

# LA RESTAURACIÓN BORBÓNICA

## THE BOURBON RESTORATION

IGNACIO GONZÁLEZ TASCÓN. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
 Profesor de Estética e Historia de la Ingeniería. Universidad de Granada. [tascon@ugr.es](mailto:tascon@ugr.es)

**RESUMEN:** En este artículo se pasa revista al periodo comprendido entre la Restauración de la Monarquía con Alfonso XII y, tras su muerte, la Regencia hasta la mayoría de edad de Alfonso XIII. Es un periodo de grandes innovaciones tecnológicas, como la introducción de la dinamita, el alumbrado eléctrico y los primeros tranvías.

**PALABRAS CLAVE:** HISTORIA, SIGLO XIX, INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

**ABSTRACT:** The article reviews the period from the restoration of the monarchy under Alfonso XII and, following his death, the Regency period up to the coming of age of Alfonso XIII. This was a period of great technical innovation such as the introduction of dynamite, electric lighting and the first trams.

**KEYWORDS:** HISTORY, 19<sup>TH</sup> CENTURY, TECHNOLOGICAL INNOVATIONS

Tras la restauración de la monarquía en 1874, ascendió al trono Alfonso XII, un rey popular que gobernó hasta su temprana muerte acaecida en 1885.

Entre los hechos relacionados con la ingeniería civil y sus artífices, señalaremos en primer lugar la aparición, en la promoción de 1874 de los primeros "Ingenieros Libres de Caminos, Canales y Puertos" que ya no ingresaban al terminar la carrera como funcionarios en el Cuerpo de Ingenieros del Estado, y que debían por tanto buscarse acomodo profesional en la industria privada, en campos tales como la construcción o el trazado de nuevos ferrocarriles al servicio de compañías privadas.

Estos nuevos ingenieros podían hacer una oposición para ingresar en el Cuerpo tan sólo cuando se convocase una plaza vacante.

En el campo de los nuevos materiales y medios auxiliares de construcción destaca durante el reinado de Alfonso XII la aparición de un nuevo explosivo - la dinamita - que sustituye con ventaja a la pólvora tradicional. Inventada por Alfred Nobel (1833-1896), en España comienza a experimentarse en la década de los setenta, y en la Revista de Obras Públicas, encontramos instrucciones para su correcto empleo. Se reseña por ejemplo, que la dinamita se hiela con facilidad (a los ocho grados centígrados) y que una vez helada no detona, por lo que se dan recetas para proceder a su deshielo.

En las obras de ingeniería se utilizaba la dinamita fabricada en una factoría establecida en Galdácano (Vizcaya) por la "Sociedad Anónima Española".

Otra novedad que cobra un auge creciente durante este periodo, es la iluminación eléctrica.

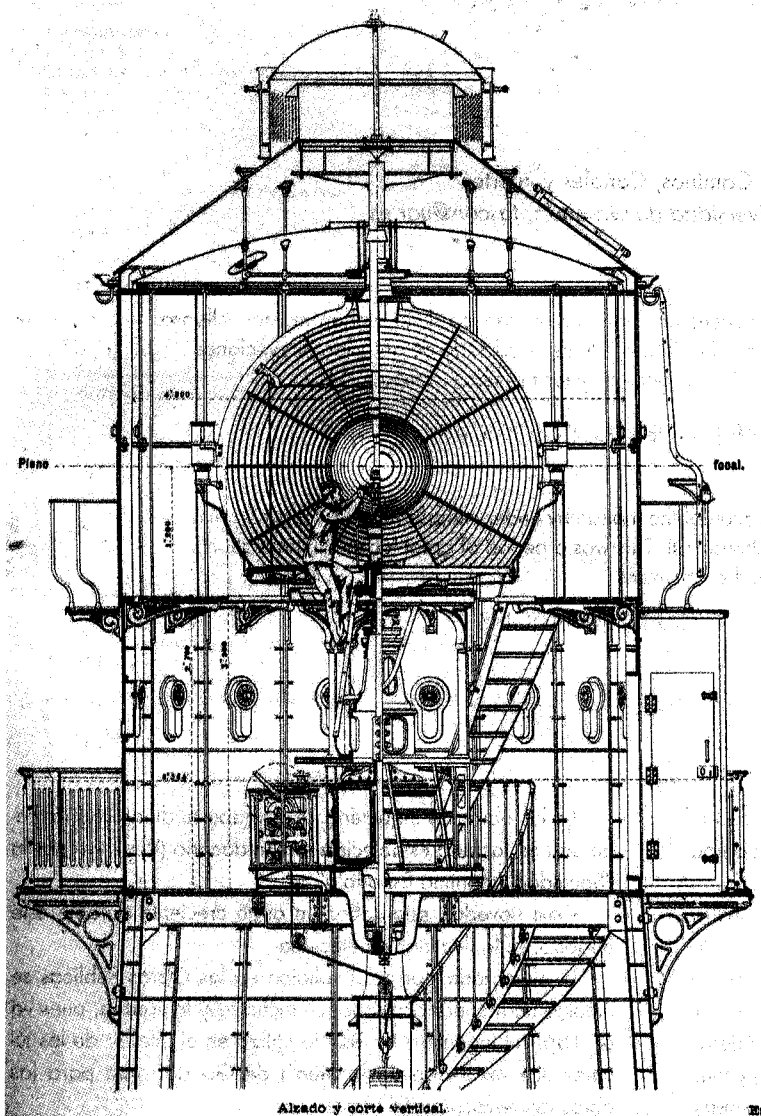
El alumbrado por arco voltaico en las Obras Públicas se empleó de manera ocasional en fecha muy temprana, pues ya en 1863 el ingeniero M. Brut lo utilizó en el interior de los túneles que excavaba en la Sierra de Guadarrama para las obras del ferrocarril del Norte.

Esta nueva iluminación sustituyó con ventaja a las antorchas tradicionales que viciaban el aire que respiraban todas las personas que trabajaban en los túneles.

A principios de 1875, con motivo de la entrada en la capital del nuevo rey Alfonso XII - tras la restauración de la monarquía - se instaló una iluminación eléctrica en las fuentes de Neptuno y Cibeles que causó sensación entre los madrileños noctámbulos que acudieron a verlo.

A partir de entonces el alumbrado eléctrico se extendió a otras actividades más tradicionales y castizas, como la corrida de toros nocturna celebrada en Madrid en julio de 1879.

