

completamente terminada. Harrison volvió á Barrow para proseguir y completar sus trabajos y transcurrieron muchos años antes de que apareciese otra vez en Londres con su primer cronómetro.

El notable éxito que Harrison consiguió con su péndulo compensador, no pudo por menos de empujarle hacia ulteriores experimentos. Fué sin duda en cierto grado influenciado por la recompensa de 20.000 libras, que el Gobierno inglés ofreció por un instrumento que capacitara á los navegantes para medir la longitud de un modo más preciso que por el sistema entonces conocido; y fué con el objeto de obtener asistencia pecuniaria para completar su cronómetro por lo que Harrison hizo su primer viaje á Londres en 1728 para exhibir sus diseños.

El acta del Parlamento ofreciendo la magnífica recompensa, fué dictada en 1714; pero en catorce años no se había presentado ninguno á pretenderla. Es cierto que Inglaterra, avanzando entonces rápidamente á ocupar el primer puesto entre las naciones comerciales, podía realizar un gran esfuerzo para conseguir que la navegación fuera menos arriesgada. Antes de que un buen cronómetro fuese inventado y se preparasen exactas tablas lunares (1) al internarse los barcos en el mar, al perder la tierra de vista, combatidos por los

(1) En aquel tiempo no había buenas tablas lunares. Hasta el año 1753 en que Tobías Mayer, un alemán, publicó las primeras tablas lunares seguras, no se pudo confiar en ellas. Por esto el Gobierno británico concedió posteriormente á la viuda de Mayer la suma de 5000 libras.

vientos y las olas, peligraban siempre. No existía ningún método para determinar la longitud. El barco podía separarse de su camino cien ó doscientas millas, por cualquier error que el navegante padeciera y solo el naufragio de su barco ó el hallazgo de alguna costa desconocida, ponían término á su engaño. Debe recordarse que es relativamente fácil determinar la latitud de un barco en el mar todos los días cuando el sol es visible. La latitud, esto es, la distancia desde cualquier lugar al ecuador y á los polos, puede encontrarse por una simple observación con el sextante. La altitud del sol al medio día una vez encontrada puede con un sencillo cálculo determinar la posición del buque.

El sextante que es un instrumento usado universalmente en el mar, fué gradualmente deducido de aparatos similares usados en los primeros tiempos. El objeto del instrumento ha sido siempre encontrar la distancia angular entre dos objetos, esto es, el ángulo que forman dos líneas rectas que, partiendo de esos dos objetos tienen su punto de unión en el ojo del observador. El más simple instrumento de esta especie puede ser representado por un compás. Si ponemos su vértice en un ojo, una punta señalando al lejano horizonte y la otra dirigida al sol, ambas determinarán la distancia angular del sol al horizonte en el momento de la observación.

Hasta el final del siglo XVII, el instrumento usado era de esta sencilla especie. Consistía generalmente en un gran cuadrante con una ó dos barras giratorias sobre una charnela, lo que venía

á ser un gran compás. La dirección de la vista se fijaba por una hendidura y un punto como en la generalidad de los rifles. Este instrumento fué grandemente mejorado por el empleo de un telescopio que no solamente permitía que los objetos lejanos fueran vistos, sino que hacía que la vista fuera dirigida con precisión al objeto observado.

Los instrumentos de la época anterior al telescopio alcanzaron su mayor gloria en manos de Tycho Brahe. Empleaba magníficos instrumentos muy sencillos, compases, círculos, cuadrantes y sextantes. Estos eran en su mayor parte pesados instrumentos fijos, de poca ó ninguna utilidad para la navegación. Pero el sextante de Tycho Brahe fué el precursor de los modernos instrumentos. La estructura general es la misma, pero el basto perfeccionamiento del sextante moderno es debido en primer lugar al uso del espejo reflector y en segundo lugar al empleo del telescopio para precisar la visual. Estos perfeccionamientos son debidos á muchos hombres científicos, á William Gascoigne que fué el primero en usar el telescopio en 1640; á Robert Hooke que, en 1660, propuso aplicarlo al cuadrante; á Sir Isaac Newton que proyectó un cuadrante reflector (1) y á John Hadley que lo introdujo. El sextante moderno es solamente una modificación del cuadrante de

(1) Sir Isaac Newton dió sus dibujos á Edmund Halley entonces astrónomo real, pero éste los dejó olvidados y se encontraron entre sus papeles después de su muerte en 1742, veinticinco años después de la muerte de Newton. Otra omisión parecida fué hecha por Sir G. B. Airey que dejó que el descubrimiento de Neptuno fuese atribuido á Leverrier en vez de á Adams.

