

de Hacienda, las ventajas que para los saltos de agua de más de 1.000 caballos otorga la ley de 2 de marzo de 1917, y asimismo se aclarará el art. 3.º del Real decreto de 2 de septiembre de 1918 en el sentido de que para la inscripción de los aprovechamientos en los Registros bastará con justificar tener la correspondiente concesión administrativa, y en caso contrario seguir los trámites que se indican en el referido artículo del Real decreto, y, por último, que la revisión de concesiones y peticiones por los gobernadores civiles a que hace referencia el art. 7.º se considere obligatoria aun transcurridos los seis meses desde la fecha del Real decreto.

ANTONIO L. FRANCO.

Estas conclusiones fueron leídas por su autor en la sección 1.ª del Congreso y fueron aprobadas con ligeras variaciones, a excepción de la 6.ª, que fué desechada.

Nuevo reloj de sol de bolsillo.

Conferencia dada por D. Higinio Negra Vivó, Ingeniero industrial en la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona.

Al encontrarme hoy en este lugar donde reconocidas personalidades han tratado cuestiones de vital interés, con autoridad fruto de larga experiencia y muchos estudios, creo una obligación el disculparme de que, sin poseer ni una ni otros, haya osado anunciar una conferencia en este local de nuestra Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona.

Sería incomprensible que a los pocos meses de vida práctica me atreviera a disertar sobre algún tema trascendental; no se adquiere tan fácilmente el criterio necesario.

El objeto de la presente conferencia tiene su origen en el estudio de los primeros años de la carrera; germinó y creció al calor de las aulas, tan eficazmente vivificadas por nuestro malogrado Cardellach; y después de vencer las dificultades constructivas, vino a ser realidad poco antes de que yo abandonase los claustros de nuestra Escuela. Es, pues, un entretenimiento estudiantil; y sin pretensiones de más, lo presento a vuestra atención, que agradezco en lo que vale.

I. **La hora solar y el tiempo medio.**—Junto a la primera noticia histórica de la Humanidad, encontramos la confesión del conocimiento de la marcha regular del astro del día, ya que en todo tiempo el hombre mide su existencia por la sucesiva aparición del Sol sobre el horizonte. Creyóse en un principio que los días tenían todos la misma duración, pero lograda la construcción de perfectos aparatos de relojería, de marcha absolutamente regular, se aprecia que el tiempo que transcurre entre dos pasos del Sol por el meridiano, lejos de ser constante, varía de un día a otro, y estas diferencias de fracción de segundo, sumándose en ciertas épocas del año, llegan a producir discrepancias hasta de dieciséis minutos veintidós segundos entre la hora solar y el tiempo medio marcado para los relojes mecánicos de precisión.

De todos modos, estas variaciones no son arbitrarias sino sometidas a las leyes de la cinemática celeste: la Tierra en su movimiento de traslación sobre la eclíptica, se ajusta a la ley de Kepler o de las áreas, de modo que no tiene velocidad lineal ni angular uniforme; y aun cuando así fuera, la oblicuidad de la eclíptica con el ecuador haría que las proyecciones ortogonales de dichos caminos fueran algo desiguales. Estos son los motivos de las discrepancias que hemos mencionado.

Las conveniencias sociales modernas han venido a destruir la continuidad y armonía de los fenómenos dependientes de la marcha del universo; pues antes de que sobre la Tierra se disfrutaran las ventajas de la electricidad, toda comunicación entre dos puntos algo apartados del globo duraba lo suficiente para que la diferencia de horas de dos localidades no dejara sentir sus influencias. Pero desde el momento en que el telégrafo, anulando las distancias, une en íntima vida social y comercial a naciones enteras, preciso es que en ellas rija la misma hora, u otra fácilmente comparable (husos horarios) para evitar un sin fin de molestias y contratiempos, así en la vida comercial como en la científica. Así en España y en las demás naciones comprendidas en el huso horario de la Europa Occidental rige como hora oficial la del tiempo medio del meriano de Greenwich; es la llamada *hora civil* (1).

