

tonelada sobre vagón en Bowling Green, á cuya cantidad se agregó el coste de la carga y transporte al pie de obra; se extendió á razón de una tonelada por cada 20 metros cuadrados.

En el Cuadro III se consigna un resumen de los gastos relativo á la construcción del firme asfáltico.

CUADRO III

	Coste por metro cuadrado. — Francos.	Coste total. — Francos.	Coste proporcional.
Construcción de la caja. Piedra partida al pie de obra.....	0,37	235,88	11,8 por 100
Extensión de la piedra..	0,89	571,30	28,8 »
Cilindrado	0,51	32,30	1,7 »
Roca asfáltica al pie de obra.....	0,06	3,62	0,3 »
Extensión de la misma..	1,55	990,57	50 »
Cilindrado	0,09	59,86	3,1 »
	0,14	90,81	4,3 »
Total.....	3,61	1.984,34	100,8 por 100

(Se continuará.)

Ω.

BIBLIOGRAFIA

ANUARIO DE FERROCARRILES Y TRANVÍAS, 1903.

Tenemos á la vista el libro que con el anterior título viene publicando hace diez y seis años D. Enrique de la Torre, y aparece éste con grandes ampliaciones que le hacen cada vez más útil.

La enumeración de las materias que comprende ocuparía mucho espacio, y todas ellas son muy interesantes y de necesaria consulta para cuantas personas se relacionan con los caminos de hierro bajo su punto de vista financiero, comercial y de interés profesional, por lo que tenemos que contraernos á citar algunas de las informaciones que contiene: *Primera parte.* Datos generales sobre invenciones, bibliografía, ferrocarriles del mundo, producción, comercio, accidentes, velocidades, material y estadística, correos, telégrafos y carreteras. Personal de obras públicas en el Ministerio de Fomento, Divisiones de ferrocarriles y escalafón del Cuerpo de Interventores del Estado.—*Segunda parte.* Razón y domicilio social, capital, Consejos de Administración y personal de cada Compañía de ferrocarriles hasta Jefes de estación; productos y gastos de cada línea por conceptos, material móvil. Ferrocarriles en construcción. Plan de ferrocarriles secundarios.—*Tranvías;* capital, productos, personal y material; ferrocarriles de Francia y Portugal.—*Tercera parte.* Legislación: Extracto de cuantas leyes, decretos, Reales órdenes y Reglamentos se han publicado relacionados con ferrocarriles el año 1907. Ley y Reglamento de ferrocarriles secundarios y estratégicos. Aranceles de Aduana para el material de ferrocarriles. Índice general de nombres que contiene el tomo para saber la Compañía y cargo que ocupa una persona determinada.

Todos los ejemplares van acompañados de un gran mapa á cinco tintas, con todas las estaciones y líneas en explotación y construcción en 1.º de Julio último y líneas del plan de ferrocarriles secundarios.

Cada ejemplar en tela vale 4 pesetas y 3,50 en cartóné. Mapas sueltos á una peseta. Administración, San Vicente alta, 54, Principal. Madrid.

MAREÓMETROS Y MAREÓGRAFOS DE SIFÓN

POR

EDUARDO MIER Y MIURA

PRIMERA PARTE

TEORÍA DE LOS MAREÓMETROS Y MAREÓGRAFOS DE SIFÓN

(CONCLUSIÓN)

Por lo general, los mareógrafos quieren indicar el nivel que el agua tiene en pozos que comunican con el mar, por tubos más ó menos largos y anchos, y desde luego cabe preguntar si ese nivel es ó no el que las aguas tienen fuera.

Desde luego, las alturas que las aguas tengan sobre la boca exterior del mencionado tubo, como quiera que por dificultades técnicas y económicas el tal tubo no puede ser muy largo, serán las que el líquido toma precisamente en las orillas, las cuales, como es sabido, difieren de las que en el mar libre existen, influyendo en ello de poderoso modo la configuración de las costas.

Este defecto puede hacerse desaparecer por completo con los mareógrafos de sifón eléctricos, instalando la estación receptora en un pilote hincado en cualquier bajo y suficientemente alejado de la costa, y puede atenuarse mucho, aun instalando los mareómetros y mareógrafos en la misma orilla, usando el tubo de plomo suficientemente largo; ya que el escaso diámetro y precio de éste, y la pequeñísima cantidad de agua que por él ha de circular, así lo consienten.

