



## EL DOMINIO DE LA PRECISIÓN

### UNA HISTORIA CONTINUA DE INNOVACIÓN Y EXCELENCIA PASADO, PRESENTE Y FUTURO

#### **Datos clave:**

- Del metal en bruto al reloj terminado: precisión en cada etapa
- Golpes, magnetismo y gravedad: superar los desafíos de la cronometría
- Una solución innovadora para la incompatibilidad entre el cronometraje y las complicaciones

En Jaeger-LeCoultre, creemos firmemente que se necesita tiempo, paciencia y esfuerzo para dominar cualquier campo de actividad humana. Para nuestra Maison, la precisión es un valor fundamental. Hace dos siglos que nos esforzamos para alcanzarla y seguiremos haciéndolo en el futuro.

Fue la obsesión de nuestro fundador Antoine LeCoultre por la precisión lo que hizo que se decantara por la relojería. Incluso antes de abrir su primer taller de relojería —mientras trabajaba en la herrería de su padre—, ya había inventado máquinas que permitían cortar piñones de acero con una precisión sin parangón. Siguiendo la estela del fundador, las siguientes generaciones de relojeros, ingenieros, diseñadores y artesanos han trabajado para alcanzar la precisión en todas las áreas y en cada etapa del proceso de fabricación de relojes: desde la concepción y el diseño hasta la transformación de las materias primas en componentes, pasando por los gestos manuales más exactos relacionados con el montaje, el acabado y la decoración. En 2024, Jaeger-LeCoultre cuenta su historia sobre la precisión en cuatro capítulos.

#### **La precisión de la producción**

En el ámbito de la relojería, la precisión en el proceso de producción es la clave para todo lo demás. Lo entendió muy bien Antoine LeCoultre, cuyos primeros inventos revolucionaron el negocio de la relojería.

En 1830, tres años antes de establecer su taller de relojería, desarrolló y patentó una herramienta mecánica que cortaba los dientes de un piñón de acero. Este instrumento permitía realizar múltiples piñones con las mismas características predefinidas y con una mayor precisión que nunca, en lugar de moldear los piñones a mano, uno a uno.



Catorce años más tarde, en 1844, Antoine LeCoultre inventó el Millionometre. Como primer dispositivo capaz de medir una micra, permitió no solo medir componentes con un nivel de precisión sin igual, sino también miniaturizarlos aún más. El Millionometre puede verse como la respuesta creativa de Antoine LeCoultre a la miniaturización que posibilitaron las máquinas que él mismo había inventado. A su vez, la precisión de sus medidas facilitó todavía más la miniaturización. La Manufactura fabricó muy pocos ejemplares de Millionometre y preservó celosamente la tecnología, que sirvió como referencia de precisión durante más de 50 años.

En su búsqueda de la precisión, Antoine LeCoultre introdujo nuevas herramientas en el proceso de producción, como la herramienta para cortar o remodelar los dientes de las ruedas de un reloj en 1850, y la fresa en 1860, lo que potenció aún más la capacidad de producir componentes de reloj precisos.

Entre los relojes excepcionales que fueron posibles gracias a la capacidad de medir con precisión de micras se encontraba el movimiento más plano del mundo. Con solo 1,38 mm de grosor, el Calibre 145 se presentó en 1907 en el reloj de bolsillo apodado Couteau ('cuchillo') debido a su delgadez.

Para garantizar que las contribuciones de Antoine LeCoultre a la precisión relojera perduren, las estampas se han conservado minuciosamente en los muros de la Manufactura desde 1926. Hoy Jaeger-LeCoultre cuenta con más de 1900 estampas para producir o dar servicio a los calibres de la Maison.

A lo largo de su vida, Antoine LeCoultre siguió desarrollando nuevas máquinas de grabado y corte calibradas con precisión, así como tornos mecánicos para torneear piezas. Su búsqueda de la precisión, que posibilitó la producción en serie de componentes idénticos, sentó las bases sobre las que se desarrolló la industria relojera moderna, un logro reconocido con una medalla de oro en la Gran Exposición de Londres de 1851.

