

EL ENSAYO DA VINCI

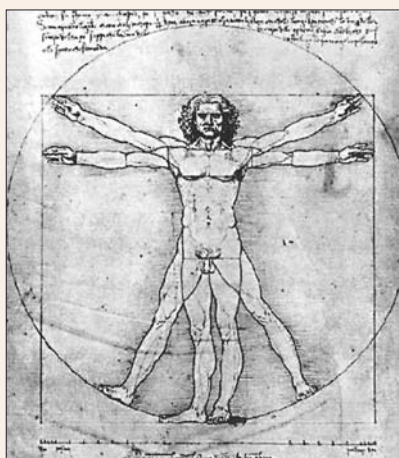
José María Riola Rodríguez

Leonardo da Vinci puede considerarse el más sabio entre los sabios, lo cual puede ser o no verdad; lo que sí ha sido, sin duda alguna, es el más polifacético, con una necesidad casi neurótica de descubrir y saber.

Su obra más universalmente conocida es la Pintura, aunque además comprende Escultura, Música, Mecánica, Física, Biología, Paleontología, Filosofía, Arquitectura, Anatomía, Óptica, Astronomía, Cartografía, Geografía, Geología, Hidráulica, Matemáticas —que en expresión suya “*no existe ciertamente nada donde las ciencias matemáticas no puedan ser aplicadas*”— y un enorme etcétera, realmente impensable en un hombre, *uomo universale*, como le llamaban sus contemporáneos, que vivió en el siglo XV y parte del XVI. Y que, como dijo Merezkoski de él “*un hombre que despertó demasiado pronto, cuan aún estaba oscuro y todo dormía*”.

Del carácter de **Leonardo** hay mucho escrito, especialmente ahora, a raíz de una novela de reciente éxito comercial, pero me gustaría destacar sobre todo su sentido del humor (“*si es posible, se debe hacer reír hasta a los muertos*”) y su filosofía (“*el que no valora la vida, no se la merece*” o “*cuando faltan razones, los hombres se gritan*”).

Parece que ninguna ciencia era un obstáculo para él, *dimmi che cosa ignoró mai quest'uomo?*, y de las mismas manos que pintaron maravillas como *La Gioconda* o *La Última Cena*, salieron una enorme cantidad de proyectos de Ingeniería atrevidos y futuristas que se reflejaron en obras, dibujos y anotaciones con las que proyectaba redactar una enciclopedia con todo el saber humano. En muchos de ellos destaca la geometrización de los objetos para facilitar matemáticamente la explicación de los



distintos fenómenos. Lo que seguramente algunos no sabrán son sus múltiples aportaciones al mundo marítimo, llenas de diseños de barcos, botes, campanas para buzos, sistemas de propulsión, transmisiones mecánicas, buques artillados, etc.

De entre los múltiples proyectos de Ingeniería que se encuentran en sus papeles, la mayoría no los pudo llevar a cabo, como tampoco solía terminar los cuadros que le encargaban. De dichos proyectos destacan para mí los relacionados con los estudios a escala, ya que le gustaba estudiar con modelos todos los sucesos físicos (“*no existen conocimientos más elevados o más bajos, sino un conocimiento único que emana de la experimentación*”) y de entre ellos

los relacionados con la Hidrodinámica, como el estudio del flujo del agua en canales y orificios o la propagación de las olas. Su definición de “*temblor*” para explicar las ondas en el agua debió ayudar a **Huygens** a definir su “*onda transversal*”, ya que hay constancia de que su hermano **Constantine** había comprado un manuscrito de Óptica de **Leonardo** pocos meses antes de la presentación de su *Tratado de la luz* en 1690.

A cada ensayo le aplicaba las Matemáticas porque “*quien ama la práctica sin la teoría es como un marinero que sube a un barco y no sabe a dónde va*”. Aprovecho aquí para contar que a **Leonardo** no se le dieron estudios por ser hijo bastardo y las únicas Matemáticas que aprendió fue por medio de su amigo el fraile franciscano **Luca Pacioli**.

