrid, San Martín, 1971, pp. 84-87.

En uno de sus capítulos describe la existencia de una “onda elástica secundaria”, producida por el borde de ataque y la punta del ala (turbulencia), que genera resistencia al avance. Para resolver este inconveniente y mejorar el rendimiento del tipo de ala hasta entonces utilizada, sugiere una solución práctica¹⁴:

“[...] que la forma general de dichas alas de un aeroplano –vistas en planta– debería terminar en punta (fig. 12).

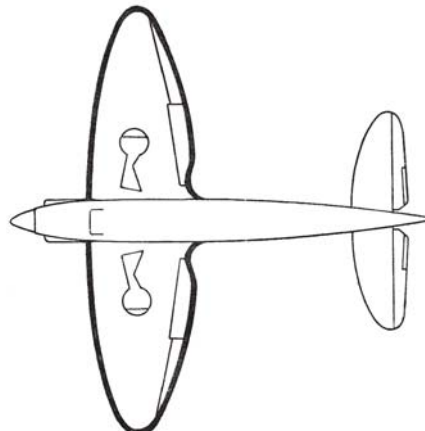
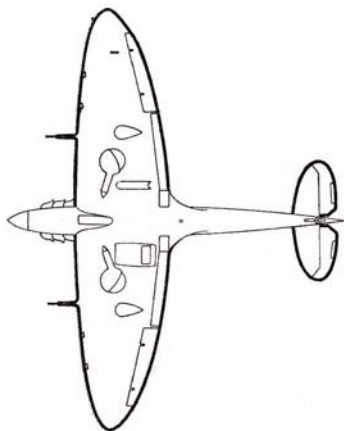


“[...] ¿Será esta la razón de acabar en punta las alas de la mayor parte de las aves? [...] Estimamos que valdría la pena estudiarlo en los laboratorios de aerodinámica. ¿Hasta dónde podrá reducirse el valor del representativo ángulo Beta a medida que avancen las investigaciones?”.

Efectivamente tenía razón, en la segunda mitad de los años 30, durante la Guerra Civil Española, entran en servicio aviones de caza de altas prestaciones con este tipo de ala, que se conoce como ala de “gaviota”. El Supermarine Spitfire inglés y el alemán Heinkel He-112 son dos buenos ejemplos, puesto que eran más rápidos que los de ala convencional, como el Hawker Hurricane y el Messerschmitt Bf 109 con motores del mismo fabricante e igual potencia¹⁵.

Avión de caza inglés Supermarine Spitfire de 1939, con el mismo tipo de ala de “gaviota” e igualmente más veloz que su compatriota Hawker Hurricane, motorizado con igual potencia y alas convencionales. Ejército del Aire, Servicio Nacional de Información Antiaeronáutica, A-1.

Avión de caza alemán Heinkel He-112. Participó en la Guerra Civil española desde noviembre de 1938. Sus alas de “gaviota” se ajustaban a las características preconizadas por Federico Cantero Villamil en 1923. Ejército del Aire, Servicio Nacional de Información Antiaeronáutica, A-2.



La originalidad de este trabajo reside en que no se limita a trasladar y divulgar una teoría existente, como luego harán otros autores, sino que lo aborda dándole un enfoque y orientación propia, basado en el resultado de ensayos realizados en su Laboratorio Aerodinámico, y no lo plantea desde una punto de vista de aplicación inmediata, más bien entrando en sus fundamentos físicos; lo que trata es de hacer aportaciones a la teoría del vuelo sin motor. En el origen de estas reflexiones se encuentra el ensayo diseñado por él, con el que demuestra que del viento relativo se puede obtener energía suficiente para que un móvil avance en sentido contrario al viento que recibe.

Descripción del experimento

En la primavera de 1922 realizó pruebas experimentales que le permitieron comprobar y demostrar el principio de la energía del viento racheado o discontinuo. Iniciando una serie de ensayos en su laboratorio aerodinámico particular. El aparato consistía en una barra horizontal por la que podía deslizarse un rotor bipala o molinete, con el perfil nº 32 de los estudiados por Eiffel, y al situarlo perpendicular a la dirección de un viento fuerte e irregular, puesto que no es controlable, empezaba a girar retrocediendo inicialmente para luego avanzar contra el viento.

Basándose en estos resultados llegó a imaginar una aeronave dotada de este tipo de dispositivo:

“Cuando un avión así constituido vuele contra el viento,..., si se maniobra automáticamente o inteligentemente, de suerte que el avión tome altura de los periodos o instantes de intensificación de cada ráfaga y descienda en los periodos decrecientes de las mismas”.

Para concluir que “...el viento respecto a *tierra firme* es un manantial de energía”, y aunque se refiere a una aeronave, también es aplicable a otros fines como la obtención de energía eólica, para producir electricidad¹⁶.

El ensayo y su aparato llamaron la atención en Francia, siendo expatriado:

[...] fué remitido a fines del verano de 1922 a la *Direction des Recherches Scientifiques & Industrielles et des Inventions du Ministère de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts de France à Paris* (gracias a la amable intervención de mi distinguido amigo el ingeniero M. Louis Constantin).

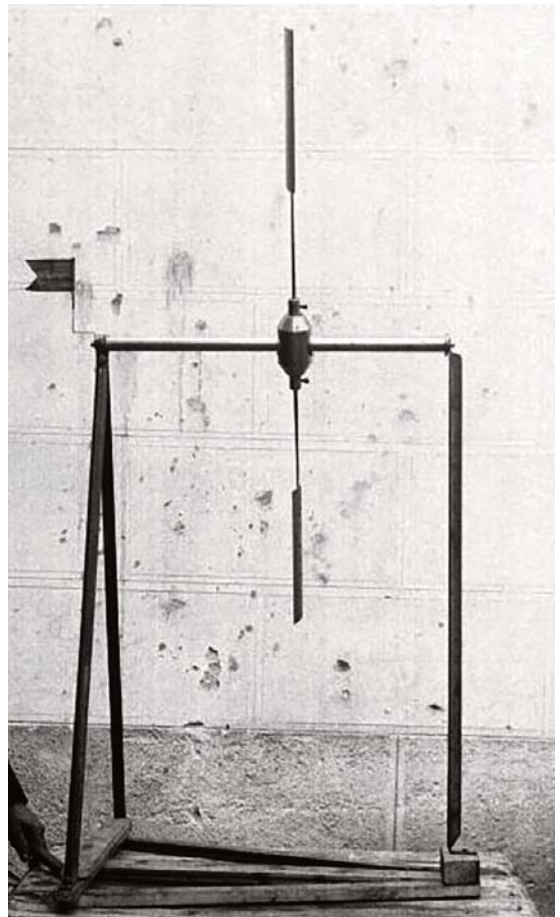
En dicha *Direction* primeramente, y posteriormente también en el *Institut Aerotechnique de Saint-Cyr*, de París, se hicieron las experiencias con nuestra hélice especial y con otras varias hélices también, resultando comprobados con unas y otras hélices los hechos de experiencia por mí señalados y presentados.

En una carta, 29 noviembre 1922, de dicha *Direction des Inventions*, &, dirigida a M. Constantin respecto al asunto, se dice literalmente lo que a continuación copiamos: *En résumé, l'hélice de M. C. Villamil (et de manière générale une hélice) disposée de manière à être mobile par rapport à un axe horizontal, peut progresser le long de l'axe contre un vent parallèle à cet axe et de vitesse décroissante; elle peut ainsi dans certains cas progresser contre un vent à rafales.*

Molinete diseñado y construido originalmente para realizar los ensayos al aire libre que permitiría el descubrimiento del "efecto Cantero Villamil". Fotografía por Federico Cantero Villamil, Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



El equipo de ensayo consistía en dos perfiles de ala (el borde de ataque era constante) unidos que podían girar libremente alrededor de la barra y desplazarse, sin apenas rozamiento, por la barra horizontal que lo soportaba. Fotografía por Federico Cantero Villamil, Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



17. En español se denominó *molinete* para diferenciarlo de hélice, pues reflejan conceptos diferentes.

18. HERRERA LINARES, Emilio. "La energía interna del viento arrachado", *Madrid Científico*, año XLIII, nº 1.404, 1936, pp. 185-186.

