

EL OBSERVATORIO DE MARINA Y EL FERROCARRIL GADITANO (1856-1861). HISTORIA DE UN ENFRENTAMIENTO ENTRE LA CIENCIA Y LA TECNICA

Francisco José GONZALEZ GONZALEZ
Ignacio GONZALEZ MARTINEZ-PAIS

Es nuestra intención analizar, a lo largo de este breve trabajo, el proceso de la construcción del primer ferrocarril con estación en Cádiz, desde el punto de vista de las objeciones presentadas a este proyecto por parte de la dirección del Observatorio de Marina, de San Fernando, durante 1857 y 1858.

El trabajo se inicia con unos apartados introductorios sobre los orígenes del ferrocarril y de las primeras compañías ferroviarias españolas. A continuación, se pasa al estudio detenido de la historia del establecimiento del tendido ferroviario entre Cádiz y Sevilla y del papel jugado por el Observatorio de Marina en la adopción de su trazado definitivo a su paso por la ciudad de San Fernando. Por último, se ha dedicado un capítulo a la descripción de aquellas observaciones e instrumentos astronómicos que, en principio, podían haber sido afectados por el paso de un ferrocarril cerca del Observatorio.

La documentación empleada para la redacción de este trabajo procede principalmente, y por este orden de importancia, de la Biblioteca del Instituto y Observatorio de Marina (San Fernando), de la Biblioteca Municipal de Cádiz y del Archivo Municipal de esta misma ciudad.

Los orígenes del ferrocarril en España.

El siglo XIX, revolucionario en tantos aspectos del acontecer histórico de la humanidad, lo fue también en el campo de las comunicaciones, que fueron transformadas radicalmente a lo largo de esa centuria. El desarrollo de la técnica, la revolución industrial, iniciada en Inglaterra a fines del siglo XVIII, y más concretamente la invención de la máquina de vapor y su aplicación al transporte de viajeros y mercancías, provocaron una verdadera revolución del transporte y las comunicaciones. Podría citarse la inauguración del ferrocarril entre Liverpool y Manchester en 1830 como uno de los puntos de partida de estas transformaciones. Las carreteras no pudieron competir con las

líneas férreas construidas en el siglo XIX hasta que la aplicación del motor de explosión a los vehículos automóviles permitió velocidades rentables y el aprovechamiento de la red vial en el transporte de viajeros y mercancías. Con el ferrocarril, la velocidad y el número de pasajeros aumentaron considerablemente. Además, el consiguiente abaratamiento de los costes del transporte contribuyó al desarrollo de los movimientos migratorios y provocó importantes cambios económicos, sobre todo en la especialización regional de los cultivos agrícolas y la apertura de nuevos mercados.

La geografía española fue un factor decisivo a la hora de estructurar un sistema ferroviario, válido para sustituir o mejorar los anteriores medios de transporte. Eran pocos los ríos navegables en la España decimonónica y la existencia de canales no era compatible con la red fluvial de la Península Ibérica, de ríos cortos y poco caudalosos a causa de los abundantes sistemas montañosos. Esto último fue también un importante obstáculo para las carreteras y los caminos terrestres, cuyo trazado y mantenimiento resultaba muy costoso. Pese a las mejoras introducidas desde el reinado de Carlos III, el transporte por carretera era bastante lento y tenía muy poca capacidad: una diligencia podía llevar un máximo de veinte pasajeros a una velocidad media de 10 km/h. (1).

Los resultados satisfactorios obtenidos en Inglaterra con los primeros caminos de hierro produjeron una rápida influencia en el resto de Europa, donde pronto comenzaron a constituirse compañías y sociedades para proceder a la instalación de ferrocarriles. Los últimos años del reinado de Fernando VII vieron aparecer los primeros intentos realizados en España en este sentido, pero, aunque se hicieron algunas concesiones, ninguna de ellas llegó a cuajar. Una de ellas fue la de la línea Jerez de la Frontera-El Portal (muelle en el río Guadalete, situado a pocos kilómetros de la ciudad andaluza). La línea fue otorgada el 13 de septiembre de 1829 a José Díez Imbrechts, que se proponía, aprovechando el desnivel existente entre ambos puntos, dar una salida rápida hacia el Océano a los productos agrícolas de la campiña, especialmente al vino. Muy poco después, el 23 de agosto de 1830, le fue otorgada una concesión a Marcelino Calero Portocarrero, cuyo proyecto era trazar una línea férrea entre Jerez y El Puerto de Santa María, desde donde se comunicaría con Cádiz por medio de barcos de vapor. Tampoco este proyecto pudo llevarse a cabo, pues el concesionario no encontró suficientes socios para la empresa. En 1834 un nuevo empresario, Francisco Fassio, se hizo cargo de la concesión, ya caducada, de Calero, pero las luchas y conflictos surgidos entonces en España dieron paso a un período poco propicio para el buen desarrollo de este tipo de proyectos (2). Las guerras carlistas y los sucesos políticos que las acompañaron, provocaron la paralización del desarrollo de la red ferroviaria hasta bien entrado el reinado de Isabel II.

(1) Artola, M.: *La burguesía revolucionaria (1808-1874)*, p. 97.

(2) Los datos sobre las concesiones hechas a Marcelino Calero Portocarrero (1830) y Francisco Fassio (1834), no reflejados en ninguna de las obras actuales consultadas, han sido localizados en dos folletos de la época. El primero, conservado en la Biblioteca del Instituto y

A mediados del siglo XIX se terminó la primera línea ferroviaria de nuestro país, que fue inaugurada el 28 de octubre de 1848. Había sido construida gracias a la *Gran Compañía Española del Camino de Hierro de Barcelona a Mataró*, y viceversa, una sociedad española con participación británica. Los 29 kilómetros de su trazado recorrían diversos pueblos costeros, siendo su principal fuente de ingresos el transporte de viajeros. En febrero de 1851 inició su andadura la segunda línea española, aquella que, mediante 50 kilómetros de raíles, unía Madrid con Aranjuez y cuya construcción se vio sometida a los vaivenes políticos que afectaron a su principal impulsor, el conocido financiero José Salamanca. El otro tendido ferroviario, construido en estos años centrales del siglo, fue el ferrocarril de Langreo a Gijón, que necesitó diez años para ser terminado (1845-1855). Sus 40 kilómetros de recorrido estaban destinados al transporte del carbón desde la cuenca minera hasta el puerto asturiano.

El desarrollo de las compañías ferroviarias.

La década comprendida entre 1855 y 1865 contempló un desarrollo sistemático de la estructura ferroviaria española. La fecha es bastante tardía si la comparamos con las de otros países europeos, pero fueron muchas y diversas las causas que contribuyeron a este notable retraso: falta de capitales y de apoyo estatal, escaso desarrollo técnico, atraso económico, vaivenes políticos y, por último, los ya citados obstáculos geográficos.

Durante la primera mitad del siglo XIX, la actitud estatal frente al ferrocarril fue oscilando desde la indiferencia hasta la hostilidad, en consonancia con el pensamiento político reaccionario, opuesto a cualquier forma de innovación, propio de aquellos años. A la muerte de Fernando VII, la inestabilidad política y la guerra carlista contribuyeron a la existencia de un sentimiento de inseguridad para los inversores y, además, gran parte de los recursos económicos existentes fueron utilizados en sufragar los gastos producidos por la contienda. Años más tarde, en 1844, se creó una comisión encargada de asesorar al Gobierno en lo relacionado con la política ferroviaria. Uno de sus principales errores fue el proponer un ancho de vía de seis pies castellanos (1,67 m), distinto al de 1,45 m. adoptado en la mayoría de los países europeos. Al parecer, la razón de esta decisión no fue la citada tradicionalmente (dificultar una posible invasión francesa), sino el convencimiento de que el accidentado suelo español exigiría locomotoras con calderas más grandes, que necesitarían un mayor ancho de vía para conservar el equilibrio.