Someramente hemos citado las causas que apartan la hora vigente de la solar. Pero las acciones perturbadoras por ellas producidas son todas calculables, siendo, por tanto, posible lograr un trazado de reloj de sol que marque exactamente a la par con los cronómetros oficiales de la localidad. Tal es el cuadrante solar de la finca «Mas Molins» (Viladrau), calculado analíticamente por el ingeniero P. Joaquín Pericas, S. J. (2).

En la mayoría de los casos no se persigue en los trazos de gnomónicos una tan rigurosa exactitud, sino sólo una aproximación en armonía con el escaso valor matemático de los elementos que integrándolos forman parte de la construcción. De nada serviría el calcular un cuadrante que apreciara segundos, si al trasladarlo a la pared de asiento no pudiésemos tener garantía de que lo situáramos en un plano geométrico vertical, según la orientación preconcebida; y al situar el estilo tampoco cabe garantizar que no nos apartamos del punto indicado, dejándolo en el espacio con la inclinación exigida por los cálculos; condiciones éstas tan fáciles de transcribir al papel, como difíciles de realizar exactamente con los materiales y herramientas de albañil.

Huyendo, por lo tanto, de precisión raramente exigida, es muy lógico el dar preferencia a los trazados gráficos sobre los engorrosos cálculos analíticos mayormente dada la elegancia y precisión con que la teoría del cilindro eclíptico se presta a los trazados gnomónicos.

II. **Teoría del cilindro eclíptico.**—Haciendo omisión de los complejos fenómenos de la cinemática celeste, pasemos al estudio del mecanismo Sol-Tierra. Esta última por el movimiento de rotación alrededor de su eje, da una vuelta en veinticuatro horas, y por su movimiento de traslación en derredor del Sol realiza otra en un año. La Tierra en su traslación describe la eclíptica, curva plana que forma un ángulo de $23^{\circ}27'$ con el ecuador de la bóveda celeste (fig. 1.ª). Evidentemente cada día los rayos solares inciden sobre la Tierra con diferente declinación. En la figura se representa por α y alcanzará el máximo en los solsticios M y P , anulándose en los equinoccios A y B , y teniendo para épocas intermedias los siguientes valores:

Trópico de Cáncer.....	$23^{\circ}27'$	21 de junio.
21 mayo.....	$20^{\circ}8'$	23 de julio.
20 abril.....	$11^{\circ}30'$	23 de agosto.
20 marzo equinoccios.	0.....	23 de septiembre.
18 febrero.....	$11^{\circ}30'$	22 de octubre.
20 enero.....	$20^{\circ}8'$	22 de noviembre.
Solsticio de invierno..	$23^{\circ}27'$	23 de diciembre.

(1) El cambio de hora, que por motivos de economía nacional se establece en verano desde que la guerra europea nos obligó a ello, no es tal: es sólo un convenio en virtud del cual corremos una unidad la numeración.

(2) La descripción de este interesante cuadrante solar se puede consultar en *Ibérica*, vol. VIII, pág. 313 (17 noviembre 1917).

Nuestro problema no es más que un caso de movimiento relativo, en el que hasta aquí hemos supuesto el Sol fijo y la Tierra móvil. Vamos a ver las consideraciones que se desprenden en el caso inverso. Aplicaremos para ello al Sol movimientos iguales y contrarios a los que antes tenía la Tierra (fig. 2.^a): los rayos solares inciden con el mismo ángulo α que en el primer caso, pero permaneciendo fija la Tierra deberemos imprimir al Sol un giro completo sobre el eje terrestre en veinticuatro horas. Cada día los rayos solares describirían una superficie cónica con vértice en

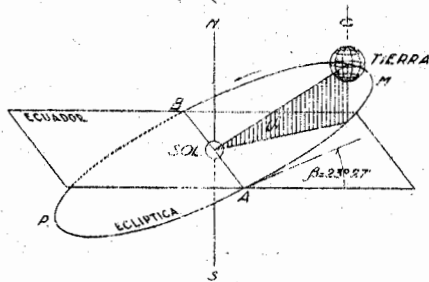


Fig. 1.ª

la tierra y con una abertura de la generatriz definida por la declinación de la fecha. Basta considerar en el espacio un cilindro coaxial con la tierra, para obtener con su intersección con los conos otras tantas circunferencias por las que podemos suponer que corre el Sol en los días fijados.