Por el tubo de los mareógrafos ordinarios han de correr grandes cantidades de agua, que prontamente llenen y vacíen el pozo, si es que el nivel de éste ha de ser igual próximamente al de las aguas exteriores, y de aqui nace la necesidad de emplear grandes y costosos tubos de fundición, y la de mantener su interior constantemente limpio. Por el tubo de los mareómetros y mareógrafos de sifón han de pasar cantidades insignificantes de líquido, y aun suponiendo que el diámetro del tubo de plomo empleado fuera el mismo que el de cristal en que oscila el mercurio, para estar los mareógrafos ordinarios en iguales condiciones de sensibilidad, fuera necesario que los tubos de fundición tuviesen nada menos que una sección trece ó catorce veces mayor que la del pozo, aun en los casos más desfavorables.

En sí entraña esta ventaja otra no despreciable por ser de escasa influencia en los nuevos aparatos la obturación parcial de los tubos de conducción, mientras que la tiene grande en los ordinarios.

La facilidad con que los tubos de los mareógrafos ordinarios se obturan, que en general no consiente asignarles una vida, en medianas condiciones, superior á cuatro ó cinco años, implica crecidos y frecuentes gastos, que la reposición de esos grandes tubos exige (en el mareógrafo de Cádiz cuesta unas 7.000 pesetas esa renovación), al paso que cambiar un tubo delgado de plomo por otro nuevo, ni presenta dificultad alguna ni acarrea grandes gastos, ya que en unas horas y con unas cuantas pesetas puede hacerse la sustitución deseada.

Exige la igualdad de niveles entre las aguas de los pozos de los actuales mareógrafos y las del mar, que la densidad media de unas y otras sea exactamente la misma, y como la de estas últimas cambia con relativa frecuencia y el pozo y el mar no son más que dos vasos comunicantes por un tubo relativamente estrecho, ni inmediatamente se restablece el equilibrio de densidades ni deja de sumarse este error, aunque pequeño, con los anteriormente anunciados.

En los nuevos aparatos este error es casi nulo, gracias á la facilidad de comunicación que hay entre las aguas del exterior y las que contiene el tubo del aparato.

Acerca de estos cambios de densidades en las aguas del mar, así como de su temperatura, no conocemos ningún estudio completo, y sólo desde hace unos meses se ha comenzado á efectuar en Santander, encontrándose una variación máxima desde 1.º de Septiembre de 1894 á fines de Abril de 1895, de 24,0 á 3,1 del salinómetro, y oscilando las temperaturas de las aguas superficiales desde 20,2 hasta 9,1, en igual período de tiempo.

Otra causa de error, que en los mareógrafos ordinarios existe, proviene del cambio de forma y de peso que el flotante experimenta con el transcurso del tiempo; alteraciones ambas que, tendiendo al mismo fin, pueden producir indicaciones erróneas en los niveles registrados, ya que tanto el aumento de peso que las incrustaciones producen, cuanto las abolladuras que el flotante sufre, aunan sus esfuerzos para dejarle más sumergido de lo que debiera estar.

Verdad es que ese inconveniente puede evitarse con una asidua inspección; pero también es cierto que, habiendo de sacar continuamente el flotante para verificarla, no sólo se habrían de interrumpir frecuentemente los trazados mareográficos, sino que se aumentaría la posibilidad de que por resbalamientos inadvertidos en la cadena resultaran aquéllos notablemente falseados.

Esos peligros, ó no existen del todo en los mareógrafos propuestos ó aparecen tan atenuados en alguno de ellos, que desde luego pueden despreciarse. Aun en el mareógrafo de flotante de hierro macizo, se tiene constantemente bajo la vista todo el mecanismo mientras está funcionando, y no son de temer abolladuras ni adherencias de importancia.

Además, en otra parte de este trabajo hemos hablado de los errores por temperatura y por alargamiento de la cadena bajo los esfuerzos mecánicos, á los que habían de añadirse los de colocación del papel y los que en sí lleva el movimiento lateral de los usuales lápices trazadores, y no hemos de repetir razonamientos ya escritos, en los que probamos que los nuevos aparatos se prestan á introducir correcciones sencillas, que les convierten en instrumentos de observación muy precisos, libres de la mayor parte de las causas de error que hemos enumerado.