Una real orden fechada el 31 de diciembre de 1844 estableció como válida la propuesta antes citada y definió las líneas a seguir en las relaciones entre el

Observatorio de Marina (B.I.O.M.), es un informe de la Comisión Activa de la Canalización del Guadalete titulado: *Memoria que la Comisión Activa presenta a la Junta de Canalización del Guadalete, al darle cuenta de sus últimos trabajos* (Cádiz, 1859). El segundo, consultado en la Biblioteca Municipal de Cádiz (B.M.C.), es el reglamento de la empresa fundada por Calero: *Reglamento de la Compañía Anónima del Camino de Hierro de la Reina Cristina* (Cádiz, 1834).

Estado y los proyectos ferroviarios. En ella se estableció que el Gobierno podría hacer concesiones provisionales a contratistas y compañías privadas por un plazo de dieciocho meses, tras el cual deberían mostrar pruebas claras de su capacidad para emprender el proyecto. El hecho de no exigir estas pruebas para otorgar las concesiones dio lugar a una inmensa cantidad de inversiones especulativas. Hasta 1846 se dieron 25 concesiones provisionales, de las cuales 22 nunca fueron utilizadas.

Un nuevo período se abrió con la promulgación de la Ley de Sociedades por Acciones de 1848, por la que las Cortes quedaban encargadas de hacer las concesiones a favor de las compañías ferroviarias. Con el tiempo, la corrupción y el soborno llegaron a afectar a los diputados y senadores, produciéndose tales escándalos que la oposición apoyó el pronunciamiento de 1854, por el que se inició el llamado Bienio Progresista (1854-1856).

La Ley de Ferrocarriles de 1855 y las leyes bancarias promulgadas un año más tarde impulsaron un importante cambio en la postura oficial sobre la construcción del ferrocarril. La Ley de Ferrocarriles autorizaba la formación de sociedades anónimas para optar a una concesión, establecía subvenciones estatales, protegía a los inversores extranjeros y eximía de aranceles la importación de material ferroviario. Por otro lado, a partir de 1856, se desarrollaron importantes sociedades de crédito encaminadas hacia la promoción del negocio ferroviario, entidades que, dirigidas principalmente por inversores franceses, sirvieron para movilizar una gran cantidad de capitales. Durante un período aproximado de diez años se produjo una etapa de fuertes inversiones en proyectos ferroviarios y de intensa construcción de nuevos tendidos en todo el territorio nacional, invirtiéndose en este sector de la economía un capital siete veces superior al dedicado a la industria (3).

El ferrocarril de Sevilla a Cádiz.

El interés de los jerezanos por acercar al mar los productos de su campaña hizo que, siguiendo el camino iniciado por Díez Imbrechts en 1829, Jerez de la Frontera se adelantase a Cádiz en la construcción de una vía férrea. Poco tiempo después de haberla solicitado, una real orden de fecha 16 de agosto de 1850 autorizaba la concesión de una línea de ferrocarril entre Jerez, El Puerto de Santa María y El Trocadero. A mediados de 1852 se iniciaron las obras de este proyecto y, dos años más tarde, el 23 de junio de 1854, se abrieron al público los 18 kilómetros de vía tendidos entre Jerez y El Puerto (4). Poco tiempo después, el 10 de octubre de 1856, fueron finalizadas las obras de los 12,5 kilómetros comprendidos entre El Puerto y El Trocadero (5). A partir de entonces este camino de hierro fue conocido como *Ferrocarril de Cádiz a Jerez*, pues se completaba con embarcaciones que trasladaban pasajeros y

(3) Nadal, J.: *El fracaso de la revolución industrial en España*, p. 37.

(4) Rosetty, J.: *Guía de Cádiz... para el año 1855*.

(5) Rosetty, J.: *Guía de Cádiz... para el año 1857*.

INFORME

DE LA

JUNTA DE COMERCIO DE CÁDIZ

PRESENTADO

AL EXCMO. SR. GOBERNADOR DE ESTA PROVINCIA,

EN CUMPLIMIENTO

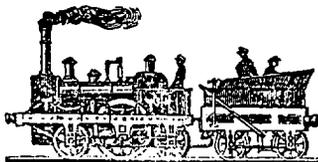
DE UNA REAL ORDEN FECHA 22 DE ENERO ULTIMO,

CONCERNIENTE

á las mejoras proyectadas para el rio Guadalquivir,

y

AL FERRO-CARRIL DE CÁDIZ A SEVILLA.



CÁDIZ.

IMPRESA, LIBRERIA Y LITOGRAFIA DE LA REVISTA MÈDICA,

Á CARGO DE D. JUAN BAUTISTA DE GAONA,

plaza de la Constitucion, número 11.

1853.

Portada de uno de los estudios favorables a la construcción de un ferrocarril entre Cádiz y Sevilla.

mercancías desde Cádiz al Trocadero, y viceversa. No obstante, está bastante claro que la estructura de esta línea favorecía la llegada al mar de los productos jerezanos, lo que se hacía evidente en los 40 metros de desnivel que el trazado salvaba en los seis primeros kilómetros a la salida de Jerez, fáciles para bajar, pero bastante duros para subir, sobre todo con los vagones cargados.

La inauguración del ferrocarril de Cádiz a Jerez no sirvió más que para alentar los deseos de los gaditanos de obtener una línea que partiese desde la misma ciudad de Cádiz, de forma que, enlazando con las otras existentes, se pudiera atravesar España de un extremo a otro. Este proyecto fue conocido desde un primer momento con el nombre de *ferrocarril gaditano*, pues se entendía que era el que respondía a los verdaderos intereses de la ciudad.

Una vez iniciadas las obras de la línea Jerez-El Trocadero comenzaron las gestiones en Cádiz para la realización de esta idea (6). Fueron varios los proyectos para unir Sevilla y Cádiz, aunque todos ellos trataban de conseguir una salida al mar de los frutos del valle del Guadalquivir. En 1844 y 1846 se hicieron sendas concesiones para la construcción de un ferrocarril entre estas dos ciudades, pero, al igual que la de Díez Imbrechts, no llegaron a realizarse. En 1851 volvió a hablarse de dos proyectos interrelacionados: la canalización del Guadalete a su paso por El Puerto y el ferrocarril gaditano. Un año después, Rafael Sánchez Mendoza obtuvo una concesión para el ferrocarril de Cádiz a Sevilla, pero los cambios políticos acaecidos en 1854 dejaron sin efecto todo lo realizado hasta entonces (7).

La aplicación de la Ley de Ferrocarriles de 1855 permitió un nuevo empuje a este proyecto, tan deseado por los gaditanos. En 1856 apareció una *Memoria facultativa que acompaña a los planos del ferro-carril gaditano, con otros documentos referentes a este asunto* (8), redactada por una comisión nombrada al efecto por el Ayuntamiento de Cádiz. En ella, entre otras cosas, se estudiaba su viabilidad, las diversas posibilidades de empalme con la red ya construida, la propuesta de trazado y las obras necesarias para poder realizarlo.

Durante ese mismo año, el Gobierno aprobó el acta de subasta de la concesión del ferrocarril de Puerto Real a Cádiz, viéndose así los primeros frutos de las gestiones emprendidas años atrás (9). La oferta había sido hecha por Eugenio García Pérez, representante de la Compañía General de Crédito en España, una sociedad nacida al amparo de las nuevas leyes financieras y dirigida primordialmente a los negocios ferroviarios, tras la cual estaban los banqueros franceses Guilhou y Prost. La concesión indicaba claramente que el proyecto de trazado a seguir sería el presentado por Sánchez Mendoza unos años antes. Aunque no hemos podido localizar ese proyecto, podemos supo-

(6) B.M.C. Folletos C-11, n.º 4: *Informe de la Junta de Comercio de Cádiz...* (Cádiz, 1853).