A medida que la tecnología ha avanzado a lo largo de los siglos XX y XIX, Jaeger-LeCoultre ha incorporado las ayudas modernas a la precisión en todo el proceso de fabricación de relojes. La Manufactura fue una de las primeras organizaciones que utilizó el control decimal numérico (CNC), pues adquirió su primera máquina CNC en 1982, así como el diseño asistido por computadora (CAD) como ayuda para el diseño. Más recientemente, tecnologías como la electroerosión, el corte con láser y la creación de prototipos en 3D han convertido las etapas principales del proceso de producción en una ciencia exacta. Sin embargo, estas tecnologías son un complemento y no sustituyen los gestos humanos precisos que intervienen en el diseño inicial, las diversas fases de creación de prototipos y el montaje, el acabado y la decoración de los calibres de los relojes. La artesanía, es decir, la mano humana es lo que distingue a la relojería de alta gama del resto, lo que impregna a un reloj de Alta Relojería de su "alma" indescriptible.

## **La precisión de la cronometría**



El término cronometría se refiere simplemente a la precisión del cronometraje, y un cronómetro es un calibre mecánico con un elevado grado de precisión que ha sido certificado mediante un riguroso proceso de pruebas. La certificación de los cronómetros tiene sus orígenes en el avance de la tecnología óptica a mediados del siglo XIX, que llevó a la creación de observatorios que permitieron medir con precisión los movimientos planetarios que definen el tiempo tal y como lo conocemos.

Para rendir homenaje a la obsesión del fundador por la precisión, la Manufactura Jaeger-LeCoultre ha desarrollado numerosos calibres con cronómetro a lo largo de sus 190 años de historia. Para conseguir el grado de precisión necesario, cada reloj con cronómetro es producto de una investigación a fondo sobre cómo compensar los desafíos a los que se somete un reloj. Para producir un mecanismo de cronómetro se requiere un gran savoir-faire técnico: los piñones deben tener una forma precisa y los engranajes deben encajar perfectamente; las superficies de trabajo deben estar impecablemente pulidas para reducir la fricción, y los metales deben resistir las variaciones de temperatura.

En su búsqueda de la precisión y la durabilidad, la relojería mecánica se enfrenta a varios retos, desde los golpes y los choques hasta el magnetismo pasando por la energía y la gravedad.

### **Desafío 1: golpes y choques**

Los movimientos que laten a mayor frecuencia se ven menos perturbados por los golpes. Para conseguir movimientos más resistentes, la Maison presentó en 1970 el Calibre 916, que late a una alta frecuencia de 28 800 alternancias por hora (4 Hz). De este modo, la Manufactura fijó un nuevo estándar para la época, más allá de los modelos tradicionales de 3 Hz o 2,5 Hz, que eran la norma por aquel entonces. En su búsqueda constante de la precisión, Jaeger-LeCoultre desarrolló el Calibre 781 para el Master Compressor Extreme Lab, caracterizado por una precisión y una fiabilidad extraordinarias. Entre otras innovaciones, el muelle espiral cuenta con un dispositivo de protección especial que limita el movimiento del muelle durante situaciones extremas, como los golpes.

### **Desafío 2: magnetismo**

El magnetismo puede afectar a la precisión de los relojes mecánicos mediante la magnetización de ciertos componentes, por lo que se vuelven más lentos o más rápidos. Desde el principio, la Manufactura exploró varios materiales para mejorar el rendimiento del muelle espiral, como un muelle espiral de paladio innovador en el Calibre 18RV de Jaeger-LeCoultre para el reloj de bolsillo con cronógrafo a finales del siglo XIX. Esta innovación le valió la certificación de cronómetro. Para contrarrestar aún más la magnetización, el Geophysic de 1958 se diseñó para ser duradero, hermético y preciso, e incorpora una delicada caja interior de hierro para la protección antimagnética, por lo que se convirtió en cronómetro certificado y en uno de los primeros relojes de pulsera que ofrece tales funciones.