El evento es putualmente recogido por *La Ilustración Española y Americana*, una de las revistas más lujosas y mejor informadas de la época. En ella se nos informa que a pesar de las expectativas levantadas entre los taurófilos la corrida no resultó un éxito rotundo, pues si bien los tendidos de sol y som-



Alumbrado  
marítimo:  
aparato de  
destellos  
simples.  
Alzado y corte  
vertical.  
(ROP 1897).

bra estaban por igual al abrigo de los calores inmisericordes del estío, el espectáculo "fue una corrida de siluetas", en la que "la sangre había perdido su horroroso color, tomando el de la tinta".

Mayor éxito había tenido unos meses antes la iluminación (también por arco voltaico) de la Puerta del Sol el 24 de enero 1878, con motivo de la celebración de la boda de Alfonso XII con María de las Mercedes, pues perduró, con algunas interrupciones, hasta abril de 1881.

La iluminación mediante arco voltaico resultó muy eficaz para alumbrar grandes espacios públicos, pero presentaba muchas dificultades cuando se aplicaba a salones de palacios o edificios particulares.

Por ello resultó un avance notable la aparición de la iluminación por incandescencia, invento del científico norteamericano Thomas Edison (1847-1931).

Invento que permitió resolver la dificultad de dividir la luz artificial en pequeñas unidades, y que abrió un mercado enorme a la iluminación de espacios interiores de edificios de viviendas y oficinas.

En 1882 la compañía de los Dalmau, una empresa familiar catalana dedicada a las instalaciones eléctricas llevó a cabo en Madrid una iluminación que tuvo una gran repercusión social. En la noche del 27 de junio se inauguró oficialmente la iluminación eléctrica del Palacio de Buenavista y de sus jardines, sede por entonces del Ministerio de la Guerra. La iluminación combinaba lámparas de arco voltaico, que al decir de las revistas de la época producían "luz difusa, de matiz nacarado, semejante a una atmósfera luminosa, al mágico resplandor de la luna llena en los países tropicales", con lámparas de incandescencia, más adecuadas para la iluminación de los espacios interiores.

Otra novedad tecnológica surgida durante el reinado de Alfonso XII, y que a la larga se mostrará imparable, es el teléfono, cuyos primeros ensayos se realizan en 1877 en las ciudades de La Habana y Barcelona, y al año siguiente en la villa de Madrid.

Pronto los ciudadanos de Madrid, Barcelona, Bilbao o Valencia comienzan a utilizar el teléfono para escuchar música, atender con comodidad a los sermones religiosos, jugar al ajedrez o charlar con familiares y amigos.

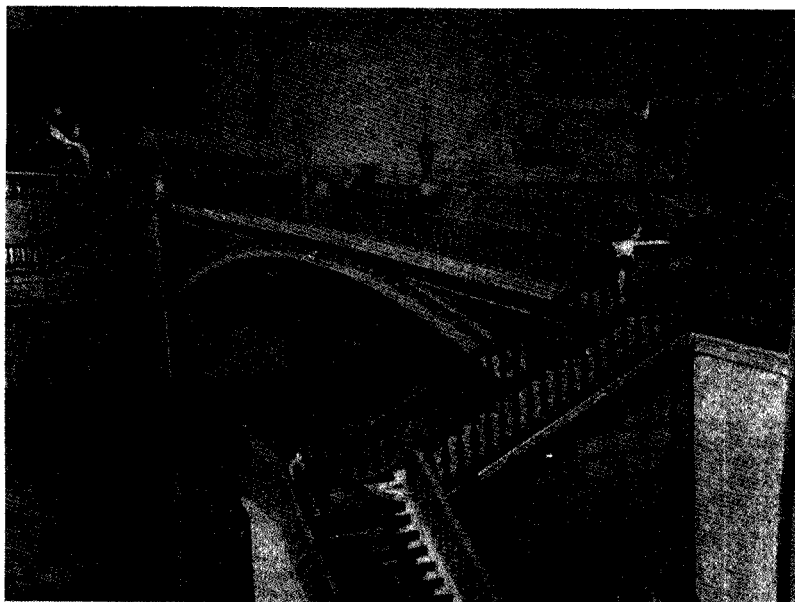
En el campo de la ingeniería hidráulica, una de las mayores realizaciones durante este periodo fue la construcción de una nueva presa en el Estrecho de Puentes, levantada a escasa distancia aguas abajo de la antigua, arruinada en 1802 por un sifonamiento causado por su cimentación deficiente.

Esta nueva presa, destinada como la anterior al regadío, fue proyectada para embalsar las aguas del río Guadalentín por el ingeniero de caminos Francisco Prieto Caules hacia 1880.

Su artífice concibió una presa de gravedad, planta circular y 48 metros de altura, capaz de embalsar en su vaso unos 36 millones de metros cúbicos.

La mayor dificultad fue la cimentación, pues para alcanzar la roca sana fue necesario remover un espesor de acarreos de más de veinte metros, y de este modo conjurar los peligros que habían arruinado en 1802 la antigua presa del Estrecho de Puentes. Se puso en explotación en 1884, terminándose unos años más tarde.

Entre las obras hidráulicas de abastecimiento urbano nos referiremos en primer lugar a la traída de aguas a Manila, proyectada hacia 1877 por el ingeniero de caminos Genaro Palacios y Guerra. Una galería subterránea captaba las aguas del río San Mateo y las conducía a un pozo de filtros y de allí a unas máquinas de vapor que las elevaban a cota necesaria para que un canal pudiera conducir las por gravedad hasta la colina de San Juan del Monte, donde se construyeron dos grandes depósitos desde los que se repartía el

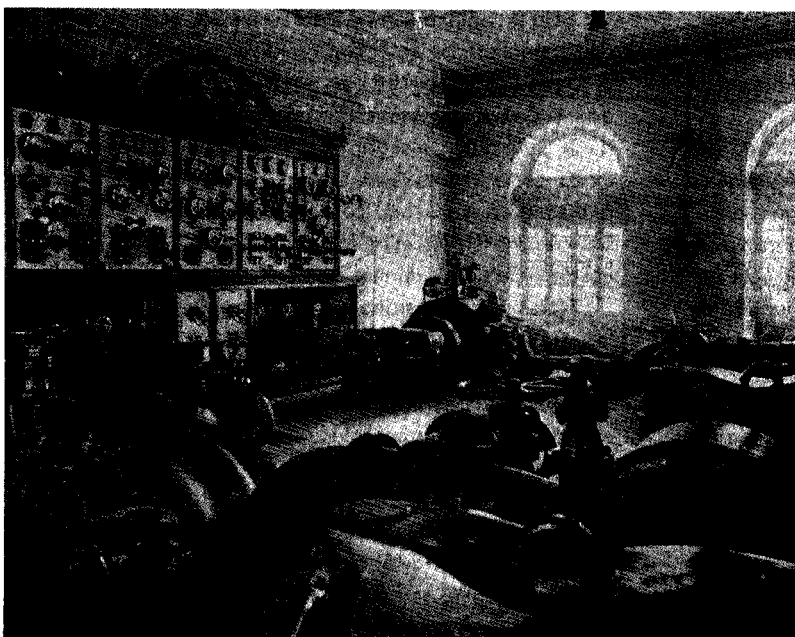


**Puente de San Francisco sobre la ría de Bilbao. (ROP 1897).**

agua por los diversos barrios de la ciudad. Las obras se iniciaron a principios de 1878 fueron inauguradas el 24 de julio de 1882, brotando por las fuentes el agua entre el general alborozo de la población.