(7) B.I.O.M. *Memoria que la Comisión Activa presenta a la Junta de Canalización del Guadalete...* (Cádiz, 1859).

(8) B.M.C. Folletos C-11, n.º 5.

(9) Archivo Municipal de Cádiz (A.M.C.) Libro de Actas Capitulares de 1856, Cabildo del 7-11-1856, punto 2.º.

EL OBSERVATORIO DE MARINA Y EL FERROCARRIL GADITANO (1856-1861)...

MEMORIA FACULTATIVA

QUE ACOMPAÑA Á LOS PLANOS

DEL FERRO-CARRIL GADITANO,

CON OTROS DOCUMENTOS REFERENTES A ESTE ASUNTO.

IMPRESA POR ACUERDO DEL EXCMO. AYUNTAMIENTO.

CADIZ.

Imprenta y Librería de la Revista Médica.
1856.

Portada de la Memoria que acompañó al proyecto de ferrocarril entre Puerto Real y Cádiz.

ner por algunas referencias que no afectaba al Observatorio de San Fernando, por lo que es posible que el trazado discurriese por el otro lado de la ciudad (10).

El Observatorio de Marina ante el ferrocarril.

Los diversos proyectos para el trazado de una línea férrea que tuviese su punto de partida en la capital gaditana provocaron animadas disputas durante los primeros años de la década de 1850. Tanto los políticos —concejales, diputados, senadores— como los periódicos editados en la ciudad promovieron acaloradas discusiones sobre la conveniencia para Cádiz y su bahía de uno u otro trazado. Uno de esos proyectos, que hacía pasar al tren por la cañada situada al pie de la colina donde se alza el edificio principal del Observatorio de Marina de San Fernando, fue el citado anteriormente. La *Memoria (...)*, al describir el proyecto, decía: *Uno de los puntos forzados del trazado es la ciudad de la Isla, población que por su importancia y su intermediación de la capital de la provincia suministrará a la explotación de la línea un número crecido tanto de viajeros como de mercancías* (11).

Cuando publicada en forma de folleto llegó a manos del director del Observatorio, Saturnino Montojo, éste pudo comprobar que se hablaba de dos posibles direcciones para los raíles a partir de Torre Gorda: la primera rodearía San Fernando por el sur para, tras atravesar el caño de Sancti Petri, llegar al puente del Duque de la Victoria; la segunda discurriría por el lado contrario, cruzando una zona de huertas y pasando junto al Observatorio, atravesando el Sancti Petri en la salida hacia Puerto Real. De todas formas, según consta en la citada Memoria, los constructores se mostraban claramente partidarios de la segunda opción, pues una serie de razones hacían inviable la primera:

- Discurría por terrenos de esteros y salinas con muy poca consistencia para la construcción de la vía.
- La expropiación de los terrenos para ese tramo (6 km.), destinados a la elaboración de la sal, sería muy costosa y difícil.
- La necesidad de construir muchos puentes sobre el río Arillo y el caño de Sancti-Petri en terrenos poco firmes.

Rápidamente, Saturnino Montojo se dispuso a informar a sus superiores de la probabilidad de que ese trazado afectase directamente a los trabajos científicos desarrollados por la institución que él dirigía. Sin embargo, antes de que pudiese hacerlo, se supo que el Gobierno había aplazado la aprobación del proyecto, por lo que dejó sin efecto sus gestiones. Todo hacía pensar,

(10) B. M. C. Folletos C-11, n.º 5: *Memoria facultativa que acompaña a los planos del ferrocarril...* (Cádiz, 1856).

(11) *Ibíd.*, p. 12.



Retrato de Francisco de Paula Márquez y Roco, director del Observatorio de San Fernando.

entonces, que los constructores se decidirían definitivamente por el otro trazado previsto, que, al bordear San Fernando por el sur y el este, pasaría lo suficientemente lejos del Observatorio como para no perjudicar sus tareas científicas.

Sin embargo, el curso de los acontecimientos volvió a cambiar. Poco tiempo después, se aprobó definitivamente el proyecto inicial y la compañía concesionaria comenzó a gestionar la construcción del tramo de vía comprendido entre Cádiz y Puerto Real.

A principios de 1857, uno de los ingenieros del ferrocarril se presentó en el Observatorio para analizar la posición de sus edificios y la configuración de los terrenos adyacentes. Fue entonces, cuando el nuevo director, Francisco de Paula Márquez (12), se decidió a informar a sus superiores sobre los temores que le inspiraba la posibilidad de que el ferrocarril circulase por las cercanías del Observatorio (13).

El tendido de una línea férrea a los pies del Observatorio, según Márquez, podía afectar a los trabajos científicos en dos aspectos. Por un lado, la imposibilidad de practicar observaciones astronómicas en los momentos en que se produjese el paso de un tren. Por otro lado, la inestabilidad continua a la que quedarían sometidos los grandes instrumentos, debido a las fuertes vibraciones producidas por locomotoras y vagones. Para justificar estas suposiciones, Francisco de Paula Márquez presentó algunos ejemplos significativos.

Recogía el mencionado informe el hecho de que, a pesar de los sólidos y profundos cimientos construidos para los instrumentos meridianos, cuando los labradores de los alrededores trabajaban la tierra era preciso enviarles aviso *para que suspendan sus faenas reducidas a golpe de azada, mientras se hacen observaciones por reflexión con horizonte artificial, porque a cada golpe el astro desaparece en virtud de la agitación que experimenta el mercurio; estos golpes de azada producen el efecto mencionado aun dados a poca distancia de la cañada, esto es, del lugar por donde se intenta llevar la nueva vía; y si esto sucede ahora, figúrese V. E. lo que podrá suceder en el caso de pasar un tren casi por el mismo sitio* (14).

Citaba, además, la comunicación de Mr. Robinson, director del Observatorio de Armagh, publicada en el n.º 1051 del *Astronomische Nachrichten*, sobre la dislocación producida en el círculo mural de su observatorio, similar al instalado en San Fernando, por el paso de un ferrocarril en las inmediaciones, que hacía inservibles las observaciones hechas en los momentos de paso.

Ante la posibilidad de que la institución que dirigía quedase inservible, Márquez se creyó en la obligación de expresar a sus superiores el derecho que asistía a la Marina para solicitar a la compañía constructora una completa

(12) Francisco de Paula Márquez y Roco, brigadier de la Armada y miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (San Fernando, 1816-Madrid, 1886). Director del Observatorio de Marina entre 1856 y 1869.

(13) B.I.O.M. Expte. Ferrocarril Cádiz-Puerto Real 1857-58. Director Observatorio a Ministro de Marina, 14-3-1857.

(14) *Ibidem*.

indemnización de los daños y perjuicios que pudiese provocar la realización del proyecto. Esta indemnización debía girar, a su entender, alrededor de los siguientes puntos:

- 1.—Construir un nuevo observatorio en el Cerro de los Mártires.
- 2.—Establecer buenas comunicaciones entre éste y la bahía, el Arsenal y la Capitanía.
- 3.—Proporcionar traslado cómodo y perpetuo a los empleados hasta el nuevo establecimiento.
- 4.—Proporcionar traslado cómodo y perpetuo a los comandantes y oficiales de los buques fondeados en la bahía, si lo exigiese el servicio.