Siendo certificado en el país vecino; tanto el método como los resultados obtenidos por la Dirección de Investigaciones Científicas e Industriales y de Inventos del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes de Francia:

"En resumen, la hélice de M. C. Villamil (es genéricamente, una hélice¹⁷) colocada de manera que resulte móvil respecto a un eje horizontal, puede avanzar a lo largo del eje contra un viento paralelo a ese eje y de velocidad decreciente: de este modo en ciertos casos puede avanzar contra un viento racheado".

Su aprovechamiento energético fue cuantificado en Alemania por el Dr. Parceval de Charlotemburgo. En España, el experimento no despertó tanto interés como para ser comprobado y analizados sus resultados, pese a que, desde 1923, el Laboratorio Aerodinámico de Cuatro Vientos, estaba operativo y equipado con un avanzado túnel de viento. De haberse ensayado el *molinete* de Cantero, quizás se hubiese descubierto el efecto Kotzmayr (que se basaba en la hipótesis de que la intensidad del viento no varía y sí su ángulo de incidencia sobre el molinete; mejoraba la sustentación, disminuyendo la resistencia), y en lugar de ese nombre hubiese podido llevar uno español.

Sin embargo, años después, en 1936, el experto en ciencia y técnica aeronáutica, Emilio Herrera Linares, creador y director del citado laboratorio español y de la Escuela Superior de Aerotécnica, reconoció el descubrimiento de este fenómeno al que denominó *Efecto Cantero Villamil*, dándole una explicación aerodinámica y puntualizando "que para que el efecto Cantero Villamil se produzca hay que utilizar perfiles de gran penetración", concluye diciendo:

"Es altamente satisfactorio para todos los amantes del progreso científico español ver que un compatriota ha sabido prever y comprobar prácticamente un fenómeno aerodinámico tan curioso y sorprendente como éste, nunca observado anteriormente, y que está mereciendo un estudio atento en los laboratorios aerodinámicos del extranjero. Acepte su descubridor, el ingeniero Cantero Villamil la felicitación..."¹⁸.

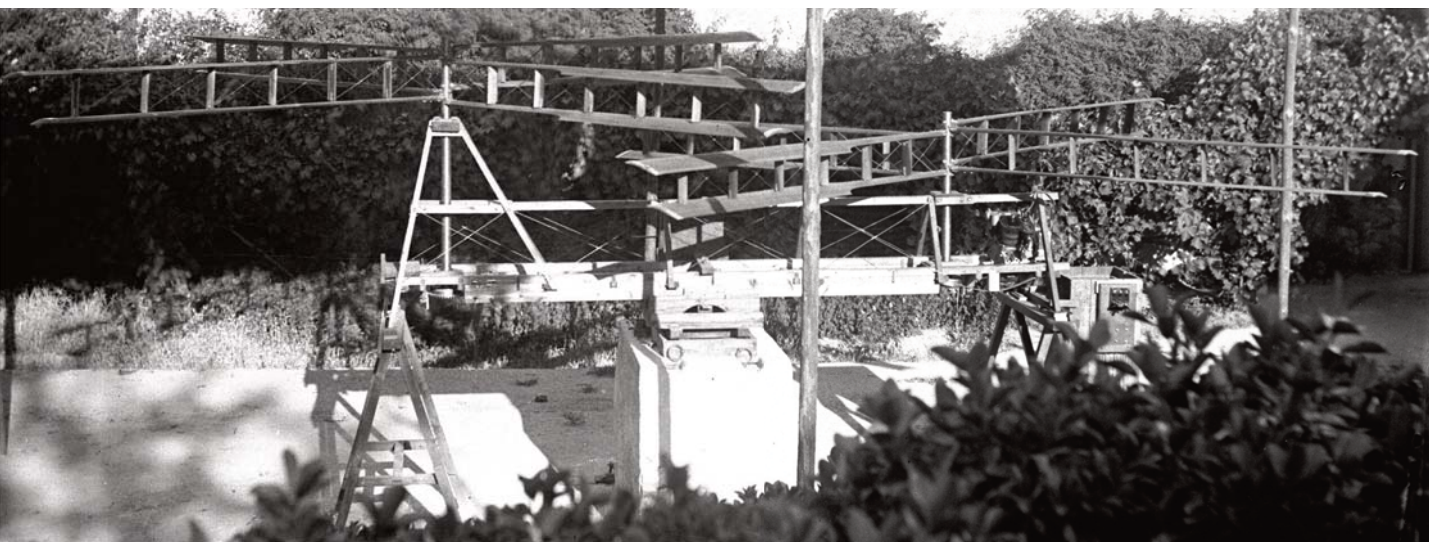
Banco de prueba fijo para rotores

Se entienden mejor las circunstancias de Cantero como inventor, si tenemos en cuenta sus limitaciones económicas y de tiempo, al compartir esta dedicación, a lo largo de su vida, con otras actividades profesionales e iniciativas empresariales.

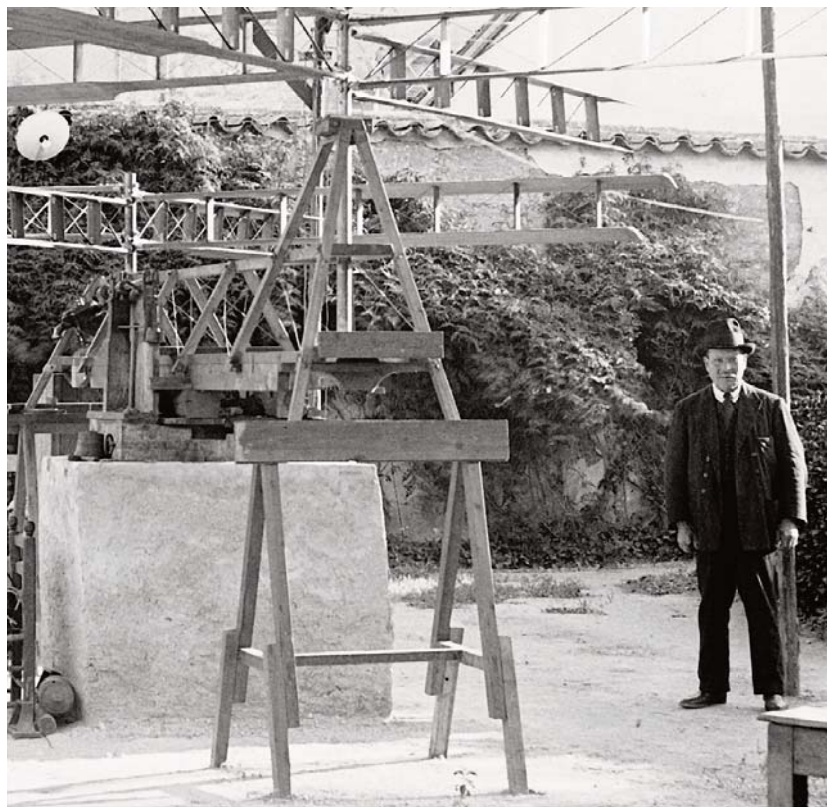
Para construir tanto los aparatos de ensayo como las piezas o elementos a ensayar, montó un pequeño taller, integrado en el Laboratorio Aerodinámico. Dio un paso atrevido al realizar ensayos sin recurrir a un túnel de viento, lo que demuestra su capacidad de adaptación a las circunstancias. En España aún no existía ninguna instalación de este tipo, y hubo de estudiar una solución alternativa. Tratando de obtener los datos de una manera fiable, comparable y compatible, que resultasen homologables con los que se podían obtener en un túnel de viento.