Se dió la curiosa circunstancia de que estas aguas inaugurales, tan celebradas por la ciudadanía, no procedían - como podría suponerse - de la captación de las aguas del río San Mateo (pues aún no habían entrado en funcionamiento las máquinas de vapor) sino de las filtraciones de un largo túnel de más de tres kilómetros de longitud que se había excavado simplemente para dar paso al canal del acueducto.

**Central de luz eléctrica de Burgos. (ROP 1897).**



En la Península, el celebrado Canal de Isabel II que abastecía Madrid, estaba amenazado en su buen funcionamiento por la imposibilidad de controlar las filtraciones de la presa del "Pontón de la Oliva".

Para remediar la situación se decidió construir una nueva presa sobre el mismo río Lozoya, aguas arriba del Pontón de la Oliva, que recibió el nombre de la "Presa del Villar". Esta nueva presa fue proyectada por los ingenieros de caminos Elzeario Boix y José Morer, cuyo proyecto fue aprobado en 1873, año en que se inician las obras.

Un modelo de la "Presa del Villar" fue presentado en 1878 en la Gran Exposición Universal de París, donde fue premiada, noticia que recoge con íntima satisfacción corporativa la Revista de Obras Públicas en sus crónicas.

A pesar del éxito, las obras de la "Presa del Villar" no se finalizaron hasta el año 1882.

Muy notable fue también, durante este periodo, la labor del ingeniero Ángel Mayo de la Fuente. A él se debe el abastecimiento de Jerez de la Frontera, que utilizaba los manantiales de Tempul, las mismas aguas con las que los romanos abastecieron en la antigüedad la ciudad de Gades.

Posteriormente proyectó el abastecimiento de aguas a Santander, lo que consolidó su fama como ingeniero hidráulico. Murió - signo de los nuevos tiempos - en un accidente de tráfico ferroviario en 1884, cuando aún no había alcanzado su plenitud. Tenía 57 años y era el presidente de la redacción de la Revista de Obras Públicas, que recoge con pesar la triste noticia.

Entre las infraestructuras para el transporte, destacaremos, antes de hablar del ferrocarril, el "Puente de San Francisco" sobre la ría de Bilbao, proyectado por el ingeniero e historiador de las obras públicas Pablo de Alzola. Vino a sustituir uno colgante anterior, y estaba formado por dos arcos parabólicos metálicos rebajados de 42 metros de luz; se terminó en 1882.

En relación al ferrocarril, señalar que continuó siendo durante este período un negocio privado de gran vitalidad, y en ocasiones construido con una gran rapidez. Tal fue el caso del ferrocarril directo de Madrid a Ciudad Real, de 170 km de recorrido muy sencillo, que fue construido en tan solo catorce meses por el contratista Juan Bautista Dauderni, inaugurándose en febrero de 1879.

En la mayoría de las ocasiones hubo sin embargo que salvar fragosidades, sierras y cordilleras, lo que obligo a la construcción de numerosos puentes y túneles. Entre los primeros destacaremos el "Puente Internacional de Tuy", sobre el río Miño, en la frontera entre Tuy y la población portuguesa de Valença.

Fue proyectado por el ingeniero Pelayo Mancebo, y se construyó en los primeros años de los ochenta, abriéndose al público en 1886. El tren discurría por encima del cajón de la viga celosía, los carruajes por su interior, y los caminantes por una acera volada exterior.



**Muelle  
embarcadero  
de mercancías  
del puerto de  
Huelva.  
(ROP 1897).**

Otro puente importante fue el del "Estrecho de Cobas", formado por un único tramo recto de 97 metros de luz y que cuando entró en servicio en 1883 era el de mayor luz de España en su género.

En cuanto a los túneles, sólo unos pocos salieron del anonimato y lograron una discreta fama perdurable, gracias a su longitud, grado de dificultad o geometría atormentada.

De ellos destacamos el "Túnel del Lazo", en la provincia de León, construido entre 1877 y 1882, notable no sólo por su longitud (1.044 m) sino sobre todo por la peculiaridad de que la vía en el túnel pasa por debajo de sí misma, particularidad que recuerda su nombre.

Quizá el conjunto más notable está constituido por los setenta túneles que la "Compañía de los Ferrocarriles de Asturias, Galicia y León" excavó para salvar el enorme desnivel entre Asturias y León por el Puerto de Pajares.

Túneles que por cierto la Compañía no hizo de buen grado, pues inicialmente pretendió resolver la comunicación mediante la construcción de un "plano inclinado", solución más propia de un ferrocarril minero que de uno para viajeros.

Sólo la indignación de los oventenses, que salieron airados a manifestarse en contra de la solución de la Compañía el 27 de marzo de 1881 en un céntrico mercado de la ciudad enderezó las cosas. De resultas del histórico alboroto de la ciudadanía el lugar pasó a denominarse –hasta hoy– Plaza de la Escandalaria. Finalmente la Compañía rectificó realizándose el trazado convencional que Asturias reclamaba, con sus túneles entre los que destaca el legendario "Túnel de la Perruca", de más de tres kilómetros de longitud.

Finalmente en verano de 1884 quedó abierto al tráfico ferroviario el histórico enlace entre Asturias y Castilla.

Además de las líneas de vía ancha española –las célebres dos varas de paño de Castilla– hacen su aparición en este periodo los ferrocarriles de vía estrecha para el transporte de viajeros.

Entre ellos destacamos el tendido entre Palma e Inca en la isla de Mallorca, de 29 km. de longitud, inaugurado el 28 de febrero de 1875.

Poco después se finalizó otro ferrocarril de vía estrecha entre Silla y el puerto de Cullera. Tenía 25,5 km. de reco-

ruido y fue proyectado por el ingeniero Antonio Cortina, inaugurándose en 1878.