Ante la manifiesta oposición del director del Observatorio a que la vía transcurriese por el lugar previsto en el proyecto, la compañía concesionaria de la explotación se ofreció para llevar a cabo una serie de experiencias en un tramo del ferrocarril Puerto de Santa María-Trocadero, de manera que se pudiesen comprobar los posibles efectos producidos en la estabilidad de los instrumentos astronómicos con el paso de un tren. Para dirigir estas experiencias fue designado el teniente de navío Antonio de Tomaseti quien, acompañado por cinco oficiales-alumnos del Curso de Estudios Superiores, del que era profesor, se dirigió el 16 de marzo de 1857 a la estación de dicho ferrocarril en Puerto Real, donde les esperaban dos ingenieros de la compañía concesionaria. De común acuerdo, se eligió el lugar más apropiado para la observación: un punto situado a unos 200 m. de la vía, en unos terrenos de similar calidad a los de las cercanías del Observatorio. Inmediatamente después, se instalaron los instrumentos hasta allí transportados: dos sextantes de Troughton, con pie y horizonte artificial, y el cronómetro de Dent n.º 1841. Tomaseti redactó, tras estas observaciones, un informe en el que describió lo ocurrido de la siguiente manera:

A las 2h. 57m. 39s. del cronómetro el mercurio, que hasta entonces había estado sin movimiento, empezó a agitarse ligeramente, creciendo con tal rapidez sus ondulaciones que a las 2h. 58m. 39s. esto es, un minuto después, que fue cuando pasó el tren tanto avante con nosotros, toda observación era imposible, no quedando la superficie del mercurio en completo reposo hasta 1m. 27s. después. Los efectos producidos en los dos instrumentos fueron idénticos, habiendo empezado a notarlos y dejando de percibirlos exactamente al mismo tiempo... Durante el paso del tren los golpes del cronómetro no dejaron ni un momento de ser perceptibles con toda claridad (15).

Las dudas y sospechas manifestadas con anterioridad por Francisco de Paula Márquez se vieron confirmadas cuando Tomaseti le informó de los resultados de las experiencias. Desde ese momento, el director del Observatorio comenzó una serie de gestiones encaminadas a poner en aviso a sus supe-

(15) B.I.O.M. Expte. Ferrocarril... Teniente de navío Tomaseti a Director Observatorio, 16-3-1857.

riores de lo que él creía que podía traer fatales consecuencias para la institución que estaba bajo su mando. Según consta en la correspondencia conservada en la Biblioteca del Instituto y Observatorio de Marina, rápidamente envió una copia de este informe al ministro de Marina quien, a su vez, lo hizo llegar al de Fomento.

Mientras tanto, se dirigió por escrito a dos de sus colegas para pedirles su opinión sobre el asunto: Antonio Aguilar, director del Observatorio de Madrid, y George Biddell Airy, director del Royal Greenwich Observatory. Aguilar le contestó diciéndole que la estación del ferrocarril del Mediterráneo estaba situada a unos 300 m. de su observatorio y que, a pesar de haber hecho muchos intentos para descubrir la más mínima vibración en los momentos que coincidían el paso de trenes y las observaciones meridianas, no había podido encontrar nada que afectase a la exactitud de las observaciones, exceptuando las escasas ocasiones en que el ruido del vapor al salir de las calderas de las locomotoras impedía oír, durante algunos segundos, el batir del péndulo (16). Por el contrario, Mr. Airy le comunicó una opinión totalmente opuesta, pues sus experiencias le habían proporcionado los siguientes resultados:

A trescientos y cincuenta metros la trepidación perturba la imagen del astro en el mercurio, pero no demasiado. A ciento cincuenta o doscientos metros, el movimiento es tan grande que nada absolutamente puede observarse en el mercurio, y probablemente la visión directa también será perturbada (17). Como consecuencia, le recomendó que emplease todas sus influencias para conseguir que el ferrocarril circulase lo más lejos posible del Observatorio.

En Madrid, la compañía concesionaria del ferrocarril de Puerto Real a Cádiz había elevado al ministro de Fomento un informe sobre las gestiones de sus ingenieros en el trazado de la línea.

El ingeniero que había visitado el Observatorio de San Fernando presentó una comunicación en la que, como conclusiones de la visita y las conversaciones mantenidas con el director, decía, entre otras cosas: *este observatorio, por su posición y por el terreno que ocupa, tiene ya varias causas que molestan e impiden las observaciones, y no reúne las buenas circunstancias que debe tener un establecimiento de esta clase... Estas causas han hecho pensar antes de ahora en trasladarle a otro punto*. El ministro de Marina informó de esto a Márquez, ordenándole una rápida aclaración sobre el particular. En su contestación, el director del Observatorio dejaba ver su enfado y decía: *no puedo menos que principiar manifestándole la sorpresa con que he visto las equivocaciones que padece el ingeniero al exponer el resultado de nuestras conferencias, equivocaciones tales que le hacen decir todo lo contrario de lo que yo le manifesté* (18).

(16) B.I.O.M. Expte. Ferrocarril... Antonio Aguilar a Francisco de P. Márquez, 28-8-1857.

(17) B.I.O.M. Expte. Ferrocarril... George Biddell Airy a Francisco de Paula Márquez, 9-9-1857.

(18) B.I.O.M. Expte. Ferrocarril... Director Observatorio a Capitán General del Departamento, septiembre 1857.

Los constructores, viendo que la acérrima oposición del director del Observatorio podría retrasar e incluso paralizar la realización del proyecto, enviaron a éste, por medio de su ingeniero jefe Philippe Gaukler, una carta en la que le comunicaban una serie de compromisos por parte de la compañía para atenuar los posibles perjuicios que el ferrocarril causase al establecimiento:

- 1.—Preparar un lecho de arena para los raíles en las cercanías del Observatorio.
- 2.—Aflojar la marcha de los trenes en un radio de 500 m. alrededor del mismo.
- 3.—Contribuir, en parte, a los trabajos necesarios para proteger los instrumentos de las vibraciones.

No obstante, Francisco de Paula Márquez pensaba que si los ingenieros del ferrocarril estaban tan seguros de que éste no traería problemas al Observatorio, la compañía debía garantizar todos los gastos que pudiese originar la protección de los instrumentos astronómicos. Se desarrolló, pues, un período de crispación en las relaciones entre el director del Observatorio, empeñado en la defensa a ultranza de su institución, y la compañía del ferrocarril, que veía frenados sus proyectos por las reticencias que provocaban en el Gobierno las protestas de éste a sus superiores.

Prueba de que este enfrentamiento llegó a tener cierta trascendencia es el hecho de que, en un pleno del Ayuntamiento de Cádiz celebrado en septiembre de 1857, se discutiesen las dificultades que estaba encontrando la construcción del ansiado ferrocarril gaditano. El alcalde de Cádiz fue instado por el diputado a Cortes por la provincia, José González de la Vega, para que, en unión del alcalde de San Fernando, solicitase del capitán general del Departamento un informe favorable sobre la variación del trazado proyectado en la concesión (el de Sánchez Mendoza), informe necesario dadas las objeciones presentadas por la Marina en defensa del Observatorio y de los caños de La Carraca, que debían ser atravesados por puentes. El alcalde informó al Cabildo de lo delicado de la situación, pues si por un lado estaba claro que Cádiz era el primer interesado en la construcción del ferrocarril, por otro no se debía ceder fácilmente a las presiones de una empresa privada en contra de los intereses del Estado, especialmente si ello significaba forzar la construcción de un nuevo observatorio (19).