Para ello, en vez de mover el rotor con un caudal de aire controlado, planteó el ensayo de manera que pudiera hacer girar el rotor a un número de revoluciones y potencia determinada; y medir la sustentación que generaban sus palas. Esta idea resultó acertada puesto que un ala genera sustentación por la velocidad del viento,

Banco de pruebas fijo para rotores. Se observan dos rotores, en tándem, con palas biplanas movidos por un motor. Con él ensayó rotores de distintas configuración y materiales, para calcular la fuerza de sustentación. Fotografía por Federico Cantero Villamil, Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Otra perspectiva del mismo banco fijo con rotores en tándem. A la derecha el maestro de taller José María Espada que construyó todos los aparatos de ensayo y componentes de los rotores en el taller del Laboratorio Aerodinámico de Cantero Villamil. Fotografía por Federico Cantero Villamil, Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Banco de rotores fijo utilizado en España por AISA, a comienzos de los años 50, para probar un rotor que expulsaba los gases de escape de un estatorreactor, por las puntas de las palas, lo que le hacía girar sin necesidad de compensador de par. La idea de utilizar un banco de rotores fijo seguía siendo útil. Cantero Villamil había patentado en 1935, nº 140090, la utilización de los gases de un reactor expulsados por las puntas de las palas de una hélice, para impulsar una aeronave. Colección José Luis López Ruiz.



19. Archivo Emilio Herrera, Carta de F. Cantero Villamil a E. Herrera, 24-03-1924.

20. Archivo Emilio Herrera, Carta de F. Cantero Villamil a E. Herrera, 05-10-1923.

21. Archivo Emilio Herrera, Carta de F. Cantero Villamil a E. Herrera, 14-03-1924.

22. Archivo Emilio Herrera, Carta de F. Cantero Villamil a E. Herrera, 03-06-1924.

23. CANTERO VILLAMIL, *Realizaciones del Helicóptero...*, 1945, p.7.

igual que en el rotor de un autogiro pero el de un helicóptero se mueve por la fuerza mecánica de un motor, que fue lo que utilizó. Ensayó distintos tipos de rotores a tamaño real, sin necesidad de construir un helicóptero completo. Los resultados los representaba mediante un gráfico: la “curva Polar del ala o pala”, siguiendo el método establecido por Eiffel en su túnel de viento desde 1910, y convertido en herramienta universal para conocer y comparar el rendimiento aerodinámico.

Haber creado un centro de ensayos con sus propios medios, y en una época en la que algunas grandes industrias españolas estaban montando laboratorios de control de calidad enfocadas a la producción, más que a la investigación, no deja de ser sorprendente e incluso inaudito.

En 1921 realizó el primer ensayo con un rotor completo obteniendo buenos rendimientos de sustentación. Continuó experimentando con rotores de distintos tipos, monoplanos y biplanos en configuración sencilla y coaxial y también dos rotores en tándem, usando distintos perfiles y dimensiones. Llegando a la conclusión de que la configuración coaxial era la más adecuada¹⁹ (dos rotores girando en el mismo eje). También percibió los problemas mecánicos: vibraciones y desequilibrios que afectan a los rotores y que otro español, Juan de la Cierva, consiguió resolver a lo largo de los años y con dedicación exclusiva.

En octubre de 1923, Cantero Villamil mostraba una visión general del ambiente que percibía “...los actuales vientos de renovación de nuestro país...”, en una carta dirigida a Emilio Herrera en la que le expresaba su deseo de que fuese él, un español, el que inaugurase los vuelos comerciales con dirigible entre Europa y América, como así sucedió en 1928²⁰.

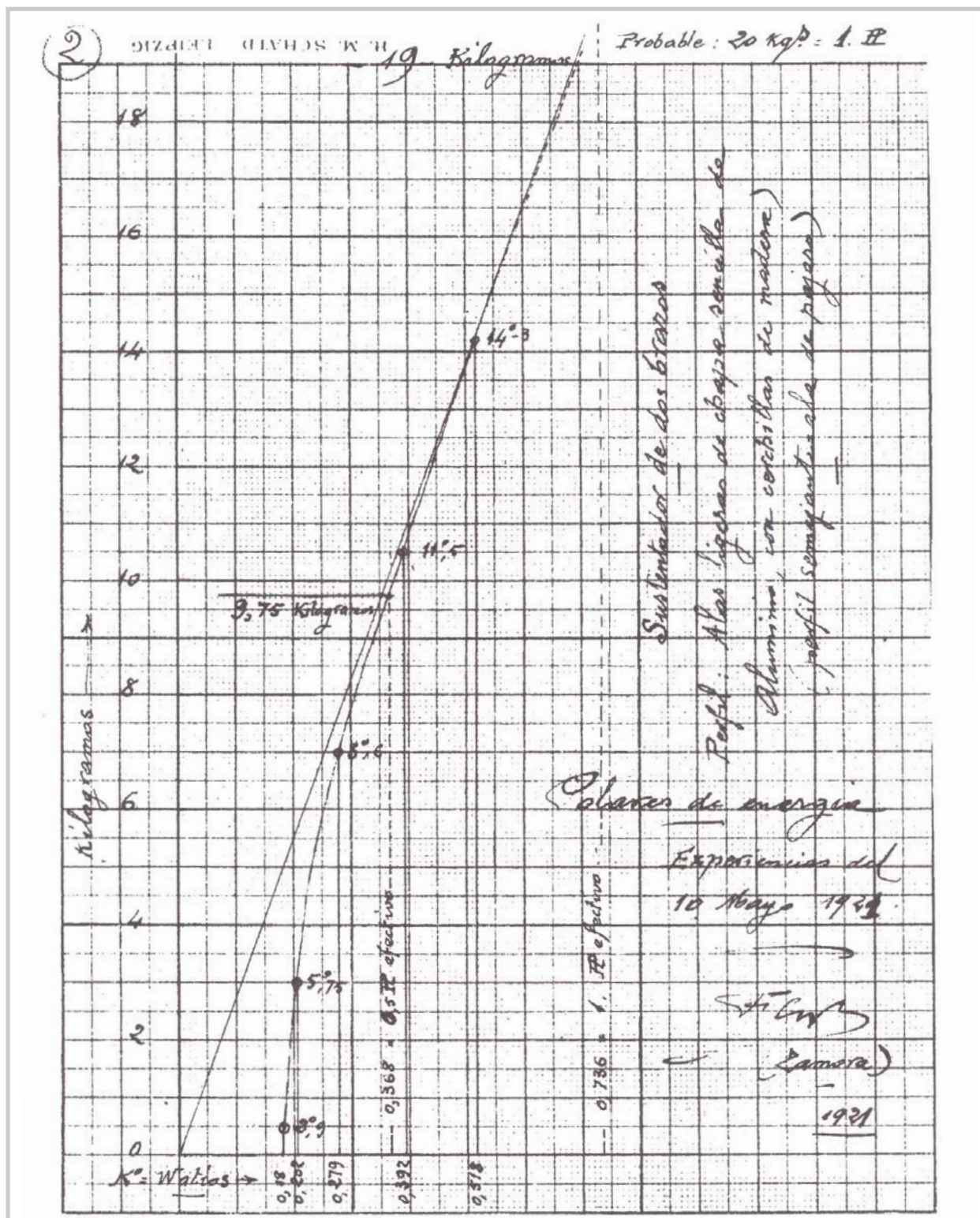
Tras ese primer contacto, hubo otro en marzo de 1924 en el que le solicitó información sobre el procedimiento administrativo para poder realizar ensayos de perfiles de ala de diseño propio en el túnel de viento y obtener la curva Polar. Le citaba a Herrera un artículo de Juan de la Cierva, el inventor del autogiro, en el que había leído que la balanza del túnel de Cuatro Vientos era capaz de obtener la *Polar* automáticamente²¹.

Este organismo llevaba un año en funcionamiento y dependía de la Dirección General de Aeronáutica del Ministerio de la Guerra. Su intención era la de contrastar los resultados obtenidos previamente pero utilizando el túnel de viento. La diferencia era que, en este caso, se utilizarían dos series de tres perfiles iguales a los que había ensayado con el rotor completo en su banco de pruebas²².

Los resultados con perfiles de diseño nuevo u original, conforme a sus investigaciones, fueron satisfactorios, obteniendo más de 30 de coeficiente de finura aerodinámica, que darían lugar a una patente, la Nº 129530, concedida el 20 de febrero de 1933, cuyo título era “Tipo especial de perfiles de contorno formado por arcos de circunferencia”; con la intención de aplicarlo al rotor del prototipo de helicóptero que pensaba construir en cuanto le fuese posible²³.

Todos los resultados positivos que obtuvo en sus investigaciones aerodinámicas, eran susceptibles de aplicarse tanto a una aeronave de alas giratorias como a una de alas fijas.

