

que la presión atmosférica. Haciendo variar la intensidad de la corriente de 0 á 50 miliamperios, se encontró que el instrumento tenía una sensibilidad media de 4,2 milímetros por variación de 5 miliamperios, sensibilidad ya notable, pero que se podía todavía aumentar de diferentes maneras que detalla la revista francesa citada.

Es conveniente envolver este aparato con una espesa capa de lana ó de algodón, ó emplear cualquier otro sistema protec-

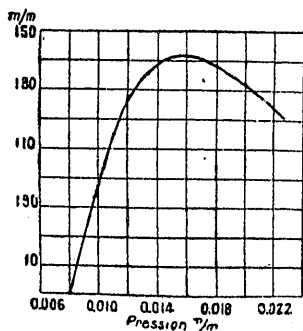


Fig. 2.ª

tor contra los orígenes de radiación susceptibles de ejercer eventualmente alguna influencia. No se deja, pues, normalmente al descubierto más que la placa del fondo *AB* á través de la cual se dirigen las visuales al espejo, ó mejor la parte de esta placa justamente necesaria para la comodidad de las lecturas.

La constitución y el funcionamiento del segundo aparato presentado por Mr. William se derivan de los trabajos proseguidos en 1879 por Mr. Osborne Reynolds, y, á diferencia del primer aparato, este instrumento se le puede comparar mejor con un electroscopio de hoja de oro que con un electrómetro.

El principio es el mismo, pero la laminilla de mica está reemplazada por una estrecha cinta de seda cuya curvatura se mide directamente por medio de un microscopio. Operando con un radiómetro constituido con arreglo á este principio, Mr. Osborne Reynolds había encontrado que, por la acción de las radiaciones de su origen exterior, presiones de 6 á 200 milímetros daban lugar á una repulsión para la cinta de seda, en tanto que presiones de 200 milímetros á una atmósfera producían, para las mismas corrientes, una atracción.

El aparato representado en la figura 3.ª está contenido comple-

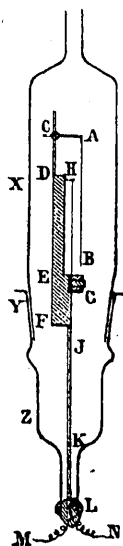


Fig. 3.ª

tamente en el tubo *X*, y en su prolongación inferior, esta última más especialmente destinada á la llegada de la corriente, al cuerpo radiante y á la suspensión de los órganos esenciales del instrumento.

Estos órganos se unen á un bloque de ebonita *DEF*, al cual están afectos el radiador, los hilos de llegada de la corriente que

le alimentan, y, en fin, la cinta de seda sobre la cual actúa. Esta cinta *AB* está suspendida de una ménsula horizontal *C* que puede resbalar libremente en el sentido longitudinal y en el perpendicular á la varilla *CD*; se le puede fijar con un tornillo.

A través del tapón *L* pasan los dos hilos *MN* aislados por medio de un tubo de cristal, y bajo dos terminales de unión yuxtapuestos en *G*, en un plano normal al de la figura 3.ª, se unen respectivamente los dos extremos de los hilos *M* y *N*, á los dos extremos del hilo calentado que pasan en *H* alrededor de una polea.

La medida de las intensidades y de las tensiones se hace con mucha precisión por medio de este aparato, y presenta sobre el instrumento descrito anteriormente la doble ventaja de una absoluta firmeza del cero y de una sensibilidad casi invariable en una amplia escala de variación de las presiones. Este último fenómeno es el que muestra la figura 4.ª, en la cual las abscisas representan las presiones en el interior del tubo, y las ordenadas, las desviaciones de la cinta de seda por la acción de una corriente de intensidad constante é igual á 0,05 de amperio. Se ve que para presiones que varían de 100 á 300 milímetros, la desviación varía muy poco. Otra serie de experimentos mostraba que, para presiones del orden de uno á algunos centímetros, el sentido de la desviación cambiaba y su valor pasaba por un máximo (próximamente de 58 á 60 centímetros), siendo la curva de estas variaciones mucho menos aplanada que la curva de la figura 4.ª

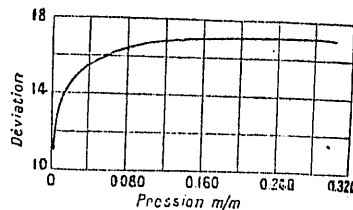


Fig. 4.ª

El cristal y el cuarzo se prestan como la seda á la construcción de este último aparato; la única dificultad que presenta su empleo es la insuficiente elasticidad de estas sustancias.