Algún tiempo después, cuando estos problemas ya habían alcanzado una solución y las obras de la línea férrea se desarrollaban a buen ritmo, todavía se recordaban, sin mencionarlos directamente, los roces citados. Cuando la comisión encargada de la canalización del Guadalete analizaba los obstáculos sorteados por el proyecto ferroviario decía: *los que le ha opuesto el mismo Gobierno son sin comparación mucho más sensibles y perjudiciales, todos originados de su falta de previsión. Testigos hemos sido de las quejas, reclamacio-*

(19) A. M. C. Libro de Actas Capitulares de 1857, Cabildo del 9 de septiembre, punto 5.º.

nes y consultas que la empresa ha dirigido a la superioridad a consecuencia de los obstáculos presentados por las dependencias de Marina, de Guerra y Gobernación en el trazado de la línea en Cádiz y San Fernando ¿Y qué se deduce de esto? Que los ministros de esos ramos, o no tuvieron conocimiento de esta vía, o no se pusieron de acuerdo con el de Fomento al aprobar éste el trazado de la misma. Esta imprevisión del Gobierno, repetimos, ha dado por resultado la frecuente paralización de las obras de la vía, acarreando a la empresa perjuicios incalculables, de muy difícil reparación, pues no será fácil que el causante de ellos la indemnice por ejemplo del deterioro que han sufrido los materiales fijos colocados en las explanaciones hace ocho, diez y doce meses, ni le abone los intereses de un capital que ya debía ser productivo (20).

Las presiones de Márquez hicieron efecto y, rápidamente, la compañía concesionaria, que no quería retrasar por más tiempo la construcción de ese tramo de vía, propuso una reforma del trazado que situaba los railes en terrenos más alejados del Observatorio y donde la roca, en la que se apoyaban el edificio y los instrumentos, estaba a mayor profundidad. A partir de entonces, ante el Observatorio y la Marina, se hizo cargo de las gestiones de la compañía del ferrocarril Francisco Augusto Comte, director de la sucursal de Cádiz de la Compañía General de Crédito en España, sociedad financiera que respaldaba la construcción del ferrocarril gaditano. Desde este momento, y gracias a las garantías ofrecidas por los constructores, la postura contraria de Márquez se suavizó bastante, aunque seguía insistiendo en que, dadas las diversas consecuencias provocadas por el paso del tren en otros observatorios, sería la experiencia la única que podría confirmar o desmentir lo que *a priori* aseguraban los ingenieros de la compañía.

A principios de 1858, el director del Observatorio informó a sus jefes sobre su opinión al respecto de las ofertas de la empresa constructora y, tras aceptar que con las medidas propuestas sus temores se reducían, afirmaba que *el objeto principal de cuantos pasos oficiales se han dado en este asunto ha sido conseguir de la compañía una declaración de responsabilidad a los perjuicios que pudiera causar al Observatorio y me parece que la empresa no debe tener reparo en dar cuantas garantías le exija el Gobierno, en vista de la seguridad que le da su ingeniero del buen resultado de la modificación* (21).

La solución del conflicto no tardó mucho en llegar. En marzo de 1858 se produjo una nueva petición por parte del Gobierno para que el director del Observatorio y el coronel de ingenieros Ildefonso Sierra, director de las obras de ampliación del edificio de éste, manifestasen la opinión que les merecía el proyecto. Márquez contestó estableciendo una serie de puntos, que podrían ser resumidos así:

1.—La distancia mínima para no tener nada que temer sería de 500 m.

(20) B.I.O.M. *Memoria que la Comisión Activa presenta a la Junta de Canalización del Guadalete...* (Cádiz, 1859).

(21) B.I.O.M. Expte. Ferrocarril... Director Observatorio a Capitán General del Departamento, 6-1-1858.

- 2.—Posiblemente 300 m. serían suficientes, pero era comprometido dar una aceptación explícita.
- 3.—La única razón de la compañía para no alejar más del Observatorio la vía era la económica.
- 4.—El propuesto no era el único trazado admisible.

Tras estas gestiones, el problema se orientó hacia una rápida solución. El ministro de Marina informó favorablemente sobre la construcción del ferrocarril en las inmediaciones del establecimiento científico isleño el día 20 de marzo de 1858. En Cádiz, la noticia fue recibida con alegría y en el pleno municipal del 13 de abril se dió lectura a una comunicación del diputado a Cortes González de la Vega, en la que se decía que *la cuestión llamada del Observatorio había sido resuelta favorablemente por el Gobierno y que en consecuencia recibirían las obras del ferrocarril el desarrollo en grande escala que estaba detenido por la falta de dicha resolución* (22).

Poco tiempo después, en mayo, fue aprobado definitivamente el trazado propuesto por la compañía concesionaria en el tramo comprendido entre los kilómetros 8 y 21 de la línea de Cádiz a Puerto Real. En esta aprobación se exigían a la compañía, entre otras, las siguientes condiciones:

- 1.—Separar lo máximo posible la vía del Observatorio, siendo 300 m. la distancia mínima permitida.
- 2.—Observar todas las precauciones posibles para evitar alteraciones en los instrumentos y disminuir la marcha de los trenes a su paso por esa zona.

Una vez allanadas las dificultades presentadas por la oposición del Observatorio de Marina, los ingenieros de la compañía concesionaria trabajaron a marchas forzadas para terminar las obras en el menor tiempo posible. La Compañía de los Ferrocarriles de Sevilla a Jerez y de Puerto Real a Cádiz informó a su Junta General de Accionistas en 1861 sobre tres hitos ferroviarios con los que se culminaba la unión de Cádiz y Sevilla por medio de un camino de hierro:

- La apertura al público de la línea Sevilla-Jerez el 1 de marzo de 1860.
- La adquisición del ferrocarril entre Jerez, El Puerto de Santa María y El Trocadero.
- La inauguración de la línea de Puerto Real a Cádiz.

El ferrocarril de Sevilla a Jerez y Cádiz, que así se llamaría desde entonces, fue abierto al público el 14 de marzo de 1861, un día después de que el obispo de Cádiz hubiese impartido la bendición a las locomotoras. Se cerraba, pues, el largo proceso de la consecución de un ferrocarril que tuviese su punto de partida en la ciudad de Cádiz.

(22) A.M.C. Libro de Actas Capitulares de 1858, Cabildo del 13 de abril, punto 3.º.

Las observaciones astronómicas y el ferrocarril.

Una vez descrito el papel jugado por el Observatorio de Marina en el proceso de construcción del ferrocarril gaditano, es nuestra intención analizar brevemente qué tipo de observaciones astronómicas eran las que Francisco de Paula Márquez temía que se viesan afectadas y cuáles eran los instrumentos de precisión utilizados en San Fernando a mediados del siglo XIX, cuya futura estabilidad estaba en duda (23).

Unas observaciones meridianas precisas y fiables exigen realizar un proceso compuesto por las siguientes etapas:

- 1.^a Control de la posición del instrumento con medidas hechas sobre marcas fijas alejadas y situadas en el horizonte, y con medidas hechas por reflexión de los hilos del ocular sobre un horizonte artificial (baño de mercurio) o, en otras ocasiones, con un nivel de burbuja.
- 2.^a Observación de la estrella directamente a través del instrumento y, algunas veces, a través de la imagen reflejada en un baño de mercurio.
- 3.^a Medidas físicas para la corrección de pequeños errores (temperatura, presión atmosférica, etc.).

Cualquier alteración, debida a causas externas a los instrumentos, producida en alguna de las anteriores operaciones, afectaría directamente a la exactitud de los resultados de la observación.