La mayor parte de su documentación y proyectos se perdió durante la guerra y de los ensayos que realizó en el Túnel de Viento de Cuatro Vientos no parece haber quedado nada puesto que también se destruyó el archivo, no hace muchos años.



24. WARLETA, José, *Autogiro; Juan de la Cierva y su obra*, Madrid, Instituto de España, 1977, p. 129.

25. CANTERO VILLAMIL, *Realizaciones del Helicóptero...*, 1945, p. 7.

En Inglaterra, en 1926, Juan de La Cierva utilizó un banco de pruebas fijo para resolver problemas del rotor del autogiro que hacían peligrosos los vuelos de ensayo, al desprenderse una de las palas mientras el autogiro estaba en el aire²⁴.

Los detalles constructivos y funcionales del equipo de ensayo, más los resultados obtenidos sobre diferentes tipos de rotores, fueron suministrados por Cantero a Herrera el 24 de marzo de 1924 y como Herrera colaboraba con la Cierva, cabe la posibilidad de que la idea de utilización de un banco de pruebas fijo se la sugiriese Herrera.

En la segunda mitad de los años veinte, el autogiro se desarrolló simultáneamente en España e Inglaterra. Pero es en este país donde su inventor encontró un importante respaldo financiero. Consiguió resolver los complejos problemas mecánicos que planteaban los rotores, mediante las articulaciones de *batimento* y *arrastre*. El concepto de *autorrotación*, y su rotor articulado, resultaron imprescindibles para el desarrollo del helicóptero.

Durante la primera mitad de los años 30, dentro de su programa de ensayos de rotores, Cantero Villamil utilizó un automóvil para conocer, se supone, el comportamiento real del rotor en autorrotación (una de la aportaciones de La Cierva que permitiría un descenso equilibrado a los helicópteros hasta posarse en el suelo), al verse afectado por las turbulencias, rachas, cambios de dirección del viento...

El prototipo de helicóptero

En 1935 decide convertir en realidad su sueño de construir un helicóptero, *La Libélula Española*, como así lo bautizó. Abre entonces una oficina en Madrid, al objeto de realizar los cálculos y generar los planos de fabricación;

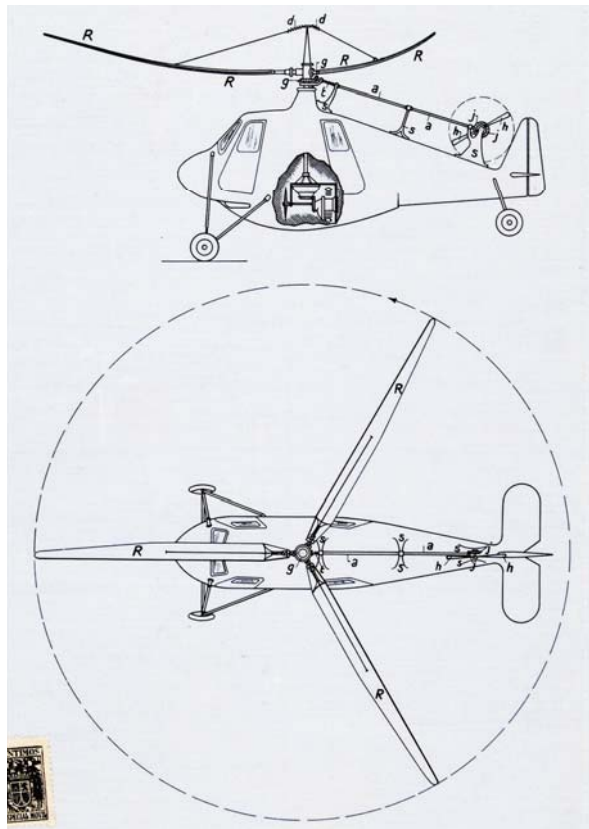
“[...] para lo cual comenzó por consultar nombres y condiciones de los Ingenieros aeronáuticos recién salidos entonces –1934– de la Escuela Especial; y habiéndosele indicado y recomendado a don Pedro Blanco Pedraza”²⁵.

La única patente generada antes del comienzo de la guerra fue dedicada al sistema de cambio de paso de las palas, imprescindible para un helicóptero. Las patentes de los demás sistemas se pensaban registrar una vez iniciados los ensayos con el prototipo, retrasándose hasta 1940 por causa de la guerra.

Los trabajos de construcción comenzaron el año 1936 en el taller de precisión de Antonio Díaz, estando previsto en septiembre su primer arranque de motor, pero el estallido de la Guerra Civil Española interrumpió el calendario previsto y nada más acabar, en abril de 1939, empezó a reconstruir la documentación desaparecida de la oficina de proyectos en Madrid, y recuperar el material perdido u ocultado con el fin de reanudar los trabajos lo antes posible.

La situación existente en la postguerra de escasez de todo, y la lentitud en el taller de Díaz, hicieron que, dos años más tarde, solicitara la colaboración del recientemente creado Ministerio del Aire, trasladando el prototipo a Cuatro Vientos, donde continuó la construcción y dieron comienzo los ensayos.

Helicóptero "Libélula Española", en su versión con antipar de 1943.
 Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Prototipo de Helicóptero "Libélula Española", en el aeródromo de Cuatro Vientos en 1943. Al fondo se observa el edificio de la Escuela militar de Ingenieros Aeronáuticos. Fotografía por Federico Cantero Villamil, Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Su configuración era con rotor coaxial, es decir, dos rotores superpuestos y, más tarde, realizaría una versión con rotor de cola. Esta última se convirtió en universal, la más usada para los helicópteros, desde el momento en que Igor Sikorsky consiguió desarrollar, entre 1939 y 1942, un helicóptero con dicha invención, aunque tuvo que recurrir al rotor articulado de la Cierva para que fuese verdaderamente funcional y operativo.

Ambas soluciones, rotor coaxial y rotor sencillo con antipar, más la de rotores en tándem, con el paso del tiempo se convirtieron en innovaciones, es decir, se produjeron comercialmente y continúan hoy día en servicio para aplicaciones civiles y militares.

En el tiempo que media entre el fin de la guerra y su fallecimiento en diciembre de 1946, Cantero Villamil continuó investigando y publicando. En varias patentes y dos libros, estudió las turbinas de gas. En una de ellas describió un motor a reacción que nos recuerda algunos aspectos de los que 30 años después se pondrían en servicio con grandes empujes y alta relación de derivación; además de seguir con mucho interés todos los avances que se estaban haciendo en otros campos como los de la energía atómica.

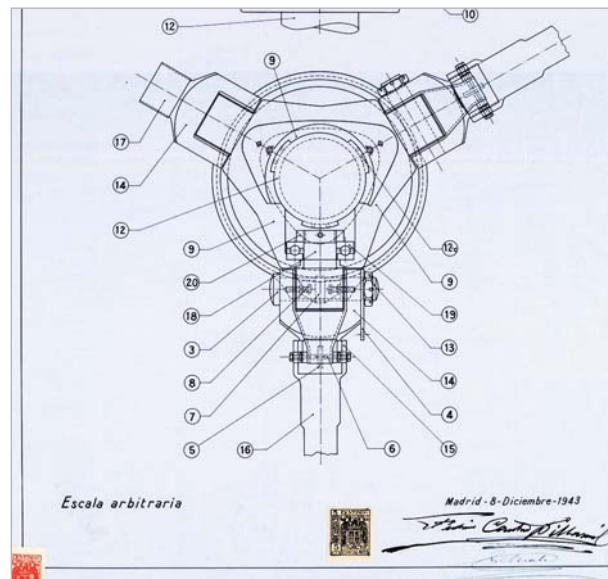
Los trabajos en el prototipo y el desarrollo de los ensayos del helicóptero avanzaron con lentitud, por la escasez de medios materiales y técnicos a su disposición. A pesar de todo, plasmó sobre el papel otras soluciones alternativas con el objetivo de mejorarlo y perfeccionarlo; llegando incluso a realizar un nuevo y avanzado diseño en el que retoma la idea inicial del rotor coaxial y que firma junto a su colaborador Pedro Blanco.