Terminaremos este breve recorrido ferroviario por las estaciones, que de simples embarcaderos, a mediados de siglo, se transformaron paulatinamente en hermosas estructuras de hierro. Entre las construidas durante este periodo destacamos la de Delicias en Madrid, cabecera del nuevo ferrocarril directo de Madrid a Ciudad Real y que fue inaugurada por Alfonso XII en 1880.

La Estación de Delicias se mantuvo en servicio hasta 1969, y posteriormente pasó a convertirse (hasta hoy) en la sede del Museo Nacional de Ferrocarriles.

En la ingeniería portuaria destacan las grandes estructuras metálicas construidas generalmente por empresas privadas que buscaban cargar con facilidad los minerales directamente en los barcos.

Entre los cargaderos construidos en este periodo destaca el de La Compañía "Rio Tinto Company Limited" en el puerto de Huelva para facilitar el embarque del mineral de cobre de las ricas minas de Riotinto. Tiene una longitud de casi seiscientos metros, y la impresionante estructura metálica que se adentra en el mar consta de tres niveles, uno inferior para las mercancías empacadas, y los otros dos para las vagonetas de mineral que descargan por gravedad mediante un sistema de rampas. Este cargadero de mineral se terminó en 1876 y permaneció en uso hasta 1975.

Tras la muerte de Alfonso XII su hijo póstumo fue proclamado (nada más nacer en mayo de 1886) Rey bajo la Regencia de su madre María Cristina, periodo que se prolongará hasta su mayoría de edad, en mayo de 1902

### LA REGENCIA DE MARÍA CRISTINA

Tras la muerte de Alfonso XII su hijo póstumo fue proclamado (nada más nacer en mayo de 1886) Rey bajo la Regencia de su madre María Cristina, periodo que se prolongará hasta su mayoría de edad, en mayo de 1902.

El abastecimiento de agua más importante finalizado en este periodo es, el Canal de Vento para mejorar la dotación de agua a la ciudad de La Habana.

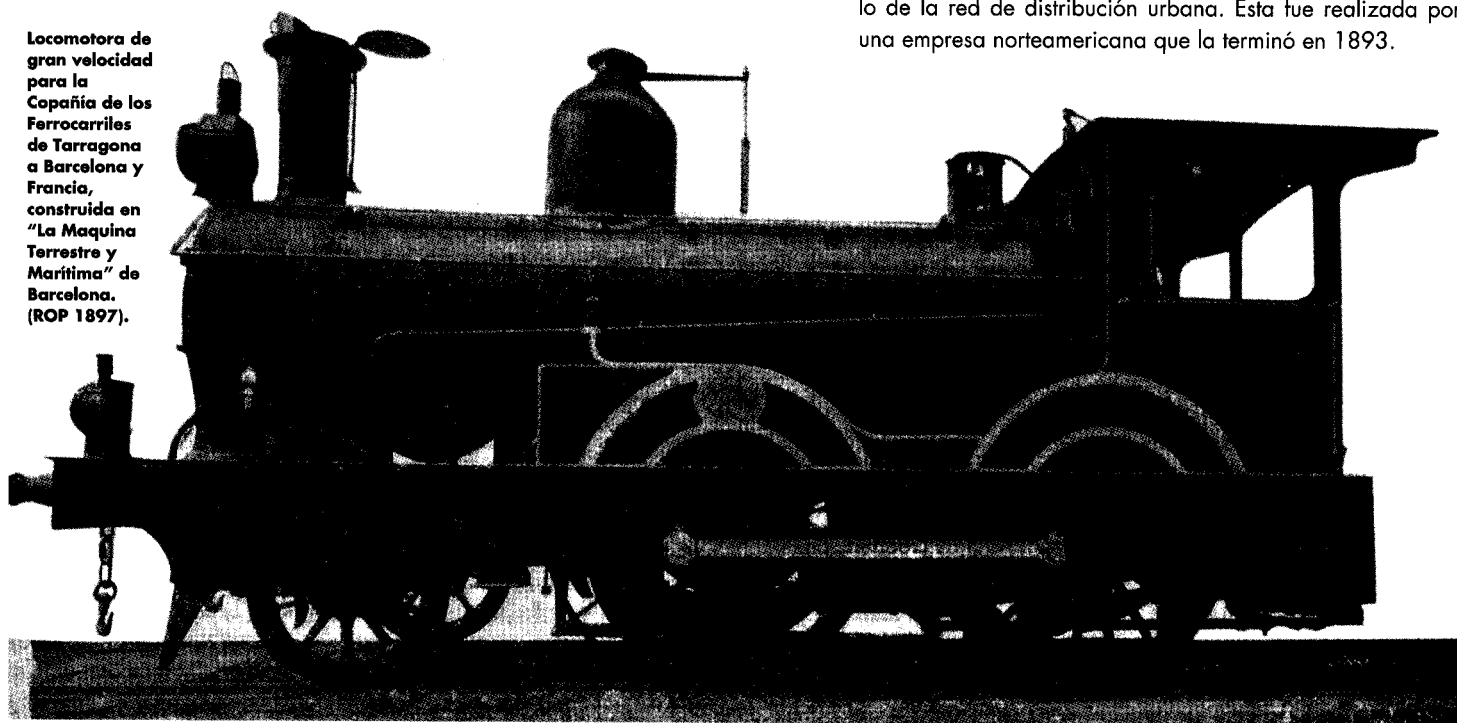
Obra monumental proyectada por el ingeniero militar Francisco de Albear y Lara quien asimismo se ocupó de dirigir las obras hasta su fallecimiento en 1887.

En 1865 se terminaron los cimientos del gran estanque en el que se reunían las aguas que se captaban en los diferentes manantiales que brotaban en Vento, pero hasta 1872 no se logró que las aguas ya canalizadas cruzaran mediante sifones el cauce del río Almendares, que era sin duda el paso más difícil del acueducto.