Operando con un cuarzo especial preparado expresamente para este uso por la *Cambridge Scientific Instrument Co*, Mr. Williams ha encontrado para característica de la sensibilidad del instrumento una curva análoga á la de la figura 4.ª, pero cuyo máximo se encontraba á una semidistancia entre la presión de 4 y la de 8 milímetros; después de esto, la repulsión decrecía hasta 0, y después de este punto, que correspondía á la presión de 15 milímetros, la repulsión cedía á su sitio á la atracción hasta el valor correspondiente á la presión atmosférica.

El puente Hardinge sobre el Ganges.

El puente Hardinge sobre el Ganges, cuya construcción se decidió en 1908 y que fué abierto al servicio público en 1915, une la red de vía de 1,675 metros, del East Bengal que existe al Sur del río, con la red de vía de un metro que se encuentra al Norte. Esta obra comprende 15 tramos de vigas rectas de 105,30 metros de longitud más tres tramos de aproximación de 22,90 metros en cada extremo, formando una longitud total de 1.717 metros. Lleva una doble vía de 1,675 metros colocada entre las vigas y una acera de 1,50 metros de anchura dispuesta al aire sobre las vías de agua abajo.

El puente Hardinge, situado en Sura, ha necesitado para su establecimiento el estudio de diversos problemas: la seguridad de las aproximaciones, tanto agua arriba como agua abajo, la estabilización del lecho del río en la proximidad del puente, y, en fin, la construcción del puente mismo. Sin entrar en detalles respecto á las dos primeras cuestiones, nos limitaremos á indicar que, para reducir la anchura del río se han tenido que establecer á cada lado terraplenes de 1.200 metros de longitud, de los cuales 900 agua arriba del puente y 300 agua abajo.

Se pensó al principio en establecer las pilas para una doble vía, aunque no se pusiera el tablero más que para una sola; pero el ciclón de 17 de Octubre de 1909 hizo ver que el emplazamiento se encontraba en la zona expuesta y se resolvió en consecuencia hacer el puente de doble vía, lo que daría más estabilidad á la obra á causa de su mayor anchura. La experiencia ha demostrado que esta resolución ha sido ventajosa desde el punto de vista del tráfico. Los comienzos de 1910 se consagraron á los estudios sobre el terreno, á buscar los lugares donde podrían encontrarse materiales al pedido de las partes metálicas, á la preparación de los transportes, á la adquisición de terrenos, á la instalación de talleres, fábricas de ladrillos, canteras, etc. Además se prepararon alojamientos para el personal superior, hospitales, talleres, abastecimiento de agua, estación central de fuerza motriz, etc. Se tendrá una idea de la importancia de estas instalaciones por algunas cantidades relativas á los medios de transporte de los materiales: 250 kilómetros de vías férreas, 24 locomotoras, 28 vagones de freno y 870 vagones de transporte.

Se encontraron excelentes yacimientos de piedra cerca de Pakar, á 700 kilómetros de distancia por ferrocarril, y en Phudkipar, á 300 por agua; se encontraron también canteras de grava en Sulati, á 300 kilómetros de distancia por ferrocarril; se necesitaban para ciertas obras cerca de un millón de metros cúbicos de materiales, comprendiendo un 15 por 100 de reserva y, á causa de la dificultad de tener buenos ladrillos, visto el clima húmedo de Bengala, se decidió emplear hormigón para las fundaciones, elevándose así la cantidad de piedras á 1.350.000 metros cúbicos. Se puede calcular el peso total de los materiales, comprendido el balasto, á 1.857.000 toneladas. Los talleres para la formación de los bloques de hormigón se establecieron, uno en Blaimarara, que empleaba la piedra de Pakar y la arena de Khangau, á 150 kilómetros de distancia, el otro en Paksey, empleando la piedra de Phudkipar y la arena de Siliguri, distante 320 kilómetros.

Se reconoció que la arena procedente del lecho del río era impropia para la fabricación del hormigón á causa de contener una gran proporción de mica.

Las excavaciones para las pilas eran de forma rectangular de 19×11 metros, con dos pozos de dragado de 5,60 metros de diámetro para cada uno. Estos pozos contenían un tubo de 4,75 metros de altura de palastro de 12,5 milímetros de espesor y abrazaderas; estos tubos formaban la parte inferior de un cajón impermeable dividido en el sentido vertical en trozos de 2,10 metros de altura y de espesor variable, según la profundidad en que debían encontrarse, hasta un máximo de 15 metros; los cajones, una vez descendidos á la profundidad deseada, se llenaban de hormigón y se edificaba encima una mampostería compuesta de bloques de hormigón, de cuya fabricación se ha hablado anteriormente.