En realidad el Sol durante el año no describe paralelos muy próximos de este cilindro, sino una hélice arrollada sobre el mismo; pero dado el poco paso, no hay error sensible en nuestra hipótesis al asimilar sus espiras a simples circunferencias de-

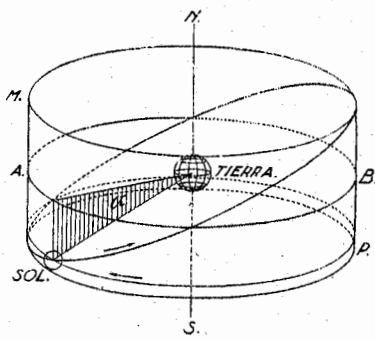


Fig. 2.ª

finidas por la declinación diaria correspondiente a las diferentes posiciones sobre la eclíptica, y de ahí el nombre de eclíptico con que se conoce a dicho cilindro. Trazando en él 24 generatrices equidistantes, tendremos marcadas las horas en todos los días del año (fig. 3.^a); hemos englobado, por tanto, en una superficie fácilmente manejable todas las posiciones del Sol con relación a la Tierra.

Veamos la manera de servirnos para los trazados gnomónicos de la teoría del cilindro eclíptico.

Para que represente las posiciones del Sol es necesario que su eje sea el de la Tierra o uno paralelo que pase por la localidad, no siendo esto causa de error dada la pequeñez del radio terrestre comparado con la distancia al Sol. Supongamos dicho eje

materializado por el estilote del reloj de sol que deseamos trazar, y clavémoslo en el lienzo mural ateniéndonos a la anterior condición (fig. 4.^a). Los datos necesarios son la orientación del muro y la latitud del lugar, ambos fáciles de conocer. Si tenemos el

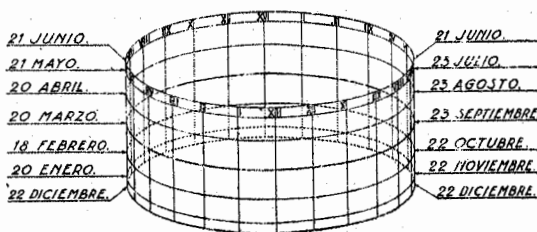


Fig. 3.ª

cilindro de manera que la generatriz de las doce esté en el punto más alto, siempre que sean las doce el Sol viene definido por dicha generatriz, y el plano de sombra que con ella determina el estilote marcará infaliblemente sobre la pared el trazo de mediodía. Basta resolver por cualquier procedimiento estereográfico el problema de hallar las trazas de los planos que con el estilote determinan las generatrices horarias para tener el trazado del reloj. Pero podemos ir más allá: materializado el centro del cilindro

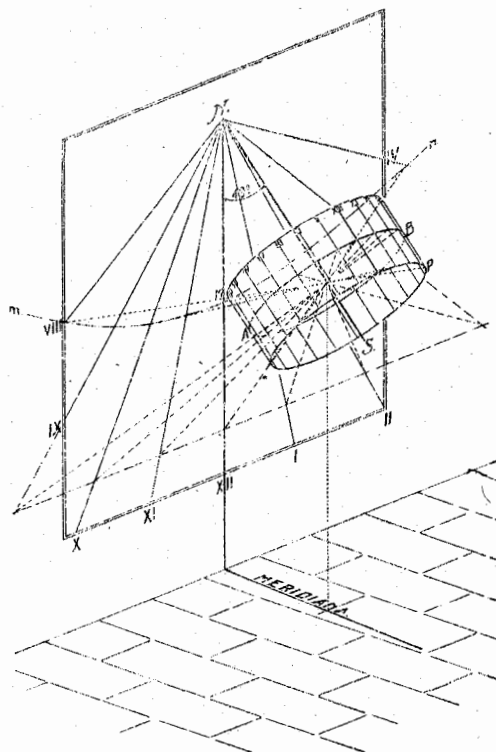


Fig. 4.ª

por el extremo del estilote, tendremos para cada día una superficie cónica descrita por los rayos del Sol, determinados por el paralelo correspondiente y dicho centro, dando sobre la pared una traza que será trayectoria obligada de la sombra del extremo

en la fecha considerada. En la figura se ha trazado la línea equinoccial (evidentemente rectilínea), y la *mn* correspondiente al solsticio de invierno.