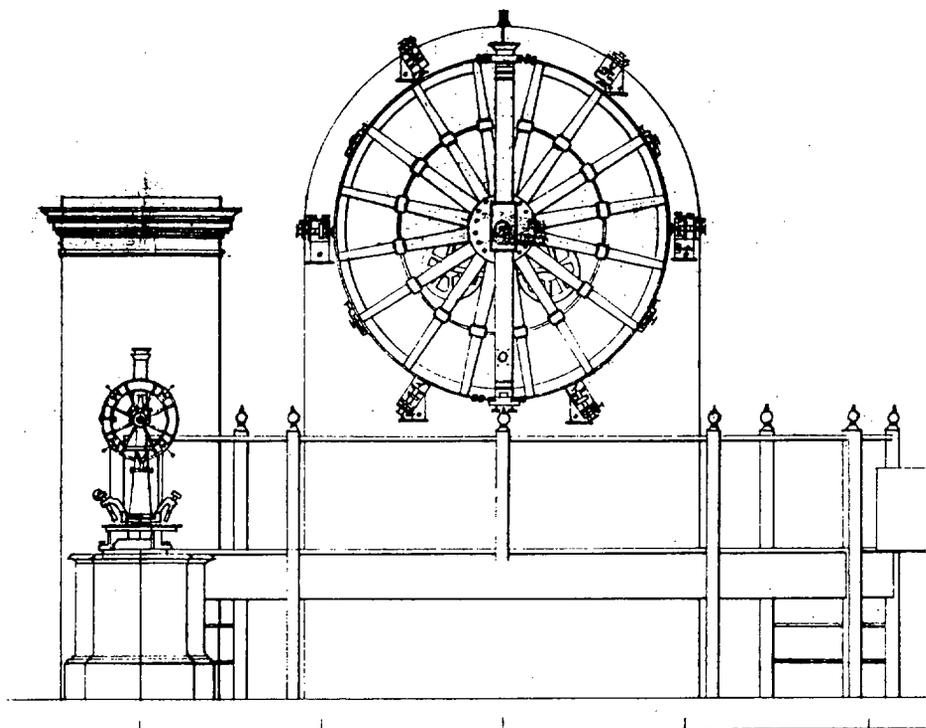
Los grandes instrumentos meridianos del Observatorio de San Fernando a mediados del siglo XIX.

La oposición del director del Observatorio de Marina al proyecto del ferrocarril venía dada, por tanto, por el temor de que los más importantes instrumentos del establecimiento vieran afectada su estabilidad, necesaria para la exactitud de las observaciones de precisión, a causa de los trastornos que un tren pudiese provocar en los terrenos donde se asentaban sus pilares y cimientos. A continuación describiremos, pues, los instrumentos que podían verse afectados: el Círculo Mural y el Antejo de Paso, en funcionamiento durante el período de construcción del tendido ferroviario, y el Círculo Meridiano, ya encargado e instalado unos años después.

Círculo Mural.

A principios del siglo XIX, debido a la necesidad de montar nuevos instrumentos que respondieran a los sucesivos adelantos experimentados por la

(23) Véase, para mayor información: Vives, Teodoro J.: *Astronomía de posición* (Madrid, 1971).



Representación gráfica del Círculo Mural de Jones, instalado entonces en uno de los Salones de Observación.

ciencia, se iniciaron, por parte de los responsables del Observatorio de San Fernando, una serie de gestiones dirigidas a la adquisición de un círculo mural similar al instalado en Greenwich. Aunque inicialmente se pensó en Troughton como artista (nombre que entonces recibían los constructores de instrumentos científicos), el encargo fue hecho a Thomas Jones, que recientemente había construido unos círculos murales para Greenwich y El Cabo, a imagen del instalado por Troughton en 1810 en el primero de estos observatorios. El 31 de octubre de 1826, José Sánchez Cerquero, director del Observatorio, estableció el contrato con Jones. El instrumento fue enviado a España en 1834, a bordo del bergantín inglés *Ana*, tras una serie de vicisitudes ocasionadas por la indecisión de Jones al cumplir la parte del contrato que le obligaba a viajar a San Fernando para proceder a su instalación. En octubre de 1835 quedó montado en el Salón Occidental del edificio principal del Observatorio, junto al Anteojo de Paso del mismo artista. Tras la adquisición, en la década de 1860, del Círculo Meridiano de Troughton and Simms, el Círculo Mural de Jones pasó a ser utilizado para las enseñanzas prácticas de nuevos observadores y para algunos trabajos rutinarios. Fue desmontado a principios de los años cincuenta de nuestro siglo para dejar su sitio al Círculo Meridiano

en uso hoy día. Actualmente está expuesto en el vestíbulo del edificio principal del Observatorio.

En un principio, la determinación de las coordenadas ascensión recta y declinación, con pretensiones de precisión, se planteó con instrumentos independientes, siendo el círculo mural el encargado de la primera de ellas. El objeto de un círculo mural es, por tanto, la medida de las alturas de los astros a su paso por el meridiano del lugar de observación y, a partir de ellas, la obtención de sus declinaciones, puesto que en ese momento ambas coordenadas están ligadas por la siguiente fórmula: $l = d - z$, siendo $l =$ latitud, $d =$ declinación y $z = 90 -$ la altura.

Un círculo mural consta de un círculo graduado que lleva fijo un anteojo en uno de sus diámetros. Toda la estructura está montada en un muro situado en el plano del meridiano del lugar y tiene capacidad para girar solidariamente alrededor de su eje, de forma que el anteojo puede apuntar a cualquier altura sin que, en su rotación, pierda el paralelismo con el muro. Es, en definitiva, producto del desarrollo de los instrumentos murales, sucesores del conocido *Quadrans Muralis* de Tycho Brahe.

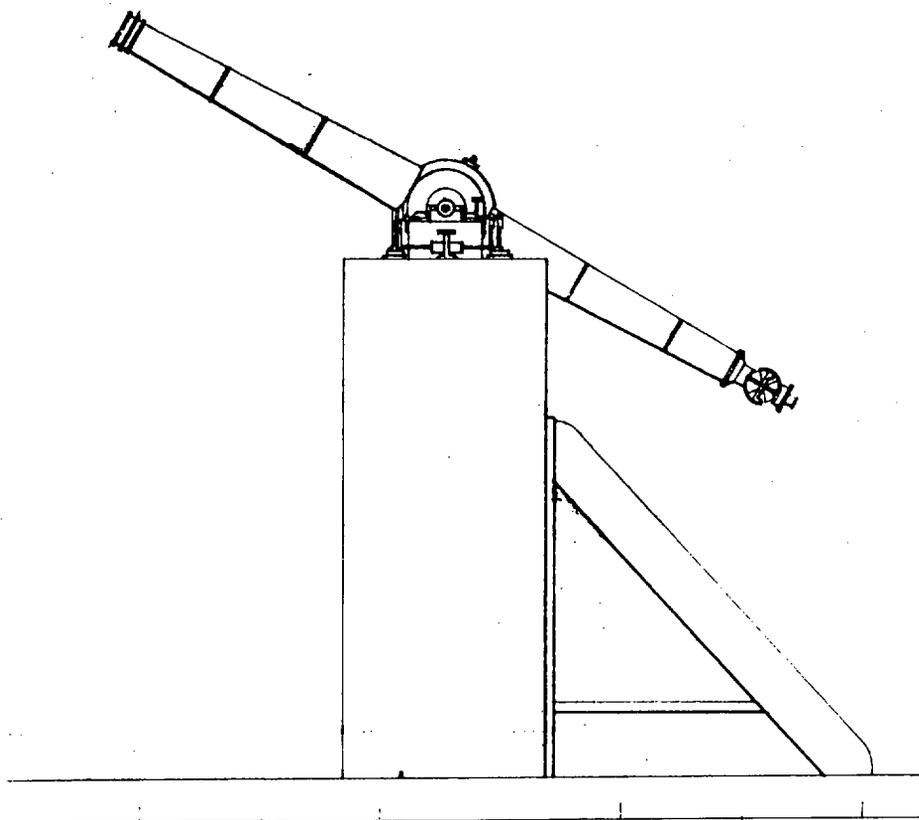
Las características técnicas del instrumento instalado por Jones en San Fernando son: diámetro de seis pulgadas inglesas; cuatro pulgadas de abertura en el anteojo; graduaciones en el borde externo del círculo, trazadas a intervalos de cinco minutos; seis microscopios fijos al muro, que permiten estimar hasta la décima de segundo de arco en la lectura de las graduaciones señaladas en el borde del círculo solidario con el anteojo (24). Este instrumento se sitúa, de una vez para siempre, con ayuda de marcas en el horizonte y de una plomada, por lo que las alteraciones causadas por motivos externos no se pueden detectar más que a largo plazo por la acumulación de sus efectos. Dado que su estabilidad no es vigilada a lo largo de la observación, la única forma inmediata de que las vibraciones del instrumento se hiciesen patentes sería a través de la pérdida de estabilidad en la imagen.