A causa de la gran profundidad de las fundaciones y de la carga considerable ejercida sobre su base, se juzgó necesario reducir, en cuanto fuera posible, el peso de las pilas y se construyeron éstas en dos porciones; una de mampostería yendo hasta el nivel de las más altas aguas, y otra de armadura metálica de un peso de 140 toneladas próximamente. Las pilas tienen en plano 16,5 metros de longitud por 9 de anchura. Con un tren en cada vía, la carga máxima sobre la arena, sobre la cual descansa la obra, resulta de 97.000 kilogramos por metro cuadrado ó un poco menos de 10 kilogramos por centímetro cuadrado. Hay que notar que el pozo núm. 15 tiene su parte inferior 48,68 metros bajo el nivel de las bajas aguas; esta es, según parece, la mayor profundidad que se ha realizado hasta aquí en la fundación de un puente.

En el montaje se han empleado 4.000 toneladas de madera para los andamiajes destinados á montar los tramos del puente situados en tierra y un puente de servicio de 102,50 metros de longitud, de armadura metálica para los tramos en el río, dos

grúas móviles que parten de cada extremo del puente, dos instalaciones de roblonado hidráulico de los tornos móviles, etcétera. Las grandes vigas son del tipo Petit, de 105,30 metros de longitud de centro á centro de los apoyos y 3,60 metros de altura, con un peso de 1.250 toneladas por tramo. Se debían montar tres tramos en el período 1812-13; pero unas huelgas no han permitido llegar á tiempo á las piezas y no sin gran trabajo se las ha podido montar antes de la época de las crecidas.

En la estación de 1913-14 se han colocado seis tramos y, en la orilla derecha, se han montado otros cinco sobre andamiaje en la parte de tierra. De los 15 tramos, cinco se colocaron enteramente ensamblados, dos se ensamblaron completamente en el lugar que habían de ocupar y los otros por partes.

El peso total del metal empleado, no comprendiendo el empleado en las pilas, pero sí los cajones, se eleva á 27.500 toneladas. Se han empleado 1.700.000 roblones; la mayor parte se han colocado con roblonadoras neumáticas, pero, sobre las vigas, se han usado también roblonadoras hidráulicas; se pueden evaluar en 32.000 por tramo el número de roblones colocados por este medio.

La dirección del trabajo se ha distribuido en siete divisiones: las canteras, la construcción de la mitad del puente á partir de la orilla izquierda, la construcción de la otra mitad, la parte mecánica y los talleres, la recepción de las materias procedentes del país y de Europa, el servicio médico y la contabilidad. Cada división estaba á cargo de un Ingeniero que contaba con varios auxiliares.

La parte metálica se ha hecho en Inglaterra según los proyectos de los Ingenieros-consejeros Sir Alexander Rendel y M. F.-G. Robertson, muerto hace poco. La importancia de la obra, el precio siempre creciente de la mano de obra indígena y la necesidad de ir deprisa han obligado á recurrir á procedimientos de construcción más perfeccionados que los que se habían empleado hasta ahora en la India.

Se pueden evaluar los gastos para las diversas partes de las obras en las cantidades siguientes: grandes tramos 18.054.796 rupias; tramos de aproximación 513.849; trabajos preliminares 9.408.448, ó sea un total de 27.976.991 rupias.

En los tramos de que acabamos de hablar se ha empleado la energía eléctrica en gran escala. A causa del gasto considerable que hubiera llevado consigo la colocación de un cable sumergido en el río y las pocas probabilidades que se habrían tenido de poder retirarle del cauce para las reparaciones, se decidió establecer dos estaciones centrales eléctricas, una en Bahirchur en la orilla derecha, otra en Paksey en la orilla izquierda, pero desde que se pudo instalar un cable aéreo á través del río, se suprimió la segunda estación, y todo el suministro de corriente se hizo por la de Bahirchur que era la mayor de las dos.

Después de la terminación de las obras, la totalidad de las instalaciones eléctricas se transfirió al Eastern Bengal Railway para su empleo en los talleres de locomotoras y vagones donde prestan un servicio muy económico.

Ha quedado demostrado que el gobierno por la corriente eléctrica de los aparatos empleados en la construcción del puente Hardinge ha presentado una gran superioridad sobre el gobierno por el vapor, y ha contribuido ampliamente á la rapidez de las obras. Las máquinas son más ligeras, más fáciles de mover y de poner en marcha; estas ventajas resaltan sobre todo en el caso de las amasadoras de hormigón, bombas, etc., y repercuten en los mecanismos de transporte, tales como puentes móviles, grúas, etc. Se evitan también las dificultades del transporte del combustible á los diversos motores de vapor separados, y se economizan también los gastos del transporte por ferrocarril ó por agua.

Resumimos en esta nota el artículo que, dedicado á la descripción de este puente, publican recientemente las *Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs Civils de France*.