Si bien es cierto que el helicóptero de Cantero no llegó a volar con libertad y control total, representa el esfuerzo personal de un ingeniero que dedicó su gran capacidad intelectual y económica en la medida de sus posibilidades, pero que hubiese requerido, para haberse convertido en realidad práctica, de un apoyo industrial y técnico mucho más elevado.

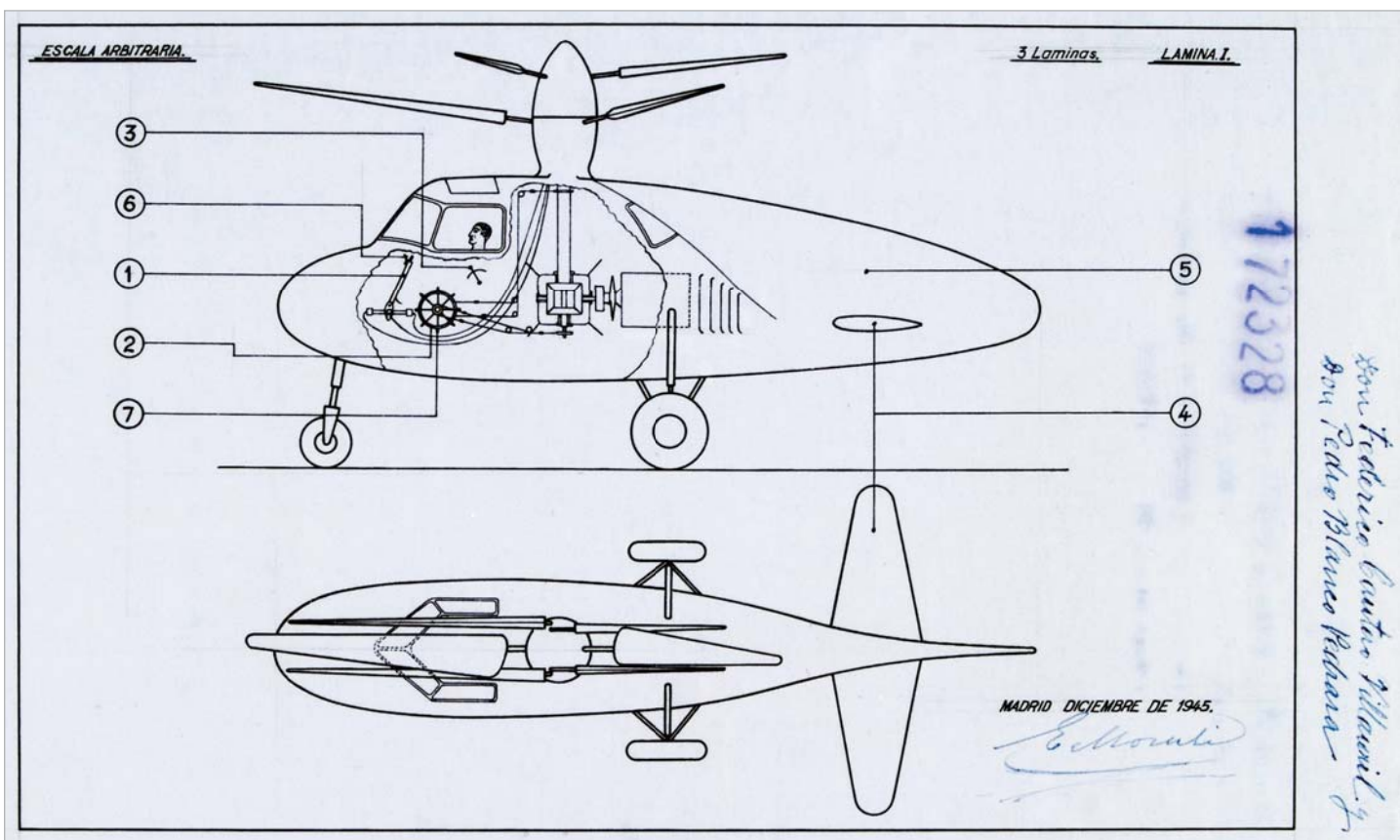
Su realización más sobresaliente, por su utilidad y aplicación, creo que fue el banco de prueba de rotores fijo, al haber desarrollado un sistema para estudiar, de forma segura y económica, los complejos problemas que planteaban los rotores de las aeronaves de alas giratorias, autogiros y helicópteros. Diseñó un equipo de ensayo y un procedimiento, homologable con el utilizado para obtener en el túnel de viento la fuerza de sustentación de un perfil aerodinámico.

Hasta la publicación de la biografía de Cantero Villamil en el 2006, no se encuentran referencias a él en la bibliografía sobre aeronaves de alas giratorias en España. A consecuencia de ello el profesor José Luis López Ruiz dio a conocer todos los detalles y las ideas del inventor en su última publicación, “La contribución española en las aeronaves de alas giratorias”, dejándole en el lugar que le corresponde por su esfuerzo y dedicación, aunque no pudiese llevar a feliz término su helicóptero, en el que volcó sus últimas energías²⁶.

Cabeza de rotor de la "Libélula Española", dibujo de la patente española Nº 164761, 1943. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



Último diseño de helicóptero, patente española Nº 172388, con rotor coaxial, 1946. Archivo Concepción Cantero García-Arenal.



PATENTES DE FEDERICO CANTERO VILLAMIL

Pat. nº	Presentación	Concesión	Pag.	Lám.	Reiv.	Objeto de la patente
48214	13-6-1910	9-7-1910	5	1	1	Un procedimiento o idea para producir la sustentación de cuerpos y aparatos en el aire, o si se quiere, a la vez la propulsión, ambas cosas a un tiempo o separadamente, por medio de ruedas especiales con una o más paletas articuladas, variables, inclinándose gradualmente, siguiendo la variación y forma que se explica.
53189	3-6-1912	8-7-1912	2	3	1	Nuevo sistema de hélices caracterizadas por estar constituida la generatriz de su superficie helicoidal por una o varias curvas que pueden ser en su arranque normales o no al eje del cilindro en que está la hélice directriz, pero que en su terminación o terminaciones no sean normales a dicho eje.
59785	18-2-1915	20-2-1915	5	5	1	Nuevo sistema de bombas centrífugas para fluidos.
75917	11-10-1920	13-10-1920	3	1	2	Nueva forma de alas para aeroplanos e hidroplanos con doble superficie cóncava en su parte inferior.
75918	11-10-1920	13-10-1920	7	1	2	Alas con posibilidad de desplazamiento respecto al fuselaje al que se unen con resortes.
75919	11-10-1920	13-10-1920	9	1	2	Alas con superficie inferior deformable a la que puede hacerse vibrar.
76972	2-2-1921	3-2-1921	4	2	2	Helicóptero birrotor, con rotores en tandem de ejes concurrentes, que consigue la propulsión por desplazamiento del c.g.
80481	10-1-1922	11-1-1922	10	1	2	Vuelo contra el viento de un avión con superficies sustentadoras oscilantes.
80504	12-1-1922	13-1-1922	5	1	1	Maniobras en vuelo para captar energía del viento.
84608	5-3-1922	9-3-1922	2		2	Hélices autorrotativas que captan energía del viento.
83247	28-10-1922	2-11-1922	2	1	1	Cimientillos neumo-elásticos para el calzado *****
89820	12-6-1924	14-6-1924	5	2	2	Dispositivo de hélices y frenos para facilitar el descenso y aterrizaje de aviones.
97401	25-3-1926	27-03-1926	3	1	2	Sustentación por fuerzas centrífugas.
129012	16-12-1932	14-1-1933	5	1	2	Adición al rotor de helicóptero de un molinete autorrotativo que produce su arrastre.
129530	3-2-1933	20-2-1933	3	2	2	Tipo especial de perfiles de contorno formado por arcos de circunferencia.
138970	18-7-1935	19-9-1935	2	1	3	Hélices con palas articuladas
140073	4-11-1935	28-11-1935	3	1	2	Un procedimiento de articulación automática de balanceo según el perfil de cada pala de los rotores de los helicópteros o autogiros.
140090	6-11-1935	29-11-1935	2	1	2	Un procedimiento de impulsión por reacción que se verifica en las extremidades de las palas de las hélices aéreas o de propulsión de las aeronaves.
147484	28-11-1939	9-11-1940	4	1	2	Turbina de gas de circuito cerrado.