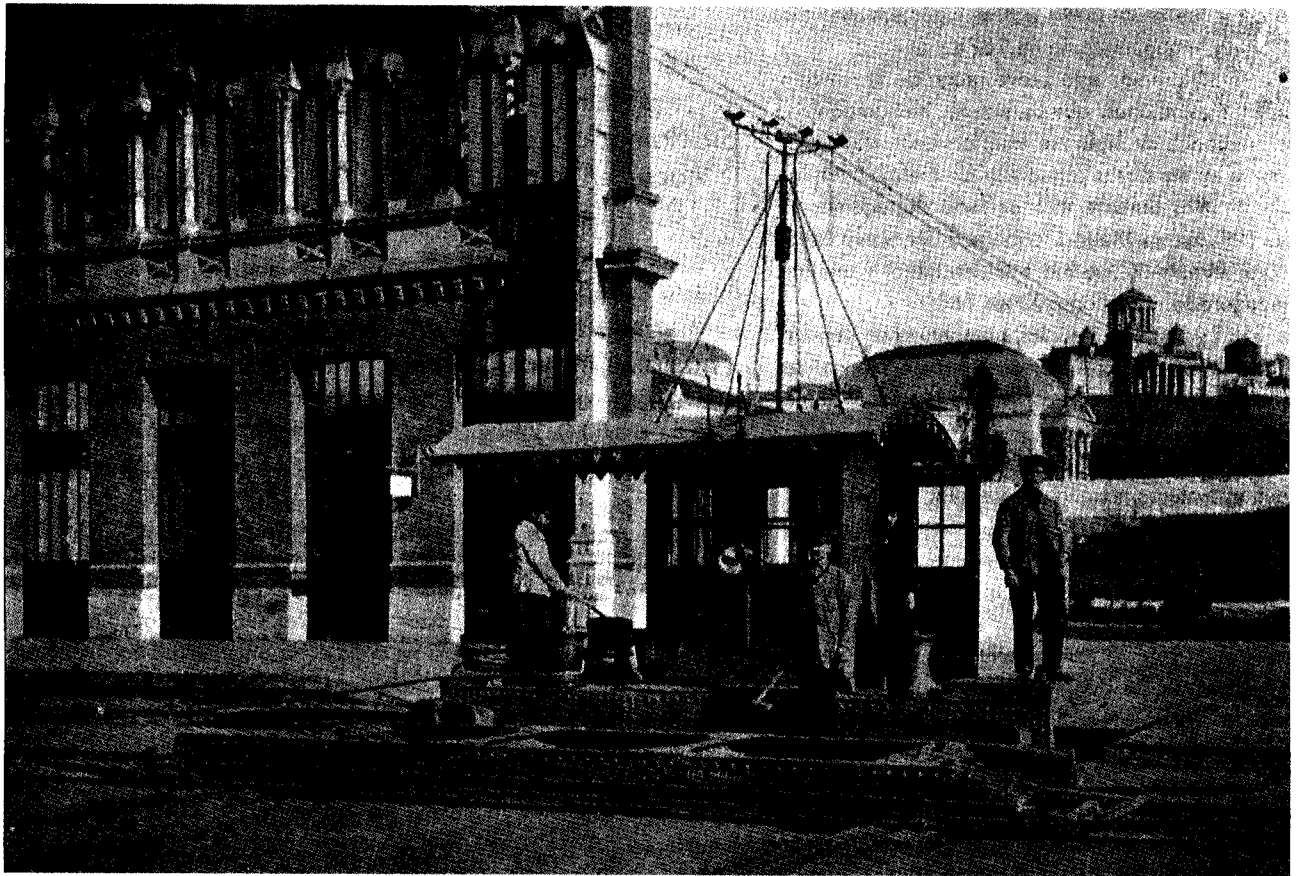
La obra sufrió con frecuencia escasez de fondos para seguir adelante, por lo que Albear se vió obligado, en 1876, a asumir tareas de publicista, escribiendo en "La Voz de Cuba" siete artículos en los que defendía la continuación de las obras por administración directa -tal y como hasta entonces se había venido haciendo- y no mediante la contrata de una compañía inglesa, solución que proponían sus adversarios.

Durante los últimos años, Albear se ocupó de finalizar las obras, que dejó prácticamente terminadas, a falta tan sólo de la red de distribución urbana. Esta fue realizada por una empresa norteamericana que la terminó en 1893.

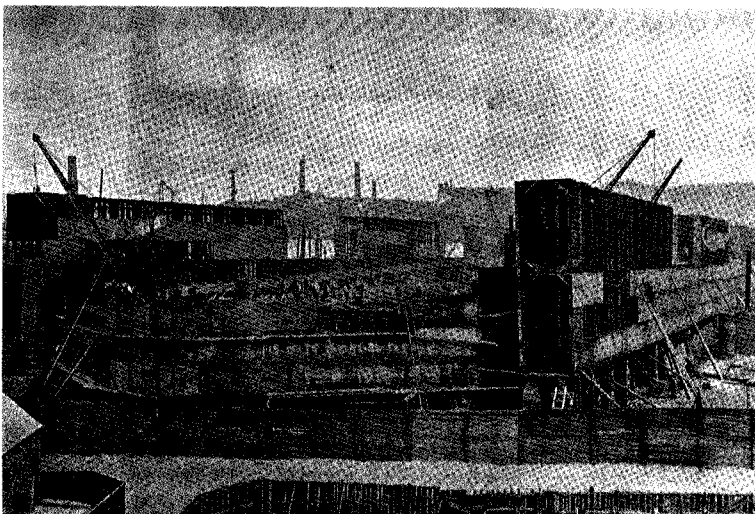
Locomotora de gran velocidad para la Compañía de los Ferrocarriles de Tarragona a Barcelona y Francia, construida en "La Maquina Terrestre y Marítima" de Barcelona. (ROP 1897).



**Carretón transbordador eléctrico de la Estación de Madrid-Atocha. (ROP 1897).**



**Dique flotante de La Habana. Estado de los trabajos de montaje el 19 de mayo de 1897. (ROP 1897).**



El Canal de Vento fue una gran obra que todavía hoy, a principios del siglo XXI, abastece a casi la quinta parte de los habitantes de La Habana.

En el campo de los saneamientos, destaca en este período la obra del ingeniero escatológico Pedro García Faria.