Anteojo de Paso.

Este instrumento fue construido también por Thomas Jones. Fue instalado antes que el Círculo Mural y sus primeras observaciones tuvieron lugar en mayo de 1833. Le acompañó un péndulo para la medida del tiempo sidéreo, accesorio indispensable para las observaciones con este instrumento. En el momento de su adquisición, el Círculo Mural y el Anteojo de Paso eran *los mejores instrumentos de su clase* (25). Al igual que el anterior, este instrumento fue desmontado hacia 1950, después de haberse utilizado para las prác-

(24) Los valores en el sistema métrico decimal de las medidas inglesas empleadas al describir los instrumentos son los siguientes: 1 pie = 0,305 m. ; 1 pulgada = 0,025 m.

(25) B.I.O.M. «Informe que presenta al Sr. Comandante General del Departamento el teniente de navío que suscribe, sobre el estado del Observatorio de Marina de San Fernando al hacerse cargo de su Dirección. 30-9-1869. Cecilio Pujazón».



Representación gráfica del Anteojo de Paso de Jones, instalado también en el Observatorio.

ticas de los nuevos observadores durante casi un siglo. También se conserva en el vestíbulo del edificio principal del Observatorio.

Como ya se dijo al analizar el círculo mural, el anteojo de paso es el instrumento que se utiliza para la medida de las ascensiones rectas de los astros. Es, pues, un instrumento complementario del citado. Su invención es atribuida al astrónomo danés Olans Römer (1644-1710). Las medidas astronómicas que se efectúan con un anteojo de paso se basan en la aplicación de la siguiente fórmula: Hora sidérea = horario del astro + ascensión recta. De esta forma, cuando el astro está en el meridiano (horario cero) se reduce a: Hora sidérea = ascensión recta; por tanto, se puede hacer uso de esta igualdad en sus dos sentidos. Si conocemos la ascensión recta de una estrella sabremos la hora sidérea del péndulo. Por otro lado, si un péndulo nos da la hora sidérea conoceremos la ascensión recta de una estrella a su paso por el meridiano.

Un anteojo de paso está formado por un telescopio que puede girar en torno a un eje horizontal, en cuyos extremos tiene unos pivotes que se apoyan sobre soportes en forma de Y, fijos a dos pilares sólidamente incrustados en

el terreno. El telescopio, en su giro, se mueve en el plano del meridiano del lugar, por lo que observará siempre el paso de los astros por el mismo. La medida del tiempo sidéreo del paso se hace mediante un reloj adecuado. El observador debe determinar visualmente en qué instante está el astro en el meridiano, para lo cual el anteojo lleva, en el foco principal de su sistema óptico, una serie de hilos verticales, alguno de ellos puede ser móvil y también alguno horizontal. La técnica de observación consiste en obtener las horas sidéreas en que el astro pasa por cada uno de los hilos, para, a partir de ellas, deducir la del paso por el meridiano. Como ya vimos antes, ese será el valor de su ascensión recta, si se trata de un paso superior, o de su ascensión recta más doce horas, si es un paso inferior.

El Anteojo de Paso de Jones tiene diez pies ingleses de distancia focal y cinco pulgadas de abertura; la longitud del eje horizontal es de 42 pulgadas. Disponía de dos oculares con cinco hilos verticales cada uno, separados entre sí por unos 25 segundos de tiempo; uno de los oculares tenía un hilo móvil, controlado por un micrómetro, iluminado por una lámpara a través del eje. Los apoyos de los pivotes tenían ajustes de inclinación y acimut. Además tenía un círculo graduado de doce pulgadas, con microscopios para el ajuste de alturas. En sus observaciones se utilizaba un nivel de burbuja.

Círculo Meridiano.

La segunda generación de grandes instrumentos meridianos está representada por el Círculo Meridiano montado en 1865, construido por Troughton and Simms a semejanza del diseñado por G. B. Airy para el Observatorio de Greenwich. Está claro, pues, que el instrumento de San Fernando *se adquirió para montar al Observatorio al nivel de los más afamados de Europa* (26). El contrato de compra, en el que se detallaban muy claramente las condiciones que el aparato debía reunir, fue firmado el 20 de abril de 1857 (27). Aunque el instrumento fue embarcado con destino a Cádiz en mayo de 1859, no fue instalado en el Salón Oriental del edificio principal del Observatorio hasta 1865, año en el que comenzó a utilizarse para que los observadores adquiriesen práctica en su manejo. Estuvo en servicio hasta que fue sustituido por el actual Círculo Meridiano hacia 1950.

El círculo meridiano es un instrumento que surgió como síntesis del anteojo de paso y de los instrumentos para medir alturas meridianas. Después de varias tentativas en el siglo XVIII, el primer círculo meridiano fue construido por Troughton en 1806. Durante el siglo XIX, este instrumento desplazó a los anteriores, convirtiéndose en el rey de la astrometría, privilegio que, a pesar del paso de los años, ostenta todavía. Básicamente es parecido a un anteojo de paso, pero tiene un círculo graduado y una serie de microscopios para su lectura; además posee un hilo horizontal móvil en el micrómetro.

(26) Idem.

(27) Idem.

Todo ello le permite calcular la altura de un astro. La técnica de observación consiste en dividir el campo de visión en tres partes, que el astro va atravesando sucesivamente en su movimiento diurno. En las dos zonas extremas del campo se mide una de las coordenadas (ascensión recta o declinación) y en la central la otra. La ascensión recta se obtiene midiendo la hora sidérea en que el astro pasa por los hilos verticales; si el instrumento tiene hilo vertical móvil, éste se coloca sobre el astro y se le hace seguir su movimiento, registrándose las horas sidéreas al paso del hilo por ciertos puntos; la medida de la altura se hace colocando el hilo horizontal sobre la estrella y leyendo en un micrómetro su posición.

El Círculo Meridiano de Troughton and Simms tenía una abertura de ocho pulgadas inglesas y una distancia focal de once pies y siete pulgadas. El ocular de observación tenía siete hilos verticales fijos y uno móvil, además del horizontal móvil. El eje horizontal era de acero fundido y medía seis pies de longitud; los pivotes tenían seis pulgadas de diámetro. El círculo vertical era también de acero, con seis pies de diámetro; estaba fijo a la parte oeste del eje horizontal y en la cara externa tenía una banda de plata con graduaciones a intervalos muy exactos de cinco minutos. Tenía también seis microscopios a intervalos de 60° , situados en perforaciones hechas en el pilar, que permitían lecturas con una precisión de la milésima de minuto de arco. Para calcular los errores de colimación y flexión del tubo del telescopio, el instrumento poseía dos telescopios colimadores, situados al norte y al sur dentro del mismo salón. Disponía además de un baño móvil de mercurio, muy sensible a cualquier alteración en el terreno, que se utilizaba para las observaciones reflejas y para el control de los errores de inclinación y punto Nadir.

Algunas conclusiones.