Siempre tuvo al agua en el centro de sus investigaciones y obsesiones, explicando desde cómo se forman las nubes y la lluvia, hasta su aplicación en las muchas guerras que asesoró y en las que siempre intentó favorecerse de su energía, creando diques, modificando el curso de los ríos, etc. Pudo comprobar personalmente esta devastadora energía en dos de las mayores inundaciones provocadas por las crecidas del río Arno: en su aldea de Anchiano en 1466 y en Flo-



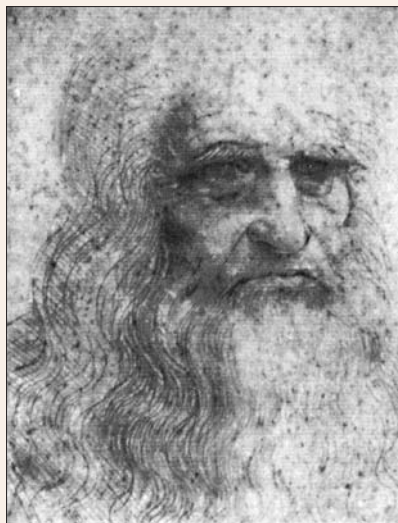
rencia en 1478. Parece que la experiencia de **Leonardo** en Hidrodinámica se debe a las aplicaciones que debió de realizar en proyectos enfocados hacia dos campos de la tecnología punta de la época: el diseño de canalización de los ríos y el proyecto de puentes. Especialmente destacable es el proyecto de un canal navegable entre Pisa y Florencia para que ésta tuviera una salida al mar.

En ambas ciencias interviene lo que actualmente se conoce como "*Mecánica de fluidos*" y la importancia de las formas es más que necesaria. De entre los dibujos y anotaciones de **Leonardo** en estos campos, destaca su interés en el estudio del flujo del agua alrededor de los pilares de los puentes. De nada sirve construir un puente estructuralmente proyectado para soportar mucho peso verticalmente si no se diseñan unos pilares que eviten un gran incremento de la presión horizontal de empuje del curso del agua del río. Seguramente esta experiencia en pilares de puentes, el estudio de presiones y velocidades en el flujo del agua, la formación de torbellinos, etc., es la que animó a **Leonardo** a ensayar con tres prototipos de navíos, como se recoge en el folio 50/v del *Código G*, cuyo original se conserva en el **Instituto Francés** de París.

Sí, sí, a finales del siglo XV ya tenía **Leonardo** en la cabeza, y en sus manos, unas investigaciones que no cuajaron, salvo escasas y pequeñas aportaciones, en el mundo moderno, hasta mediados del siglo XIX, en el que el ingeniero inglés **William Froude** consiguió que se construyera el primer canal de ensayos hidrodinámicos en Torquay, Reino Unido. Entre uno y otro tuvieron que pasar grandes científicos que desarrollaron la Hidrodinámica, como **Laplace**, **Bernouilli**, **Euler**, **D'Alambert**, **Bouger**, **Jorge Juan** o **Lagrange**, aunque a **Froude** se le considera el padre de esta ciencia por haber desarrollado unos procesos y formulaciones que han permitido la extrapolación de los datos conseguidos con el modelo a escala para su posterior aplicación al buque real.

Códigos y manuscritos

La vida de **Leonardo** se caracterizó por ser tremendamente inestable, siempre en medio de interminables guerras entre los ducados italianos y entre éstos y el rey francés. Cada poco tiempo había alianzas distintas entre ellos y esto le obligó a buscarse un mecenas en Florencia, Roma, Milán, Venecia y hasta el propio rey francés. Es más, como ejemplo de que el paro no es un invento actual y después de intentar ser reconocido pintor en Florencia, cuando consiguió trabajo en Milán fue de músico y diseñador de instrumentos musicales. Esto le permitió llegar hasta la Corte de **Ludovico Sforza** que le dio confianza para desarrollar alguno de sus



inventos de guerra, lo que al parecer era lo que más le gustaba cuando se "*cansaba del pincel*". Esto se puede ver en un salvoconducto que le dio **César Borgia** cuando trabaja para él y que lo define como "arquitecto e ingeniero general" y lo describe como encargado de diseñar, inspeccionar y mantener las fortificaciones.