Pat. nº	Presentación	Concesión	Pag.	Lám.	Reiv.	Objeto de la patente
147732	5-1-1940	9-11-1940	4	1	2	Propulsores de reacción por generación de múltiples fuerzas centrífugas y mantenimiento de la homogeneidad de las masas fluidas en movimiento
149788	25-6-1940	11-11-1940	20	5	2	Aparato volador por impulso directo de palas giratorias alrededor de un eje-péndulo vertical.
151542	23-1-1941	31-01-1941	3	1	3	Certificado de adición a la pat. nº 147732
156551	27-3-1942	28-4-1943	14	2	2	Sistema de interposición de hélices libremente giratorias en el interior de las bocas de salida o expulsión de gases de cualquier propulsor por reacción.
159178	5-11-1942	30-1-1943	5	1	2	Turbina de gas propulsora por reacción.
164204	22-12-1943	23-12-1943	4	1	3	Primer certificado de adición a la pat. nº 149788
164761	12-2-1944	24-2-1944	14	4	5	Segundo certificado de adición a la pat. nº 149788
166043	12-5-1944	13-5-1944	17	5	2	Dispositivo de eyectores de emergencia o expulsión del fluido en torbellinos vibratorios.
167813	18-10-1944	19-10-1944	8	2	3	Primer certificado de adición a la pat. nº 166043
168842	03-02-1945	5-02-1945	19	3	5	Auto-compresores-explosores con pistones y sus vastagos en : va-y-ven.
169226	14-3 -1945	15-03-1945	8	2	5	Un tipo o dispositivo de compuertas hidráulicas, huecas, de cuatro paredes, para el paso o cierre del agua de los canales, presas y embalses, maniobrables con movimiento de giro-basculante y sin más que dejar salir el agua de su hueco interior para abrirlas o levantarlas, y por el contrario dejando entrar el agua y llenarse su hueco interior cuando se trata de bajarlas o cerrarlas.
169716	28-04-1945	30-04-1945	6	2	4	Primer certificado de adición a la pat. nº 168842.
170038	30-5-1945	10-6-1945	5	1	6	Segundo certificado de adición a la pat. nº 166043
171270	18-10-1945	19-10-1945	13	4	6	Tercer certificado de adición a la pat. nº 149788.
171687	28-11-1945	29-11-1945	10	3	7	Tercer certificado de adición a la pat. nº 166043.
171735	04-12-1945	05-12-1945	6	1	5	Primer certificado de adición a la pat. nº 156551.
172328	28-1-1946	29-1-1946	8	3	6	Sistema de mandos agrupados para el control de aeronaves de alas giratorias.

La bibliografía de Federico Cantero Villamil, poco conocida, y la originada a partir de la publicación de su biografía, ha trascendido del anonimato a los ámbitos nacional e internacional. Fotografía por Isabel Díaz de Aguilar Cantero.



BIBLIOGRAFÍA

Obras de Federico Cantero Villamil

Libros

A los representantes del País en las Cortes, Barcelona, Talleres Gráficos J. Casamajó, 1914.

El ferrocarril directo de Galicia por Zamora y el propuesto de Valladolid a Vigo, Barcelona, Talleres Gráficos J. Casamajó, 1914.

Aviación y relatividad. Problemas del vuelo sin motor. Exposición elemental. La hélice que se atornilla en el viento, Madrid, Gráficas Reunidas, 1923.

Aviation et relativité. Les problèmes du vol sans moteur. Exposé élémentaire, Madrid, Gráficas Reunidas, 1923.

Reglamento del Club de Vuelos Planeados a Vela de "La Atalaya" (San Ildefonso), Segovia, Imprenta de Carlos Martín, 1935.

Afanes para el resurgimiento de España. La Herramienta (Moneda propia- Patria Libre), Segovia, Imprenta de "El Adelantado", 1937.

Helicóptero "Libélula Española". Estudios y patentes relativos a la propulsión por reacción de los aviones. Realizaciones del helicóptero tipo: 1935-1936, Madrid, Imprenta Juan Bravo, 1945.

Segunda parte de los estudios y patentes relativos a la propulsión por reacción de las aeronaves. Perfeccionamiento de las realizaciones del helicóptero español tipo 1935-1936, Madrid, S. Aguirre Impresores, 1946.

Publicaciones periódicas

"Compañía Anónima, El Porvenir de Zamora", *Electrón*, nº 92, 1900, p. 886.

"Problemas comerciales de la electricidad", *Revista de Obras Públicas*, nº 1.385, 1902, pp. 321-324.

"Problemas comerciales de la electricidad", *Revista de Obras Públicas*, nº 1.387, 1902, pp. 363-364.

"Perfiles transversales por medio de la fotografía", *Revista de Obras Públicas*, nº 2.000, 1914, pp.43-45.

"Intereses segovianos. Salto de El Burguillo", *El Adelantado de Segovia*, 15-05-1926.

"Presa de contrafuertes en Burgomillodo", *Revista de Obras Públicas*, nº 2.579, 1931, pp. 325-329.

"Recuperación de la circulación monetaria por los impuestos. Iniciación de un tema", *Revista de Obras Públicas*, 1942, pp. 247-249.

"Progreso en los aeroplanos", *Madrid Científico*, nº 79, 1913, pp. 736-737.

"El principio de la energía del viento", *Madrid Científico*, nº 1.065, 1922, pp. 132-134.

"El principio de la energía del viento. Ejemplo", *Madrid Científico*, nº 1.066, 1922, pp.148-151.

"El vuelo contra el viento", *Madrid Científico*, nº 1.067, 1922, pp. 163-166.

"De relatividad", *Madrid Científico*, nº 1.090, 1923, p.150.

"La travesía del Canal", *Madrid Científico*, nº 1.127, 1924, pp. 356-357.

"La moneda es como un combustible para las actividades de la humanidad. (Estudios elementales)", *Madrid Científico*, nº 1.380, 1935, pp. 185-187.

"La moneda es como un combustible para las actividades de la humanidad. (Estudios elementales)", *Madrid Científico*, nº 1.381, 1935, pp. 201-202.

"La moneda es como un combustible para las actividades de la humanidad. "Estudios elementales" (I)", *Madrid Científico*, nº 1.385, 1935, pp. 265-266.

"La moneda es como un combustible para las actividades de la humanidad. (Estudios elementales)", *Madrid Científico*, nº 1.386, 1935, pp. 281-282.

“Estudio elemental de la circulación de la moneda. La moneda y el consumo”, *Madrid Científico*, nº 1.396, Madrid, 1936, pp. 49-51.

“Vuelo sin motor en la provincia de Segovia”, *Madrid Científico*, nº 1.397, 1936, pp. 70-71.

“La energía interna del viento real”, *Madrid Científico*, nº 1.401, 1936, pp. 133-134.

“Más sobre la circulación de la moneda”, *Madrid Científico*, nº 1.402, 1936, pp. 145-147.

“La circulación de la moneda. Rutas de los billetes de Banco. El concepto “Gastos reproductivos de un Estado”, *Madrid Científico*, nº 1.404, 1936, pp. 177-179.

“La moneda. Variaciones sobre el tema. ¿Resolvería el gran problema, su reparto, aún siendo de oro?”, *Madrid Científico*, nº 1.405, 1936, pp. 193-194.

“La moneda. ¿Seguirá al “Bimetalismo” la implantación de un sistema Bi-Monetario”, *Madrid Científico*, nº 1.406, 1936, pp. 209-210.

“Aforo de los sifones del aliviadero de la presa de Burgomillado en el río Duratón”, *Madrid Científico*, nº 1.409, 1936, pp. 261-262.

“La progresión del avión sin motor, contra el viento”, *Revista de Aeronáutica*, 1944, pp. 49-55.s

Una de las facetas poco o nada exploradas de Cantero Villamil se adentra en la economía política. A continuación se recoge un extracto de las sugerencias que hace en los artículos y el libro que sobre este tema se citan en la bibliografía.