### **Desafío 3: energía**

Los relojes mecánicos funcionan con un muelle de cuerda que impulsa el movimiento. Una reserva de marcha reducida puede afectar a la precisión del cronometraje, ya que cuando el muelle está en acción reduce la amplitud de la oscilación del volante y puede provocar un movimiento inestable y un cronometraje impredecible. Los relojes con reservas de marcha más duraderas pueden retrasar la



"baja producción de energía", garantizando un latido más regular y manteniendo la precisión del cronometraje durante períodos prolongados. En el siglo XIX, los relojeros de la Manufactura afrontaron el reto de añadir complicaciones al lanzar el calibre con repetición de minutos 19/20RMSMI en 1881, con dos barriletes que impulsan un único tren de engranajes para el cronometraje y las complicaciones. Esta innovación sentó las bases del revolucionario concepto Duometre en el siglo XXI. Teniendo en cuenta la optimización de la eficiencia energética, en 2004 nació el Master Eight Days Perpetual, un calendario perpetuo con una reserva de marcha de 8 días, que encarna la excelencia en el rendimiento y la elegancia en el diseño.

#### **Desafío 4: gravedad**

La gravedad influye en la precisión del reloj mecánico, ya que afecta al volante y al escape en función de la posición del reloj, que provoca variaciones en el cronometraje. Para contrarrestarlo, algunos relojes presentan tourbillons que hacen girar continuamente estos componentes para neutralizar los errores relacionados con la gravedad. Jaeger-LeCoultre presentó el extraordinario Calibre 170 en 1946 para competiciones cronométricas, con el que obtuvo múltiples premios. Impulsada desde siempre por el espíritu creativo de Antoine LeCoultre, la Maison ha superado los límites de la relojería con tourbillons multiejes.

La Manufactura LeCoultre ya fabricaba relojes de bolsillo con certificación de cronómetro en el siglo XIX, es decir, 100 años antes de que se imaginaran siquiera las ayudas modernas a la precisión, como las máquinas CNC y de corte láser. Si bien algunos de estos relojes tenían mecanismos sencillos —y, por tanto, menos variables que pudieran afectar a la precisión del cronometraje—, la Manufactura también creó relojes con complicaciones y certificación de cronómetro y, en 1890, superó el reto supremo: producir un reloj de bolsillo Grande Complication con una certificación de cronómetro.

En 1992, Jaeger-LeCoultre presentó su certificación de la prueba de las 1000 horas. Es uno de los protocolos más estrictos de la industria relojera. Además, no solo pone a prueba el calibre, sino también el reloj totalmente montado y exige una mayor precisión que la certificación estándar de cronómetro suizo. El primer movimiento que recibió la certificación de la prueba de las 1000 horas fue el Calibre 899, el pilar de la colección Master Control.

Hemos seguido buscando formas de mejorar la cronometría y, en los últimos años, las innovaciones se han centrado en los materiales para los componentes principales —como la silicón y los nuevos lubricantes que reducen la fricción y mejoran así la transmisión de la energía—, en las nuevas construcciones para los engranajes y el volante, así como en nuevas formas de ruedas de escape y áncoras. Todo ello ha mejorado el isocronismo y, por lo tanto, la exactitud del cronometraje.

#### **La precisión de los órganos reguladores**



El órgano regulador es una de las partes más importantes de un movimiento. Compuesto por el volante y el muelle espiral (conocido como *spiral* en francés), este elemento nos hipnotiza al observarlo en los calibres mecánicos. Es la parte del movimiento que parece vivir y respirar, el corazón que late. Controlada por la expansión y la contracción del muelle espiral, la regularidad del latido, conocida como isocronismo, es crucial para un cronometraje preciso.

Jaeger-LeCoultre es una de las pocas Maisons de relojería con personal interno especializado en fabricar y moldear muelles espiral de diferentes formas. Este componente clave ha sido objeto de investigaciones a fondo por parte de los ingenieros de la Manufactura durante décadas. Durante los primeros años, la Manufactura prestaba mucha atención a los materiales, y en 1890 fue pionera con el lanzamiento de un muelle espiral de paladio. Últimamente, se ha centrado en la forma del muelle espiral y en los tourbillons.