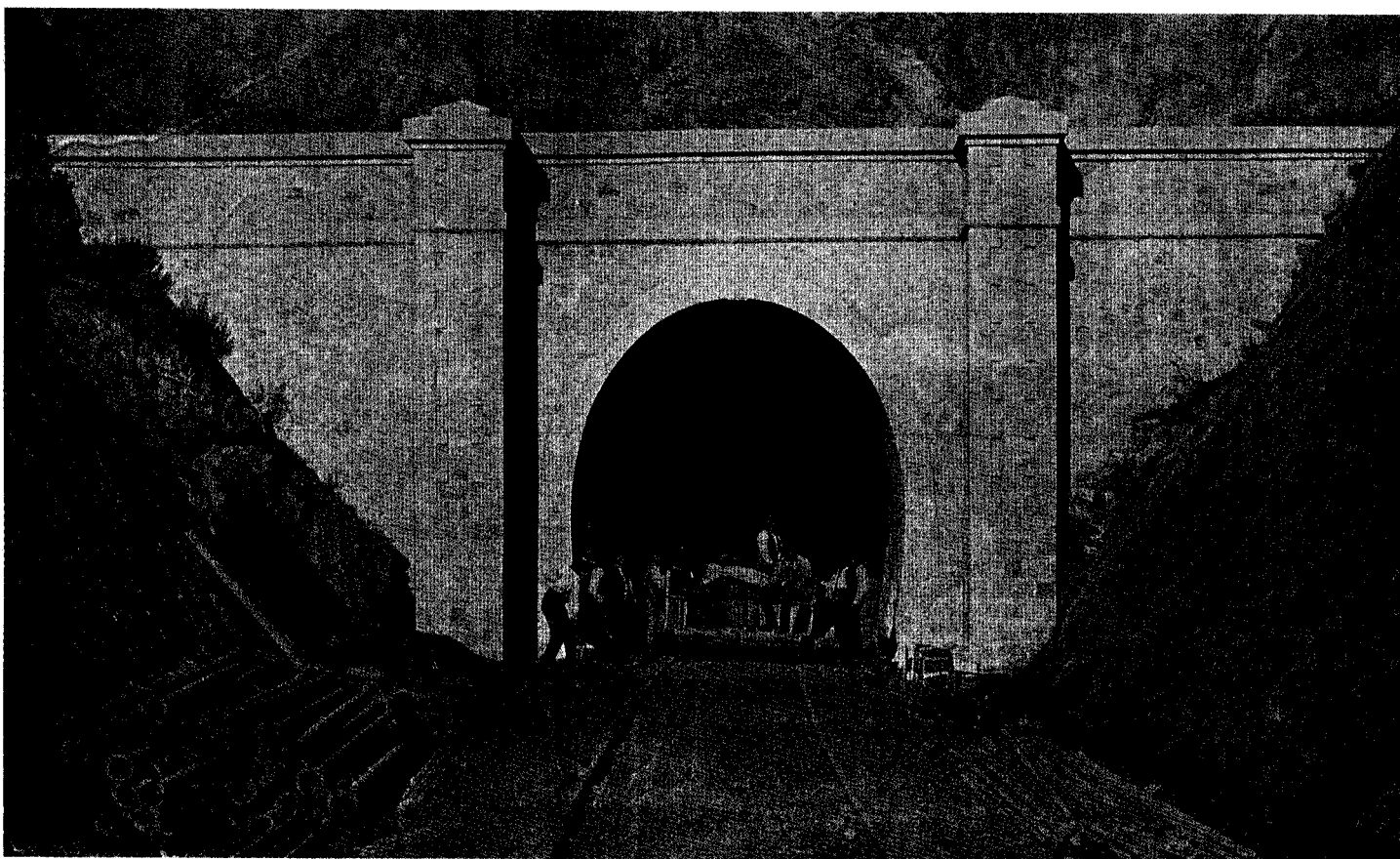
En 1885 una epidemia de cólera asoló Barcelona y causó más de tres mil quinientos muertos. Ante la gravedad de la si-

tuación este mismo año (1885) el Ayuntamiento nombró una comisión para proyectar la reforma del modesto alcantarillado con que contaba la ciudad.

Finalmente hacia 1888 esta corporación encargó al joven ingeniero García Faria la redacción de un "Proyecto de Saneamiento de Barcelona" que contemple la construcción de una red de alcantarillado moderna que pusiera fin a la insalubridad de la ciudad.

La solución propuesta por este ingeniero en 1891 fue aprobada por el Ayuntamiento de Barcelona en junio de ese mismo año. Era un ambicioso proyecto, que contemplaba la construcción de una red de galerías de 212 kilómetros de longitud, en la que se combinaba el transporte rodado por gravedad y el bombeo mediante máquinas de vapor. Todas las galerías principales del alcantarillado eran visitables, y en su construcción se preveía el empleo de cemento hidráulico. El proyecto contemplaba también - siguiendo el ejemplo de la ciudad de París - evacuar las basuras utilizando galerías subterráneas por las que circularían vagonetes guiados sobre carriles, y que serían arrastradas por operarios. Con el título de "Proyecto de Saneamiento del Subsuelo de Barcelona. Alcantarillado. Drenaje. Residuos Urbanos" fue publicado en Barcelona en 1898.

Al igual que décadas atrás le ocurriera a Ildefonso Cerdá con "El Ensanche", el proyecto de García Faria se reali-



**Túnel de Argentesa.**  
ferrocarril de  
Zaragoza a  
Barcelona por Reus.  
(ROP 1897).

**Enclavamientos de  
la Estación  
Madrid-Atocha.**  
Puente de señales.  
(ROP 1898).

zó sólo de manera parcial, y apartando además a su artífice de la dirección de las obras, víctima de una interesada campaña de desprestigio. Muy desvirtuado, se construyó a lo largo de las dos primeras décadas del siglo XX, pero lejos ya de la generosidad y amplitud de miras que tenía el proyecto de Pedro García Faria.

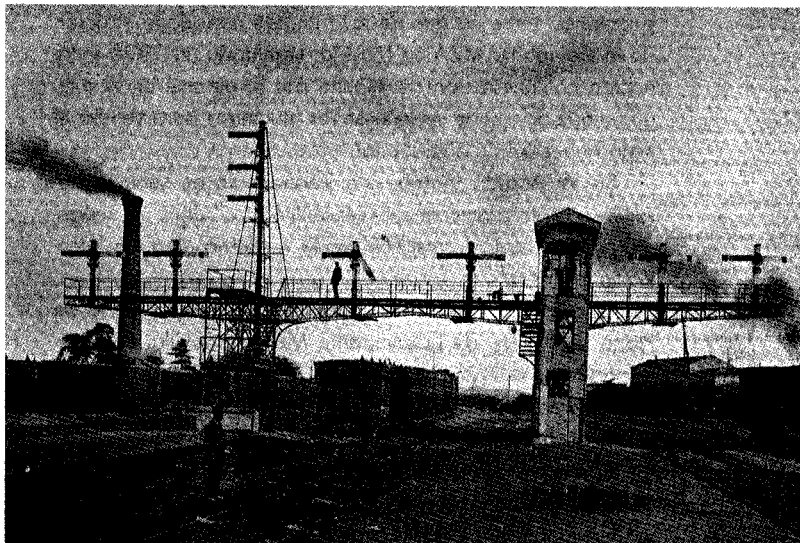
Nos hemos referido anteriormente al entusiasmo popular por la novedosa iluminación eléctrica, pronto sin embargo fue acompañado de airadas protestas de la misma ciudadanía que se quejaba del ruido y humo de las máquinas de vapor que ocupaban el centro de las ciudades que generaban el fluido eléctrico.