PROPUESTAS PARA LA REGENERACIÓN ECONÓMICA

Federico Cantero Villamil siempre tuvo presente en sus proyectos las consecuencias de índole económica y social, llegando a publicar una serie de artículos, en *Madrid Científico*, entre 1935 y 1936 de carácter económico y un libro, publicado en 1937, con el título “Afanos para el resurgimiento de España. La Herramienta”. Consciente de los problemas de enfoque para la resolución de la crisis económica intentó demostrar que las medidas para controlar el déficit público no eran una solución definitiva, si no se tomaban otras conducentes a la generación de riqueza.

La clave estaba en el aumento de velocidad en la circulación del dinero, para ello proponía que el Estado ejecutase, con decisión, las inversiones necesarias en todos los sectores que eran de su competencia, entre los que incluía la sanidad, acompañándola con medidas como la eliminación de las subvenciones directas a los sectores tradicionales, ferrocarriles y minería, para dedicarlas a labores sociales, entre ellas la construcción de viviendas baratas y cubrir necesidades básicas.

Así también, ayudar a la industria mediante la reducción de aranceles para la importación de maquinaria, al tiempo que se controlaba la salida de capitales y se fomentaba la exportación eliminando impuestos. Crear las condiciones necesarias para que el ahorro privado se pusiera a disposición de empresas y particulares con créditos a bajo interés para inversiones justificadas. Suprimir la referencia al oro de la moneda interior y conseguir con todo ello que al final del proceso, la Hacienda Pública recuperase el equilibrio presupuestario de forma automática, puesto que a consecuencia del aumento de la actividad económica crecería de forma natural la recaudación de impuestos y disminuiría el paro.

Es por tanto decididamente keynesiano, casi en el mismo momento en que John M. Keynes publicaba (febrero de 1936) su trascendental obra *Teoría General del Empleo, Interés y el Dinero*, poniendo a disposición de los gobiernos la base teórica necesaria para la recuperación económica, y así poder hacer frente con éxito a las consecuencias de la *Crisis del 29*.

Álvaro González Cascón

Bibliografía generada a raíz de la publicación de la biografía de Federico Cantero Villamil

Libros y Catálogos

CANTERO VILLAMIL, Federico, *Patentes sobre helicópteros obtenidas por D. Federico Cantero Villamil*, Madrid, Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC), 2008.

DÍAZ DE AGUILAR, Isabel y SUÁREZ CABALLERO, Federico, “La energía hidroeléctrica en España. Federico Cantero Villamil adelantado en el Duero (1896-1921)”, *III Congreso Internacional de Patrimonio e Historia de la Ingeniería*, Escuela Universitaria Politécnica de la ULPGC y Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP), Mayo 2008.

DÍAZ DE AGUILAR, Isabel, (Coord.), *150 años de Ferrocarril en Zamora*, [cat. exp.] Zamora, Asociación Ferroviaria Zamorana - Diputación de Zamora, 2014.

DÍAZ MORLÁN, Pablo y CHAPA, Álvaro, *Luces del Duero, 1900 - 1970*, [cat. exp.], Madrid, Fundación Iberdrola, 2009.

GONZÁLEZ CASCÓN, Álvaro, RODRÍGUEZ VIDAL, José Manuel et ali, *Cien años en línea. Un viaje apasionante*, [cat. exp.] Zamora, Asociación Ferroviaria Zamorana - Instituto de Estudios Zamoranos “Florián de Ocampo” - CSIC, 2014.

HERNANDO GARRIDO, José Luis, (Coord.), *Nec Otium. Siglos XIX, XX y XXI. Comercio e Industria en Zamora*, [cat. exp.], Zamora, Museo Etnográfico de Castilla y León - Cámara de Comercio de Zamora, 2007.

LÓPEZ RUIZ, José Luis, “Federico Cantero Villamil. Un ingeniero maestro en la invención para la innovación y el desarrollo”, *III Congreso Internacional de Patrimonio e Historia de la Ingeniería*, Escuela Universitaria Politécnica de la ULPGC y Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP), Mayo 2008.

LÓPEZ RUÍZ, José Luis, *La contribución española en las aeronaves de alas giratorias*, Madrid, Eurocopter España, 2011.

NÚÑEZ LADEVÉZE, Luis. (Coord.), *Recuerdos de un marino de guerra. Origen de la aeronáutica naval en España*, Madrid, Universitas, 2014.

PINTADO QUINTADA, Pedro, PRIETO TUR, Lluís, *El Ferrocarril Directo de Galicia (Zamora - Ourense - A Coruña) y la Compañía MZOV*, Barcelona, Lluís Prieto-Editor, 2014.

RICOL FÉLEZ, África, “Los archivos personales de los ingenieros Emilio Herrera Linares y Federico Cantero Villamil”, *Comunicación en las Quintas Jornadas de Archivo y Memoria. Extraordinarios y fuera de serie: formación, conservación y gestión de archivos personales*, Madrid, Centro de Ciencias Humanas y Sociales, 17-18-02-2011.

SUÁREZ AGUILAR, Andrea, *Historias menudas del Guadarrama. Guía para curiosos y desavisados*, Madrid, Arts & Press, 2007.

SUÁREZ CABALLERO, Federico, *Personajes singulares. La Granja - Valsaín (1737-2008)*, Real Sitio de San Ildefonso-La Granja (Segovia), ÍCARO ediciones, 2009.

Publicaciones periódicas

ANGULO ÁLVAREZ, Antonio, “Federico Cantero Villamil ingeniero de Caminos apasionado por la aeronáutica”, *Revista de Obras Públicas*, nº 3.504, 2009, pp.45-49.

BAYO, Ignacio F., “El hombre de la Libélula”, *Ingeniería y Humanidades*, nº 267, 2007, p.96.

DIAZ DE AGUILAR CANTERO, Fernando, “La Libélula Española de Federico Cantero Villamil (1874 - 1946)”, *Aviador*, nº 52, 2009, pp. 46-49.

DÍAZ DE AGUILAR, Isabel y SUÁREZ CABALLERO, Federico, “Federico Cantero Villamil. Entre la desmemoria y el revisionismo”, *Ingeniería y Territorio*, nº 79, 2007, pp.64-73.

GONZÁLEZ CASCÓN, Álvaro, “El primer motor de aviación Hispano-Suiza”, *Aeroplano*, nº 32, 2014, pp.68-73.

REDONDO QUINTELA, Félix, (Coord.), “San Román de los Infantes, el primer salto del Duero”, *Revista Técnica Industrial*, nº 209, 2010, pp.52-57.

LEDESMA GONZÁLEZ, Antonio, “Zamora en Unamuno: un itinerario visual a través del fondo fotográfico del rector”, *Studia Zamorensia*, 2015, pp. 133-148.

LÓPEZ RUIZ, José Luis, “Federico Cantero Villamil y Juan de la Cierva”, *Aeronáuticos*, nº 205, 2008, p. 4.

“Federico Cantero Villamil. Crónica de una voluntad. El hombre, el inventor”, *Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica*, nº 379, 2006 - 2007, pp. 42-43.

MARTÍNEZ-SICLUNA, Consuelo, “Federico Cantero Villamil. Crónica de una voluntad. El hombre, el inventor”, *Revista de Historia Contemporánea*, nº 63, 2007, pp.179-180.

PIÑERO, Erasmo, “Federico Cantero Villamil: Spanish Helicopter Pioneer”, *Vertiflite*, nº 1, 2012, pp. 40-44.

- The Work of Spanish Helicopter Pioneer Federico Cantero Villamil, and a Preliminary Design and Performance Review of the Helicopter Libélula Española (107), Forum 68. Steering Vertical Flight Technology in New Directions. Organized by AHS International. Forth Worth, Texas. USA, Mayo 2012.

- Design and Performance Study of the Spanish Helicopter Libelula Española, Forum 69. Advancing Vertical Flight Technology in Demanding Enviroments. Organized by AHS International, Phoenix, Arizona. USA, Mayo 2013.

RODRÍGUEZ, JOSÉ Manuel, GONZÁLEZ CASCÓN, Álvaro, “El Primer proyecto del F.C. Zamora - Ourense de Federico Cantero Villamil”, *Carrileiros & Foula-Ourense*, nº 33, 2013.