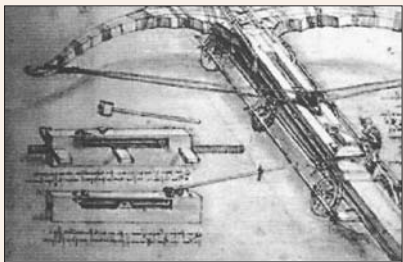
A la muerte de **Leonardo** en Cloux, sus discípulos se repartieron sus más de 13.000 manuscritos, quedándose la mayoría en manos de **Francesco Melzi** y **Giacomo Salai**, que ocuparon todo un carro con cajas llenas de papeles atados con cordeles, pinturas y maquetas de madera y metal para volver con ellos a Italia. Sus herederos, cómo no, sin darles apenas valor, fueron vendiéndolos y regalándolos, comenzando su

gran diáspora. Para colmo de males, ¡qué terrible es la ignorancia!, hay casos como el del escultor **Pompeo Leoni**, que no sólo destruyó parte de la obra, sino que llegó a cortar y pegar, reorganizando sus contenidos. También es verdad que **Leonardo**, que parecía escaso de folios, era capaz de meter en una misma hoja un artilugio mecánico, una nota de mezcla de pinturas y la receta del último plato vegetariano a su gusto.

Aunque muchos de sus originales fueron arrancados, dispersados y perdidos, siempre queda la esperanza de que aparezcan algunos más para dar luz a las épocas más oscuras de sus investigaciones, al igual que ocurrió con un manuscrito conocido como el *Código de Madrid* en la Biblioteca Nacional en 1965. No es hasta mediados del siglo XIX en que los distintos gobiernos trataron de reunificarlos, y así actualmente muchos de sus dibujos y anotaciones, casi 7.000 folios, se encuentran agrupados en diez manuscritos; el anteriormente mencionado *Código de Madrid*, el *Código Arundel* en la Biblioteca Británica de Londres, el *Código Atlántico* y el *Código Trivulziano* en las Bibliotecas Ambrosiana y Trivulziana de Milán el *Código del Vuelo de los Pájaros* en la Biblioteca Real de Turín, los *Códigos franceses* y el *Código Ashburnham* en el Instituto Francés de París, el *Código Foster* en el Museo Victoria y Alberto de Londres, los *Folios Windsor* en la Colección Real Británica y, por último, el *Código Leicester*, comprado por **Bill Gates** en 1994.

Submarinos, armas, buques artillados...

En este apartado me gustaría contar algo sobre sus diseños de submarinos ("*un barco para hundir otro barco*") que cambian de volumen para conseguir la flotación necesaria. Y, como solía hacer **Leonardo** que después de inventar un arma, inventaba la defensa contra ella, proyectó un barco de doble casco. Sus sistemas para bucear, los trajes de buzo con sus pellejos de piel hinchables en su espalda y que deberían servir para agujerear las naves asediadoras, aletas natatorias, escafandras, correde-



ras, etc., pero, esas son otras historias y deben ser contadas en otra ocasión.

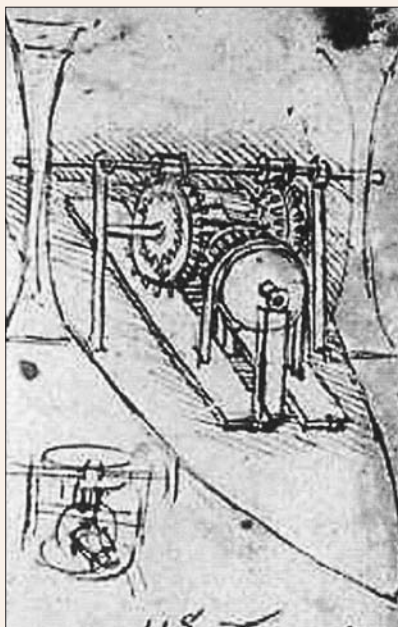
Son impresionantes sus artefactos dedicados a la guerra, que, aunque no consta su intervención directa, sí hizo múltiples proyectos para los **Médicis**, los **Sforza**, **César Borgia** o el rey **Francisco I**, como la defensa de Milán o el asedio del Imperio Otomano a Venecia. También sus helicópteros y paracaídas, con el que *"cualquier persona puede dejarse caer en el seno del aire desde cualquier altura"*, las minas y buques artillados con torreas giratorias, morteros y proyectiles en forma de gancho para romper las velas del enemigo, los arietes movibles con contrapesos, los muros defensivos, los fusiles de repetición, los cañones a vapor, su sistema de ataque "el escorpión" descrito en el *Código Ashburnam*, etc. Los sistemas de propulsión propuestos por él y las transmisiones mecánicas son una maravilla del detalle, aunque me inclino por el diseño de un barco de paletas en sus costados y el de un barco con dos cascos unidos por una parte central que monta un mecanismo para dragar ríos y lagos.