Había sin embargo otra manera de generar electricidad, sin calderas ni carbón, sino simplemente aprovechando la energía del agua mediante turbinas. Por ello las ciudades que contaban con ríos o arroyos próximos comenzaron a aprovechar estos saltos transformando antiguas factorías hidráulicas - molinos harineros, batanes, almazaras, molinos papeleros - en nuevas fábricas de luz que aprovechaban los mismos emplazamientos.

Entre las ciudades pioneras en el empleo de energía hidroeléctrica se encuentra Gerona, que ya en 1886 instaló una turbina hidráulica de 45 caballos que durante el día proporcionaba fuerza motriz a unos molinos harineros,

mientras que en las horas nocturnas se transformaba en una fábrica de luz. De este modo se pudo iluminar la ciudad, empleando cuatro lámparas de arco voltaico y ciento noventa de incandescencia.

Pronto muchas otras ciudades siguieron el mismo proceso que transformó la vieja industria hidráulica -poblada de



Tranvía eléctrico de Bilbao. (ROP 1897).



rodeznos y ruedas verticales— en modernas fábricas de luz, provistas de turbinas de rendimiento superior.

La construcción de ferrocarriles continuó a un fuerte ritmo durante la Regencia, y a finales del siglo XIX se superaban ya los trece mil kilómetros de vía férrea abierta al público, que transportaban, además de las mercancías más pesadas, treinta millones de viajeros anualmente.

Para dar servicio a estos viajeros se construyeron nuevas estaciones, entre las que destaca en este periodo la estación de la Compañía MZA en Madrid, terminada en 1892 y conocida como estación de Atocha por levantarse en el antiguo mercado donde se reunían los atocheros para vender el esparto que traían a la capital.

Su espléndida marquesina permaneció en servicio durante un siglo y actualmente rehabilitada alberga un acogedor Jardín Tropical, vestíbulo de la moderna estación ferroviaria.

Otra estación construida durante este período fue la de Plaza de Armas, de la compañía MZA en Sevilla. Fue proyectada por el ingeniero Santos Silva en 1898 en estilo neonazarí, y se abrió al público en marzo de 1901. Su armadura metálica estaba formada por once cerchas triarticuladas (en apoyos y clave) en previsión de que los grandes cambios térmicos causados por el clima de la ciudad no introdujeran esfuerzos en la estructura.

En los puentes ferroviarios la supremacía de las estructuras metálicas es casi total, destacando en este periodo el "Viaducto del Salado" sobre el arroyo del mismo nombre en la línea Linares-Almería. Consta de tres tramos continuos de 105 metros de luz, que apoyan en unas pilas huecas de gran altura (78 m sobre el terreno y 94 desde ciemientos). Fue construido por la casa Fives-Lille y se terminó en 1899.

Entre los túneles ocupa un lugar destacado el de la Argentera, en la línea de Zaragoza a Barcelona por Caspe. Fue ejecutado por la "Compañía de Ferrocarriles de Tarragona a Barcelona y a Francia", creada en 1875 para integrar diversas empresas ferroviarias menores que operaban en Cataluña.

Fue una obra épica, realizada entre 1885 y 1890 gracias al buen hacer del ingeniero de caminos Eduardo Maristany Gibert (1855-1941) que afrontó de manera sabia y decidida la construcción del largo túnel. Fue, con sus cuatro kilómetros de longitud, el más largo de España cuando entró en servicio.

Eduardo Maristany no sólo proyectó y dirigió las obras del túnel, sino que redactó —algo infrecuente en nuestro país— una exhaustiva monografía titulada *El túnel de la Argentera* en seis volúmenes ilustrada con más de mil quinientas figuras, y que se publicó en los años 1891 y 1892.





Faro de cabo Villano, de luz eléctrica (Coruña). (ROP 1897).

Su larga dedicación posterior a los negocios ferroviarios nunca eclipsó su obra más notable, como puso de relieve la Corona al otorgarle, en 1918, el título de marqués de la Argentera.

El transporte urbano conoció un gran avance en la última década del siglo XIX con la aparición del tranvía eléctrico.

En 1897 el Ayuntamiento de Madrid concedió permiso a la empresa del tranvía (de tracción animal) para electrificar sus líneas, lo que obligó a construir una fábrica en la calle de San Bernardo utilizando máquinas de vapor, y a realizar un tendido de cables aéreos para la toma de los tranvías. Finalmente, tras llevar a cabo las pruebas necesarias, el 3 de octubre de 1898 la compañía de tranvías inauguró la tracción eléctrica en las líneas Sol-Serrano y Recoletos-Hipódromo Real, este último situado entonces al final del Paseo de la Castellana.

Cerrando ya el siglo XIX, el 15 de abril de 1900, con motivo de la celebración de la corrida del Domingo de Pascua, se inauguró la electrificación de la línea del Tranvía del Este, entre Cibeles y la Plaza de Toros.

Los tranvías eléctricos, accionados sin necesidad de semovientes, mejoraron notablemente el transporte urbano y confirieron a las ciudad por vez primera ese aire apresurado que pinta Enrique Martínez Cubells en su cuadro "La Puerta del Sol" (1900) y que ya no abandonaría nunca a las grandes metrópolis de todo el mundo.

En la construcción de puentes, una de las novedades "fin de siglo" fue la construcción de transbordadores para comunicar las dos orillas de ríos y canales navegables sin necesidad de construir puentes móviles. La idea de estos transbordadores, útiles tan sólo para el transporte de viajeros (y herederos por tanto de las viejas "tarabitas" u "oroyas" construidas por los ingenieros incas en época prehispánica) fue patentada por el ingeniero francés Ferdinand Arnodin en 1887; la primera obra importante urbana de este tipo se construyó sobre la ría del Nervión aguas abajo de Bilbao, para facilitar el paso de pasajeros entre Portugalete y Las Arenas sin interferir con la arboladura de los grandes veleros que navegaban por la ría.

La solución elegida consistió en suspender mediante tirantes inclinados y péndolas verticales una gran viga metálica a una altura suficiente para evitar que interfiriera con el tráfico de la ría, colgando de ella una plataforma móvil que se desplazaba a voluntad de una a otra orilla transportando a los viajeros que querían cruzarla.

El proyecto —una viga rígida de 164 metros de luz con un gálibo de navegación de 45 metros— fue fruto de la colaboración del ingeniero francés citado y del arquitecto español Alberto de Palacio. Se finalizó en 1893, y con diversas reformas, aún permanece en servicio.

