
ESTUDIOS / STUDIES

AUGE Y DECLIVE DE LA TECNOLOGÍA ESPAÑOLA DE INSTRUMENTOS ÓPTICOS: EL TELESCOPIO DEL INSTITUTO DE ÓPTICA DAZA DE VALDÉS (1940-1970)

Sergio Barbero Briones

Instituto de Óptica. CSIC

E-mail: sergio.barbero@csic.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4555-4114>

Esteban Moreno Gómez

Cultura científica y Ciencia Ciudadana, CSIC

E-mail: esteban@orgc.csic.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8367-6812>

Recibido: 5 enero 2022; Aceptado: 19 octubre 2022; Publicado: 11 diciembre 2023

Cómo citar este artículo / Citation: Barbero Briones, Sergio; Moreno Gómez, Esteban (2023), "Auge y declive de la tecnología española de instrumentos ópticos: el telescopio del Instituto de Óptica Daza de Valdés (1950-1970)", *Asclepio*, 75 (2): e33. DOI: <https://doi.org/10.3989/asclepio.2023.33>

RESUMEN: El desarrollo científico-tecnológico de instrumentos ópticos en España tuvo una época de florecimiento en la década de los cuarenta y cincuenta del siglo XX. Esto fue debido al impulso de, primero, la Sección de Óptica del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz, y, posteriormente, del Instituto de Óptica Daza de Valdés, fundado en 1946; ambas instituciones pertenecientes al Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Sin embargo, la década de los sesenta supuso un declive de las capacidades y potencialidades adquiridas durante el periodo anterior. La historia de un telescopio, de tipo Maksutov, cuyo diseño y fabricación se realizaron en el Instituto de Óptica, nos sirve de hilo conductor para explicar el auge y declive de la óptica instrumental en España desde los años cuarenta a los setenta. Analizamos los factores involucrados, tanto internos (científicos y tecnológicos), como externos (condicionantes políticos y económicos) que determinaron este singular desarrollo que acabaría convirtiendo a la óptica instrumental en una de las áreas más relevantes en el panorama científico-tecnológico del primer franquismo.

Palabras clave: Óptica instrumental; Tecnología española en el franquismo; Telescopios; Instituto de Óptica Daza de Valdés.

RISE AND DECLINE OF SPANISH OPTICAL INSTRUMENT TECHNOLOGY: THE TELESCOPE OF THE INSTITUTE OF OPTICS DAZA DE VALDÉS (1940-1970)

ABSTRACT: The scientific-technological development of optical instruments in Spain had a flourishing period in the 1940s and 1950s. This was due to the impulse of, first, the Optics Section of the Institute of Physics Alonso de Santa Cruz, and later the Institute of Optics Daza de Valdés, founded in 1946; both institutions belonging to the Spanish National Research Council. However, during the 1960s, the capabilities and potential acquired during the previous period began to decline. The history of a Maksutov-type telescope, whose design and manufacture were carried out at the Institute of Optics, serves as a guiding thread to explain the rise and fall of optical instrumentation in Spain from the 40s up to the 70s. We analyze the factors involved, both internal (scientific and technological) and external (political and economic conditioning factors) which determined this singular development that would eventually turn optical instrumentation into one of the most relevant areas in the scientific-technological panorama of Early Francoism.

Keywords: Optical instrumentation; Spanish technology during Early Francoism; Telescopes; Institute of Optics Daza de Valdés.

INTRODUCCIÓN

En un libro reciente, Juan Pimentel expone una sugerente metáfora sobre la naturaleza fantasmal de la ciencia española (Pimentel, 2020): a saber, la gran tragedia de esta es su aparente desconexión del resto de la trama cultural española. La clave interpretativa de la metáfora radica precisamente en la apariencia, y esto es así en la medida en que, según Pimentel, la ciencia sí ha tenido una influencia importante en el desarrollo cultural hispano, aunque en buena parte esta influencia parezca hoy inverosímil, ya que su historia ha quedado diluida o desdibujada. Un arquetipo de esta visión sería el Observatorio Astronómico de Madrid: “prácticamente oculto, invisible, un monumento a la belleza y la clandestinidad de la ciencia española” (Pimentel, 2020, p. 193). La ciencia española durante el primer franquismo, la de un régimen obligado a una política tecnológica más o menos autárquica, que llega a su cenit a finales de los años cincuenta, es un eslabón más de aquella –de nuevo siguiendo a Pimentel– “larga cadena de planes interminables y proyectos inconclusos que adornan la historia de la ciencia española” (Pimentel, 2020, p. 188).

La historia de la ciencia española del primer franquismo fue singular por varias razones. La búsqueda de una menor dependencia tecnológica del exterior, como requisito ineludible para la construcción del nuevo Estado, estaba en la matriz ideológica del régimen. Además, como ha señalado Lino Camprubí, para conseguir aquella la única opción viable, para un país como España, era emprender una decidida promoción de la investigación y la educación (Camprubí, 2017); con todos los sesgos y perversiones, si se quiere, que aquella tuviese. Esto condujo a que los ingenieros asumiesen un papel determinante en la estructuración de la política económica y científica española de aquellos años (Ramos y Pires, 2006), lo cual, a su vez, explica el enorme e inusitado poder político alcanzado por algunos de estos ingenieros (Camprubí, 2017, p. 21).

Uno de estos ingenieros fue José María Otero Navascués (1907-1983)¹. Es bien sabido que Otero fue un actor esencial en el inicio de la energía nuclear en España (Romero y Sánchez Ron, 2001), pero no menos importante fue su contribución a lo que, en términos actuales, podríamos denominar ingeniería óptica u óptica aplicada.

La óptica, en general, adquirió, durante los años cuarenta y cincuenta, una importancia inédita en España. Fijándonos en la revista científica española señera en aquella época, los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, un estudio estima un porcentaje del 36 % de artículos de óptica sobre el total, lo cual convierte a la óptica en el “tema dominante de la física

española de su tiempo” (Valera y López, 2001, p. 286; Glick, 1986, pp. 296-297). Conviene, sin embargo, puntualizar que este desarrollo no partió de la nada, ni en el marco temporal ni en el espacial. Antes de la Guerra Civil ya existieron ciertas iniciativas encaminadas a promocionar la ingeniería óptica (Barbero, 2022a). Por otro lado, el desarrollo de la ingeniería óptica durante el primer franquismo hubiese sido muy diferente sin la participación directa de notables ingenieros alemanes e italianos, como se verá en este artículo.

La institución clave en el desarrollo de la ingeniería óptica del primer franquismo fue el Instituto de Óptica Daza de Valdés (de ahora en adelante IO) a través de las distintas secciones y departamentos que se fueron creando relacionadas con el diseño óptico². El IO se había fundado en 1946 gracias a las gestiones personales de Otero. El prolongado proyecto de desarrollo (diseño y fabricación propia) de un telescopio, tipo Maskutov, dentro del IO –el cual abarcó casi 25 años finalizando en el año 1970– es un ejemplo paradigmático de lo que se llegó a conseguir a nivel técnico. No obstante, de manera análoga al “oculto, invisible y clandestino” Observatorio Astronómico de Madrid, el telescopio del IO también ejemplifica cómo un denodado esfuerzo científico-técnico, en términos humanos y materiales, acabó, primero infrautilizado, y después profundamente olvidado. Tanto, que son pocos los científicos y tecnólogos actuales, dedicados a la óptica, que conozcan siquiera su existencia. Esta es la motivación esencial para que, en este artículo, reconstruyamos el proceso de investigaciones previas, diseño y construcción de este telescopio³, el cual es Bien de Interés Histórico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas desde 2021. Probablemente sea el primer telescopio íntegramente diseñado y fabricado en la historia de la ciencia española contemporánea.

LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PRELIMINARES (1941-1959)

Tras la Guerra Civil española, la investigación en física dentro del recién creado Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) se estructuró a través del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz. Otero fue nombrado su secretario y, a propuesta de Julio Palacios, se creó la Sección de Óptica en mayo de 1940⁴. En su constitución, la Sección de Óptica solo contaba con dos investigadores⁵: Otero Navascués y Armando Durán (1913-2001)⁶.

Desde los inicios, el diseño óptico fue una línea de investigación primordial, con Otero ejerciendo como promotor y gestor, y Durán aportando más en términos de generación de conocimiento y formación de personal

cualificado. A pesar de la formación inicial de Otero en óptica instrumental, sus intereses académicos derivaron hacia problemas de óptica visual —motivado por su afán de entender mejor la interacción entre el sistema visual y los instrumentos ópticos—, área en la que hizo notables contribuciones (Villena, 1984).

En 1940 Durán era profesor auxiliar de electricidad y magnetismo en la Universidad Central, aunque más tarde consiguió la Cátedra de Óptica de la misma Universidad. Aprovechando esta posición, Durán pudo captar licenciados en física para la Sección de Óptica (Villena, 1983b). Así fueron los casos de: Leonardo Villena, María Egües (Anónimo 1963; Barbero 2023b), Pedro Jiménez-Landi⁷ y José Cabello. De los cuatro, Egües y Jiménez-Landi comenzaron sus tesis doctorales (1941) en óptica geométrica y cálculo de sistemas, concretamente en teoría de aberraciones⁸. Con todo, al principio, tanto Durán, como Jiménez-Landi y Egües no poseían conocimientos profundos ni experiencia en óptica geométrica y cálculo de sistemas. Para estos primeros investigadores fue imprescindible la formación proporcionada por el investigador alemán Franz Weidert (1878-1954).

Weidert era uno de los más destacados investigadores internacionales en óptica instrumental. Fundó el reputado *Optisches Institut* de la Universidad Técnica de Berlín, el primer instituto de investigación y formación en ingeniería óptica de Alemania y, sin duda, otro modelo de referencia para el Instituto de Óptica de Otero⁹. De hecho, Otero, en comisión de servicios de la Armada y en compañía de Amadeo Sánchez Ríaza, se formó en óptica instrumental —estancia de dos años a principio de los años treinta— en el instituto berlinés¹⁰, donde trabó amistad con Weidert, a quien posteriormente siempre consideraría su maestro: “nos hicieron [sus enseñanzas] conocer la Óptica primero, y amarla después.” (Otero Navascués, 1961).

Otero, en representación del CSIC, realizó un viaje institucional a Alemania en 1941 con la finalidad de evaluar varios aspectos organizativos de la ciencia alemana y explorar posibilidades de atraer científicos alemanes a España (Clara y Ninhos, 2016, p. 78). Uno de estos primeros investigadores fue Weidert, cuya estancia financiada es sumamente reseñable ya que no fueron muchas las estancias de investigadores extranjeros aquellos años¹¹. En la primavera de 1941, Weidert impartió dos cursos paralelos de dos meses de duración; uno sobre óptica geométrica (óptica paraxial y teoría de aberraciones) y otro sobre cálculo de sistemas ópticos¹². En el curso de cálculo de sistemas ópticos explicó los fundamentos del trazado de rayos trigonométrico y su aplicación concreta en varios sistemas. El curso fue muy provechoso, por lo que Weidert continuó impartíéndolos en los dos años siguientes¹³.



Figura 1. Curso de óptica geométrica y cálculo de sistemas impartido por Franz Weidert⁵³. Imagen perteneciente al Fondo Fotográfico “María Teresa Vigón” (identificador FFMTV-FDE-001), cedida por cortesía de la familia Durán Escribano.

La Figura 1 muestra una fotografía de los asistentes a uno de estos cursos. Sin embargo, en los años venideros, los avatares de la II Guerra Mundial interrumpieron la comunicación con Weidert (Otero Navascués, 1961)

De estos cursos se beneficiaron, fundamentalmente, Durán, Egües y Jiménez-Landi. Sin embargo, Durán, en calidad de investigador sénior de este grupo, y dada su formación en físicas y matemáticas, acabó liderando este primer grupo germinal de diseño óptico. De hecho, Durán, en compañía de Weidert, firma el primer artículo científico de la posguerra sobre diseño óptico; trabajo dedicado a la propiedad óptica del isoplanatismo (respuesta óptica uniforme con el campo visual) en sistemas telescópicos (Weidert y Durán, 1942). Poco después, Durán utilizó las llamadas fórmulas de Kerber¹⁴ para estudiar estos mismos sistemas telescópicos (Duran, 1943). Su objetivo final era analizar la influencia de cada superficie óptica de un sistema óptico en su calidad final¹⁵. Como vemos, pues, el estudio teórico de las leyes de óptica geométrica y su concreta aplicación a los sistemas telescópicos era una línea de investigación primordial para Durán.

Un hito institucional importante en estos primeros años de la década de los cuarenta es la creación, en 1944, del Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LTIEMA). La misión encomendada a este Taller era la fabricación de instrumentos ópticos de uso prioritario para la Armada: sextantes, prismáticos, periscopios, etc. La parte relacionada con el diseño se ejecutaba en el Despacho de Proyectos Ópticos del LTIEMA. La relación entre el IO y el LTIEMA era muy

estrecha. Tanto es así que, en los primeros años, los despachos del LTIEMA estaban ubicados dentro del IO. Por otro lado, en el IO también se estableció un despacho de proyectos cuya finalidad era diseñar instrumentos ópticos de índole científica para abastecer a aquellos centros de investigación que lo necesitasen¹⁶. No es de extrañar, pues, que Durán y Egües fueran también contratados por el LTIEMA. Egües, en particular, bajo la dirección de Durán¹⁷.

Egües, como Durán, también llevó a cabo investigaciones teóricas sobre los sistemas telescópicos. En 1943 presentó un amplio trabajo en el que deducía fórmulas para compensar aberraciones entre el objetivo y el ocular de un sistema telescópico¹⁸. Quizá la mayor contribución de Egües a los sistemas telescópicos fue el análisis de los oculares, línea de investigación que fructificó en dos artículos en los Anales¹⁹ y un monográfico, en compañía de Jiménez-Landi, donde hacía un detallado análisis de todos los tipos de oculares conocidos (Egües y Landi, 1947).

Los logros científicos y técnicos, sin desdeñar la influencia institucional de Otero, dieron sus frutos y Otero convenció a instancias superiores de la necesidad de crear un instituto específico de óptica. Esto se consiguió finalmente en 1946, cuando se creó el Instituto de Óptica Daza de Valdés, enmarcado dentro del Patronato Alfonso el Sabio. Una de las nuevas secciones del Instituto fue la de Óptica Geométrica y Óptica Física y Teórica, dirigida por Durán. En el segundo lustro de los años cuarenta esta sección fue incorporando a nuevos becarios: María Antonia Martín-Tesorero²⁰, María Lidia Erauzquin²¹, Justiniano Casas²², Carlos Sánchez del Río²³ y José Barcala²⁴.

Si a principios de los cuarenta la estancia de Weidert había sido crucial para la formación de los investigadores españoles en óptica instrumental, un papel análogo desarrolló, en estos años, un investigador italiano: Cesare Morais (Balestrieri, 2018). Morais era ingeniero naval y

mecánico. Trabajando para la empresa San Giorgio (en Génova) se había especializado en óptica instrumental. Desde 1929 hasta 1954 fue el máximo responsable de la Oficina de Cálculos Ópticos de dicha empresa. Era, pues, uno de los mayores expertos en óptica instrumental en Italia. Morais estuvo en el IO en dos ocasiones. En 1948, siendo director de San Giorgio, realizó una estancia investigadora en el IO (en compañía de una calculista) de cuatro meses de duración impartiendo un curso sobre: “óptica geométrica y cálculo de sistemas”, además de dirigir varios trabajos en diversos seminarios²⁵. Dos años después, en 1950, impartió otra vez un curso en “cálculo de sistemas”, esta vez durante dos meses²⁶. También cabe destacar un curso de un mes impartido en 1952 por parte del Jefe del Despacho de Proyectos Ópticos de la Casa Voigtlander²⁷ sobre: “nuevos métodos de marcha de rayos y teoría de las aberraciones”. Teniendo en cuenta las influencias de Weidert y Morais, quizá las personas más capacitadas en diseño óptico en sus respectivos países, se puede afirmar que la contribución extranjera fue determinante para el desarrollo del diseño óptico dentro del propio IO.

En 1948 el Instituto había crecido hasta disponer de una plantilla de 75 personas, con lo que el problema de espacio empezó a ser acuciante. Fue entonces cuando se planteó la necesidad de un nuevo edificio (Villena, 1983a, p. 98). El *Institut d'Optique* de Paris (creado tras la Primera Guerra Mundial) había sido otra de las fuentes de inspiración en la fundación del Instituto de Óptica español. Tanto es así, que la propia estructura del nuevo edificio del IO de 1950 (obra de Miguel Fisac) era, en cierto modo, similar. Como aquel, el nuevo edificio del IO se diseñó coronado por una cúpula, que emulaba los observatorios clásicos europeos, tal como se puede ver en la Figura 2.

La cúpula se encargó a la empresa *Hierros y Arte Luis Barreda Hijo*²⁸. Se trataba de una cúpula semiesférica de chapa acerada de 5 metros, semejante a la existente en



Figura 2. (a) Ilustración del edificio del *Institut d'Optique*. Extraído de (De Gramont, 1925). (b) Instituto de Óptica Daza de Valdés década de 1950. Archivo fotográfico del Instituto de Óptica. Biblioteca Dorotea Barnés (CSIC).

el Observatorio Astronómico de Madrid, la cual supuso un coste de 125.000 pesetas. Una cúpula que, obviamente, debería disponer de un telescopio.

INVESTIGACIONES TEÓRICAS EN TORNO AL TELESCOPIO MAKSTOV

En 1931 Bernhard Schmidt (1879-1935) aportó uno de los avances más relevantes en el diseño de telescopios del siglo XX. Schmidt ideó un diseño en el que la pupila de entrada del sistema se localizaba en el foco del espejo primario. Esta novedad permitía reducir los efectos de la principal aberración fuera de eje de los telescopios: el coma. Después, corregía la aberración esférica del espejo primario introduciendo una placa con superficies esféricas²⁹. Diez años después, el holandés Albert A. Bouwers (1893-1972) sugirió sustituir el corrector esférico de Schmidt por una lente en forma de menisco con la convexidad orientada hacia el espejo primario.

Como Bouwers, la principal motivación de Dmitri Maksutov (1896-1964), era corregir la aberración esférica y el coma del espejo primario, pero evitando las dificultades, tanto teóricas como prácticas, que implicaban la propuesta de Schmidt de fabricar superficies esféricas. Sin embargo, al contrario que Bouwers, Maksutov buscaba un diseño de menisco que evitase en la medida de lo posible la presencia de aberración cromática longitudinal (Wilson, 2014, pp. 165-174; Maksutov, 1944). La idea de Maksutov (que tuvo en agosto de 1941) era utilizar un menisco de espesor casi constante y gran curvatura. Maksutov patentó su idea el 3 de noviembre de 1941 en la Unión Soviética (Maksutov, 1944). El diseño de Maksutov poseía dos ventajas indudables sobre el de Schmidt. Por un lado, el de la fabricación, al contener solamente superficies ópticas esféricas y, por otro, su menor tamaño³⁰ por situarse el menisco a una distancia menor del radio de curvatura del espejo primario. Además, el sistema catadióptrico de menisco ofrece la posibilidad de tener una configuración cerrada, en la que el menisco sirve de elemento protector del espejo primario, evitando así su deterioro por la entrada de polvo o la acción de los gradientes térmicos.

Armando Durán, en compañía de Martín-Tesorero, presentaron en marzo de 1947 un artículo teórico sobre las aberraciones del telescopio de Maksutov (Duran y Martín-Tesorero, 1948). En este artículo, Durán y Martín-Tesorero señalaban que la principal carencia de Maksutov era que sus diseños estaban basados en procedimientos mixtos teórico-empíricos, de tal manera que solo se podían aplicar usando un material con un índice de refracción determinado para el menisco. Por lo tanto, si se quisiese usar otro índice de refracción, sería necesario realizar una optimización posterior utilizando cálculos numéricos

adicionales a partir del diseño primigenio. La principal contribución teórica del trabajo de Durán y Martín-Tesorero fue deducir ecuaciones que tuviesen como variable independiente al índice de refracción del menisco, de tal manera que el pre-diseño de cualquier telescopio tipo Maksutov pudiese realizarse de forma directa usando cualquier vidrio como material del menisco de Maksutov. En particular, dedujeron las ecuaciones en función tanto de los radios de curvatura del menisco como del espejo primario y la distancia entre ambos elementos, de tal manera que se cumplieran cuatro condiciones ópticas: 1) tener una potencia óptica total del sistema prescrita; 2) cancelar la aberración cromática de primer orden; 3) cancelar la aberración esférica y 4) imponer la condición de aplanatismo (condición de Abbe) o, alternativamente, corregir el astigmatismo. Tras elaborados cálculos algebraicos (que incluían algunas aproximaciones) llegaban a cuatro ecuaciones explícitas de los parámetros del sistema. La principal ventaja de estas ecuaciones para el diseñador, respecto de las ecuaciones originales de Maksutov, según los propios autores, es que en caso de que: “No tengan a mano un vidrio de índice muy próximo al valor dado por Maksutov, de poder obtener un sistema que con unos ligeros retoques llegue a presentar una perfecta corrección” (Duran y Martín-Tesorero, 1948).

Quedaban, pues, determinadas las bases teóricas para realizar un diseño Maksutov, aunque, por supuesto, también sería necesario un trazado de rayos posterior.

AÑOS CINCUENTA: EL DEPARTAMENTO DE ÓPTICA TÉCNICA

Volviendo a la historia institucional del IO, con el traslado al nuevo edificio se procedió a una reestructuración. Por el lado negativo, Durán, tras obtener la Cátedra de Óptica y Acústica en 1945, había dejado su estatus de colaborador del IO en 1949 al pasar a dirigir el Instituto Leonardo Torres Quevedo³¹. Por el lado positivo, lo más importante fue la creación del Departamento de Óptica Técnica. Otero consiguió que el nuevo departamento dependiese del Patronato Juan de la Cierva³², pero no el resto del IO –aunque posteriormente se incorporaría al patronato el resto del IO–. Probablemente esta anomalía –buscada para acceder a los mayores presupuestos que manejaba el Patronato Juan de la Cierva– se consiguió gracias al prestigio de incorporar a Weidert como jefe de este departamento (López, 1994, p. 225).

En última instancia, el objetivo de Otero era que el nuevo departamento, de manera análoga a como hacían los institutos de óptica de Francia e Italia, sirviese de sustento científico-tecnológico para una nueva industria óptica nacional³³. En el marco industrial y tecnológico,

configurado entre otros por Juan Antonio Suanzes, la creación de empresas y centros o departamentos del Patronato Juan de la Cierva se producían a veces de manera sincronizada, incluso compartiendo liderazgo³⁴.

El departamento finalmente se estructuró en tres secciones: 1) Sección de medida, de constantes y teoría de instrumentos, dirigida por Weidert con Jiménez-Landi como ayudante; 2) Sección de óptica geométrica y cálculo de sistemas, dirigida por Egüés, que disponía a su cargo de trece calculistas³⁵; 3) Sección de tecnología del vidrio y tratamientos superficiales, dirigida por Piedad de la Cierva.

Dentro de este departamento se realizaron los primeros anteproyectos de telescopios (anteojos astronómicos, como se denominaban). Por ejemplo, en 1954 se llevó a cabo un proyecto de antejo astronómico con las siguientes características: un objetivo formado por un doblete de 100 mm de focal y 8° de campo real con un ocular, tipo Kellner, de 25 mm de focal y 32° de campo, lo cual proporcionaba 4 aumentos³⁶. El proyecto fue diseñado por Casas, Barcala y Vázquez³⁷. Por sus modestos atributos probablemente fue un diseño con fines formativos.

Lamentablemente, en estos prometedores años acontecieron dos hechos que redujeron considerablemente el potencial de aquel departamento. El primero es que desde 1952 Egüés había dejado de simultanear su doble cargo en el Instituto de Óptica y el LTIEMA, quedándose en exclusiva en la dirección del Despacho de Proyectos Ópticos del LTIEMA (Romero, 2016). El segundo fue la defunción de Weidert el 22 de julio de 1954, aunque tenía ya entonces 76 años. A finales de los cincuenta, de los investigadores del grupo primigenio de diseño óptico que habían trabajado de una u otra manera en relación con los sistemas telescópicos solamente permanecía en el departamento Pedro Jiménez-Landi.

EL PROYECTO Y SU CONSECUCCIÓN (1960-1970)

Tras el fallecimiento de Weidert, el Departamento de Óptica Técnica se había reconvertido en la Sección de Óptica Geométrica e Instrumentos, que posteriormente a finales de los cincuenta volvió a ser Departamento de Instrumentos, con tres secciones: instrumentos, óptica física y fotografía. Es indudable que a principios de los sesenta el IO había perdido en gran medida su capacidad de investigaciones en óptica geométrica y diseño óptico, como se manifiesta claramente en la caída de producción científica en este campo. El jefe de la Sección de Instrumentos es, desde entonces, Jiménez-Landi. La sección cuenta como colaboradores con Daniel Vázquez³⁸, José Barcala y Javier Pérez Irisarri³⁹. Todos ellos provenientes de una nueva “generación” de especialistas en diseño óptico (en su más amplia acepción).

En el año 1960 el IO recibió, por parte de Antonio Enríquez, el encargo de diseñar un objetivo astronómico para aficionados. En los meses siguientes, curiosamente, se recibieron peticiones análogas a la anterior con lo que se decidió diseñar una serie de objetivos cuyas “características fuesen medias entre las solicitadas”⁴⁰. El resultado fue un objetivo catadióptrico compuesto por una lente convexa y el espejo primario.

Quizá, finalmente espoleados por estas solicitudes recientes, el IO decidió emprender el tan postergado proyecto de crear su propio telescopio. La dirección del IO encargó formalmente a la sección liderada por Jiménez-Landi la ejecución del proyecto. Con la experiencia adquirida, desde los trabajos teóricos previamente analizados y las capacidades del Taller Mecánico se optó finalmente por un modelo Maksutov. En 1961 se llevó a cabo el anteproyecto del sistema óptico del antejo astronómico⁴¹ cuyos parámetros de diseño son los siguientes (Tab. 1):

	Radios de curvatura (mm)	Distancias entre elementos (mm)	Diámetro apertura (mm)
Superficie anterior menisco	-336,25	12	
Superficie posterior menisco	-342,00	1160	120
Superficie espejo primario	-2431,3		143
Superficie espejo secundario	∞	1132,43	

Tabla 1. Principales parámetros en el diseño del telescopio Maksutov del IO. Informe sobre cálculo de un sistema catadióptrico Maksutov. Madrid, 29 de diciembre de 1961. AHIO.

El material utilizado para el menisco era el BK7, un tipo de vidrio *crow*n muy utilizado en lentes de altas prestaciones. El objetivo del sistema proporcionaba una focal de 1200 mm, con un diámetro útil de apertura de 120 mm ($f/10$) y un campo de 1° . El sistema podría acoplarse con un juego de tres oculares de focales: 24, 14, 12 y 8 mm, lo cual proporcionaba aumentos de 50, 85 y 150, respectivamente.

El informe final de proyecto, fechado el día 29 de diciembre de 1961, especifica, sin embargo, una posible corrección posterior: "Cuando se reciban los vidrios para su realización, es preciso efectuar una comprobación de resultados con los índices de colada, por si fuese necesario introducir alguna pequeña modificación en los rayos"⁴². Este era un procedimiento muy habitual, ya que el índice de refracción final del vidrio óptico adquirido podía diferir ligeramente del valor nominal de fábrica, lo cual podía cambiar los parámetros del diseño final. Esto requería un afinamiento del "cálculo de sistema", es decir, reevaluar, mediante trazado de rayos, que radios de curvatura eran los más óptimos para el índice de refracción finalmente medido. Estos cálculos, en un tiempo

en el que todavía no era completa la automatización del trazado de rayos, no eran triviales y podían tardar varios meses en hacerse (Anónimo, 1966b). No constan datos de archivo de sí finalmente esto fue necesario o no, con lo cual no es seguro que los parámetros finales del telescopio Maksutov construido fuesen los reproducidos en la Tabla 1. Aunque, en cualquiera de los casos, los parámetros no debieron diferir sustancialmente.

El hecho es que, en el plano del proyecto final, fechado en noviembre de 1963, tal como se ve en la Figura 3, aparece una ligera modificación del radio de la superficie posterior del menisco (-342 mm), aunque no está claro que esta discrepancia no fuese una mera errata.

Lo que sí se refleja en las memorias del IO es que en 1963 se había terminado el diseño de la óptica⁴³. En 1964 ya se disponía de un prototipo construido, el cual se exhibió en la exposición celebrada con motivo del XXV aniversario del CSIC⁴⁴. La fotografía de la Figura 4 muestra el telescopio en el stand del IO de la susodicha exposición; se observa el telescopio colocado frente a una fotografía de la luna y encima de un banco óptico, el cual debía estar destinado a su caracterización óptica.

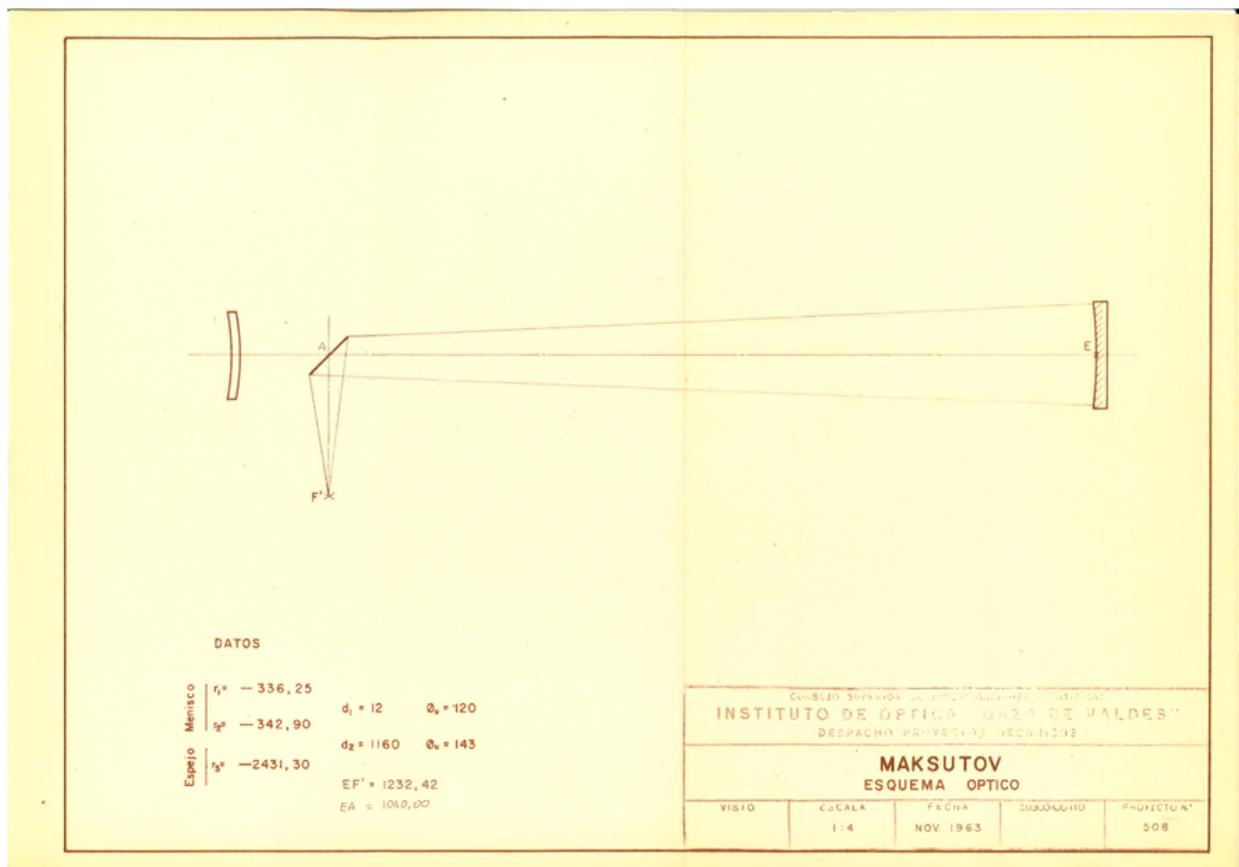


Figura 3. Plano de anteproyecto del telescopio Maksutov fechado en noviembre de 1963. AHIO.



Figura 4. Telescopio Maksutov, en primer término, expuesto con motivo del XXV aniversario del CSIC. Fotografía extraída de Revista Luz de Información del Instituto de Óptica Daza de Valdés y del Comité Español de Iluminación, vol. 15, agosto de 1965, p. 9.

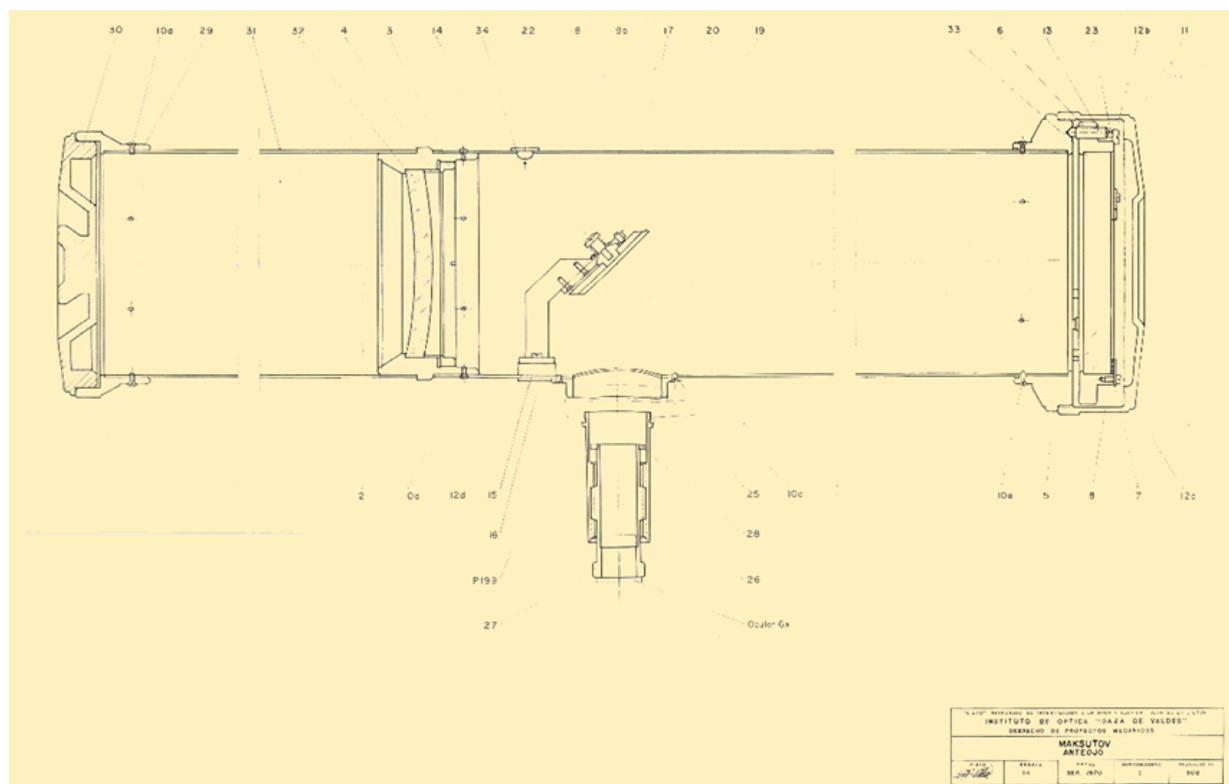


Figura 5. Plano de proyecto del telescopio Maksutov (1970). AHIO.

Sin embargo, el prototipo del año 1965 probablemente adolecía de serias carencias dado el tiempo que hubo de transcurrir hasta que se terminó el sistema final. Puede parecer sorprendente, pero la consecución definitiva tardó 4 años más en completarse. Posiblemente, al ser un proyecto interno, su ejecución se supeditase a otros encargos de mayor urgencia. La Figura 5 muestra el anteproyecto del telescopio final.

Y en la Figura 6 los elementos y materiales usados:

PIEZA Nº	DENOMINACION	Nº DE PIEZAS	MATERIAL	OBSERVACIONES
34	Morrea	1	LATON	
33	Espajo	1	VIDRIO	
32	Menisco	1	VIDRIO	
31	Placasol	1		
30	Tapao	1	Aluminio	
29	Montura tapao	1	Aluminio	
28	Anillo roscado	1	Latón	
27	Tubo para ocular	1	Latón	
26	Distancador ocular	1	H. Calibrado	
25	Acoplamiento bayoneta	1	Latón	
24	Arandela	1	H. Calibrado	
23	Muelle	4	Evarita piano	
22	Tornillo abismado con cuello	1	H. Calibrado	
21	Tornillo de/métrico	2	H. Calibrado	
20	Parte espajo	1	Latón	
19	Espajo	1	VIDRIO	
18	Casquillo estérneo	1	Latón	
17	Placa de nivelación	1	Latón	
16	Abrazadera	1	H. Calibrado	
15	Cuba de asiento	1	H. Calibrado	
14	Soporte espajo reflexivo	1	H. Calibrado	
13	Prisionero con punta	3	H. Calibrado	
12	Tornillo de/métrico	11	H. Calibrado	
11	Tapao	1	Aluminio fundido	
10	Tornillo abismado con cuello	30	H. Calibrado	
9	Prisionero	4	H. Calibrado	
8	Calzo	3	Cercho	
7	Grupo	3	Latón	
6	Montura espajo	1	Aluminio fundido	
5	Soporte montura espajo	1	Aluminio fundido	
4	Separador	1	Latón	
3	Anillo roscado	1	Latón	
2	Montura menisco	1	Aluminio fundido	
1	Tubo	1		

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS		COTAS MILIMÉTRICAS	
INSTITUTO DE ÓPTICA DAZA DE VALDÉS			
DESPACHO DE PROYECTOS MECÁNICOS			
MAKSUTOV			
ESCALAS		FECHAS	
ANTEJO		Octubre 1964 Septiembre 1970	
LISTA DE PIEZAS Y MATERIALES			
VISTO	MATERIAL	Nº DE PIEZAS	PIEZA Nº
			I
			508

Figura 6. Lista de piezas y materiales utilizados para el objetivo y ocular del telescopio Maksutov. AHIO.

Indudablemente el soporte ecuatorial, dado el complejo sistema mecánico involucrado, fue un reto para el Despacho de Proyectos Mecánicos. La Figura 7 muestra el anteproyecto de este soporte ecuatorial final.

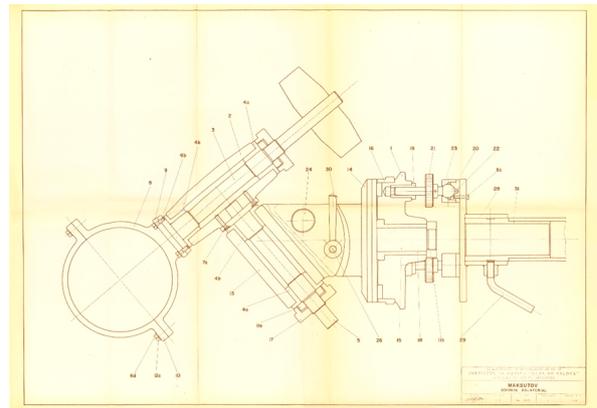


Figura 7. Plano de proyecto de soporte ecuatorial del telescopio Maksutov. AHIO.

Y la imagen de la Figura 8 detalla los elementos utilizados.

PIEZA Nº	DENOMINACION	Nº DE PIEZAS	MATERIAL	OBSERVACIONES
31	Manguito	1	HIERRO	
30	Mando de apriete	1	HIERRO	
29	Mando de fijación	1	HIERRO	
28	Platina niveladora	1	HIERRO	
27	Tornillo nivelador abismado	2	HIERRO	
26	Resaca de apriete	1	HIERRO	
25	Tuerca para 24	1	HIERRO	
24	Eje para 13 y 14	1	HIERRO	
23	Tapao	3	HIERRO	
22	Tintero	3	HIERRO	
21	Mando para 20	3	HIERRO	
20	Vástago de nivelación	3	HIERRO	
19	Casquillo roscado	3	LATON	
18	Casquillo	1	LATON	
17	Mando de apriete	2	HIERRO	
16	Anillo graduado	1	LATON	
15	Platina eje vertical	1	HIERRO	
14	Soporte eje	1	ALUMINIO	
13	Soporte eje fierro	1	ALUMINIO	
12	Arandela	9	HIERRO	
11	Tuerca	1+2	HIERRO	
10	Manivela superior	2	ALUMINIO	
9	Placa para 8	1	HIERRO	
8	Manivela inferior	2	ALUMINIO	
7	Tornillo nivelador	10	HIERRO	
6	Tornillo de/métrico	28	HIERRO	
5	Eje fierro	1	HIERRO	
4	Casquillo para 3	2+2	LATON	
3	Eje	1	HIERRO	
2	Soporte eje vástago	1	ALUMINIO	
1	Platina de nivelación	1	ALUMINIO	

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS		COTAS MILIMÉTRICAS	
INSTITUTO DE ÓPTICA DAZA DE VALDÉS			
DESPACHO DE PROYECTOS MECÁNICOS			
MAKSUTOV			
ESCALAS		FECHAS	
SOPORTE ECUATORIAL		Octubre 1964	
LISTA DE PIEZAS Y MATERIALES			
VISTO	MATERIAL	Nº DE PIEZAS	PIEZA Nº
			II
			508

Figura 8. Lista de piezas y materiales utilizados para el soporte ecuatorial. AHIO.

En una fecha tan tardía como octubre de 1969, el proyecto no estaba completamente finalizado debido

a algunas⁴⁵ “pegas encontradas”, presumiblemente de tipo mecánico, y a que Jiménez-Landi se encontraba en Bruselas. El plano del prototipo final está firmado con fecha de septiembre de 1970 por el responsable del Despacho de Proyectos Mecánicos.

EPÍLOGO: UN PROYECTO CONCLUSO PERO DESAPROVECHADO

El telescopio Maksutov fue uno de los grandes proyectos del Instituto de Óptica en sus primeros años de existencia. Esto es indudable si, como hemos visto, tenemos en cuenta que el proyecto se ideó en los años cuarenta –de ahí la cúpula del nuevo edificio–, implicó investigaciones, al menos indirectamente relacionadas, durante quince años, y finalmente el proyecto y fabricación final supusieron nueve años más durante la década de los sesenta; todo lo cual suma un total de alrededor de veinticinco años. La Figura 9 muestra una fotografía

del telescopio de los años setenta instalado en la cúpula del edificio diseñado por Fisac para el Instituto de Óptica.

La satisfacción por la consecución del proyecto se pone de relieve por una serie de acciones posteriores. El instrumento se exhibió en la Feria Monográfica de Cerámica y Vidrio y Elementos Decorativos, celebrada en Valencia del 27 de marzo al 4 de abril de 1971⁴⁶. Por otro lado, ya en 1969, se iniciaron ciertas conversaciones con ENOSA, quien se mostró muy interesada en utilizar el prototipo para una fabricación en serie⁴⁷. Desde finales de la década de 1960 ENOSA había fabricado un antejo astronómico que no tenía demasiado éxito⁴⁸, lo cual explica su interés por el diseño del IO. Sin embargo, estas negociaciones entre el IO y ENOSA no llegaron a formalizarse en ningún acuerdo. Desconocemos las razones últimas de esto, pero conviene resaltar que, en esta misma época, ENOSA empezó a ampliar su negocio hacia instrumental didáctico, en detrimento de su producción de instrumental óptico de precisión⁴⁹. El desarrollo del telescopio Maksutov del IO simboliza el



Figura 9. Fotografía del telescopio instalado en la cúpula (años setenta). Archivo fotográfico del Instituto de Óptica.

auge y declive del proyecto de crear un sistema nacional de investigación y desarrollo industrial en el campo de la óptica instrumental. Si bien el personal investigador a tiempo completo del Instituto de Óptica había mantenido un crecimiento constante durante su primera década de existencia, a partir de 1956 se inició un proceso de inestabilidad laboral del personal que derivó en fuertes pérdidas de recursos humanos a mediados de la década de los sesenta. El descenso en personal técnico fue aún mayor, pasando de 35 personas en 1954 a 13 en 1966⁵⁰. Conviene resaltar que el decrecimiento de esta época fue un hecho diferencial del IO, y de España en general, ya que contrasta con una expansión sin precedentes de la óptica a nivel internacional (Anónimo, 1966). Especialmente crítica fue la situación en la que quedó el Departamento de Instrumentación. Por un lado, la transferencia de José Barcala al Centro de Cálculo Electrónico del CSIC en 1966 y, por otro, la contratación de Daniel Vázquez por parte de ENOSA dejaba al grupo de diseño óptico del Instituto “totalmente vacío” según se refleja en las

propias actas del consejo rector del IO⁵¹. Por otro lado, no todo fue involución; en esta misma época se acometió un proceso de institucionalización de la óptica a nivel nacional que culminaría con la creación de la Sociedad Española de Óptica en 1968 (Barbero, 2023a).

Las causas de esta pérdida de relevancia de la óptica instrumental durante la década de los sesenta son múltiples. Por un lado, ciertos factores internos son indudables, como el hecho de que dos de sus principales promotores en los inicios del IO, Otero y Durán, redirigieran su foco de interés científico-tecnológico al ámbito de la energía nuclear. De hecho, en 1966 Otero dejó la dirección del IO (le sustituyó Lorenzo Plaza) por su intensa dedicación en la presidencia de la Junta de Energía Nuclear. Por otro lado, el giro político-económico del régimen tras el Plan de Estabilización de 1959 supuso abandonar, *de facto*, el proyecto de crear una industria de óptica autosuficiente a cambio de una apertura comercial y una racionalización e integración económica en el ámbito internacional⁵².

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Javier Renau la labor de escanear los planos del diseño de telescopio y a la familia Durán Escribano la cesión de la fotografía de la Figura 1. También agradecemos a todo el personal de la Biblioteca Dorotea Barnés (CSIC) por su ayuda con cierta documentación. Finalmente, la lectura y comentarios del texto por parte de Albert Presas y José Antonio Aznárez ayudaron a mejorar ciertos aspectos del manuscrito.

NOTAS

- Existen dos biografías sobre Otero Navascués: Pérez Fernández-Turégano (2012) y De Andrés (2005). Es interesante la crítica que Laín Entralgo hace al excesivo peso que el régimen dio a la figura de Otero, a pesar de reconocer su valía (Laín, 1976, p. 284). Otero es, con todo, una figura paradigmática de la estrecha relación entre ingeniería y poder político en aquella época (Herrán y Roqué, 2013).
- En aquellos años denominados óptica técnica o instrumental y cálculo de sistemas.
- Existen algunos trabajos históricos sobre telescopios en España, pero, que nosotros sepamos, todos ellos provenientes de fabricantes extranjeros. Ver, por ejemplo: Vallmitjana y Núñez, 2012; Vallmitjana, Núñez y Merino, 2014.
- Propuesta de creación del Instituto de Óptica Daza de Valdés. Informe interno de diciembre de 1945. Archivo Histórico Instituto de Óptica Daza de Valdés (AHIO). Ver también Villena, 1983a.
- Instituto de Óptica Daza de Valdés. 1946-1956. CSIC, 1957. AHIO.
- Sobre Armando Durán ver Calvo, 2000.
- Fue Cabello quién recomendó a Landi que optase a una beca en la Sección de Óptica (Jiménez-Landi, 1984). Sobre Jiménez-Landi ver, Anónimo 1965b.

- Las tesis fueron: *Fórmulas de superficie para el estudio de aberraciones en los sistemas ópticos centrados*. Jiménez-Landi (1947). *Estudio general de las aberraciones de r-ésimo orden*. Egües (1948).
- De hecho, Weidert ayudó a configurar la estructura del futuro Instituto de Óptica de Madrid. En la Biblioteca de Física y Química Dorotea Barnés se conserva una: “relación de noticias e historia de los Institutos de Óptica, recopilados por Franz Weidert”. Fondos AFQDB AME/IO/0005/01. También se conserva la colección personal de libros *exlibris* de Weidert.
- Archivo General del Cuartel General de la Armada (AGCGA), Expediente personal de José María Otero Navascués, leg. 5097.
- A este respecto ver: Clara y Ninhos, 2016, p. 78.
- Memoria del Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid 1940-41. Madrid, 1942. p. 277.
- Memoria del Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid 1942. Madrid, 1943. p. 228. Instituto de Óptica “Daza de Valdés” 1946-1956. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- En términos técnicos, estas fórmulas son unas expresiones convenientes para obtener la aberración esférica longitudinal de un rayo marginal del sistema óptico a evaluar.
- Memoria del Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid 1943. Madrid, 1944. p. 250.
- Memoria del Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid 1944. Madrid, 1945. p. 273.
- Archivo General del Cuartel General de la Armada (AGCGA), Expediente personal de Armando Duran Miranda. Ver también, Anónimo, 1963; Barbero, 2023b.
- María Egües. *Fórmulas para el acoplamiento de los sistemas parciales de los instrumentos afocales*. Presentado en sesión el 5 de julio de 1943. Publicaciones de los componentes del Instituto de Óptica Daza de Valdés con antelación a su constitución. Vol. 0. Años 1940-46. Madrid, CSIC.

- 19 Para su trabajo sobre oculares consultar, Egües (1947a, 1947b).
- 20 María Antonia Martín-Tesorero se incorporó al Instituto de Óptica como doctoranda en 1945, aunque no terminó su tesis. Después continuó como colaboradora del IO hasta 1950. Además de una publicación con Durán, que analizaremos más adelante, Martín-Tesorero publicó en 1950, con Cesar Morais, el artículo "Aberración de onda y tolerancias en la aberración esférica" en los Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química. La labor de Antonia estuvo ligada al LTIEMA donde calculó varios objetivos de microscopio bajo la dirección de Morais. Ver: Instituto de Óptica Daza de Valdés 1946-1956. Archivo Histórico Instituto de Óptica Daza de Valdés (AHIO). Como tantas otras mujeres de la época cesó su actividad científica a raíz de su matrimonio, con José García-Santesmases, en 1950.
- 21 María Lidia Erauzquin solo permaneció en el Instituto de Óptica dos años.
- 22 Justiniano Casas acabaría convirtiéndose en uno de los más relevantes investigadores españoles en diseño óptico a partir de la década de los sesenta y setenta. En el Instituto de Óptica permaneció hasta el año 1954, año en el que consiguió la Cátedra de Óptica en la Universidad de Zaragoza. En el IO sus investigaciones se centraron en el uso de superficies esféricas en el diseño óptico, tema que constituiría su tesis doctoral.
- 23 Sánchez del Río leyó su tesis en 1948 en medida de aberraciones en sistemas ópticos. Estuvo en el IO desde 1947 a 1951, año en el que consiguió la Cátedra de Óptica en la Universidad de La Laguna.
- 24 Barcala se incorporó al Instituto de Óptica como doctorando en 1949. Leyó su tesis doctoral en el año 1959 con el título "Algunos problemas de óptica geométrica con superficies tóricas". Desde entonces permaneció en el IO como investigador. En los años 1963-1964 Barcala impartió un curso monográfico sobre "Teoría de instrumentos y Seminario de Cálculo de Sistemas Ópticos" con validez académica en la Sección de Físicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid (Memoria Instituto de Óptica de 1963). En julio de 1966 Barcala ocupa el cargo de director del Centro de Cálculo Electrónico del CSIC. Tras su paso por el Centro de Cálculo, pasaría a ser el responsable de la Sección y de los laboratorios de Cálculo de Sistemas ópticos de manera temporal durante 1971 y hasta marzo de 1972 donde se dio de baja definitiva (Barbero, 2022b). A partir de entonces el encargado sería Javier Santamaría Salazar.
- 25 Carta dirigida al secretario del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 1948. AHIO.
- 26 Instituto de Óptica Daza de Valdés. 1946-1956. AHIO.
- 27 Instituto de Óptica Daza de Valdés. 1946-1956. AHIO.
- 28 Carta dirigida al director del Instituto de Óptica, 20 de febrero de 1950. AHIO.
- 29 Sin embargo, el problema del diseño de Bouwers es que introduce aberración esférica cromática longitudinal (Wilson, 2014, pp. 148-150).
- 30 El tamaño del telescopio no es un asunto menor ya que, como el propio Maksutov señalaba, este influye en el tamaño de la cúpula cuyo coste se incrementa notablemente con el tamaño final (Maksutov, 1944, nota 3).
- 31 Durán dirigió el Instituto Leonardo Torres Quevedo de Instrumental Científico desde 1953 a 1958.
- 32 Otero pertenecía al Consejo Técnico Asesor del Patronato Juan de la Cierva, organismo encargado de analizar las necesidades y potencialidades de la industria nacional. Por iniciativa de este Consejo se crearon Comisiones Técnicas Especialistas. Otero dirigió una de estas bajo la denominación de Física Aplicada. Ver: López García, 1994, pp. 179-189.
- 33 Esta sería la Empresa Nacional de Óptica (ENOSA). Constituida el 30 de enero de 1951 en cumplimiento del Decreto del 6 de octubre de 1950 por el que se encomienda al Instituto Nacional de Industria su creación. Centro de Documentación y Archivo Histórico de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (AHSEPI): registro histórico INI/Caja 5020.
- 34 El caso de ENOSA y el Departamento de Óptica Técnica no fueron los únicos. También ocurrió así con los binomios: EN-CASO-Instituto Nacional del Combustible, Centro Experimental de Frío-Red Frigorífica Nacional y División de Investigaciones de Piritas-Piritas Españolas S.A., (López, 1994, p. 191).
- 35 Memoria del Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid 1949. Madrid, 1951. pp. 426.
- 36 Memoria del Instituto de Óptica Daza de Valdés 1954. AHIO.
- 37 Instituto de Óptica Daza de Valdés. 1946-1956. CSIC, 1957. AHIO.
- 38 Se incorporó como colaborador al Instituto en 1952.
- 39 Irisarri realizó el Curso de Óptica Técnica, impartido en el IO, en su tercera edición (1953-1955), tiempo en el que estuvo como colaborador del Instituto. En los años sesenta Irisarri se incorporó a la empresa de lentes oftálmicas INDO S.A., empresa donde acabaría convirtiéndose en el responsable del Departamento de Investigación.
- 40 Informe sobre cálculo de un objetivo astronómico para afionados. Madrid, 15 de julio de 1961. AHIO.
- 41 Memoria del Instituto de Óptica Daza de Valdés 1960. AHIO.
- 42 Informe sobre cálculo de un sistema catadióptrico Maksutov. Madrid, 29 de diciembre de 1961. AHIO.
- 43 Memoria del Instituto de Óptica Daza de Valdés 1963. AHIO.
- 44 El evento, titulado EXCI-64, expuso multitud de instrumentos y prototipos desarrollados en el CSIC en las dependencias, entonces en construcción, del actual Instituto de Química Orgánica en Madrid. El IO también presentó el telescopio en la Exposición de Actividades del Patronato Juan de la Cierva bajo el lema "El Instituto de Óptica de Madrid al servicio de la investigación y la técnica" en 1965. Este mismo año, el instrumento formó parte de una exposición permanente instalada en el propio Instituto (Memoria de las actividades desarrolladas por el Patronato de Investigación Científica y Técnica Juan de la Cierva. 1964. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1965, p. 33; Memoria de las actividades desarrolladas por el Patronato de Investigación Científica y Técnica Juan de la Cierva. 1965. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1966, p 180).
- 45 Carta de Lorenzo Plaza (director del Instituto de Óptica) al Director de Investigación y Proyectos de ENOSA de 21 de octubre de 1969. AHIO.
- 46 Memoria del Instituto de Óptica Daza de Valdés 1971. AHIO.
- 47 Carta del Director de Investigación y Proyectos de ENOSA a Lorenzo Plaza (director del Instituto de Óptica) de 11 de octubre de 1969. AHIO.
- 48 En el Informe de Inspección de 1971, constan 100 unidades de este antejo almacenadas y sin pedidos (AHSEPI: Direcciones INI/Caja 155).
- 49 Desde 1969, los productos destinados a la educación (equipos de experiencias, lupas, microscopios) eran los más vendidos y los que mejor proyección futura de ventas tenían. En sucesivos informes se observa, claramente, el aumento de producción y ventas de material didáctico. Ver, por ejemplo, el informe del ejercicio de 1969 (AHSEPI: Direcciones INI/Caja 155).

- 50 En parte, este proceso se debió a una transferencia de personal a la industria, muchos de ellos atraídos por unos salarios y condiciones laborales mejores (Anónimo, 1966).
- 51 Actas del Consejo Técnico Administrativo del Instituto de Óptica. 11 de octubre de 1968. AHIO.
- 52 Paradigmático de esto fue la abrupta finalización de otro de los grandes proyectos de desarrollo de la tecnología óptica: la consecución de una industria de vidrio óptico nacional de calidad suficiente para su uso en los instrumentos ópticos de precisión; proyecto, este también, íntimamente ligado a la historia del Instituto de Óptica (Pimentel, 2020, cap. VII).
- 53 Franz Weidert (primer plano) en compañía de investigadores de la Sección de Óptica en los primeros años de la década de 1940. La única mujer es María Egües. Otero Navascués es el primero a la derecha de Egües y Pedro Jimenez-Landi el primero a la derecha de Otero. Armando Durán, con traje claro, situado detrás de Weidert. Todos ellos configuran el grupo original de diseño óptico del futuro Instituto de Óptica.

BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo (1963), "Quien es quien en la óptica española. María Egües de Cacho", *Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación*, 12, p. 18. <http://simurg.bibliotecas.csic.es>.
- Anónimo (1965a), "El stand del Instituto de Óptica en la Exposición de Actividades del Patronato Juan de la Cierva del CSIC", *Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación*, 15, pp. 9-11. <http://simurg.bibliotecas.csic.es>.
- Anónimo (1965b), "Quien es quien en la óptica española. Pedro Jiménez Landi", *Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación*, 1965, 16, p. 22. <http://simurg.bibliotecas.csic.es>.
- Anónimo (1966a), "La óptica en desarrollo acelerado", *Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación*, 1966, 19, pp. 3-4. <http://simurg.bibliotecas.csic.es>
- Anónimo (1966b), "Instituto de Óptica de Madrid: veinte años de existencia", *Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación*, 1966, 19, pp. 5-7. <http://simurg.bibliotecas.csic.es>. Balestrieri, Riccardo (2018), "Industria e astronautica in Liguria. Cesare Morais Progettista di sistemi ottici", [en línea], disponible en: <http://uranialigustica.altervista.org/morais/>, [consultado el 15/12/2021]
- Barbero, Sergio (2022a), "Entre la realidad y el deseo: el desarrollo de la ingeniería óptica en España (1920-1936)", *Llul*, 45(91), pp. 203-229. <https://recyt.fecyt.es/index.php/LLUL/article/view/98928>
- Barbero, Sergio (2022b), "José Barcala: pionero del diseño óptico computacional en España", *Óptica Pura y Aplicada*, 55(3), pp. 1-6. <https://doi.org/10.7149/OPA.55.3.51116>
- Barbero, Sergio (2023a), "El nacimiento de la Sociedad Española de Óptica: De la integración internacional a la construcción nacional (1946-1970)", *Óptica Pura y Aplicada*, 56(1), pp. 1-16. <https://doi.org/10.7149/OPA.56.1.51127>
- Barbero, Sergio (2023b), "Dos fotografías de María Egües Ortiz (1917-2008): una mirada periscópica en tiempos de brumoso silencio", *Arbor*, 199(808), pp. e708. <https://doi.org/10.3989/arbor.2023.808007>.
- Calvo, María Luisa; Gómez Reino, Carlos (2000), "In memoriam: Armando Durán Miranda (1913-2001)", *Óptica Pura y Aplicada*, 33, pp. 3-16. https://www.sedoptica.es/Menu_Volumenes/Pdfs/44.pdf
- Camprubí, Lino (2017), *Los Ingenieros de Franco. Ciencia, catolicismo y guerra fría en el estado franquista*, Barcelona, Editorial Crítica.
- Clara, Fernando; Ninhos, Cláudia (2016), *Nazi Germany and Southern Europe 1933-45: Science, culture and politics*, New York, Palgrave Macmillan.
- De Andrés Martín, Juan Ramón (2005), *José María Otero de Navascués, Enriquez de la Sota, Marqués de Hermosilla. La baza nuclear y científica del mundo hispánico durante la Guerra Fría*, México, Plaza y Valdés.
- De Gramont, Armand (1925), "L'Institut d'Optique Théorique et Appliquée", *Revue d'Optique. Théorique et instrumentale*, 1.
- Durán, Armando (1943), "Fórmulas de Kerber en sistemas telescópicos", *Anales Real Sociedad Española de Física y Química*, 39(1), pp. 219-226.
- Durán, Armando; Martín-Tesorero, Antonia (1948), "Sobre la teoría del sistema catadióptrico de Maksutov", *Anales Real Sociedad Española de Física y Química*, 44, pp. 25-53.
- Egües, María (1947a), "Influencia de la razón de las focales parciales en el estado de corrección de un ocular de Erfle", *Anales Real Sociedad Española de Física y Química*, 43(A), pp. 13-20.
- Egües, María (1947b), "Condiciones para el anteproyecto de los oculares de Kellner y Erfle", *Anales Real Sociedad Española de Física y Química*, 43, pp. 20-24.
- Egües, María; Jiménez-Landi, Pedro (1947), *Oculares. Monografías de Ciencia Moderna*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Óptica "Daza de Valdés".
- Glick, Thomas F. (1986), *Einstein y los españoles*, Madrid, Alianza.
- Herran, Néstor; Roqué, Xavier (2013), "An autarkic science: physics, culture, and power", *Historical Studies in the Natural Sciences*, 43(2), pp. 202-235. <https://doi.org/10.1525/hsns.2013.43.2.202>
- Jiménez-Landi, Pedro (1984), "La escuela universitaria de óptica de Madrid", *Óptica Pura y Aplicada*, 17, pp. 21-25. <https://opa.sedoptica.es/es/articulo/1401>
- Laín Entralgo, Pedro (1976), *Descargo de conciencia (1930-1960)*, Barcelona, Barral Editores, 1976.
- López García, Santiago Manuel (1994), *El saber tecnológico en la política industrial del primer franquismo*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Maksutov, Dmitri Dmitrievich (1944), "New catadioptric meniscus systems", *Journal of the Optical Society of America*, 34(5), pp. 270-284. <https://opg.optica.org/josa/viewmedia.cfm?uri=josa-34-5-270>

- Otero Navascués, José María (1961), "En Memoria Profesor Franz Ludwing Weidert Koch", *Luz: Revista de información del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" y del Comité Español de Iluminación*, 5, pp. 12-13. <http://simurg.bibliotecas.csic.es>
- Pérez Fernández-Turégano, Carlos (2012), *José María Otero Navascués. Ciencia y Armada en la España del siglo XX*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Pimentel, Juan (2020), *Fantasmas de la ciencia española*, Madrid, Editorial Marcial Pons.
- Romero de Pablos, Ana (2016), "Pioneras pero invisibles: las calculistas del Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada", *Clepsydra: Revista de Estudios de Género y Teoría Feminista*, 15, pp. 49-61. https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6345/CL_15_%282016%29_03.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romero de Pablos, Ana; Sánchez Ron, José Manuel (2001), *Energía nuclear en España: De la JEN al CIEMAT*, Madrid, CIEMAT, Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Ramos, José Luis; Pires, Luis Eduardo (2006), "Ingenieros e ingenierismo en la economía de la España autárquica: una comparación con el caso portugués", *Mediterráneo económico*, 9, pp. 237-249. https://www.tstrevista.com/tstpdf/tst_08/dossier08_03.pdf
- Vallmitjana, Santiago; Núñez, Jorge (2012), "Els dos telescopis refractors més grans de Catalunya", *Ausa*, 25(169), pp. 753-68. <https://raco.cat/index.php/Ausa/article/view/258798>
- Vallmitjana, Santiago; Nuñez, Jorge; Merino, María Teresa (2014), "El cercle meridia de l'Observatori Fabra". En: Bernat López, Pasqual (coord.) *Astres i meteors: estudis sobre historia de l'astronomia i de la meteorologia*, Palmanova (Calvià), Talaiots, D. L., pp. 245-262.
- Varela, Manuel; López, Carlos (2001), *La Física en España a través de los anales de la Sociedad Española de Física y Química, 1903-1965*, Murcia, Universidad de Murcia.
- Villena, Leonardo (1983a), "José María Otero, un científico internacional", *Arbor*, 115 (450), pp. 95-108.
- Villena, Leonardo (1983b), *Armando Durán, el joven profesor. Libro-Homenaje al Profesor Armando Durán Miranda*, Madrid, pp. 449-457.
- Villena, Leonardo (1984), "José María Otero Navascués (1907-1983)", *Óptica Pura y Aplicada*, 17, pp. 1-12. https://sedoptica.es/Menu_Volumenes/Pdfs/OPA_17_1_1.pdf
- Weidert, Franz; Durán, Armando (1942), "Condición de isoplanatismo para sistemas telescópicos en el aire", *Anales Real Sociedad Española de Física y Química*, 38(1), pp. 249-256.
- Wilson, Raymond N. (2014), *Reflecting telescope optics I: Basic design theory and its historical development*, Berlin, Springer.