Newton ó del de Hadley y su actual construcción parece ser perfecta.

Por lo tanto era posible determinar con precisión la posición de un barco en el mar, respecto a latitud. Pero era completamente diferente en lo que respecta á la longitud, es decir, la distancia de cualquier lugar ó un determinado meridiano del Este ó del Oeste. En el caso de longitud no hay un determinado lugar á que referirse. La rotación de la tierra hace imposible la existencia de tal lugar. La cuestión de longitud es puramente cuestión de tiempo. El circuito del globo Este, Oeste está sencillamente representado por veinticuatro horas. Cada lugar tiene su propio tiempo. Es muy fácil determinar el tiempo local en un lugar, por observaciones hechas en el mismo. Pero como el tiempo cambia constantemente, el conocimiento del tiempo local no dá idea de la actual posición, y aún menos en un objeto movible, en un barco en el mar. Pero si en una localidad conocemos, el tiempo local y también el de otra parte en el mismo momento, por ejemplo, el observatorio de Greenwich, podemos, comparando los dos tiempos locales, determinar la diferencia de estos tiempos, ó lo que es lo mismo la diferencia de longitud entre las dos partes. Por tanto era necesario al navegante estar en posesión de *un reloj de primera clase ó sea un cronómetro*, capacitándose con él para determinar con exactitud la posición de su barco con respecto á la longtitud.

Antes de la mitad del siglo XVIII, los buenos relojes eran relativamente desconocidos. Los navegantes descansaban principalmente, para apre-

ciar su aproximada longitud, en su propio cálculo sin ninguna observación del cielo. Atendían á lo que habian navegado, por el compás, y á la medida de la velocidad, por un instrumento llamado Log y también á combinar y rectificar todo lo que permitía la fuerza motora, posición con respecto al viento, etc., según el aparejo del buque; pero todo esto era muy incierto, especialmente cuando el mar estaba alborotado. Había otro medio independiente que podía ser adoptado, esto es, la observación de la luna que se mueve constantemente entre las estrellas de Este á Oeste. Pero hasta la mitad del siglo XVIII, eran tan desconocidas las buenas tablas lunares como los buenos relojes.

Por esto, un método para determinar la longitud con el mismo grado de precisión que era posible respecto á la latitud, había sido desde mucho tiempo el gran deseo de los hombres « que salían al mar en barcos ». Mr Macpherson en su importante obra titulada : *The Annals of Commerce*, observa « que desde el año 1714, en que el Parlamento ofreció la recompensa de 20.000 libras por el mejor método de determinar la longitud en el mar, se han conocido muchos proyectos pero todos de escaso ó ningún resultado, por fundarse generalmente en principios erróneos, hasta que dió á conocerse Mr John Harrison, y por él — como sigue diciendo Mr Masperson — la dificultad fué vencida habiéndola consagrado los asiduos estudios de una larga existencia ».

El preámbulo del acta del Parlamento dice así : « Por cuanto es bien sabido por todos los que tienen relación con el arte de la navegación que

nada es tan necesitado y deseado en el mar como el descubrimiento de la longitud para la seguridad y rapidez de los viajes, la conservación de los buques y personas » etc. El acta nombraba comisionados para el descubrimiento de la longitud con facultades para recibir y experimentar las proposiciones presentadas con este objeto y conceder sumas de dinero que no excediesen de 2.000 libras para proteger tales experimentos. Será recordado lo anteriormente dicho; que una recompensa de 10.000 libras se concedería á la persona que consiguiera un sistema para determinar la longitud con un error de 60 millas geográficas; 15.000 libras con un error de 40 y 20.000 con un error de 30 millas geográficas.

Con dificultad se cree hoy día que solo hace unos ciento cincuenta años se ofreciese un premio de diez mil libras por un sistema para determinar la longitud dentro de *sesenta millas* y que doble suma se ofreciese por un método para determinarla dentro de *treinta millas*. La cantidad de esta recompensa es suficiente prueba de la urgente necesidad de progreso que entonces existía en los métodos de navegación. Y sin embargo desde la fecha en que se redactó el acta, 1714, hasta el año 1736 en que Harrison concluyó su primer contador del tiempo, nada se había conseguido para determinar la longitud con más precisión ni aún dentro de los anchos límites especificados en el acta por el Parlamento. Aun cuando varios proyectos habían sido presentados, ninguno de ellos tuvo éxito y la ofrecida recompensa; por lo tanto, aún permanecía disponible.