Frente al enorme auge que tuvieron a finales del XIX las estructuras metálicas, pasa casi desapercibido el hormigón armado, más barato que el acero y la piedra, y más resistente al fuego que la madera.

Una de las primeras estructuras construidas enteramente en hormigón armado fue la fábrica de harinas "La Ceres" en Bilbao. Constaba de cinco plantas y cubierta, y su estructura —pilares y dinteles— era de hormigón armado con barras y flejes de hierro y acero. Se construyó bajo la dirección del ingeniero Ramón Grotta en tan sólo siete meses, quedando concluida en mayo de 1900.

Por entonces ya había iniciado su andadura José Eugenio Ribera, pionero y apóstol del hormigón armado en España.

Asturias fue uno de los primeros escenarios de la actividad de este demiurgo de las formas modeables, y así lo recoge el diario "El Comercio" al señalar entre las novedades presentadas en la Exposición Regional de Gijón en 1899 un puente-viga de tan sólo seis metros de luz y tres de anchura

que despertó la curiosidad de los asistentes. Pero ya para entonces Ribera estaba construyendo las primeras obras de hormigón armado en toda España: la nueva cárcel de Oviedo, la fábrica de cementos de Tudela-Veguín, una fábrica de harinas en Badajoz, el Ayuntamiento de Eibar, una fábrica de almidón en Hernani (Guipúzcoa), el Teatro de Avilés y el depósito de aguas de Llanes (Asturias).

Su obra de hormigón armado en el campo de la ingeniería civil más importante en este periodo fue indudablemente el puente de Golbaro sobre el río Saja en Cantabria, construido precisamente en 1902.

Se trata de una bóveda de hormigón armado muy rebajada de 30 metros de luz, construida con el "sistema autocimbra", inventado hacia 1898 por el ingeniero checo Joseph Melan, procedimiento que generalizará durante las primeras décadas del siglo XX.

La ventaja de este nuevo procedimiento consistía en que una estructura rígida de acero servía como autocimbra, es decir soportaba el peso de los encofrados y del hormigón fresco hasta que este endurecía. Entonces la estructura de acero, embebida en el hormigón actuaba como la armadura del arco de hormigón.

Así se evitaba la construcción de una costosa cimbra de madera que encarecía los puentes de hormigón armado y que podía ser arrastrada por una avenida del río durante su construcción.

En el campo de la ingeniería portuaria tuvieron especial importancia las obras del puerto de Bilbao, indisolublemente unidas a la figura de su principal artífice, el ingeniero de caminos Evaristo Churruga (1841-1917).

Desde su nombramiento como director, a finales de 1877, hasta 1886 su principal tarea fue mejorar la navegación por la ría y las instalaciones del puerto fluvial de Bilbao. Para llevar a cabo lo primero, estudió con detalle las corrientes y mareas, y realizó dragados en los bajíos y voladuras en las restingas. Lo segundo lo logró construyendo muelles y almacenes para facilitar las operaciones de carga y descarga.

Pero al igual que en Sevilla, el puerto fluvial de Bilbao tenía limitaciones de calado insalvables, por lo que pronto comprendió Churruga que la solución definitiva pasaba por proyectar un nuevo puerto exterior marítimo, complementario con el de ría.

A partir de 1886 Evaristo Churruga se centra en proyectar las nuevas obras de abrigo del puerto exterior - formadas por un dique rompeolas y un contradique - capaces de afrontar los fuertes temporales y el temible oleaje del Cantábrico.

Para su construcción Churruga utilizó unos grandes cajones flotantes (13x7 m. y 2 de altura) de chapa de hierro roblonada. Los cajones (192 en total) se botaban como si de un barco se tratase, y se llevaban navegando hasta su emplazamiento; entonces se fondeaban sobre una cama de es-

collera enrasada rellenándolos con grandes bloques de hormigón.

Una técnica novedosa por los materiales empleados y las dificultades del mar abierto, pero que son en el fondo las mismas descritas en el tratado de ingeniería renacentista conocido como "Los Veintiún Libros de Ingenios y Máquinas".

En 1902 se terminó la construcción tanto del dique como del contradique, dedicando Churruga los años siguientes a otras obras que completaron el puerto exterior de Bilbao.

Entre los cargaderos de mineral llevados a cabo por empresas privadas del sector minero y metalúrgico, destacamos el realizado en 1896 por la Compañía "The Diced Iron Ore Company Limited" (que operaba en Cantabria) para sustituir otro anterior de la misma compañía que había sido destruido por una tormenta en 1894.

Tipológicamente era un cargadero en voladizo, proyectado por el ingeniero francés Seyrig bajo la supervisión de Benjamin Baker, el mítico proyectista del Firth of Forth en Escocia, el puente ferroviario más célebre de la historia.

En el campo del mantenimiento de las embarcaciones, una novedad importante fue la construcción de diques de carena utilizando estructuras metálicas flotantes, más baratas de construir que las tradicionales de cantería y que ocupan además un menor espacio portuario.

El más notable fue el "dique flotante y deponente" construido para el puerto de Barcelona en 1898 por la empresa metalúrgica "La Maquinista Terrestre y Marítima". Pertenece al tipo diseñado por los ingenieros Clark y Stanfield y prestó servicio en el puerto de Barcelona durante casi noventa años. Además de carenar navíos, el dique "flotante y deponente" se utilizó en los primeros años del siglo XX para construir los cajones flotantes de hormigón armado (más baratos y duraderos que los que Churruga había utilizado en el puerto de Bilbao, de chapa metálica) que se emplearon en la prolongación del dique rompeolas de Levante del puerto de Barcelona con el fin de mejorar el abrigo de sus dársenas interiores, que sufrían fuertes resacas.

Terminaremos con la principal innovación en el alumbrado marítimo, la introducción de energía eléctrica generada por máquinas de vapor en los faros portuarios.

La primera aplicación de este tipo se introdujo en el Faro de "Cabo Villano", en las costas de la provincia de La Coruña.

Este faro de primer orden fue proyectado por los ingenieros Francisco Lizárraga y Adolfo Pequeño, encargándose de la compra de la maquinaria en París Enrique Gadea.

Era de arco voltaico y utilizaba corriente alterna, con lo que se lograba el desgaste por igual de ambos carbones, mientras que en los de corriente continua el desgaste del carbón positivo era aproximadamente el doble del negativo.

El faro de "Cabo Villano" se encendió oficialmente el 15 de enero de 1896, hecho que recogen los periódicos y revistas de la época. ■