Los ensayos

Así que nos encontramos —hace más de cinco siglos atrás, no se sabe la fecha exacta dado que no fechaba los folios— al precursor **Leonardo** dispuesto a ensayar con tres modelos de igual eslora, manga y calado, pero con una distribución de formas totalmente distinta. El primer modelo era de formas anchas en una proa redondeada que se iban afinando hacia la popa. El segundo modelo era de proa fina, ensanchándose hacia su popa redondeada. Y el tercero era simétrico en la proa y la popa, siendo una condición intermedia entre los dos anteriores.

La idea estaba muy clara: con el mismo volumen geométrico pretendía saber cuál de las tres disposiciones de formas creaba una mayor o menor resistencia al avance o, lo que es lo mismo, para una misma potencia, cuál de los modelos era el que obtendría mayor velocidad.

El interés en el flujo alrededor de la carena del casco y la importancia de los torbellinos que se forman en su avance sobre el agua se recogen en sus *"anotaciones reflejadas"* en el mismo folio 50/v del *Código G*. Hay que leerlas con un espejo ya que las escribía de izquierda a derecha porque *"era más sencillo para un zurdo"*.



La resistencia al avance

El flujo del agua alrededor de la carena del buque se puede descomponer en una componente potencial y otra viscosa. Se entiende por *"capa límite"* la distribución laminar de velocidades en la zona próxima al casco, reduciéndose desde el valor de la velocidad de avance en el borde de la capa hasta anularse sobre la superficie de la carena. El desprendimiento de dicha capa origina una zona de torbellinos cuya energía es suministrada por el modelo, originando un aumento de resistencia.

No se tiene constancia de las dimensiones de los modelos ni de las velocidades usadas por **Leonardo**, aunque, considerando las velocidades de la época, debieron ser bastan-

te bajas. Pese a la buena entrada del flujo en los modelos de proas más finas, tienen unas formas geométricas que hacen que la resistencia de la popa sea muy alta, aumentando significativamente la resistencia total. **Leonardo** contempló cómo el modelo que obtuvo los mejores resultados fue el que disponía de la cuaderna de mayor tamaño más hacia la proa, ya que ésta es la forma con que la naturaleza ha dotado a la mayoría de pájaros y peces, para mejorar sus prestaciones.

El resultado obtenido en los ensayos no es tan intuitivo ni mucho menos. De hecho, dependerá de muchos factores, fundamentalmente de las formas exactas de los cascos, de los tamaños de los modelos y de la velocidad a la que han sido arrastrados. Cualquier variación de las variables mencionadas puede hacer que el resultado sea completamente el contrario. Desde el punto de vista hidrodinámico, no se puede generalizar que las formas finas de popa tengan mayor importancia que las de proa, como le debió ocurrir a **Leonardo**.

Hay constancia de un caso de resultados similares en el siglo XVIII, en el que el científico **Beaufoy** se sorprendió al descubrir que un cono arrastrado por el agua con su base por delante tenía menos resistencia que si se movía con el vértice por delante. Efectivamente puede ser así, y dependerá únicamente, hidrodinámicamente hablando, de las dimensiones del cono.

En la soledad del laboratorio de ensayos uno se siente reconfortado compartiendo inquietudes al lado del más grande, **Leonardo**.

Questi 3 navili dequale largheza lungheza eprofondita esendo mosso daequal potentie faran va rie velocita di moti inperocche ilnavio chemanda lasua parte piu larga dinanzi eppiuolcie ede simile alla figura delli uccielli edepessci muggini ecquesto tal navilio apre dallato ass edinanti asse molta quantita dacqua la qual poi nel cholle sue revolutio ni strignie ilnavilio dalli due ter zi indirieto elcontrario fa il navilio d c el d f e meza no infralli di moto infralli due preducti (lo, Leonardo). ■