Volviendo á Harrison, llegado á su casa, en Barrow, después de su visita á Londres en 1728, empezó sus experimentos para la construcción de un cronómetro marino. La tarea era de pequeñas dificultades. Tenía que luchar contra irregularidades procedentes del movimiento de los buques y vencer los efectos de las alteraciones de temperatura en la misma máquina y las del aceite con que debía ser lubricada. Muchos obstáculos se presentaron, pero no fueron bastante á detener á Harrison en su lucha para realizar su propósito.

Todo el mundo conoce la preciosa maquinaria de un reloj y los perfectos aparatos requeridos para producirla. Alguno de estos instrumentos se los procuró Harrison en Londres, pero la mayor parte se los fabricó él mismo, siendo necesarias muchas adopciones nuevas para su cronómetro. Como la madera no podía seguir siendo exclusivamente empleada, como en su primer reloj, tuvo que aprender á trabajar con pulcritud en bronce y otros metales. Habiéndole sido imposible obtener ayuda del Consejo de Longitudes le fué necesario, para mantenerse mientras continuaba sus ensayos, seguir trabajando en la carpintería. Esto explica el largo período que transcurrió antes de que pusiese su cronómetro en estado de que fuera probado con tantas probabilidades de éxito, que llegaron á la certeza.

Harrison, aparte de sus serias preocupaciones científicas, era un hombre alegre. Tenía mucho gusto por la música y organizó y dirigió el coro de la iglesia del pueblo, que alcanzó un alto grado de perfección. Inventó un curioso monocordio que no

era menos preciso que sus relojes en la medida del tiempo. Sus oídos eran molestados por el sonido fuera de tono de la campana, y se propuso remediarlo. En la iglesia de la parroquia de Hulb, por ejemplo, las campanas eran desagradables y con la autorización del vicario y del mayordomo de la iglesia le fué permitido ponerlas á tono; así, resultaron completamente armónicas.

Pero la gran obra de su vida fué el cronómetro marino. Encontró necesario, en primer lugar, cambiar el primer motor de su reloj por un resorte arrollado, para que la regularidad del movimiento derivase de las oscilaciones del volante en vez de las del péndulo, como en un reloj estable. Mr Folkes, Presidente de la Royal Society, al presentar la medalla de oro á Harrison en 1749, describe así el arreglo de su nueva maquinaria: « Los detalles fueron obtenidos del mismo Harrison que se hallaba presente. Emplea dos volantes situados en el mismo plano, pero oscilando en dirección contraria; así que, siendo uno de ellos ayudado en su oscilación por el movimiento del barco, el otro está falto de movimiento. Como la igualdad de las oscilaciones en un reloj de bolsillo se debe, en gran parte, al resorte en espiral, que se mueve de igual modo, el isocronismo fué conseguido en el cronómetro de Harrison por la equivalente elasticidad de cuatro resortes cilíndricos aplicados á los extremos superiores é inferiores de los dos volantes.

Luego se presentaba el asunto de la compensación. Los experimentos de Harrison con el péndulo compensador de su reloj le sirvieron. Procedió á introducir parecidos procedimientos en su

futuro cronómetro. Como es bien sabido de todos los que tienen conocimientos de la naturaleza de volantes movidos por resortes, cuanto más fuerte es el resorte, son también más rápidas las oscilaciones del volante, y *viceversa*; de aquí, se sigue que cuando los resortes, son fortalecidos por el frío ó debilitados por el calor, debe necesariamente el reloj funcionar ó más deprisa ó más lentamente, á menos que se emplee algún método para remediar estos inconvenientes.

« El método adoptado por Harrison fué su volante compensador, la parte esencial de su invención sin duda. Su termómetro se compone de dos planchas delgadas de bronce y acero, remachadas en algunas partes, y por la mayor expansión del bronce que el acero por el calor, y contracción por el frío se hace convexo en el lado del bronce en tiempo caluroso, y convexo en el acero en tiempo frío; cuando un extremo está fijo, el otro obtiene un movimiento, correspondiendo con los cambios de calor y de frío, y las dos horquillas del extremo entre las que pasa el volante de resorte, que alternativamente oscila cuando el resorte se arrolla y desarrolla, acortarán ó alargarán el resorte como los cambios de calor y frío, haciendo lo que de otra manera habría de hacerse á mano como para regular los relojes de bolsillo ». Aun cuando el método ha sido mejorado por Leroy, Arnold y Earnshaw fué el principio de todo lo que se ha hecho en el perfeccionamiento de los cronómetros marinos. En efecto, es asombroso pensar en el número de hombres de talento, habilidosos é industriales que, por muchos siglos, se han ocupado en la pro-

ducción de esta esquisita fabricación tan útil á todos los hombres, sean científicos ó no lo sean, sean de tierra ó de mar, que nos ha dado los modernos relojes.

Es innecesario aquí mencionar los detalles de las invenciones particulares de Harrison. Estas fueron publicadas por él mismo en sus « Principles of Mr Harrison's Timekeeper. » Mencionaremos sin embargo un invento suyo por el que el cronómetro podía conservar su marcha sin pérdida de tiempo, lo que sucedía al darle cuerda, que era una vez al día. Mientras daban cuerda al resorte principal, uno secundario conservaba el movimiento de las ruedas, y no se interrumpía la marcha del reloj.

Después de siete años de trabajos durante los que Harrison encontró y venció numerosas dificultades, al fin completó su *primer* cronómetro marino. Lo puso en una especie de marco portátil, muy artístico y cuidadosamente hecho. Así, el cronómetro fué probado de tiempo en tiempo en una gran barca en el río Humber, con aguas agitados y tranquilas, y marchaba perfectamente, sin variar lo más mínimo.

Tal era el estado del cronómetro de Harrison cuando llegó con él á Londres en 1735 para presentarlo á los comisionados designados para conceder la pública recompensa por el descubrimiento de la longitud en el mar. Primeramente lo mostró á varios miembros de la Royal Society que unánimemente lo aprobaron; cinco de los principales miembros: Dr Halley, Dr Smith, Dr Badley, Mr John Machin y Mr George Graham, dieron á Harrison

una certificación en la que atestiguaban que los principios de la máquina para medir el tiempo prometían una gran exactitud. En consecuencia de este certificado, la máquina, á solicitud del inventor, y por la recomendación de los Lores del Almirantazgo, fué embarcada á bordo de un buque de guerra.

Sir Charles Wager, entonces primer Lord del Almirantazgo, escribió al capitán del *Centurion* afirmándole que el instrumento había sido aprobado por insignes matemáticos como el mejor que se había hecho para medir el tiempo, y rogándole que tratase amablemente á Mr Harrison, el cual iría con él hasta Lisboa. El capitán Proctor, contestó al primer Lord, desde Spithead, fecha 17 de Mayo de 1736, prometiéndole atender á la comodidad de Harrison, pero señalándole su temor, de que había intentado una cosa imposible. Así ocurre siempre con las cosas nuevas. La primera máquina de vapor, la primera luz de gás, la primera locomotora, el primer barco de vapor de América, el primer telégrafo eléctrico, fueron todos « imposibles ».

Este primer cronómetro se portó muy bien en su viaje de partida en el *Centurion*. No fué alterado por el mal tiempo ó por el movimiento del barco producido por las olas de la Bahía de Vizcaya. Harrison lo llevó consigo á su regreso en el *Orford*, buque de guerra, siendo entonces su utilidad probada de una manera terminante, pues, verificándose el viaje casi en un meridiano, el riesgo de perder la longitud era relativamente pequeño. El capitán dió el siguiente certificado que lleva la fecha

de 24 de Junio de 1737: « Cuando vimos tierra, creímos, según mis observaciones, que sería de Start ; pero antes que conociéramos qué tierra era, John-Harrison declaró á mis compañeros y á mi, que, según las observaciones de su máquina era el cabo Lizard ; y en efecto así fué, manifestando sus observaciones que el barco estaba mucho más al Oeste de lo que mi reconocimiento anunciaba, siendo esta desviación de un grado y veintiseis millas ; esto es, cerca de noventa millas de error en mi camino.

Seis días más tarde, el 30 de Junio, Harrison fué presentado al Consejo de Longitudes reunido, y enseñó el cronómetro con que había hecho el viaje de ida y vuelta á Lisboa. También inventó entonces una máquina semejante á las de los relojes, que llamaba « regulador de minutos » y con ella se proponía contar el tiempo en el mar con más exactitud que con ningún otro instrumento de los conocidos para descubrir la longitud, y propuso hacer una máquina de más pequeñas dimensiones en el espacio de dos años en la que trataría de corregir algunos defectos que había encontrado en la ya preparada para hacerla más perfecta ; esta máquina, cuando estuviese completamente concluida, deseaba probarla en un barco de su Majestad que saliese para las Indias Occidentales ; pero en este tiempo manifestó que no le era posible, por razones perentorias, concluir su máquina sin asistencia, y pidió que le fueran concedidas 500 libras para ponerle en condiciones de realizar su obra y hacer un ensayo perfecto de ella ».