La forma y la fijación (curvas terminales) de un muelle espiral determinan la manera en la que se expande y contrae. Si bien es habitual utilizar muelles espiral planos, los ingenieros de Jaeger-LeCoultre han estudiado diferentes configuraciones para determinar las formas que ofrecen la oscilación más concéntrica y, por lo tanto, regular según la construcción específica del órgano regulador. Por ejemplo, descubrieron que un muelle espiral plano (Breguet) tenía los mejores resultados en el Gyrotourbillon 5 con un tamaño de Gyrotourbillon muy pequeño, mientras que, en el Tourbillon Cylindrique, un muelle espiral cilíndrico con dos curvas terminales late de una forma concéntrica imposible de conseguir con un muelle espiral tradicional. Los especialistas de la Manufactura también han desarrollado muelles espirales esféricos y semiesféricos para diferentes calibres, y siguen investigando al respecto.

Como el efecto de la gravedad también afecta al delicado equilibrio del mecanismo de un reloj, también estudiaron el órgano regulador en su conjunto y encontraron una solución en el tourbillon. Se trata de un artilugio que había sido ampliamente ignorado desde su invención a finales del siglo XVIII y que contrarresta los efectos de la gravedad al hacer girar el volante en una jaula. En 1946, el primer movimiento con tourbillon de Jaeger-LeCoultre (Calibre 170) ganó el concurso de cronometría del Observatorio de Neuchâtel, y en 1993 la Maison creó su primer reloj de pulsera con tourbillon.

Dado que el tourbillon fue diseñado inicialmente para los relojes de bolsillo y no compensa los efectos de la gravedad en todas las posiciones, los relojeros de Jaeger-LeCoultre añadieron un segundo eje que giraba en perpendicular con respecto al primero, para conseguir una rotación tridimensional. La Maison siguió rompiendo moldes con el lanzamiento del primer tourbillon multieje en 2004, el emblemático Gyrotourbillon, seguido en 2012 por el Spherotourbillon. En 2014, llegó el Calibre 362 extraplano con un tourbillon volante sujeto en un sistema periférico de rodamientos y equipado con el muelle espiral en forma de "S" patentado por Jaeger-LeCoultre. El Gyrotourbillon siguió evolucionando: en 2016 se comercializó la cuarta generación y, en 2019, el Gyrotourbillon 5, alojado en el Master Hybris Mechanica Calibre 184.



## La precisión de las complicaciones

El requisito fundamental para medir el tiempo con precisión es que la alimentación desde el barrilete del movimiento hasta el órgano regulador debería ser totalmente constante para mantener el isocronismo, la perfecta regularidad del "latido" del mecanismo.

Exigir a un movimiento de un reloj que impulse una complicación adicional puede poner en peligro la precisión del cronometraje, por la simple razón de que una complicación requiere energía para funcionar. Además de indicar la hora con exactitud, el reloj también debe mostrar en la esfera las indicaciones de la complicación (por ejemplo, una fase lunar, un mapa celeste, los segundos transcurridos) con la mayor precisión posible.

Algunas complicaciones agotan de forma lenta y relativamente estable la fuente de energía con el paso del tiempo, por ejemplo, los calendarios con diferentes grados de complejidad. Otras complicaciones, como el cronógrafo y la repetición de minutos, requieren una explosión de energía durante un período muy corto. El cronógrafo plantea un reto añadido con respecto a la precisión porque su propósito consiste en medir y mostrar con precisión intervalos muy cortos de tiempo transcurrido.

Desde los inicios de la Manufactura, nuestros relojeros no solo han dominado el cronógrafo, sino que lo han combinado con otras complicaciones, diseñando formas de gestionar con éxito la transferencia de energía entre la función de cronometraje y el funcionamiento de la complicación y reduciendo al mismo tiempo su efecto en el isocronismo.

Buscando una solución para responder a las exigencias contradictorias del cronometraje y las complicaciones, los ingenieros de Jaeger-LeCoultre desarrollaron el concepto Duometre. Patentado por la Manufactura y presentado en 2007, el mecanismo Duometre cuenta con dos barriletes, cada uno con un tren de engranajes independiente y separado, alojados en un solo calibre y conectados a un único órgano regulador. Uno de los trenes de engranajes se encarga de alimentar las indicaciones horarias y el otro de impulsar cualquier función adicional. Puesto que garantiza que el funcionamiento de la complicación no ponga en riesgo la función de cronometraje y, por consiguiente, garantiza la exactitud, este concepto ha permitido seguir aumentando la complejidad de los relojes.

Para la primera aplicación del concepto Duometre en 2007, los relojeros de Jaeger-LeCoultre se enfrentaron al reto más difícil: desarrollar un reloj cronógrafo tan preciso como un cronómetro. El resultado fue el Duometre à Chronographe, equipado con el Calibre 380, un movimiento de cronógrafo totalmente integrado con rueda de pilares. Desde entonces, el mecanismo Duometre ha sido utilizado para otras complicaciones, como las fases lunares, una función GMT, un tourbillon clásico y, en 2012, un tourbillon esférico.



En 2024, Jaeger-LeCoultre presenta dos nuevos movimientos Duometre: el Calibre 388, que impulsa el Duometre Heliotourbillon Perpetual, cuenta con una configuración del tourbillon completamente nueva, que gira sobre tres ejes y crea un efecto de peonza; y el Calibre 391, que combina un cronógrafo con una indicación de las fases lunares en el Duometre Chronograph Moon.

Los nuevos calibres Duometre, que se nutren prácticamente de ocho décadas de experiencia acumulada, constituyen otro paso más en la búsqueda continua de la precisión por parte de la Maison. Y así continúa la historia iniciada por el fundador...

---

### **Acerca de Jaeger-LeCoultre: el relojero de los relojeros™**

Desde 1833, guiada por una insaciable pasión por la innovación y la creatividad e inspirada en la apacible naturaleza del Vallée de Joux, Jaeger-LeCoultre se distingue por su dominio de las complicaciones y la precisión de sus mecanismos. Conocida como el relojero de los relojeros™, la Manufactura ha expresado su espíritu innovador sin límites a través de la creación de más de 1400 calibres diferentes y el registro de más de 430 patentes. Con 190 años de experiencia acumulada, los relojeros de La Grande Maison diseñan, producen, acaban y embellecen los mecanismos más avanzados y precisos, combinando la pasión con el savoir-faire centenario y vinculando el pasado con el futuro de un modo atemporal siempre en consonancia con los tiempos. Con 180 oficios bajo el mismo techo, la Manufactura crea Alta Relojería que combina el ingenio técnico con la belleza estética y la sofisticación sobria.

---

### **El creador de la precisión**

La búsqueda de la precisión, valor fundamental desde la fundación de la empresa en 1833, tiene un significado especial en Jaeger-LeCoultre. Los cimientos de la Maison descansan sobre dos de los inventos cruciales de Antoine LeCoultre: una herramienta que cortaba dientes en los piñones con una precisión sin igual (1830) y el *Millionometre* (1844), el primer instrumento del mundo capaz de medir una micra. Ambos aparatos influyeron profundamente en toda la industria relojera. En la Manufactura, la investigación en materia de precisión ha dado lugar a una serie de avances, como el desarrollo del primer tourbillon multieje, conocido como Gyrotourbillon, además de diferentes formas de muelle espiral. Para los calibres con complicación, la invención del sistema Duometre garantiza que el isocronismo (la regularidad del "latido" del mecanismo) no se ponga en riesgo por el funcionamiento de la complicación. Para Jaeger-LeCoultre, la búsqueda de la precisión es un principio central de la Maison desde su fundación y lo seguirá siendo en el futuro.

---

**[jaeger-lecoultre.com](http://jaeger-lecoultre.com)**