Durante los años estudiados nos encontramos con un contexto histórico propicio para el desarrollo de las compañías capitalistas del ferrocarril. Como hemos visto en la primera parte de este trabajo, era mucho el interés que el trazado de líneas férreas despertaba en los inversores extranjeros, quienes en ocasiones vieron abiertas todas las puertas para poder extraer los máximos beneficios en un negocio que se prometía redondo. Es en estos momentos cuando aparece la figura de Francisco de Paula Márquez como responsable de una institución científica, ya centenaria, que podía ser perjudicada por el ferrocarril. No pretendía Márquez oponerse al desarrollo del nuevo y prometedor sistema de comunicaciones y transporte sino más bien intentar llegar a una solución de compromiso mediante la cual pudiesen convivir la astronomía y el ferrocarril. Para ello no dudó en utilizar todos los resortes que ponía a su disposición el hecho de que la institución bajo su mando perteneciese al Estado, cuyo Gobierno, dado el interés que sin duda tenían para la nación, estaba promocionando los proyectos de líneas férreas como base de un posible desarrollo económico e industrial que, por las ya conocidas condiciones



El Observatorio de Marina de San Fernando, a mediados del siglo XIX.

políticas de la España de la primera parte del siglo XIX, no se había producido a su debido tiempo.

Los problemas inmediatos que podría acarrear la implantación de un ferrocarril en las cercanías del Observatorio de Marina, y que fueron previstos de una u otra forma por Francisco de Paula Márquez en todas las argumentaciones que al respecto hizo a sus superiores, fueron, en resumidas cuentas, los siguientes:

- La perturbación de los niveles y horizontes artificiales, instrumentos de referencia imprescindibles en las observaciones meridianas, en el momento del paso de un tren cerca del Observatorio.
- La imposibilidad de oír con claridad el batir de los péndulos durante el tiempo que durase el ruido producido por un ferrocarril, algo también imprescindible en una observación de este tipo.
- La posibilidad de que el funcionamiento de los grandes instrumentos meridianos se viese afectado si éstos entraban en resonancia con las vibraciones producidas por los ferrocarriles.
- Las variaciones (giros), a largo plazo, de la posición del instrumento como consecuencia de los impulsos recibidos por efecto de las vibraciones producidas por el ferrocarril.
- La contaminación y el calentamiento de la atmósfera, problema que afectaría a la estabilidad de la imagen, especialmente en el horizonte, donde se debían observar las marcas de referencia.

No obstante, existe toda una serie de consecuencias posteriores a cuyo control contribuyó Márquez indirectamente, con su actitud de defensa de las condiciones necesarias para la realización de unas observaciones astronómicas fiables. Hay que tener en cuenta que el ferrocarril no se traducía solamente en un par de railes paralelos y una locomotora. Al tren, en el siglo XIX, le acompañaba el desarrollo económico e industrial y el aumento de la población, todo lo cual contribuiría, sin duda, a un aumento de la contaminación atmosférica y luminosa y a un calentamiento, cada vez mayor, de la atmósfera, condiciones nefastas para las observaciones astronómicas. Con el paso de los años, ello daría lugar a una importante reducción en la magnitud estelar observable y a un aumento de la inestabilidad de las imágenes observadas a través de los instrumentos, por lo que algunos de los campos de investigación del Observatorio de San Fernando, como la astrofísica, quedarían excluidos de sus actividades. Por otro lado, la electrificación a la que posteriormente serían sometidas las líneas férreas provocaría una nueva limitación en un tipo de observaciones que todavía no se habían iniciado en San Fernando cuando se construyó el ferrocarril, las observaciones magnéticas.

Quizá Francisco de Paula Márquez no llegase tan lejos al pensar en las consecuencias que el trazado de un ferrocarril en los alrededores del Observatorio podría traer al centro, pero lo que sí es evidente es que fue pionero en una forma de pensar, apoyado por alguno de sus insignes colegas, que poco a

poco fue imponiéndose hasta llegar a nuestros días, en que los nuevos observatorios buscan su ubicación lejos de los grandes núcleos urbanos e industriales. Actualmente, la creación de una comisión en el seno de la Unión Astronómica Internacional dedicada esencialmente a estos asuntos, que aconseja a los distintos gobiernos en materia de protección de los lugares de observación, puede ser considerada como un hito importante, en unos momentos en los que los astrónomos y los observatorios intentan aprovechar al máximo las condiciones de observación.

EL OBSERVATORIO DE MARINA Y EL FERROCARRIL GADITANO (1856-1861)...

FUENTES DOCUMENTALES E HISTORIOGRAFICAS

- A.M.C. Libros de Actas Capitulares de 1856, 1857 y 1858.
- B.I.O.M. Expte. sobre el Ferrocarril de Cádiz a Puerto Real, 1857-58.
- B.I.O.M. Informe que presenta al Sr. Comandante General del Departamento el teniente de navío que suscribe, sobre el estado del Observatorio de Marina de San Fernando al hacerse cargo de su Dirección. 30-9-1869. Cecilio Pujazón.
- *Reglamento de la Compañía Anónima del Camino de Hierro de la Reina Cristina* (Cádiz, 1834).
- Sánchez Cerquero, José: *Observaciones hechas en el Observatorio Real de San Fernando, en el año de 1834* (San Fernando, 1836).
- *Informe de la Junta de Comercio de Cádiz... concerniente a las mejoras proyectadas para el río Guadalquivir y al ferro-carril de Cádiz a Sevilla* (Cádiz, 1853).
- Rosetty, José: *Guía de Cádiz, San Fernando y el Departamento para el año de 1855* (Cádiz, 1855).
- *Memoria facultativa que acompaña a los planos del ferro-carril gaditano, con otros documentos referentes a este asunto* (Cádiz, 1856).
- Rosetty, José: *Guía de Cádiz, San Fernando y el Departamento para el año de 1857* (Cádiz, 1857).
- *Compañía de los ferro-carriles de Sevilla a Jerez y de Puerto de Real a Cádiz. Memoria del Consejo de Administración, leída en la Junta General de Accionistas celebrada el 18 de mayo de 1858* (Madrid, 1858).
- *Memoria que la Comisión Activa presenta a la Junta de Canalización del Guadalete, al darle cuenta de sus últimos trabajos* (Cádiz, 1859).
- *Compañía de los ferro-carriles de Sevilla a Jerez y de Puerto Real a Cádiz. Memoria del Consejo de Administración, leída en la Junta General de Accionistas celebrada el 12 de junio de 1861* (Madrid, 1861).
- Rosetty, José: *Guía de Cádiz, El Puerto de Santa María, San Fernando y el Departamento para el año de 1862* (Cádiz, 1862).
- Montojo, José: *Costa SW de España. Plano de la bahía de Cádiz* (Madrid, 1874).
- *Anales del Instituto y Observatorio de Marina. Año 1892*. (San Fernando, 1896).
- *Diario El Comercio* (Cádiz), 1857-1861.



BIBLIOGRAFIA

- ARTOLA, Miguel: *La burguesía revolucionaria (1808-1874)* (Madrid, 1981).
- GONZALEZ, Francisco José: *Don Cecilio Pujazón y el Observatorio de Marina* (Memoria de Licenciatura) (Cádiz, 1986).
- HISTORIA DE ANDALUCIA, Vol. VII: *La Andalucía Liberal (1778-1868)* (Barcelona, 1981).
- HOWSE, Derek: *Greenwich Observatory, Vol. 3: The Buildings and Instruments* (Greenwich, 1975).
- NADAL, Jordi: *El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913* (Barcelona, 1982).
- ORTE LLEDO, Alberto: «Los observatorios navales» en *Aula Militar de Cultura. Curso XX*. (Cádiz, 1985).
- TORTELLA, Gabriel: *Los orígenes del capitalismo en España* (Madrid, 1982).
- VALENZUELA, José M.: *Estudio geológico y geotécnico del Observatorio de Marina* (San Fernando, 1979).
- VIVES, Teodoro J.: *Astronomía de posición* (Madrid, 1971).