Con lo apuntado basta para ver con cuánta facilidad se presta este método para resolver toda clase de problemas gnomónicos.

III. **Relojes de sol portátiles.**—Hemos logrado un trazado que nos da la hora solar, pero dicho cuadrante tiene vida real por estar asido a la pared sobre la que le hemos dado existencia; es miembro vivo en la misma; si lo separamos deja de cumplir su finalidad, carece, por tanto, de las ventajas de un reloj portátil.

Es muy lógico que así ocurra, pues siendo los datos del problema exclusivos para cada latitud y orientación, es natural que cualquier variación en los mismos desvíe las líneas horarias. No obstante la dificultad aparente, se ha resuelto satisfactoriamente el problema de construir un reloj de sol adaptable a todo lugar. Basta para ello la construcción material del cilindro eclíptico cuya teoría acabamos de exponer.

Demos forma corpórea al cilindro, materializando su eje y un paralelo dividido en 24 partes iguales. Situemos el paralelo como tapa de estuche que encierre una brújula, y hagamos que el plano vertical que determine el eje del cilindro sea la meridiana del lugar. Si ahora damos a la tapa una abertura igual a la colatitud del lugar, tendremos el estilite paralelo al eje del universo y el cilindro con la orientación debida. Es natural, pues, que la orientación del Sol en las diversas horas quede registrada por las divisiones iguales del paralelo material.

Tenemos un reloj que podemos trasladar de un lugar a otro, pero para saber la hora hay que instalarlo sobre la mesa y proceder a su orientación, al igual que los relojes mecánicos de pared, cuyo buen funcionamiento requiere reposo del apoyo y nivelación del soporte.

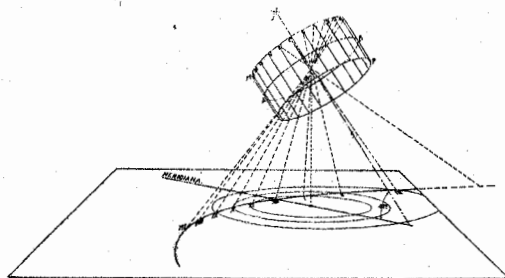
Pero entre los relojes mecánicos los hay de bolsillo, cuyo buen comportamiento no requiere tales cuidados: basta mirar en ellos para saber la hora. ¿Es posible obtener un reloj de sol de bolsillo, que sin necesidad de brújula ni limbo inclinable, baste presentarlo a los rayos solares para leer directamente la hora en que vivimos?

Categoricamente a esta pregunta contesta en sentido afirmativo el mecanismo que ha motivado esta conferencia encaminada a su presentación.

IV. En el párrafo II hemos llegado a la percepción del cilindro eclíptico, y visto que tenemos en él, después de orientado, todas las posiciones del Sol en cualquier día del año que nos interese.

Para comprender el trazado de un reloj de sol de pared, hemos debido comenzar por orientar el cilindro frente al lienzo en que deseábamos marcar las líneas horarias. Supongámoslo ahora debidamente orientado sobre un tablero horizontal, y materialicemos su centro por el extremo de un gnomón o estilite vertical (fig. 5.^a). Dicho extremo en el 21 de junio, por ejemplo, proyectará una sombra que describirá la cónica cuya directriz es el paralelo superior del cilindro eclíptico. En ella es fácil situar los puntos representativos de cada hora determinada. Los puntos vienen caracterizados por sus distancias al pie del gnomón, y si éstas, conservándolas invariables, las trasladamos todas a una recta tal como la meridiana, es evidente que se superpondrán las horas equidistantes del mediodía, dando los puntos dobles XI-1, XII-2, IX-3, etc., que junto con el estilite fijan las diferentes alturas del Sol en las horas de la fecha que hemos elegido. Lo que acabamos de hacer para el 21 de junio cabe repetirlo para cualquier otro día, y así obtener los *radios horarios* correspondientes.