SÁENZ RIDRUEJO, Fernando, “Comentarios al artículo Federico Cantero Villamil, ingeniero de Caminos apasionado por la aeronáutica de Antonio Angulo Álvarez”, *Revista de Obras Públicas*, nº 3.506, 2010, pp.55-57.

SÁNCHEZ HOYA, Alejandro, “Los helicópteros en España”, *Revista Española de Defensa*, nº 237, 2008, pp.42-43.

SUÁREZ CABALLERO, Federico, “Alas Giratorias. Centenario de la patente nº 48.214 de fecha 13 de junio de 1910, precursora del helicóptero español”, *Madrid Histórico*, nº 30, 2010, pp. 83-87.

“Emotivo homenaje a Federico Cantero Villamil”, *Papeles de la Ingeniería*, nº 45, 2006, p. 2.

Bibliografía General

Libros

AMIGO ROMÁN, Pedro, “La Industria Eléctrica en Valladolid (1887-1930): Características fundamentales”, en YUN CASALILLA, Bartolomé, *Estudios Sobre Capitalismo Agrario, Crédito e Industria en Castilla (XIX y XX)*, Valladolid, Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Bienestar Social, 1991. pp. 207-222.

CANTERO GARCÍA-ARENAL, Francisco, *Mis Memorias (1916-1942)*, Madrid, inéditas, 1983.

CID, Rafael, *Carrilanos: os tuneles dun tempo*, Xerais de Galicia, 2005.

DE CIRIÓN ESCORIZA, Carmelo, “Necrologías, Ilmo Sr. D. José Crespo Álvarez”, *Revista de Obras Públicas*, 1951, p. 200.

DIAMANTE CABRERA, Julián, De Madrid al Ebro. *Mis recuerdos de la guerra civil española*, Madrid, Fundación Ingeniería y Sociedad, 2011.

CANCELAS FRANCO, Xésus et. ali, *Moaña, Historia Fotográfica*, Tomo I, Moaña (Pontevedra), Agrupación Cultura Nós, 2011.

CORTEZ, Alberto, *A instalação hidroeléctrica do “Porvenir de Zamora”*, Lisboa, Publicações do Laboratorio de Física do Instituto Superior Técnico, 1915.

GARRIDO RODRÍGUEZ, Jaime, *El puerto de Vigo. Síntesis histórica*, Vigo, Autoridad Portuaria-Consorcio Zona Franca de Vigo, 1996.

GOMEZ NAVARRO, Jose Luis, *Salto de agua y presas de embalse*, Tomo II, Madrid, Escuela de Caminos, 1953.

GLICK, Thomas F., *Einstein in Spain. Relativity and the Recovery of Science*, New Jersey, Princeton University Press, 1988.

GLICK, Thomas F., *Einstein y los españoles. Ciencia y Sociedad en la España de entreguerras*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2005.

IGUAL, José, *Salto de agua. Motores e instalaciones hidroeléctricas*, Madrid, Librería de E. Dossat, 1913.

LUIS ANDRÉ, Eloy, *El ferrocarril del Príncipe de Asturias (Zamora-Orense)*, Madrid, Sucesores de Rivadeneira, 1926, p. 140.

MATEOS RODRÍGUEZ, Miguel Ángel, *Historia de Zamora. La Historia Contemporánea*, Zamora, Instituto de Estudios Zamoranos “Florián de Ocampo”, 1995.

MUNSON, Kenneth, *Cazas 1919-39*, Madrid, San Martín, 1971.

MONTOLIU, Violeta, *Mariano Benlliure*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1997.

PÉREZ RAMOS, Herminio, *Un siglo de Iberdrola en Zamora, 1898-San Román, 1998-Ricobayo II: la aventura de fin de siglo: El salto de San Román de los Infantes*, Zamora, Iberdrola, 1995.

RODRIGUEZ ZARRAZINA, Isidro, *El ferrocarril directo de Valladolid a Vigo y las comunicaciones ferroviarias con Galicia, Valladolid*, Valladolid, Imprenta Castellana, 1916.

SÁENZ RIDRUEJO, Fernando, *Ingenieros de Caminos del siglo XIX*, Madrid, Colegio de Caminos, Canales y Puertos, 1990.

SÁENZ RIDRUEJO, Fernando, “Cantero Villamil, Federico”, *Diccionario Biográfico español*, Madrid, RAH, 2010, Vol. XI, pp. 125-126.

YESARES BLANCO, Ricardo, “*Anuario de electricidad para 1905*”, Madrid, De Bailly-Bailliere e hijos, 1905.

WARLETA, José, Autogiro; *Juan de la Cierva y su obra*, Madrid, Instituto de España, 1977.

Publicaciones periódicas

“El aprovechamiento del Duero”, *Madrid Científico*, nº 170, 1898, p. 1.264.

“Aprovechamiento del Duero”, *Madrid Científico*, nº 240, 1899, p. 208.

“Compañía anónima El Porvenir de Zamora, domiciliada en la ciudad de Zamora: Concurso”, *Madrid Científico*, nº 242, 1899, p. 236.

“Relación nominal de los Ingenieros de Caminos que terminaron sus estudios en los años 1839 a 1898”, *Revista de Obras Públicas*. Nº extraordinario, 1899.

“Una reunión”, *El Correo de Zamora*, nº 3.455, 1909.

“El Ferrocarril de Zamora a Orense”, *El Correo de Zamora*, nº 3.456, 1909.

“Última hora, lo tratado en el Consejo”, *El Correo de Zamora*, nº 3.466, 1909

“Memoria anual 1912 M.Z.O.V.”, *Gaceta de los Caminos de Hierro*, nº 2.928, 1913, pp. 197-199.

“Los ferrocarriles de Castilla; Valladolid-Benavente-Vigo”, *Gaceta de los Caminos de Hierro*, nº 2.921, 1913, pp. 109-112.

“Don Antonio Massó”, *Revista Ilustrada de Banca, Industria y Ferrocarriles*, 1913, pp. 86-87.

“De interés regional. El Ferrocarril de Zamora á Orense”, *El Correo de Zamora*, nº 4.801, 1913.

“El ferrocarril Valladolid-Vigo”, *Gaceta de los Caminos de Hierro*, nº 2.966, 1914, pp. 73-74.

“Notas de Sociedad”, *El Correo de Zamora*, 1914.

“Zamora-Orense”, *Revista Ingeniería y Construcción*, nº 41, 1926, p.81.

ROMERA, Juan “Cálculo de estabilidad de la presa del Burguillo I”, *Revista de Obras Públicas*, nº 2.583, 1931, pp. 417- 421.

ROMERA, Juan, “Cálculo de estabilidad de la presa del Burguillo II”, *Revista de Obras Públicas*, nº 2.584, 1931, pp. 434- 438.

“Banquete de la Asociación de Ingenieros de Caminos”, *Revista de Obras Públicas*, 1935, p. 18.

“Club de vuelos sin motor La Atalaya”, *Revista de Aeronáutica*, 1935, pp. 521-522.

HERRERA LINARES, Emilio, “La energía interna del viento arrachado”, *Madrid Científico*, nº 1.404, 1936, pp. 185-186.

SÁENZ RIDRUEJO, Fernando, “Los ingenieros de Caminos de la generación del 98”, *Los Cuadernos de Cauce 2000*, nº 14, 1985.

DÍAZ MORLÁN, Pablo, “El proceso de creación de los Saltos del Duero”, *Revista de Historia Industrial*, nº 13, 1998, pp. 181-198.

PEREZ-GALDOS, Enrique (ed.), “La Cia. M.Z.O.V. Historia de una concesionaria de ferrocarriles”, *Revista de Obras Públicas*, nº 3.473, 2007, pp. 51- 66.

SÁENZ RIDRUEJO, Fernando, “Presas de contrafuerte tipo Cantero”, *Revista de Obras Públicas*, nº 3.506, 2010.

MUÑOZ REBOLLO, Gabriel, “El Puente-Arco de San Miguel. Magia en la Huesca de 1912. Monumento modernista, pionero del hormigón armado, obra del ingeniero de Caminos Gabriel Rebollo Canales”, *Revista de Obras Públicas*, enero 2017, pp. 50-73.



Colegio de Ingenieros
de Caminos
Canales y Puertos
de Madrid



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO