

# FIGURAS ILUSTRES DE LA INGENIERÍA MECÁNICA EN ESPAÑA E IBEROAMÉRICA

RAFAEL LÓPEZ GARCÍA  
EMILIO BAUTISTA PAZ



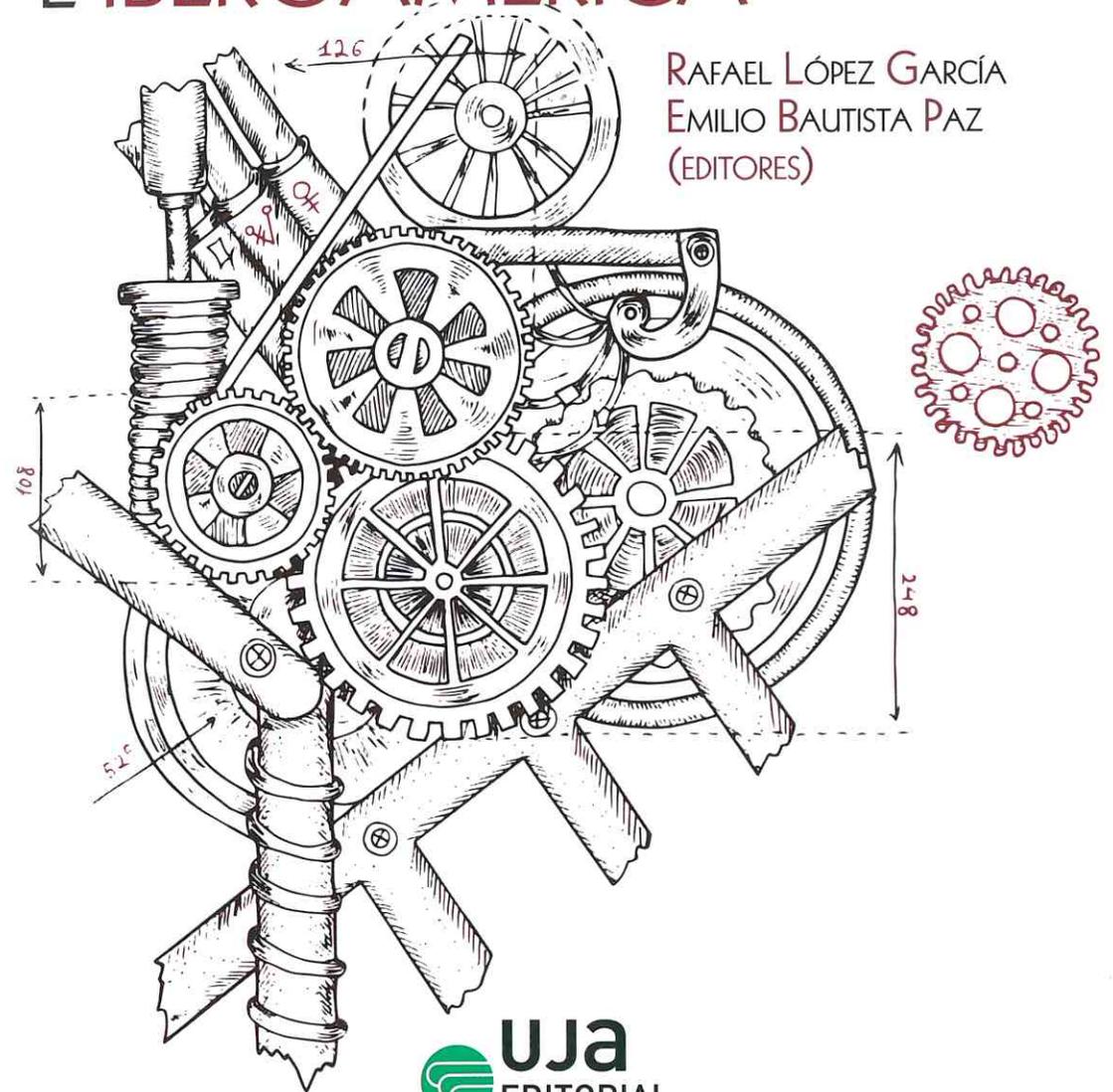
**UJA**  
EDITORIAL

COLECCIÓN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
SERIE HISTORIA DE LA INGENIERÍA



# FIGURAS ILUSTRES DE LA INGENIERÍA MECÁNICA EN ESPAÑA E IBEROAMÉRICA

RAFAEL LÓPEZ GARCÍA  
EMILIO BAUTISTA PAZ  
(EDITORES)



Figuras ilustres de la ingeniería mecánica en España e Iberoamérica / Rafael  
López García, Emilio Bautista Paz (editores). Jaén: Universidad, 2020. – (Ingeniería y tecnología. Historia de la Ingeniería, 3)  
284 p. ; 24 cm.  
ISBN: 978-84-9159-373-7  
1. Ingeniería mecánica – Biografías.  
I. López García, Rafael, ed. lit. II. Bautista Paz, Emilio, ed. lit. III. Título IV. Serie.  
621 (460)

Esta obra ha superado la fase previa de evaluación externa realizada por pares mediante el sistema de doble ciego

COLECCIÓN: Ingeniería y Tecnología  
Director: Luis Alfonso Ureña López  
SERIE: *Historia de la Ingeniería, 2*  
Coordinador de la serie: Rafael López García

© Autores  
© Universidad de Jaén  
Primera edición, diciembre 2020  
ISBN: 978-84-9159-373-7  
Depósito Legal: J-954-2020

EDITA  
Editorial Universidad de Jaén  
Vicerrectorado de Proyección de la Cultura y Deporte  
Campus Las Lagunillas, Edificio Biblioteca  
23071 Jaén (España)  
Teléfono 953 212 355  
web: editorial.ujaen.es

  
editorial@ujaen.es

DISEÑO  
José Miguel Blanco. [www.blancowhite.net](http://www.blancowhite.net)

MAQUETACIÓN  
Laboratorio de las artes SC

IMPRIME  
Gráficas «La Paz» de Torredonjimeno, S. L.

Impreso en España/Printed in Spain

«Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar, escanear o hacer copias digitales de algún fragmento de esta obra».

# Figuras Ilustres de la Ingeniería Mecánica en España e Iberoamérica

Sebastián Bruque Cámara

La Ingeniería, al igual que otras ramas del conocimiento, es un campo complejo y lleno de vertientes que merece la atención de la comunidad académica y científica. La divulgación científica y el estudio de figuras ilustres y relevantes dentro de una determinada disciplina es uno de los apartados de la Ciencia que, quizás, haya recibido menor atención en las publicaciones al uso de manera tradicional. No obstante, recordar y hacer presente a las personas, a las familias o a las instituciones que han constituido un referente nacional o internacional en un área de conocimiento o en un campo de desarrollo científico, profesional o empresarial, es uno de los elementos clave que contribuyen a la construcción del acervo científico-tecnológico de un país o de una comunidad internacional.

Estudiar a los predecesores, remarcando los hechos que dieron lugar a su preponderancia dentro de un ámbito de la actividad humana, sienta las bases para que florezca un efecto ejemplarizante; positivo, capaz de inspirar a las generaciones actuales y a las futuras y favorecer, por tanto, el crecimiento del ámbito científico, así como la imbricación de este conocimiento científico con la sociedad, la empresa y la economía de un país.

El libro que el lector tiene ahora en sus manos o está consultando de manera digital responde, por tanto, a este encomiable objetivo de favorecer la difusión y sacar a la luz a figuras que se constituyen en guía e inspiración del esfuerzo investigador y de transferencia científico-tecnológica. No solo es una forma de constatar el éxito que estas figuras tuvieron en el pasado en relación con su actividad científica o, incluso, empresarial, sino también de recordar que el éxito, a veces, se sustenta en numerosos intentos previos y, posiblemente, en algún fracaso reseñable. La ciencia, al igual que la actividad empresarial y el desarrollo tecnológico, es un proceso de aprendizaje que requiere, también, de la capacidad para emprender y para enfrentarse al fracaso o, cuando menos, a la adversidad.

Este libro, por tanto, nos ayudará a entender la capacidad innovativa, inventiva e imaginativa del ser humano en un ámbito del conocimiento, la Ingeniería Mecánica, que ha sido adalid del desarrollo económico y científico de los últimos siglos. La innovación es también, aparte de un motor individual,

una fuerza que emana del acervo y de los valores colectivos. Forma parte de un proceso de aprendizaje colectivo en el que la presencia activa o subyacente de figuras que son capaces de generar ilusión y ejemplo juega un papel clave. Este libro, además, se centra en un ámbito, el internacional, más concretamente el Latinoamericano, que tradicionalmente ha recibido menos atención por parte de la comunidad científica o académica. Por tanto, esta obra viene también a cubrir esta laguna, centrándose en el estudio de figuras que dejaron un legado relevante dentro de la Ingeniería Mecánica en el ámbito de los países de habla hispana.

Tal y como se ha ido poniendo de manifiesto en las sucesivas cumbres Iberoamericanas desde su creación en 1991, uno de los pilares de la cooperación entre los países que componen la comunidad de estados Iberoamericanos consiste, precisamente, en la colaboración académica y científica. Los esfuerzos que culminan en la presente publicación contribuyen, sin lugar a dudas, a la expansión de los lazos iberoamericanos del conocimiento y al refuerzo de un área académica que, como hemos indicado, no ha sido suficientemente explorada en publicaciones anteriores. Y es que la Ingeniería en general y la Ingeniería Mecánica en particular, no ha sido una de las áreas que haya recibido el foco de atracción mediática o académica en el ámbito latinoamericano. La fortaleza con la que se han desarrollados las áreas relacionadas con las Humanidades, la Cultura, o los estudios que emanan de la propia lengua común quizás hayan eclipsado el enorme potencial y los ricos antecedentes que los países latinoamericanos tenemos en relación con el desarrollo tecnológico y sus aplicaciones prácticas; a menudo soslayadas por las frecuentes crisis económicas que hemos sufrido o, también, menoscabadas por el efecto “halo” de la tan traída y llevada carga que ha supuesto la dependencia tecnológica de la que hemos podido adolecer.

En concreto, se hace referencia a actores relevantes que desarrollaron su actividad con marcado carácter internacional y que procedían, además de España, de Argentina, Puerto Rico y Cuba. El elenco de autores y colaboradores en esta obra incluye también a investigadores y divulgadores de otros países iberoamericanos entre los que se incluye Perú, así como otros autores que desempeñan su actividad en varias instituciones españolas. El ámbito latinoamericano y, en especial, el referente a los países latinoamericanos que hemos mencionado, ha constituido un área geográfica prioritaria dentro de la orientación internacional de la Universidad de Jaén desde su creación. Son numerosas las relaciones académicas, científicas, de intercambio de estudiantado o de cooperación internacional que se desarrollan en estos países latinoamericanos y con el resto de países de Iberoamérica.

La Universidad de Jaén ha sabido mantener y aumentar los lazos de amistad y de cooperación académica y científica con, prácticamente, todos los países de Latinoamérica en los últimos años. Dentro de la Cooperación Académica, los más de 100 grupos de investigación de nuestra universidad colaboran, de manera habitual, con grupos de investigación repartidos en el

ámbito Iberoamericano. Además, existen programas de intercambio regular de estudiantado y profesorado con todos los países de Iberoamérica que permiten que, cada año, la Universidad de Jaén reciba, entre todos los programas, a más de 150 estudiantes. Aparte del terreno de la cooperación científica y académica bilateral, las instituciones de educación superior latinoamericanas y la Universidad de Jaén han mantenido una intensa y fructífera relación referente a la Cooperación al Desarrollo. No es casualidad, por tanto, que la Universidad de Jaén haya participado en más de 15 proyectos de cooperación al desarrollo, varios de los cuales se centraron en los países a los que hacen referencia los referentes de Ingeniería a los que está dedicado este libro.

Esta obra constituye, por tanto, otra pieza necesaria para la construcción de la internacionalización transversal a la que la Universidad de Jaén está encomendada en los últimos tiempos. La inclusión de conceptos y contenidos de carácter internacional en nuestras disciplinas académicas debe ser uno de los elementos angulares dentro de este esfuerzo de internacionalización transversal. Asimismo, el refuerzo de los grupos de investigación de ámbito internacional, la cooperación cotidiana y habitual con grupos de investigación foráneos, el desarrollo tecnológico y profesional conjunto con otros países y la publicación de manuales, libros y publicaciones científicas o de aplicación práctica que incluyan entre su temática hechos, conceptos o experiencias internacionales son ejemplos fehacientes de que, efectivamente, la Internacionalización Transversal es un concepto vivo que está emergiendo con fuerza en la Universidad de Jaén. Prueba de ellos es el excelente trabajo realizado por el coordinador y los autores que han participado en esta iniciativa.

Además de la clara orientación internacional de esta obra, el libro es un ejemplo práctico de obra colectiva en la que están presentes, también, autores de diversas universidades y organizaciones públicas y privadas en España. Este es el resultado, por tanto, de la tan deseada colaboración público-privada que debe ser también liderada e incentivada desde el ámbito universitario. La participación directa o indirecta de 10 instituciones, la mayor parte universidades españolas, pero también empresas y profesionales pertenecientes al ámbito de la Ingeniería.

Sirva este prólogo para reconocer, en primer lugar, la intención que informa y conforma esta obra; la reivindicación de figuras de calado nacional e internacional y, especialmente, en el ámbito iberoamericano, en el tema de la Ingeniería Mecánica. Por otro lado, y no menos relevante, debemos reconocer el esfuerzo por construir, de manera tangible, la orientación internacional en todos los aspectos del desarrollo académico y científico en nuestras áreas de conocimiento.

Esta orientación internacional se ve afianzada por el fuerte compromiso del Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera de la Universidad de Jaén con organizaciones académicas internacionales del área, siendo sede actual de la Secretaría de la Comisión Técnica de Historia de la Ingeniería Mecánica y de las Máquinas y Mecanismos de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica

(AEIM); cuya secretaría recae en el Prof. Rafael López, coordinador del libro. Además, el departamento también alberga la Secretaría de la Comisión Técnica de Historia de la Ingeniería Mecánica de la Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica (FEIBIM), cuya presidencia también ostenta actualmente el coordinador de la presente obra. Desde la Universidad de Jaén, agradecemos el esfuerzo científico divulgador y científico del coordinador y de los veinte autores que han participado en esta empresa colectiva con tan magnífico resultado.

Sebastián Bruque Cámara  
Catedrático de Universidad de Organización de Empresas  
Vicerrector de Internacionalización  
Universidad de Jaén

Juan Ignacio Cuadrado Iglesias

Según el DRAE, la técnica se define como lo “pertenciente o relativo a las aplicaciones de las ciencias y las artes” y el ingeniero es la “persona que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir o ejecutar algo”. Ambos términos están íntimamente relacionados.

Refiriéndose a la técnica, el profesor Manuel Silva apunta en la nota previa a la edición del primer volumen de la magna obra por él editada “Técnica e Ingeniería en España”, publicada por la Real Academia de Ingeniería: “Realidad poliédrica, compleja, y consustancial al desarrollo de las civilizaciones, la técnica es cultura e importante motor cultural”.

Los editores de esta colección, los profesores López y Bautista, en este segundo volumen de la colección han alineado especialmente su planteamiento con esta visión cultural de la Ingeniería Mecánica. Más allá de las soluciones técnicas aportadas a los problemas del ámbito, la Ingeniería Mecánica en última instancia, como el resto de las ingenierías, tiene como objetivo último aportar soluciones a los problemas de nuestra sociedad, contribuyendo a su evolución y progreso.

La Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM) ha tenido y tiene como objetivo en sus estatutos impulsar y desarrollar la investigación científica y técnica en el ámbito de la Ingeniería Mecánica. Uno de los espacios clave para entender la relación de la Ingeniería Mecánica con la sociedad y su evolución es indudablemente su historia: la historia de la Ingeniería Mecánica, de las personas que la protagonizan y su influjo en las sociedades en las que han vivido. Por todo ello, la AEIM ha creado en su seno una Comisión Técnica de Historia de la Ingeniería Mecánica y ha promovido desde el principio la puesta en marcha de esta colección.

En el apoyo a esta tarea se ha visto acompañada por otras dos importantes asociaciones, la Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica (FEIBIM) y la Federación Internacional para la promoción de la Ciencia de Mecanismos y Máquinas (IFTToMM).

Los editores han asumido el reto y en dos años han conseguido, con

la colaboración de importantes especialistas en la historia de la Ingeniería Mecánica, dar a luz dos volúmenes de la colección, con nueve y diez entradas respectivamente.

¿Qué incorpora este segundo volumen de la colección? El primer aspecto por señalar es el cambio de época. Si el primer volumen estuvo dedicado principalmente a personas que desarrollaron su profesión a lo largo del siglo XIX, en este volumen nos encontramos con biografías más cercanas. La mayor parte realizaron sus aportaciones a lo largo del siglo XX.

Otro cambio importante es que, mientras en el primer volumen predominaban las figuras del mundo académico tanto civil como militar, con una fuerte formación ingenieril, en el nuevo volumen hay una visión mucho más amplia, tanto de la formación como del perfil profesional de las figuras estudiadas. Se incluyen protagonistas formados en profesiones, como los pertenecientes a la familia Yeregui de relojeros, o con formación muy básica como Eduardo Barreiros, junto a personas con formación universitaria alejada de la Ingeniería Mecánica, como Domingo Liotta de formación en medicina o José Ruiz-Castizo con formación en el ámbito de las ciencias. Junto a ellos, sigue habiendo una parte importante de actores con formación en los ámbitos de ingeniería agronómica (Guillermo Quintanilla), civil (Patricio Laura), militar (Alejandro Goicoechea) e industrial (Ángel Torán, Francisco Martín, José Luis López, Rafael Escolá, Eduardo Giró y Gilda Fernández). La inclusión de personajes con formación tan diversa y con contribuciones relevantes a la Ingeniería Mecánica da una idea sugestiva del poder de atracción en entornos no próximos a nuestra especialidad ingenieril.

Otro aspecto notable en este segundo volumen es la diversidad de las aportaciones realizadas por los protagonistas. Además de las clásicas de tipo académico, en este volumen cobran especial importancia las que derivan en proyectos empresariales-profesionales. La familia Yeregui con sus empresas relojeras y, sobre todo, la puesta en marcha de los proyectos Talgo, Idom, Barreiros, Ossa, contribuyen a visualizar la importancia de la Ingeniería Mecánica en el desarrollo de algunos grupos industriales de especial relevancia en nuestro país.

Un análisis sectorial de las aplicaciones nos habla de la industria del transporte (Talgo, Barreiros, Ossa), de la industria agroalimentaria (extracción de aceite de oliva), de la bioingeniería (corazón artificial), de la relojería y cómo no, de las aportaciones al mundo académico de José Ruiz-Castizo, Patricio A.A. Laura y Gilda Fernández.

Junto con las aportaciones ingenieriles, el relato biográfico de los protagonistas contribuye a establecer los correspondientes marcos socioeconómicos en los que les tocó vivir y trabajar, evidenciando, como señalábamos al principio, la vocación que posee la Ingeniería Mecánica de contribuir al cambio de la sociedad y al desarrollo de su cultura.

Por todo ello, se puede asegurar que este segundo volumen contribuye de forma especial a contemplar la Ingeniería Mecánica como un verdadero motor

cultural del mundo hispánico.

También debe destacarse la procedencia de los autores de cada una de las entradas. Muchos pertenecen al ámbito universitario, pero también hay aportaciones destacadas desde el ámbito de la empresa.

Una pregunta que el lector puede hacerse es cómo en un libro dedicado a la Ingeniería Mecánica en España, nos encontramos con personajes de Puerto Rico, Argentina y Cuba. Los editores han creído conveniente incluir lo hispánico en la obra. Teniendo en cuenta que la Ingeniería Mecánica es cultura y que lo hispánico es una caracterización singular de la misma, parece una decisión muy acertada.

En resumen, debemos felicitarnos por la continuación de la colección con este segundo volumen, que aporta novedades de planteamiento importantes respecto al primero, tal como hemos descrito, esperando que esta colección no solo sea atractiva para los que trabajamos día a día en el ámbito académico de la Ingeniería Mecánica, sino para todos los que, independientemente de su procedencia y dedicación, tengan interés por las contribuciones relevantes al desarrollo de la cultura de nuestra sociedad procedentes de nuestro ámbito.

Juan Ignacio Cuadrado Iglesias

Catedrático de Universidad. Universidad Politécnica de Valencia

Miembro del Consejo Rector de la AEIM

Vocal de la Comisión Técnica de Historia de la AEIM

Cuando hace menos de dos años se publicó el libro de *FIGURAS ILUSTRES DE LA INGENIERIA MECÁNICA EN ESPAÑA* los promotores de esta iniciativa nos atrevíamos a decir en la Introducción que “*se inicia con este volumen una colección .....*” lo que implícitamente significaba una promesa de continuidad que cualquier lector sensato consideraría difícil de cumplir.

Muchas razones apoyaban esta desconfianza.

Nuestro país, y en general nuestra cultura hispánica, es poco proclive a valorar nuestros logros en el contexto mundial. Si de algo no se nos puede acusar es de chovinismo. El propio hecho de considerar figura ilustre a alguno de nuestros compatriotas pasados genera en nosotros mismos una sensación de incredulidad y de rechazo ideológico. Viene ya de lejos la actitud de nuestros intelectuales al infravalorar e incluso desprestigiar a nuestros personajes relevantes; y en el mejor de los casos relegarlos al olvido. El maniqueísmo permanente de las dos Españas nubla bastante nuestro entendimiento hasta afectar a la imparcialidad de nuestra sociedad para reconocer aportaciones personales aún en un campo tan alejado de ideologías como la técnica.

Además, cada capítulo de una publicación colectiva como es este libro necesita autores que dediquen un tiempo nada despreciable en su redacción, sin que ello les aporte más ventajas personales que la satisfacción de cumplir un deber de justicia y reivindicación con el personaje concreto. Quede constancia de la gratitud y reconocimiento de los promotores de esta publicación por su labor desinteresada.

Por otro lado, la Ingeniería Mecánica no es un ámbito tecnológico que tenga un interés mediático significativo, frente a otras tecnologías actualmente de moda. La Ingeniería Mecánica no se percibe como algo novedoso e impactante socialmente; pero es un substrato necesario para cualquier desarrollo. Puede decirse que el avance de cualquier tecnología necesita apoyarse en un avance paralelo del substrato mecánico que lo acompaña. Un simple vistazo al índice de artículos de este libro nos muestra el impacto social de esta tecnología desde la medicina al transporte, la energía o la industria agroalimentaria. Analizando el

pasado comprobamos que desdeñar la ingeniería mecánica puede comprometer el futuro tecnológico del país.

Una dificultad añadida para la continuidad de esta colección de libros de Figuras Ilustres es la garantía de financiación, puesto que no es previsible que un esfuerzo editorial de este estilo pueda autofinanciarse; la experiencia del tomo anterior así lo indica. En relación con la falta de interés mediático comentada en el párrafo anterior, un libro de estas características no encaja fácilmente con las líneas de financiación que puedan convocarse por los distintos cauces de las administraciones públicas. Tanto el tomo inicial de 2018 como el actual tienen una calidad editorial muy esmerada, en cuanto a cubiertas, papel, figuras en color, etc. Podría rebajarse su coste con tiradas de menor cantidad, impresión en rústica, ...; pero esto no resolvería el problema básico de su difusión. Porque una edición más barata del tomo anterior no hubiese incrementado apreciablemente su demanda, que se rige por leyes distintas de las habituales, más parecidas a un mercado para bibliófilos, orientado a un tipo de cliente específico y minoritario.

La continuidad de esta colección también depende del aparato de Gestión que necesita, seleccionando posibles personajes, localizando autores potenciales, consiguiendo su compromiso de redacción de cada capítulo, revisando las propuestas, configurando el tomo, .... hasta llegar a su impresión y distribución. Considerando las dificultades de financiación reseñadas en el apartado anterior, hoy por hoy esta ingente labor tiene que recaer sobre personas cuya motivación sea desinteresada económicamente, pero que acepten comprometer su dedicación a este objetivo.

A la vista de todo lo anterior, y como se comentaba al principio de esta Introducción, cualquier lector sensato consideraría descartada la continuidad de la serie de volúmenes sobre FIGURAS ILUSTRES. Pero la realidad actual da un perfil más optimista.

El lector tiene en sus manos un segundo volumen, con la novedad respecto al primero de incluir como personaje una mujer, que además pertenece al mundo hispanoamericano, en línea con la vocación de esta colección de abrirse a otros países con tradición ligada a la cultura española. Además, el tercer volumen ya se está configurando en cuanto a personalidades y redactores; vencida ya la inercia inicial de la colección no es descabellado anunciar la publicación del siguiente tomo durante 2022.

La colección sigue contando con el apoyo financiero de la Universidad de Jaén y de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM). Es de esperar que otras Instituciones puedan adherirse a este apoyo al comprobar la continuidad ya alcanzada, aunque todavía incipiente.

Los grupos de Historia de la AEIM y de la FEIBIM están constituidos por un nutrido conjunto de académicos cuya actividad se refleja en artículos, ponencias, trabajos, ... de muy diversa índole, lo que garantiza el relevo en su momento de los órganos de gestión de la colección. La experiencia demuestra la motivación existente en esos grupos para seguir suministrando capítulos para volúmenes

sucesivos; además de una motivación similar dentro de empresas e instituciones fuera del ámbito puramente académico.

Globalmente considerado, el futuro de la colección de *FIGURAS ILUSTRES de la INGENIERIA MECÁNICA* puede contemplarse con un moderado optimismo.

Emilio Bautista Paz

Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid

Presidente honorífico de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM)

Desde la creación de los Grupos de Trabajo sobre Historia de la Ingeniería Mecánica y de las Máquinas y Mecanismos (HiM3) de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM) y de la Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica (FEIBIM), nos planteamos llevar a cabo una serie de publicaciones sobre figuras ilustres que hubiesen contribuido al conocimiento, reconocimiento y desarrollo de la ingeniería mecánica, teníamos como principal objetivo dar a conocer el trabajo de tantos ingenieros que, en muchos casos sin reconocimiento público, han hecho de nuestra profesión el centro de su vida, tanto en el ámbito profesional como en el docente e investigador.

Esta iniciativa surgió no sin cierto escepticismo por el éxito que pudiera tener, que se vio rápidamente superado por el apoyo y la predisposición de tantos compañeros para aportar su trabajo y sus investigaciones en aras de reconocer a tantos otros profesionales que nos han precedido, por sus valiosas aportaciones, consiguiendo de esta manera que la disciplina de la ingeniería mecánica haya alcanzado los niveles actuales de desarrollo.

Para la consecución de estos objetivos ha sido fundamental el apoyo de la Universidad de Jaén a través de su Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera que sigue acogiendo la Secretaría de estos Grupos de Trabajo, y de su servicio Editorial UJA para hacer realidad esta serie/colección de publicaciones.

Y el primer fruto de esta iniciativa fue el primer volumen *Figuras ilustres de la Ingeniería Mecánica en España* publicado en junio de 2018, en el que se recogían nueve semblanzas de figuras ilustres y que tan buena acogida tuvo no solo entre nuestro colectivo sino también en el ámbito de la ingeniería en general y entre los interesados por el desarrollo de la ingeniería y tecnología.

Este segundo volumen que tenéis en vuestras manos pretende dar continuidad a la iniciativa, ampliando el ámbito a nuestros países hermanos iberoamericanos, en los que la aportación de las figuras ilustres que recogemos fue tan importante para su desarrollo y en muchos casos coincidente con la ingeniería hispana.

Tal y como indicábamos en el primer volumen, el hecho de que sean estos

y no otros ingenieros los que aparecen en este volumen, no responde a ningún orden de importancia ni de olvido de otros tantos ingenieros cuya aportación fue fundamental para el desarrollo de la ingeniería mecánica, y que por supuesto, pretendemos ir recogiendo en futuras publicaciones dando continuidad a esta serie de publicaciones.

En este segundo volumen se recogen diez semblanzas de figuras ilustres, que se han ordenado siguiendo el simple criterio cronológico de atender a su fecha de nacimiento.

Comienza la obra con una figura colectiva, la familia navarra Yeregui, que desde finales del siglo XVIII diseñaron, construyeron, montaron y mantuvieron relojes durante cinco generaciones, cubriendo por tanto como en la actualidad diríamos todo su ciclo de vida y aportando significativos avances en la relojería mecánica.

El científico sevillano Jose Ruiz-Castizo y Ariza, matemático, físico, docente e investigador en el ámbito de la mecánica racional y científico inventor de instrumentos científicos como el planímetro cartesiano.

Guillermo Quintanilla Fábregas, puertorriqueño, ingeniero agrónomo cuya labor destacó como investigador e inventor de maquinaria industrial, entre la que podemos destacar el invento y patente de un método para la extracción de aceite de oliva, que puede considerarse como el primer sistema continuo para este proceso.

Las ideas innovadoras del vizcaíno Alejandro Goicoechea y la visión del también vizcaíno Jose Luis Oriol fueron el germen del desarrollo del tren Talgo, sin olvidar a sus sucesores en la empresa, que hicieron de Talgo un símbolo y referente de la ingeniería española y específicamente de los desarrollos creativos y novedosos con más de 100 patentes en el ámbito de la ingeniería ferroviaria y mecánica.

Desde niño, el gallego Eduardo Barreiros estuvo ligado a los vehículos, y su atención se centró en los chasis, los motores y en la reconstrucción y diseño de nuevos vehículos, aunque también realizó otras actividades en la modificación de diferentes máquinas para la mejora de los trabajos a realizar. Destacó en la construcción de motores, en la transformación de los motores de gasolina a gasoil y en la fabricación de camiones y vehículos industriales.

El barcelonés Rafael Escoda estudió ingeniería porque *“le atraía la idea de pensar y hacer cosas tan concretas y tan variadas como se ofrecen a la actividad de ingeniero”* y lo plasmó en sus trabajos profesionales, investigaciones e inventos, tanto en el área de la construcción, las obras públicas y las instalaciones como en el ejercicio libre de ingeniero como consultor independiente hasta la fundación de la empresa IDOM de prestación de servicio basado en el conocimiento con preeminencia del trabajo sobre el capital.

El argentino de Diamante, Domingo Santo Liotta, médico especialista en cirugía cardiovascular, cuya carrera profesional destacó por sus numerosos inventos de tecnología aplicada a la medicina, entre los que cabe destacar la invención del primer corazón artificial completo implantado con éxito en 1969, además del desarrollo de prótesis, instrumental quirúrgico y métodos de diagnóstico en los

que desarrolló grandes investigaciones sobre dinámica de fluidos, mecanismos, materiales y fabricación.

El también argentino bonaerense Patricio Adolfo Antonio Laura Casas, desarrolló una prolífica actividad científica en el mundo de la Mecánica aplicada, las vibraciones, la acústica, los métodos numéricos y la ciencia abstracta y aplicada, por las que tuvo discusiones epistolares con Carl Sagan, además de preocuparse por la cultura, la religión y la educación. Publicó uno de los primeros trabajos sobre tensión en cables, para determinar la vibración inducida por el arrastre de los radares submarinos.

Eduardo Giro i Barella “el ténic”, barcelonés, estuvo siempre ligado a las motocicletas OSSA cuyo acrónimo surge con la empresa textil de su abuelo y es una de las figuras más relevantes de la industria de las motocicletas, aunque tenía prohibido por su madre montar en moto. Diseñó la moto de competición con el primer chasis monocasco de magnesio que la convirtió en la más rápida del momento con otras innovaciones importantes en el campo de los materiales, chasis, suspensiones y motor.

La última semblanza está dedicada a la cubana Gilda Fernández Levy, la primera mujer ingeniera mecánica en Cuba. Destacó por sus dotes organizativas, capacidad de trabajo, valores humanos y aguda inteligencia, lo que le llevó al acabar sus estudios a ser seleccionada por la Escuela de Ingeniería Mecánica para formar parte de su profesorado. Su docencia estuvo muy relacionada con la resistencia de materiales y su investigación con la industria azucarera y otras industrias mecánicas, y en su honor se creó una cátedra honorífica.

Queda reconocer el esfuerzo y el compromiso de la Universidad de Jaén a través de su Editorial UJA con la creación de la serie de publicaciones de “Historia de la Ingeniería” y de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica y la Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica con esta publicación, que va dando ideas para nuevas propuestas que esperamos materializar en un futuro próximo.

Y por último, mi más sincera felicitación y agradecimiento a los autores de los capítulos que componen este libro, por el excelente trabajo realizado, su esfuerzo y dedicación.

Rafael López García Coordinador-Editor. Profesor Titular de la Universidad de Jaén. Secretario de la Comisión de Historia de la Ingeniería Mecánica y de las Máquinas y Mecanismos (HIM3) de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica. Presidente de la Comisión de Historia de la Ingeniería Mecánica (HIM) de la Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica.

**Figuras ilustres de la Ingeniería Mecánica  
en España e Iberoamérica**

# Índice de artículos

- 26 **La familia Yeregui. Cinco generaciones de mecánicos relojeros**  
Jokin Aginaga García, Adrián Claver Alba, Jesús María Pintor Borobia y Xabier Iriarte Goñi
- 46 **José Ruiz-Castizo, un científico inventor de instrumentos**  
Patricia Zulueta Pérez
- 70 **Guillermo Quintanilla y Fábregas  
y el primer sistema continuo de extracción de aceite**  
José Tejero Manzanares, Francisco Mata Cabrera y Francisco de Paula Montes Tubío
- 84 **La ingeniería de Talgo.  
De las ideas visionarias de Alejandro Goicoechea a la alta velocidad**  
Miguel Sánchez Lozano
- 110 **Eduardo Barreiros, el motor español**  
Manuel Lage Marco
- 158 **Rafael Escolá. Fundador de IDOM**  
Gabriel Vilallonga Elorza
- 188 **Domingo Liotta. Salvando vidas mediante tecnología aplicada a la medicina**  
Manuel Esperón Míguez, Víctor Rodríguez de la Cruz, Daniel Fernández Caballero y Julián Martín Jarillo
- 210 **Patricio A. A. Laura.  
Una vida dedicada a la mecánica aplicada, métodos numéricos y a la acústica**  
Walter A. Montano Rodríguez
- 236 **Eduardo Giró i Barella y la industria de la motocicleta española**  
David Abellán López y Miguel Ángel Oliva i Meyer
- 264 **Gilda Fernández Levy. Primera mujer ingeniera mecánica en Cuba**  
José Roberto Marty Delgado y Pedro Pablo Hidalgo Reina

## Índice alfabético de autores

**Abellán López, David**

Universidad Miguel Hernández de Elche.  
Elche, Alicante. España.

**Aginaga García, Jokin**

Smart Cities Institute. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

**Claver Alba, Adrián**

Smart Cities Institute. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

**Esperón Míguez, Manuel**

Doctor Ingeniero Industrial. Londres. Reino Unido.

**Fernández Caballero, Daniel**

Doctor Ingeniero Industrial. Madrid. España.

**Hidalgo Reina, Pedro Pablo**

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara. Cuba.

**Iriarte Goñi, Xabier**

Smart Cities Institute. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

**Lage Marco, Manuel**

Doctor Ingeniero Industrial e Historiador del Automóvil. Madrid. España.

**Martín Jarillo, Julián**

Ingeniero Industrial. Madrid. España.

**Marty Delgado, José Roberto**

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara. Cuba.

**Mata Cabrera, Francisco**

Universidad Castilla la Mancha. Almadén, Ciudad Real. España.

**Montano Rodríguez, Walter A.**

Laboratorio Acústico "Joseph Sauveur". Lima. Perú.

**Montes Tubío, Francisco de Paula**

Universidad de Córdoba. Córdoba. España.

**Oliva i Meyer, Miguel Ángel**

Universidad Miguel Hernández de Elche.  
Elche, Alicante. España.

**Pintor Borobia, Jesús María**

Smart Cities Institute. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

**Rodríguez de la Cruz, Víctor**

Doctor Ingeniero Industrial. Madrid. España.

**Sánchez Lozano, Miguel**

Universidad Miguel Hernández de Elche.  
Elche, Alicante. España.

**Tejero Manzanares, José**

Universidad Castilla la Mancha. Almadén, Ciudad Real. España.

**Vilallonga Elorza, Gabriel**

IDOM, Consulting, Engineering, Architecture.  
Madrid. España.

**Zulueta Pérez, Patricia**

Universidad de Valladolid. Valladolid. España.

Jokin Aginaga García Smart Cities Institute. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

Adrián Claver Alba Smart Cities Institute. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

Jesús María Pintor Borobia Smart Cities Institute. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

Xabier Iriarte Goñi Smart Cities Institute. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.



Benito Yeregui Goldaracena (1843-1912), relojero más prolífico de la saga Yeregui.

Desde su aparición en la Edad Media, los relojes mecánicos fueron ingenios dotados de complejos entramados de engranajes, levas y actuadores, que en algunos casos se han conservado hasta nuestro tiempo. Durante siglos los avances en la ingeniería mecánica fueron aplicados a la relojería logrando relojes con una precisión cada vez mayor. En el norte de Navarra, **los Yeregui** formaron una destacada familia de mecánicos relojeros que, desde finales del siglo XVIII hasta mediados del siglo XX, diseñaron, construyeron, montaron y mantuvieron relojes durante cinco generaciones. Su primer reloj del que se tiene constancia fue diseñado y montado por José Francisco Yeregui Zabaleta para el pueblo de Betelu y su escritura data del 15 de abril de 1796. Posteriormente, diferentes miembros de la familia fabricaron numerosos relojes para pueblos y ciudades de Navarra y alrededores, incluyendo el antiguo reloj del Ayuntamiento de Pamplona, en funcionamiento durante más de 150 años hasta 1991 y recientemente restaurado. Este capítulo describe brevemente los avances más significativos en la relojería mecánica y se adentra en la historia y obra de la saga de relojeros Yeregui.

## La familia Yeregui. Cinco generaciones de mecánicos relojeros

Jokin Aginaga García  
Adrián Claver Alba  
Jesús María Pintor Borobia  
Xabier Iriarte Goñi

### 1 Introducción

Los relojes mecánicos, aunque desde mediados del siglo XX han sido sustituidos en gran medida por relojes electrónicos, siguen despertando un gran interés y son considerados por muchos obras de arte mecánicas. Si bien en siglo XXI han pasado a ser objetos expuestos en museos o propiedad de coleccionistas más que instrumentos para dar la hora con precisión, muchos de los relojes mecánicos contruidos en siglos anteriores siguen hoy día en funcionamiento. Este hecho, así como la complejidad de su mecanismo de funcionamiento, hace que la relojería mecánica siga siendo una disciplina o campo de conocimiento relevante desde el punto de vista de la mecánica de máquinas y su historia. Cabe destacar, además, que como la mayoría de las máquinas previas a la Revolución Industrial, los relojes mecánicos son mecanismos alimentados por energías renovables, la fuente de energía es la persona que una o dos veces a la semana se encarga de dar cuerda al reloj; en el caso de los relojes de torre, elevando las pesas cuya caída por el efecto de la gravedad ejerce de motor del reloj.

Pese a tener el mismo principio de funcionamiento, los relojes mecánicos pueden dividirse en dos grandes grupos: los relojes domésticos o portátiles y los relojes monumentales de torre. Mientras que los primeros muchas veces eran pequeños ingenios en posesión de las clases sociales enriquecidas utilizados para crear admiración en sociedad, los segundos desempeñaban una labor pública ordenando la vida religiosa y civil de las poblaciones.

En lo relativo a relojes de torre, podría decirse que la relojería mecánica es una disciplina que está al límite entre la herrería y la ingeniería mecánica. Generalmente, los relojeros no son considerados ingenieros mecánicos porque, de hecho, no tienen o históricamente no han tenido la formación de ingenieros. Este hecho resulta lógico ya que el origen de la profesión de ingeniero se sitúa hacia el siglo XVIII, mientras que la relojería mecánica pudo tener su inicio hacia finales del siglo XIII<sup>1</sup>. Así, la relojería mecánica ha estado históricamente vinculada a oficios como la herrería, la cerrajería o incluso la armería<sup>2</sup>. Ahora bien, además de

trabajar el metal, el relojero debía diseñar complejos mecanismos de engranajes y levas, además de ajustar su movimiento para una correcta medida del tiempo mediante el *mecanismo de escape*, un conjunto de elementos que, transformando el movimiento rotativo en oscilación, hace que el reloj se mueva de manera regular y determina el tiempo o frecuencia del reloj. También debía pensar el relojero en el almacenamiento de la energía necesaria para el funcionamiento del reloj, cuestión que resolvía mediante la compresión y descompresión de muelles o mediante pesas que, tras ser elevadas, descendían por la acción de la gravedad impulsando así el movimiento del reloj. Finalmente, la labor de los relojeros no terminaba una vez que el reloj era construido y estaba en funcionamiento; debían definir las operaciones de mantenimiento necesarias para que el reloj continuase funcionando en buenas condiciones.

La formación de los relojeros no era por tanto de alta cualificación, lo que hoy se correspondería con estudios universitarios, pero sí ejercían una labor con un alto componente de diseño de mecanismos. De hecho, los aprendices aspirantes a relojeros solían tener un periodo de formación de cinco o seis años junto a un maestro relojero que se comprometía a enseñarle todos los secretos del oficio y a alimentarlo durante dicho periodo<sup>2</sup>. Además de adquirir las habilidades necesarias para trabajar el metal, los aprendices también debían desarrollar la idea de conjunto para ajustar los distintos componentes de que consta el reloj. Dada la habilidad e ingenio necesarios para la fabricación de relojes, se podría decir que el maestro relojero tenía, junto con el maestro armero y el cerrajero, un nivel de conocimiento superior al de los maestros herreros, hecho que les proporcionaba cierto respeto y estima por parte del pueblo llano.

En este contexto de maestros relojeros está la familia Yeregui, una familia de origen navarro que llegó a dar hasta siete relojeros durante cinco generaciones. El hecho de que el oficio se extendiese durante cinco generaciones permite hacerse a la idea de la relevancia que tuvieron en Navarra y otras regiones limítrofes, donde instalaron relojes en numerosas localidades.

## 2 Breve historia y funcionamiento de los relojes mecánicos

Antes de pasar a la vida y trabajo de los relojeros de la familia Yeregui, es menester hacer un breve repaso a los principales hitos en el desarrollo de la relojería mecánica. No se pretende hacer una revisión exhaustiva, sino más bien destacar los avances más destacados en la técnica y funcionamiento de los relojes mecánicos. Cabe decir que, previamente a la invención de los relojes mecánicos, existieron otro tipo de instrumentos para la medición del tiempo, como pueden ser los relojes solares, relojes de arena, clepsidra, etc. Pero fue la relojería mecánica la que alcanzó mayores cotas de precisión durante varios siglos, hasta que los relojes mecánicos fueron superados por los eléctricos a mediados del siglo XX.

En primer lugar, debe destacarse la importancia del mecanismo de escape. El mecanismo de escape es el elemento clave que distingue los relojes mecánicos de

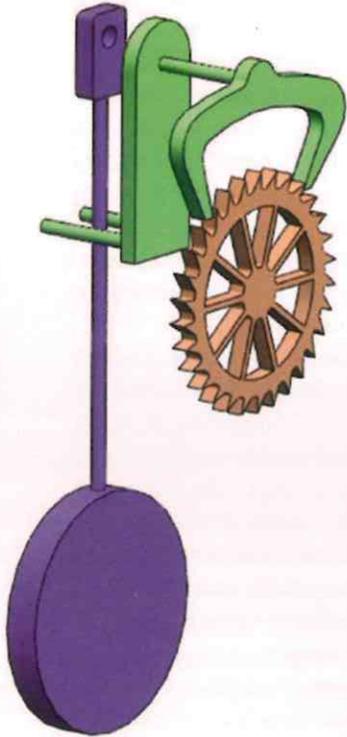
las clepsidras y el resto de instrumentos de medición del tiempo anteriores. Se trata de un mecanismo que regula la velocidad del reloj haciendo que esta sea constante. Se desconoce la fecha exacta de su invención, pero se acepta que pudo ser hacia finales del siglo XIII. Los motivos de la necesidad de medir el tiempo pudieron ser dos; por un lado, las necesidades monásticas, entendiéndose como tales las llamadas de la iglesia a los feligreses para el rezo; por otro, las necesidades científicas, ya que los astrónomos necesitaban un instrumento capaz de medir el tiempo con precisión para describir el movimiento de los planetas y modelizar el universo. Fue probablemente en este contexto en el que se inventó el mecanismo de escape y en el que se dieron los primeros avances hacia una relojería más precisa<sup>1</sup>.

Existieron por tanto personas del ámbito científico, principalmente físicos o astrónomos, interesadas en la medida del tiempo que han pasado a la historia como relojeros. Uno de los primeros pudo ser Richard of Wallingford (1292-1336). Hijo de herrero, combinó su habilidad para trabajar el metal con sus conocimientos sobre astronomía para construir el reloj de la abadía de St. Albans en Oxford. También en el siglo XIV, Giovanni di Dondi (1330-1388), hijo de relojero, diseñó el *Astrario*, un extraordinario reloj astronómico que mostraba la posición del sol, de la luna y de varios planetas conocidos en la época. Asimismo, el *Astrario* está considerado como uno de los primeros mecanismos conocidos en los que se utilizaron engranajes no circulares<sup>3</sup>.

Más allá de los fines astronómicos, en los siglos XIV y XV, los relojes mecánicos eran considerados artículos exclusivos que la nobleza mostraba en sociedad para provocar su admiración. Del mismo modo, las necesidades monásticas y de gobierno de las poblaciones dieron lugar a otro tipo de relojes con una función totalmente distinta: regir el funcionamiento de ciudades y pueblos dando la hora. En este sentido, curiosamente podría decirse que la invención de los relojes mecánicos fue anterior a la necesidad de conocer la hora para la sociedad civil. Nacen así los relojes de torre, que muchas veces ni siquiera tenían una esfera que mostrase la hora, sino que la transmitían haciendo sonar una campana situada en una torre para ser oída por el mayor número de personas posible.

En lo que respecta a la técnica, bien se trate de relojes astronómicos o relojes de torre, el desarrollo de los relojes mecánicos está vinculado a la invención del mecanismo de escape. Se cree que el primer tipo de escape fue el denominado como escape de verga y foliot. Dicho mecanismo de escape está formado por una rueda con dientes de sierra, una varilla vertical con dos paletas y otra varilla horizontal solidaria a la primera con dos pequeñas pesas. Tal como puede deducirse de la Figura 1 (siguiente página), el giro de la rueda dentada, siempre en el mismo sentido, se tropieza alternativamente con las paletas de la varilla vertical, convirtiendo la rotación en oscilación. La ubicación de las pesas de la varilla horizontal regulan la frecuencia de la oscilación, determinando el tiempo del reloj.

A mediados del siglo XVII, el mecanismo de escape de verga y foliot fue reemplazado por el escape de áncora y péndulo. No está clara la autoría de esta invención, ya que algunas referencias consideran que fue obra de Robert Hooke (1635-1703), mientras que otras se lo atribuyen a Cristian Huygens (1629-1695),

Fig. 1 Escape de verga y foliot<sup>4</sup>.Fig. 2 Escape de áncora y péndulo<sup>7</sup>.

astrónomo, físico y matemático holandés<sup>4</sup>. Este mecanismo de escape está formado por una rueda con dientes de sierra denominada rueda de escape, el áncora y el péndulo (Figura 2). El áncora tiene dos paletas salientes que son empujadas alternativamente por la rueda de escape, de manera similar a como lo hacían las paletas de la varilla vertical en el escape de verga y foliot. Así, la rueda de escape gira siempre en el mismo sentido mientras que el áncora oscila, convirtiendo la rotación en oscilación. Este nuevo tipo de mecanismo de escape mejoró notablemente la precisión de los relojes, pasando de tener un error de alguna hora al día a un error de minutos<sup>6</sup>. El propio Huygens demostró que el hecho de reducir la amplitud de la oscilación reducía el efecto de no linealidades presentes cuando el ángulo girado era mayor, lo cual sin duda ayudaría a la precisión de los relojes<sup>7</sup>.

La frecuencia de oscilación del péndulo depende, como bien es sabido, de la ubicación de su centro de gravedad. No obstante, la dilatación de los metales con la temperatura y el consiguiente incremento de la longitud del péndulo hacían que los relojes perdiesen precisión en función de la temperatura ambiente. George Graham (1673-1751) tuvo la idea de utilizar mercurio para compensar la pérdida de precisión por la dilatación del péndulo; colocando en el péndulo un pequeño recipiente con mercurio, la dilatación del mercurio compensaba la dilatación del péndulo. El péndulo de mercurio redujo el error de los relojes a unos pocos segundos al día.

Los relojes también supusieron un avance en la navegación, ya que a mediados del siglo XVIII posibilitaron la medida de la longitud en océano abierto. Para ello era necesaria una precisión mayor, ya que el reloj debía estar en funcionamiento durante meses manteniendo la hora del punto de partida. Midiendo la hora local y la latitud a partir del sol y conociendo la hora del punto de partida, era posible conocer

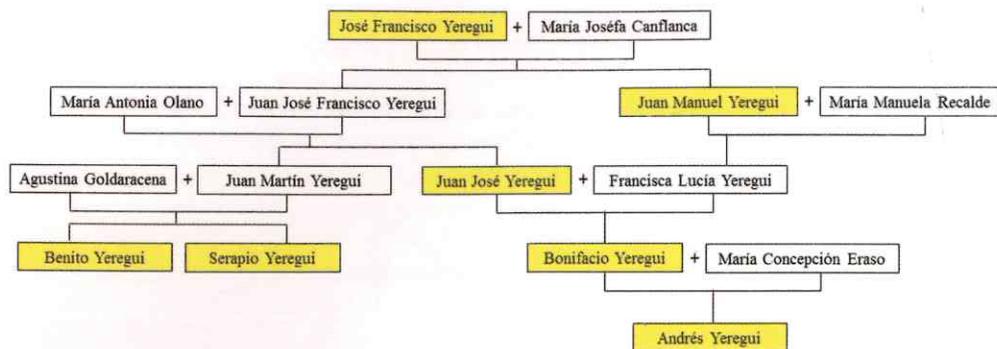
la longitud en que se estaba. John Harrison (1693-1776) fue quien realizó los avances necesarios para diseñar relojes que fueran capaces de medir el tiempo y no se vieran afectados por el oleaje. La compensación de temperatura se realizó mediante dos tiras metálicas, una de latón y otra de acero, remachadas entre sí y unidas a un muelle. Al dilatarse los dos metales de manera distinta, la tira metálica se curvaba y acortaba el muelle aumentando su rigidez y reajustaba la frecuencia del reloj. Con este y otros avances, la precisión de su reloj H4 se computó como un error de 39.2 segundos tras 47 días de navegación<sup>8</sup>.

La mayoría de los citados progresos de la relojería tuvieron lugar en Inglaterra. En España, los primeros relojes mecánicos pudieron ser el de Perpiñán, entonces parte del Reino de Aragón, y el de la catedral de Toledo, ambos de mediados del siglo XIV<sup>4</sup>. Poco a poco, a partir del siglo XV empezó a aumentar el número de relojes públicos en las principales ciudades, para llegar a los siglos XVII y XVIII con relojes de torre casi en cada pueblo. Habitualmente, estos relojes daban problemas y necesitaban mucho mantenimiento y reparaciones. Los contratos se hacían generalmente no solo para construir sino también para mantenerlo en correcto funcionamiento durante 5 o 6 años. A pesar de ello, a menudo otras personas no formadas en relojería hacían ajustes o trataban de hacer su mantenimiento y empeoraban el funcionamiento, porque lo cierto es que no era extraño que un reloj tuviera que ser sustituido tras unas pocas décadas en funcionamiento. Así, en los contratos se llegaba a indicar explícitamente que el compromiso de los relojeros para hacer las reparaciones excluía los casos en los que el reloj hubiese fallado “por defecto del que lo maneja”.

### 3 Relojeros de la familia Yeregui y su obra

La familia Yeregui, tal como se ha mencionado previamente, ha dado lugar a 7 relojeros a lo largo de 5 generaciones. Desde los primeros relojes de José Francisco Yeregui Zabaleta a finales del siglo XVIII hasta los últimos de Andrés Yeregui Eraso ya entrado el siglo XX, fabricaron numerosos relojes para distintos pueblos y ciudades de Navarra y alrededores. Documentar la actividad y producción de cada uno de ellos es una labor ardua y frecuentemente se camina sobre un terreno más cercano a la hipótesis que a la certeza. Ello es debido a dos motivos fundamentales: por un lado, los relojeros no tuvieron la costumbre de firmar sus obras hasta mediados del siglo XIX<sup>2</sup>; y por otro, cuando los relojes daban problemas o dejaban de funcionar, eran sustituidos por otros nuevos y a menudo el reloj viejo formaba parte del pago que se hacía al relojero encargado de construir el nuevo, con lo que este podía aprovechar las piezas para otros relojes u otros trabajos de herrería, quedando el reloj antiguo desmembrado y sin dejar rastro de su existencia.

Los relojeros de la familia están divididos en dos ramas, los de Betelu (Navarra) y los de Zumaia (Gipuzkoa). Los primeros abarcan las 5 generaciones, desde José Francisco hasta Andrés, mientras que los de Zumaia son dos relojeros, Benito y



32 Fig. 3 Árbol genealógico de los relojeros Yeregui (gentileza de José Ignacio Yeregui Arlazón, Yeregui Elkatea).

Serapio, hermanos entre sí y primos de la cuarta generación de los de Betelu. La Figura 3 muestra parte del árbol genealógico de los Yeregui en el que se puede ver a los 7 relojeros de la saga, no habiéndose incluido los familiares no dedicados a la relojería.

Tras extinguirse la saga de relojeros, ya en el siglo XXI descendientes de los mismos crearon la Fundación Yeregui Elkatea, que trata de recuperar la memoria de la saga de relojeros al mismo tiempo que restaura y promueve la restauración de relojes mecánicos para volver a ponerlos en funcionamiento, sean construidos por sus antecesores o bien por otros relojeros.

Si bien la documentación al respecto es escasa, se describe a continuación la actividad de cada uno de los relojeros de la familia Yeregui.

### 3.1 José Francisco Yeregui Zabaleta (1760-1834)

José Francisco fue el primer relojero de la saga de los Yeregui. Nacido en Leitza, en principio trabajó de carpintero. No obstante, la curiosidad por el funcionamiento del reloj de la parroquia de su pueblo, lo llevó a construir un reloj similar pero hecho en madera. Tras exponer dicho reloj en una feria en Pamplona, y dado el éxito que tuvo en esa exposición y las recomendaciones que se le formularon, decidió dejar la carpintería y dedicarse a la relojería<sup>9</sup>. Existe una curiosa coincidencia entre José Francisco Yeregui y el eminente John Harrison: siendo algo anecdótico y sin ánimo de colocarlos en el mismo escalafón en la historia de relojería, ambos construyeron sus primeros relojes en madera y de manera autodidacta.

El primer reloj de los Yeregui del que se tiene constancia en actas notariales es el fabricado para la villa de Betelu en 1796. No obstante, no fue el primer reloj que construyó, ya que en el contrato de 1796 se menciona que “se hallan bien cerciorados de su pericia y de que ha hecho varios relojes en las villas de Burguete, Berastegui, Lugar de Oreja y otras partes”<sup>10</sup>. El reloj se realizaría por 86 ducados a pagar a medias entre villa

e iglesia. José Francisco adquiriría también la responsabilidad de conservarlo y repararlo durante 6 años, dándosele “manutención y fragua libre”. La Figura 4 muestra parte de la escritura de obligación de construir el reloj de Betelu.

Este reloj debía sustituir a otro de 1748 por “hallarse enteramente desbaratado” y “ser tan preciso para el gobierno del pueblo y la concurrencia a las funciones sagradas”. El contrato especificaba “que dicho Relox haya de ser con su hora y medias horas” y daba indicaciones referentes a los diámetros y grosores que debían tener algunas de sus ruedas, incluyendo la rueda de escape o Santa Catalina. El reloj fue colocado en la torre parroquial de Betelu. Además de las especificaciones del contrato, a las tres de la tarde el reloj tañía 33 campanadas, con las que quería recordar la muerte de Jesús. Dicho reloj estuvo funcionando hasta que fue sustituido en el año 1962 por otro de la firma Murua de Vitoria<sup>9</sup>.

En el año 1804 se tiene constancia de otros dos contratos para la construcción de relojes en los pueblos de Egiarreta y Ihabar, el primero de ellos para la construcción de un nuevo reloj y el segundo para la sustitución del viejo por estar “bastante desecho”<sup>11</sup>. El primero de ellos todavía está en la iglesia parroquial Santa María de Egiarreta, aunque abandonado desde hace décadas. La Figura 5 (siguiente página) muestra su estado actual, sucio y deteriorado, aunque se pueden distinguir el tren de movimiento con su rueda de escape y áncora, así como el tren de sonería con su venterol de dos palas.

Los contratos de Egiarreta y Ihabar son similares y en ellos se describen al detalle algunas de las características que deben tener los relojes y sus componentes, que sirven para hacerse idea de la tecnología de la época. A modo de ejemplo se tiene el uso de cojinetes de bronce. El contrato no los nombra como tales pero sí especifica que “se aseguraran unas piezas de bronce remachadas a las barras de otro armazón, donde juegan los ejes de las ruedas, y estas son para que anden las ruedas con más suavidad”<sup>12</sup>. También se mencionan, entre otros, aspectos como los “piñones de pieza maciza bien templados y esmerilados para que anden con más suavidad”, el “áncora con sus paletillas bien aceradas y templadas” y “en la punta de la péndula una lenteja a macho y hembra, para arreglar su movimiento”. Esto último probablemente haría referencia a que el péndulo estaría formado por dos partes machihembradas, de manera que mediante su ajuste se pudiese regular la longitud del péndulo para compensar

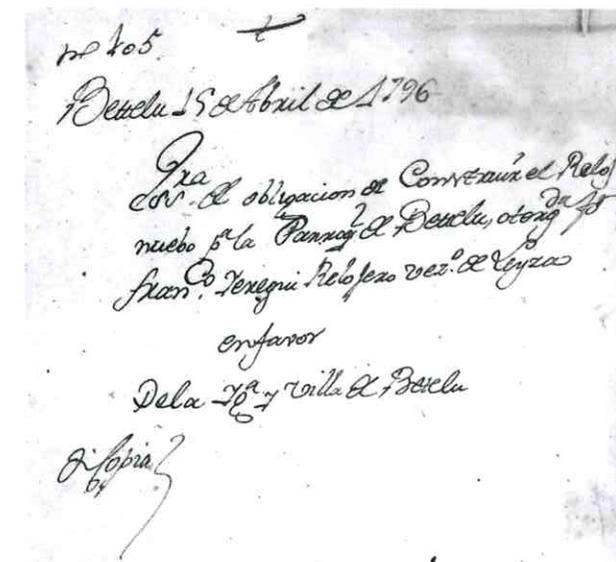


Fig. 4 Parte de la escritura del contrato de Betelu de 1796<sup>10</sup>.

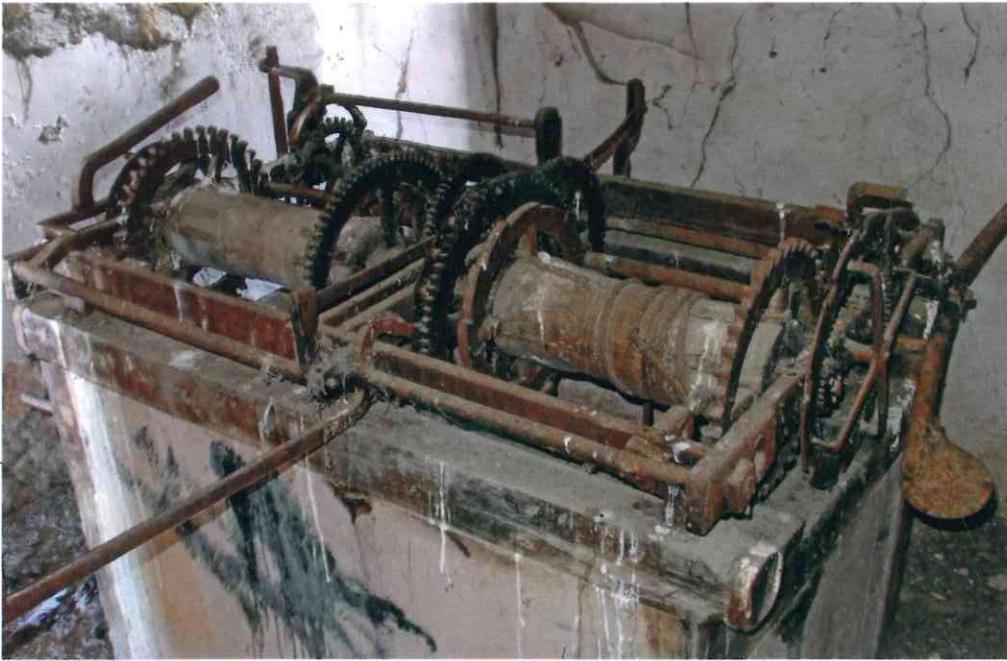


Fig. 5 Estado actual del reloj de Egiarreta (fotografía tomada el 24-07-2019).

dilataciones estacionalmente. En general, el nivel de detalles técnicos que aparece en estos contratos hace pensar que el propio relojero ayudaría a la redacción del mismo, ya que no es de esperar este nivel de conocimiento en relojería por parte del escribano o la parte contratante, formada por vecinos e iglesia.

El siguiente reloj del que se tiene constancia es el fabricado para la villa de Olazagutía. El contrato se firmó el 6 de diciembre de 1805. Siendo los aspectos técnicos similares a los descritos en los dos contratos anteriores, este añade una nueva exigencia: “que el referido reloj deba tener horas y medias horas y la queda que toca la campana a las 12 del mediodía dando los tres primeros toques con pausa y los seis siguientes a manera del reloj y el toque y queda para las Animas en tiempo de verano haya de dar a las nueve de la noche y en invierno a las ocho, dando los toques de veinte y siete a treinta y tres”<sup>23</sup>. Se trata de un nuevo requisito que José Francisco habría resuelto probablemente a base de actuadores, muescas en determinadas ruedas y topes para realizar las detenciones necesarias. Algo similar se exigía a un reloj bastante posterior para la villa de Burlada, cuyo contrato data del 12 de marzo de 1821<sup>9</sup>. Viendo que en todos los contratos citados, salvo en el primero, se describe a José Francisco como el relojero de Betelu, se deduce que tras la construcción del reloj de dicha villa en 1796 José Francisco y su familia se trasladaron a Betelu, donde trabajaron otras cuatro generaciones de relojeros Yeregui.

Pese a que solo se tiene constancia documental de los citados cinco relojes, lo probable es que hubiese construido bastantes más. De los detalles técnicos

hallados en la documentación se puede suponer que serían relojes con dos trenes, el de movimiento y el de sonería. Así puede apreciarse en el reloj de Egiarreta, en el que se distinguen los citados dos trenes. Este sistema era el habitual para relojes en los que se daban las horas y las medias horas.

### 3.2 Juan Manuel Yeregui Canflanca (1795–1848)

Juan Manuel fue el menor de los seis hijos que tuvo José Francisco y el primero que continuó el trabajo de su padre en el taller de Betelu. De sus trabajos se tiene evidencia de cuatro relojes construidos, aunque, como en el caso de su padre, probablemente fueran más.

El primer reloj de Juan Manuel del que se tiene evidencia es el de Pamplona. No se tiene constancia documental del contrato de construcción, pero el reloj sigue existiendo y tiene una placa que indica su autor, lugar y año de fabricación, 1827 (Fig. 6). Llama la atención el hecho de tener la placa identificativa, ya que hasta esta época los relojes de torre solían ser obras anónimas y es desde mediados del siglo XIX cuando empiezan a aparecer las firmas de los constructores<sup>2</sup>.

El reloj debió de ser instalado inicialmente en la iglesia de San Lorenzo de Pamplona y llevado al Ayuntamiento de la ciudad en el año 1849<sup>9</sup>. En el Ayuntamiento estuvo funcionando hasta 1991, año en que fue sustituido por un reloj electrónico. El reloj retirado mantenía la mayor parte de las piezas originales, aunque también tenía componentes incorporados con posterioridad. Un ejemplo es el hecho de que tenga rodamientos en lugar de los cojinetes de bronce que se utilizaban en la época. Presumiblemente, el desgaste de dichos cojinetes habría producido una exagerada holgura en los ejes que entorpecería el funcionamiento de reloj. Así, en algún momento del siglo XX habrían sido sustituidos por rodamientos. Del mismo modo, es posible que el ánclora también hubiese sido sustituida o modificada, ya que tiene unas paletas atornilladas en lugar de ser una única pieza.

Actualmente, el reloj está siendo reparado y restaurado para ser expuesto en funcionamiento en el Planetario de Pamplona. La Figura 7 (siguiente página) muestra el reloj con sus tres trenes, el de movimiento y los dos de sonería para horas y cuartos de hora. Nótese que se le

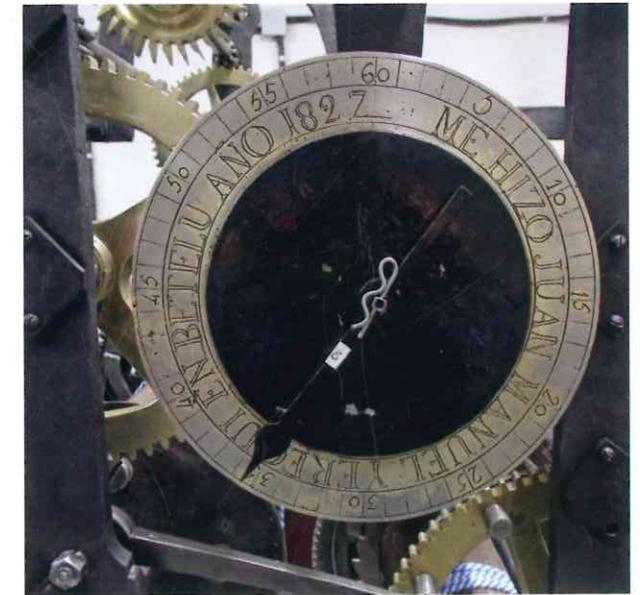


Fig. 6 Placa identificativa del reloj del Ayuntamiento de Pamplona.

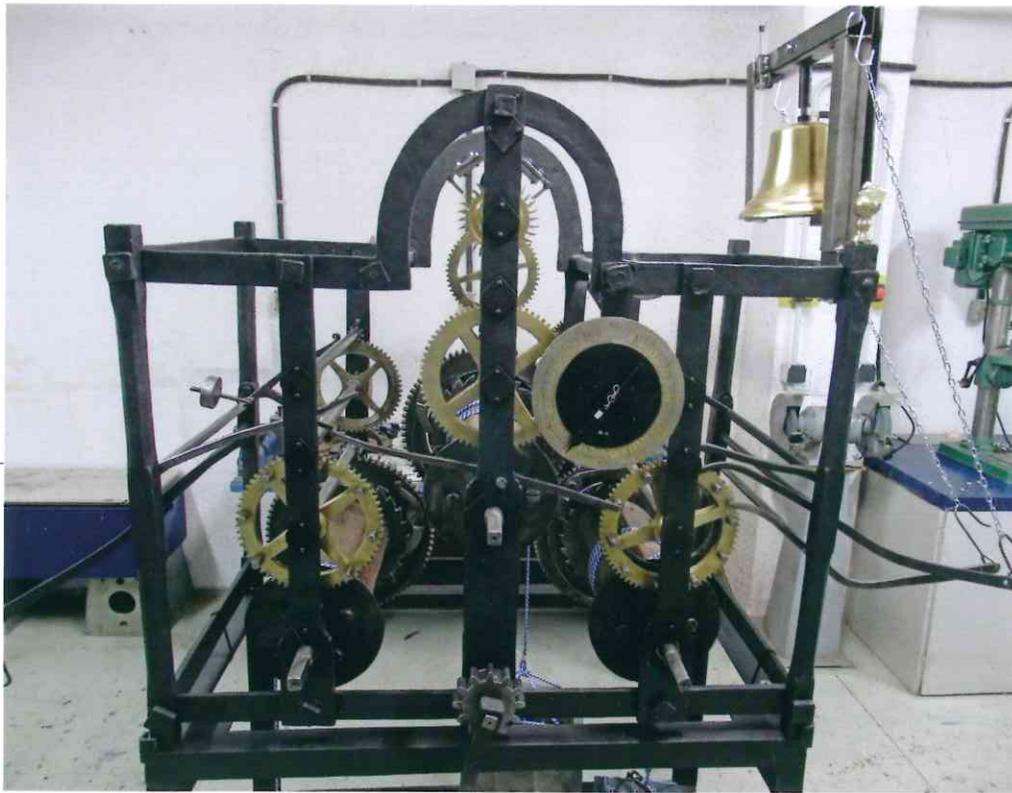


Fig. 7 Reloj del Ayuntamiento de Pamplona (1827).

ha instalado una pequeña campana, ya que se tiene intención de exponer el reloj en movimiento y las campanas originales se hallan obviamente en el Ayuntamiento.

Otro reloj de Juan Manuel del que se tiene evidencia es el Arbizu, construido para sustituir el anterior según un libro de cuentas de la citada localidad al que se ha tenido acceso. Dicho libro de cuentas sitúa la construcción del reloj en el año 1831 y, aunque no aparece el nombre de Juan Manuel Yeregui, indica los gastos del traslado del reloj viejo a Betelu así como los de la conducción del reloj nuevo desde Betelu. Es verosímil creer que el reloj del libro de cuentas es el que actualmente está parado en la iglesia de Arbizu, ya que su estructura es muy similar a la del reloj de Pamplona.

Según el historiador Juan Garmendia también construyó los relojes para Lizarraga en 1843 y Aránzazu en 1853. Es curioso el caso del segundo reloj, ya que la fecha es posterior a su muerte. No obstante, Juan Garmendia tuvo la oportunidad de entrevistarse con Andrés Yeregui, el último relojero de la saga, y fue él quien citó el reloj de Aránzazu como construido por Juan Manuel, aunque probablemente sería ayudado por su sobrino Juan José, siguiente relojero de la familia<sup>9</sup>.

De la información que se tiene se deducen dos cambios o avances respecto a los relojes construidos por su padre, José Francisco. Por un lado, los relojes de Juan Manuel incorporan dos trenes de sonería: uno para las horas y otro para los cuartos de hora. Por otro lado, la disposición de los trenes es distinta, ya que en el reloj de Egiarreta los ejes están dispuestos horizontalmente, mientras que en los relojes de Pamplona y Arbizu los ejes de cada tren de engranajes están dispuestos en planos verticales.

### 3.3 Juan José Yeregui Olano (1819–1887)

El siguiente relojero de la familia fue Juan José, sobrino de Juan Manuel, y se ocupó del taller de relojería de Betelu tras el fallecimiento de su tío. Poco se conoce de los relojes construidos por Juan José, salvo los dos relojes que menciona el historiador Juan Garmendia.

El 12 de abril de 1877 se formalizó el contrato entre Juan José y la villa de Alzaga (Gipuzkoa), para la construcción de un reloj para la parroquia. Entre los requisitos de dicho reloj, destaca la solicitud para “dar las horas repetidas y las medias horas”<sup>24</sup>. La repetición de las horas es algo que no se ha visto en los anteriores contratos de los relojeros Yeregui a los que se ha tenido acceso. Para que el reloj repitiese las horas, solía utilizarse una pieza llamada “caracola”, similar a la mostrada en la Figura 8. Se trata de una leva de disco –situada en la imagen detrás del engranaje– que libera los actuadores de las campanas. Abajo a la izquierda, se observa que el disco tiene una doble muesca, de manera que la sonería se activaba una primera vez tras dar el primer salto y una segunda vez tras dar el segundo salto. Obsérvese que en la parte derecha del disco solo hay un salto, por lo que las campanadas de la media hora no se repetirían.



Fig. 8 Caracola para repetición de horas (fuente: Yeregui Elkartea).

El otro reloj que se conoce de Juan José es el construido para Espinal (Navarra) en el año 1884. Los únicos detalles que se tienen son los el coste de “tres mil quinientos reales de vellón” y su forma de pago. No sé sabe el tiempo que estuvo en funcionamiento, pero actualmente en Espinal no queda rastro del mismo.

Pese a que solo se tenga constancia de ese reloj, es más que probable que Juan José construyera muchos más, ya que en 1856 hizo construir una casona en Betelu que todavía se conserva y cuya planta estaría concebida como taller de relojería y



Fig. 9 Balcón de la casa de los Yeregui en Betelu.

herrería. Los herrajes de la casa probablemente los haría él mismo, ya que en el balcón más alto de la casa puede leerse el apellido “Yeregui”, tal como muestra la Figura 9.

### 3.4 Bonifacio Yeregui Yeregui (1850 –1911)

Bonifacio, tercero de los seis hijos que tuvo el matrimonio entre Juan José y de su prima Francisca Lucía, hija de Juan Manuel, fue quien continuó con el taller de relojería de los Yeregui. Entre los relojes construidos por Bonifacio estarían los de los pueblos de Marcilla, Saldias, Gainza y Villanueva. No se sabe qué fue de los tres primeros relojes. En cuanto al de Villanueva, en el valle de Arakil en Navarra, el reloj debió de dejar de funcionar hará unas décadas y, tras un voluntarioso pero nada fructífero intento de reparación, en el que se sustituyó el áncora por un motor eléctrico, el reloj sigue estando –parado, obviamente– en la iglesia de Villanueva pero sin algunos de sus componentes esenciales.

Bonifacio, como probablemente algunos de sus antecesores, además de a la relojería se dedicó también a la herrería. Asimismo, es mencionado también como maestro de Ignacio Zubillaga (1868 – 1948), quien, tras formarse en el taller de Betelu, también destacó en la herrería y relojería<sup>15</sup>. Zubillaga construyó numerosos relojes de torre para distintos pueblos de Gipuzkoa, entre ellos el de

Asteasu en 1896, cuya restauración ha sido recientemente promovida por la Fundación Yeregui Elkartea.

### 3.5 Benito Yeregui Goldaracena (1843–1912)

Primo de Bonifacio, tras aprender el oficio en el taller de Betelu ejerció su labor de relojero en su taller del barrio de Aginaga de Usurbil primero y en Zumaia después. Benito es el más prolífico de la saga de los Yeregui, o al menos aquel que más relojes documentados tiene.

Según Yeregui Elkartea, se han contabilizado más de 80 relojes fabricados por Benito. Entre ellos destaca el reloj de la Catedral del Buen Pastor de San Sebastián de 1897, que estuvo funcionando hasta finales de los años 70 del siglo XX y que actualmente está siendo restaurado por Yeregui Elkartea.

Pese a comenzar construyendo relojes artesanalmente como sus antecesores, posteriormente pasó a fabricar relojes de forma industrializada. Así, la mayoría de los relojes conocidos de Benito tienen el mismo formato o estructura y son del tipo conocido como Morez. Este nombre se debe a la fábrica que hubo en Morez (Francia), fundada en 1858 por Louis-Delphin Odobey. Esta fábrica fue una de las más importantes de Europa y estuvo en funcionamiento hasta 1964. Por la arquitectura de los relojes, es de suponer que los relojes de Benito Yeregui no eran de diseño propio, sino que compraría las piezas de la fábrica de Morez y su labor sería el montaje y acoplamiento a la esfera y campanas exteriores, así como posibles modificaciones para requerimientos de la sonería solicitados por iglesias y ayuntamientos.

De este modo, Benito puede considerarse como el relojero de la saga que pasó de los relojes artesanales a la industrialización o fabricación casi en serie de los mismos. Él mismo se ofrecía a ayuntamientos e iglesias para colocar sus relojes, como es el caso de Zizurkil<sup>16</sup>. Asimismo, los relojes de Benito llevaban una chapa en la que se identificaba el número de serie. A modo de ejemplo, en el Catálogo de relojes de La Rioja se muestra un reloj en el Palacio de Torremúzquiz de Ezcaray (La Rioja) fabricado por Benito Yeregui en 1891 que lleva el número de serie 32<sup>2</sup>.

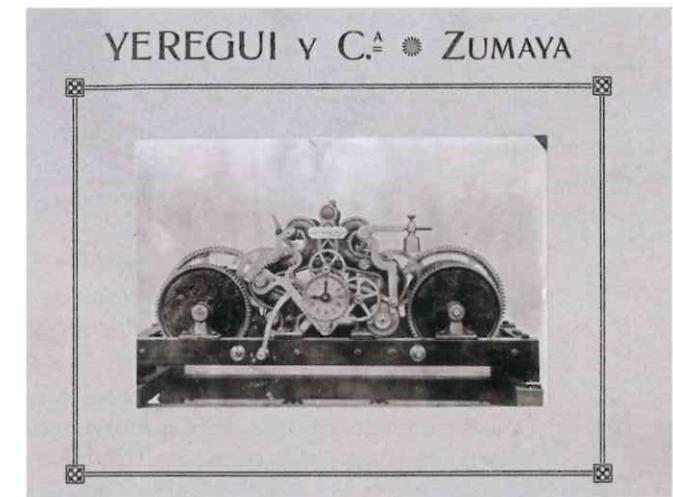


Fig. 10 Catálogo de la empresa “Yeregui y Compañía”, primera página.

Muchos de los relojes fabricados por Benito todavía están en marcha, como pueden ser los ubicados en la parroquia de la Natividad de María Santísima de Zestoa (1879), la de Nuestra Señora de la Ascensión de Urrexola (1884), la iglesia de San Lorenzo de Ikaztegieta (1887), la iglesia de San Millán de Zizurkil (1890), la parroquia de la Santísima Trinidad de Nuarbe en Azpeitia (1895), la iglesia de San Juan Bautista de Alegi (1904) o la iglesia de la Anunciación de Urrestilla (1905).

A principios del siglo XX, Benito y su familia se trasladaron a Zumaia, donde Benito y su hijo mayor, Calixto, fundaron la empresa "Yeregui e hijos". Poco después, Calixto fundaría "Yeregui y Compañía" junto con su cuñado Ángel Galardi, que no solo se dedicaría a la relojería sino también a la fabricación de motores navales. En la Figura 10 (página anterior) se muestra una página del catálogo de Yeregui y Compañía, en la que puede apreciarse que la estructura del reloj es de tipo Morez. El resto de hijos de Benito, que en principio se habrían incorporado a la empresa de su hermano Calixto, crearían posteriormente la empresa "Yeregui Hermanos", dedicada a la construcción de motores marinos, llegando a ser una de las empresas más importantes del sector a nivel estatal en los años 20 del siglo XX<sup>17</sup>.



Fig. 11a Serapio Yeregui.

### 3.6 Serapio Yeregui Goldaracena (1859–1926)

Al igual que su hermano Benito, Serapio fue más un empresario que un relojero. La información que se tiene de los relojes de Serapio indica que traía las piezas de Morez para su posterior montaje en su taller de San Sebastián. Se tiene constancia de la fabricación de cuatro relojes suyos, en los pueblos de Arano, Irún, Elizondo y Goizueta. Cabe destacar que, en la parroquia de la Asunción de Arano (Navarra), el reloj de 1909 todavía funciona. Como otros relojes mencionados previamente, las horas suenan dos veces mientras que las medias suenan una sola vez. La Figura 11 muestra una fotografía de Serapio y otra del reloj de Arano.

Serapio diversificó el negocio ofreciendo también otros productos de herrería además de los relojes de torre. En su publicidad señala productos como máquinas para cabestrantes, trituradoras de manzana, instalación de pararrayos y fabricación de toldos, para los que, a tenor de lo publicitado (Figura 12), tenía una patente de invención en España.

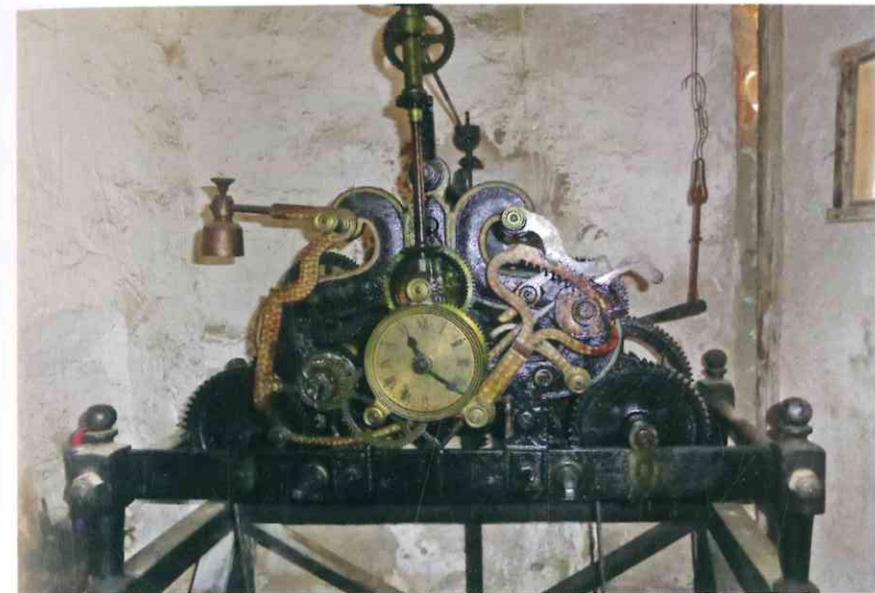


Fig. 11b Fotografía de Serapio Yeregui y de la maquinaria del reloj de Arano.



Fig. 12 Anuncio publicitario de Serapio Yeregui.

### 3.7 Andrés Yeregui Eraso (1884–1975)

Hijo de Bonifacio, es el último relojero de la familia. Se formó como relojero en el taller de Betelu y fue allí mismo donde continuó con la labor familiar que había comenzado su tatarabuelo a finales del siglo XVIII. Cabe mencionar que mientras sus primos de Zumaia habían pasado a la industrialización, Bonifacio

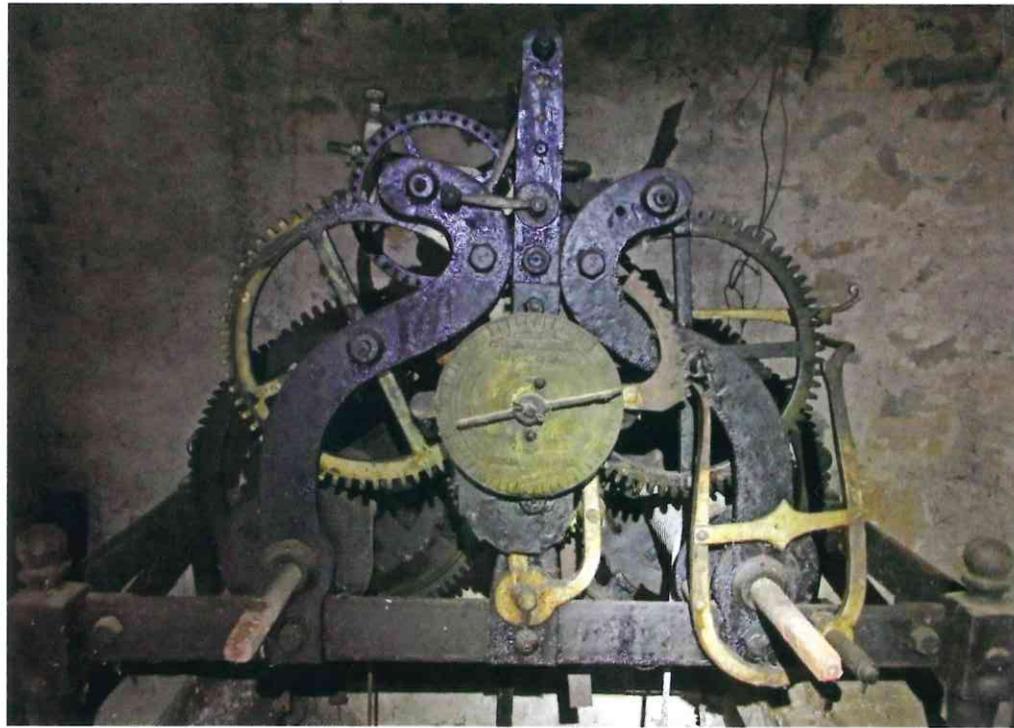


Fig. 13 Reloj construido por Andrés Yeregui para la localidad de Latasa en 1914.

había continuado con la tradición familiar de elaborar los relojes de manera artesanal. Andrés continuó con esa labor de su padre, manteniendo la fragua activa hasta mediados de los años 60 del siglo XX. No obstante, parece ser que su idea inicial era que alguien continuara con sus relojes, ya que hasta hace bien poco existía en la casona de Betelu un rótulo que decía “Fábrica de relojes de torre. Andrés Yeregui y sucesores”<sup>2</sup>.

En palabras de Juan Garmendia, “*Andrés Yeregui ha sido un consumado artífice. Tanto en el acabado más perfecto de los trabajos considerados de rutina, como en aquellos otros que se prestaban a innovación, ha dado continuas muestras de talento*”. Andrés construyó relojes para distintos pueblos de Navarra, entre los que se pueden mencionar los de Izurdiaga, Igoa y Latasa. Este último, construido en 1914, todavía está en la iglesia de dicha localidad, aunque parado desde hace mucho tiempo. La Figura 13 muestra una imagen del reloj y un detalle de su placa. Echando un vistazo a sus componentes puede apreciarse que algunas de las piezas originales fueron torpemente sustituidas.

Con Andrés se cerró la tradición de cinco generaciones que construyeron relojes de torre durante más de 150 años. El pequeño taller de relojería artesanal de los Yeregui en Betelu, en el que nacieron muchos y diversos relojes, no pudo competir con la industrialización y la importación de relojes de fábricas europeas como la de Morez.

#### 4 Conclusión

La familia Yeregui fue una prolífica familia de relojeros que construyó numerosos relojes de torre que fueron instalados en diferentes localidades de la geografía navarra y alrededores. Conforme avanzaba la técnica de la relojería fueron introduciendo las mejoras en sus diseños para realizar relojes más completos, complejos y precisos. Muchos de sus relojes funcionaron durante muchos años, ya que el mero hecho de que todavía existan, pese a no funcionar, indica que no fueron sustituidos por otros relojes mecánicos, por lo que dejarían de funcionar bien entrado el siglo XX cuando ya no era tan necesario que el reloj de la iglesia o del pueblo gobernase el funcionamiento de la población.

José Francisco fue el primero de la saga y, además de fabricar numerosos relojes, fue introduciendo mejoras técnicas en sus diseños. Es de destacar que, en los sucesivos contratos hallados, se observa una complejidad creciente en los requisitos para la sonería del reloj. Juan Manuel probablemente aprovecharía la fama de su padre para continuar con la relojería, llegando a construir un reloj para Pamplona cuando es más que probable que en la capital navarra existieran otros relojeros. Juan José tendría también una gran actividad como relojero, ya que mandó construir la casona de la que la planta baja se destinó a taller de relojería.

Bonifacio trabajó en la segunda mitad del siglo XIX, cuando el nivel de industrialización empezaba a ser considerable, abriéndose grandes fábricas de

relojes con las que un pequeño taller difícilmente podía competir. De hecho, precisamente sus primos Benito y Serapio aprovecharon esta industrialización para importar piezas de las grandes fábricas y montar un gran número de relojes, algunos de los cuales todavía están en funcionamiento. Andrés, el último de la saga, se vería superado por la industrialización ya en el siglo XX y, pese a haber diseñado algunos relojes, es posible que se dedicara en gran medida al mantenimiento y reparación otros, además de a otros trabajos de herrería.

Los Yeregui no son los únicos relojeros de su época ni tampoco hay motivos para considerarlos mucho más trascendentes que otras familias que ejercieron un labor similar en otras zonas de la geografía española. No obstante, el hecho de que por el taller de Betelu pasaran hasta siete relojeros durante cinco generaciones, junto con la certeza de que algunos de sus relojes todavía funcionen y otros muchos superasen con holgura los 100 años de vida otorga al menos cierta notoriedad a esta saga de relojeros.

## 5 Agradecimientos

Los autores de este trabajo quieren agradecer a la Fundación Yeregui Elkartea, y en particular a Xabier Álvarez Yeregui, la información proporcionada acerca de los numerosos relojes que construyeron los Yeregui, así como su disponibilidad para acompañar y guiar a los autores en los viajes por los pueblos en los que todavía existen relojes Yeregui.

## 6 Referencias

- [1] PÉREZ ÁLVAREZ, V.: *The role of the mechanical clock in medieval science*. Endeavour, Vol. 39 (1), pp 63-68, 2015.
- [2] RAMÍREZ MARTÍNEZ, J. M. y J. L. TOMÁS SAN ROMÁN: *El discurrir del tiempo en la Rioja, Relojes y Relojeros*, Fundación Caja Rioja, Logroño, 2002.
- [3] ADDOMINE, M., G. FIGLIOLINI y E. PENNASTRI: *A landmark in the history of non-circular gears design: The mechanical masterpiece of Dondi's astrarium*. Mechanism and Machine Theory, Vol. 122, pp 219-232, 2018.
- [4] PÉREZ ÁLVAREZ, V.: *Técnica y fe: el reloj medieval de la catedral de Toledo*, Fundación Juanelo Turriano, Madrid, 2018.
- [5] BENNETT, M., M.F. SCHATZ, H. ROCKWOOD y K. WIESENFELD: *Huygen's Clocks, Proceedings: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, Vol. 458, pp 563-579, 2002.
- [6] STOIMENOV, M., B. POPKONSTANTINOVIC, L. MILADINOVIC y D. PETROVIC: *Evolution of Clock Escapement Mechanisms*, FME Transactions, Vol 40, pp 17-23, 2012.
- [7] DU, R., L. y XIE: *The Mechanics of Mechanical Watches and Clocks*. History of Mechanism and Machine Science, Vol. 21. Springer, Berlín, Heidelberg, 2013.
- [8] BETTS, J.: *John Harrison: inventor of the precision timekeeper*, Endeavour, Vol. 17 (4), pp 160-167, 1993.
- [9] GARMENDIA LARRAÑAGA, J.: *Artesanía Vasca – Euskal esku-langintza*, Auñamendi, San Sebastián, 1970.

- [10] Archivo Real y General de Navarra, Notaría Lekunberri, Protocolo Juan José Peralta, n° 105, 15 de abril de 1796.
- [11] Archivo Real y General de Navarra, Notaría Lekunberri, Protocolo Matías Antonio Goicoa, n° 158, 23 de diciembre de 1804.
- [12] Archivo Real y General de Navarra, Notaría Pamplona, Protocolo Matías Antonio Goicoa, n° 26, 3 de febrero de 1804.
- [13] Archivo Real y General de Navarra, Notaría Alsasua, Protocolo Gabriel Albizu, n° 146, 6 de diciembre de 1805.
- [14] GARMENDIA LARRAÑAGA, J.: *La forja del hierro y el labrado de la madera en Berastegui*, Caja de Ahorros Provincial de Guipuzcoa, San Sebastián, 1982.
- [15] PRIETO GIL DE SAN VICENTE, M.: *Muestrario de bisagras del Albiztur*, Kobic Antropología Cultural 14, pp 171-188, 2010.
- [16] Hernandorena Kultur Elkartea, *Kanpandorreko ordularia*, 125 urte lanean, Sustraiak, 19. Zkia, 2016.
- [17] HERRERAS MORATINOS, B.: *Patrimonio y construcción naval en Gipuzkoa*, Revista de estudios marítimos del País Vasco, Vol. 2, pp 431-471, 1998.