Si en un disco horizontal clavamos un gnomón de altura h , y agrupamos en su alrededor los radios horarios repartidos en épocas, tendremos configurada la esfera del reloj de sol azimutal trazando por puntos las líneas de igual hora (fig. 6.^a). Su funcio-

Fig. 5.^a

namiento sólo requiere la situación de la sombra del estilite en el radio horario del día en que se vive.

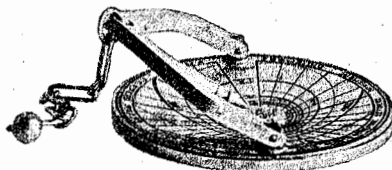
Para aumentar en lo posible la claridad de la esfera, ha sido necesario renunciar a fijar el estilite en el centro; así se logra abarcar más horas en invierno cuando el Sol no se levanta tanto en el horizonte.

El reloj está formado por un disco de metal pesado de 54 mil-

Fig. 6.^a

Esfera (tamaño natural).

metros de diámetro, sobre el que se articula un puente que puede aplicarse sobre la esfera; un aditamento de dicho puente es el estilite, la posición de cuyo extremo debe verificarse rigurosamente sobre el punto de concurrencia de los radios horarios, quedando

Fig. 7.^a

Reloj completo a escala 1, semidoblado.

al abrir el reloj, a la altura exigida por los cálculos. La suspensión debe garantizar perfecta horizontalidad del disco base. Para leer la hora basta presentar el disco abierto al Sol, localizar la sombra del estilite en el radio de la fecha y leer la posición del extremo de dicha sombra; advirtiéndose que por la mañana avanza centripetamente, marcando las horas los números romanos, pero pasado el mediodía la sombra retrocede sobre las mismas líneas,

y para la lectura de la hora hay que atenerse a la numeración griega. Donde es compatible con la claridad del dibujo se trazan las líneas de media hora, siendo así fácil leer con suficiente aproximación.

En cada uno de los dos sectores de la esfera se halla un semestre, y cada mes está dividido en tres décadas para fijar con más facilidad la fecha de observación.

Queda, pues, realizado el reloj de sol de bolsillo en cuyo funcionamiento no aparece ni brújula ni limbo graduado: pero todo

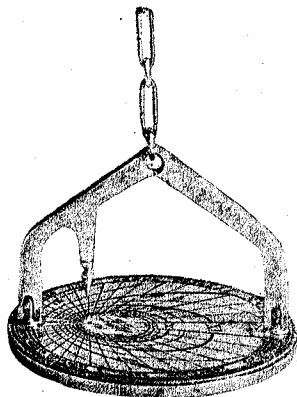


Fig. 8.^a

Reloj completo (tamaño natural) dispuesto para leer la hora.

ojo investigador alcanza que lo que se ha logrado es ocultar la intervención de dichos datos, pero no anularlos. El factor latitud ha sido necesario para trazar la esfera, de modo que este reloj sólo tiene una exactitud relativa funcionando entre paralelos (36°-46°); poco apartados del de Barcelona ya que éste sirvió para su cálculo; en cuanto a la orientación la verifica inconscientemente el observador al hacer coincidir la sombra con el radio correspondiente. No hemos hecho más que un cambio de variables: la orientación, por la fecha.

Lo reducido de las dimensiones, que permiten meter el reloj en el bolsillo, es causa de menor precisión, y añadiendo a esto que marca la hora solar, no la civil por la que nos regimos, se comprende que este aparatito dista mucho de ser una solución perfecta.

Es sólo una curiosidad, y a título de tal me he atrevido a exponerla, instado por el gran interés que, con sorpresa mía, veo que ha despertado en muchos amigos que repetidamente me han solicitado que les hable de este juguete científico.

El principio de la acción única aplicada a los ferrocarriles ⁽¹⁾

II.

En este segundo artículo indicaremos, un poco sumariamente, los métodos principales que pueden emplearse para desarrollar el principio de la *acción única*, haciendo que ésta sea en la práctica una realidad.

Caben tres métodos, según se opte porque la construcción y mejora de la red ferroviaria la desarrolle la iniciativa privada,

sea el Estado el que la ejecute o un sistema mixto, combinación de los dos anteriores.

En el primer método la legislación tiene que ser muy casuística, aunque las diversas líneas hayan sido en su mayor parte concedidas con arreglo a la ley general vigente, no faltan alguna otorgada según otras disposiciones muy distintas y el trabajo de aunar, obligar y coordinar en el campo del derecho tantos intereses distintos y encontrados es problema de difícil solución, que requiere cuidadoso estudio y motivo suficiente para que la legislación resulte complicada, con lo que es fácil caer en el embrollo. Actualmente se ha presentado una oportunidad para aplicarlo con el proyecto de elevación de las tarifas, porque si bien es justo se aumenten éstas por requerirlo así la mayor valoración de jornales y materias primas necesarias para la explotación ferroviaria, no lo es menos que puesto que modifican a favor de las Compañías los contratos bilaterales de las concesiones, se varíen también en todo lo que sea necesario para la vida nacional y la economía española. En este sentido fué presentada, de acuerdo los diputados burgaleses con la Comisión de iniciativas ferroviarias, una enmienda al proyecto del Gobierno. Claro es que cabe favorecer la *acción única* con auxilios del Estado a las Compañías particulares para mejoras de la red (dobles vías, electrificación, etcétera), sistema seguido en parte por Francia, aunque no ha dado los resultados esperados, como lo prueba una interpelación habida no ha mucho tiempo en la Cámara francesa, donde se abogó por la unificación.

El sistema más corriente para estos auxilios es garantizar el interés de las obligaciones por las Compañías después del plazo de reversión de las líneas, lo que requiere investigar muy íntimamente la situación y administración de las Compañías a fin de que el Estado no haga un mal negocio. En España es casi imposible conocer la verdadera situación de las líneas. Las grandes Compañías no dan más que los resultados totales de la explotación, y la del Norte, que desglosa algo sus resultados, por grupos de líneas y estaciones importantes, no suministra en sus publicaciones datos suficientes para conocer la situación económica de la unidad legal que, como se sabe, es la *concesión*. Así en la línea principal, que comprende Madrid-Irún, por Avila y Segovia, Venta de Baños a Alar y Villalba al Berrocal, acopla varias concesiones, un tanto heterogéneas por la diversidad de comarcas que atraviesa y hasta por la muy distinta característica, puesto que el ferrocarril Villalba al Berrocal es de vía estrecha. Las concesiones, además de ésta, son: Burgos-Irún, Burgos-Valladolid y Valladolid-Madrid; Villalba-Medina, por Segovia, y Venta de Baños a Alar. Si se trata de asegurar el interés de obligaciones emitidas con la garantía del Estado, después de los plazos de reversión, que son distintos, ¿cómo ha de conocer el país la verdadera situación de las diversas concesiones? Habría que llegar a una especie de unificación, y sabido es cuán opuesto es este criterio a los deseos de todo el mundo. Mas, aunque se adoptase este criterio, ¿cómo fundamentar las bases de la unificación? Probablemente resultarían un tanto aleatorias, aunque la falta de fundamento pareciese poco clara por los prolijos y numerosos estados que acompañarían a los razonamientos que lo aconsejare.

Otro medio de conseguir la *acción única* dentro de este método es obligar con disposiciones directas o indirectas a la sindicación de las Compañías, llegando a crear una sola Empresa que explotase la totalidad de la red española, con lo que esta gran entidad tendría interés, por egoísmo, en aplicar principio tan fundamental de la técnica ferroviaria; pero claro es que existen dos inconvenientes poderosos que su aplicación lo haría olvidando las necesidades del país y que podrá llegar a constituir un poder dentro de otro. Y aquí en España, donde el desconocimiento de los

(1) Véase el núm. 2311.