La profundidad que las aguas alcancen ya hemos demostrado que no es obstáculo que al uso de los nuevos aparatos se oponga; el temor de que la peculiar índole de éstos impida su empleo en las costas en que descienda mucho la temperatura, al menos en las situadas entre los paralelos en que es lógico que se instalen, tampoco debe existir, porque en contra de lo que á primera vista pudiera creerse, no llegan á congelarse los líquidos que llenan la parte superior del aparato, aun cuando la temperatura del aire sea bastante inferior á 0 grados.

El punto de solidificación del mercurio es $-39^{\circ},5$; los de otros líquidos, tales como el aceite y el alcohol, con los que pudieran llenarse la rama descendente de los mareógrafos de sifón, son á temperaturas también bajas (alcohol, -90° ; aceite de lino, -20° ; aceite de ricino, -18° , etc., etc.), de modo que debe desecharse en absoluto la creencia de que la solidificación de los líquidos haga imposible en ciertos casos el uso de los mareógrafos propuestos; pero aun empleando nada más que mercurio y agua de mar, al menos en las costas de España, no hay cuidado de que la congelación de esta última, que se verifica á $-2^{\circ},5$, impida su uso.

Experimentos hechos por nosotros así nos permiten asegurarlo y la explicación del fenómeno no es difícil, ciertamente, aun suponiendo que se trate del agua destilada, que se congela cerca de 3 grados antes que la del mar.

Recordemos que, según Rossetti, á 0° tiene el agua una densidad de 0,999871, que va aumentando con la temperatura hasta llegar á 1 á los 4° , y que desde aquí vuelve á disminuir valiendo 0,999990 á los 5° , y 0,999824 á los 9° , y recordemos también que en las costas del Cantábrico, aun en inviernos de excepcional crudeza, no descendieran de esta temperatura las aguas superficiales.

Como el tubo del mareógrafo, que va á sumergirse en el agua, contendrá siempre en su parte inferior este líquido, rela-

tivamente caliente, cuando descienda la temperatura de su parte superior, aumentando la densidad del agua, se establecerán á lo largo de aquella rama dos corrientes: una, que asciende de agua caliente, y otra, que de la parte superior baja, de agua fría, y estas corrientes circulatorias, tanto más intensas cuanto mayor sea la diferencia de temperatura, impedirán, dentro de muy amplios límites, el enfriamiento del agua, manteniendo la parte superior del tubo á una temperatura relativamente alta. Acontece, por lo tanto, en este tubo lo que en cualquiera vasija que por su parte inferior se calienta.

En cuanto á la otra rama del tubo que contiene en parte agua y en el resto mercurio, el fenómeno que se verifica es en su esencia análogo al descrito; la columna de agua está calentada por su parte superior y enfriada principalmente por abajo, y en virtud de esta diferencia de temperaturas, deberá establecerse una corriente circulatoria en ciertos casos.

Enfriándose continuamente la columna de agua de esa otra rama del tubo, cuando la parte inferior descienda de 4° , sus moléculas subirán, al paso que las superiores de mayor peso caerán á ocupar el lugar que éstas dejan, y aun cuando ascenderán ligeros copos de hielo, quedarían liquidados por el agua relativamente caliente que en las partes más altas encuentran.

Claro es que, en condiciones excepcionales, tan grande puede ser el descenso de temperatura, que esas corrientes circulatorias no basten para compensar su efecto; pero felizmente, en nuestras costas no son de temer temperaturas excesivamente bajas y sostenidas, y en puntos en que su presencia fuera frecuente, puede recurrirse al empleo de otros líquidos distintos del agua, sin que por esto resulte alterado el modo de ser de los mareógrafos propuestos.

Pudiera creerse que, en este examen que hacemos de los errores inherentes á los mareógrafos ordinarios, había algún apasionamiento en favor de los que proponemos, y para desvanecer esta sospecha, nada encontramos preferible á copiar lo que acerca de ese punto se dice en las publicaciones del Instituto Geográfico por el Sr. Cabello.

Así se expresa en el tomo I de las *Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico*, en su pág. 892, al referir las experiencias hechas en Madrid, en la primavera de 1873, con el mareógrafo de Mr. Adie, que luego se instaló en Alicante.

«Después (de determinar la escala) se hizo oscilar alternativamente el nivel del líquido entre dos puntos de la escala; anotando el camino recorrido por el lápiz en distintas posiciones del flotador y de repetidas pruebas se adquirió la seguridad de que, al cambiar el sentido del movimiento, existía una parte de la variación del nivel que no era acusada por el lápiz, porque el trozo de cadena comprendido directamente entre el flotador y la polea no estaba tendido al subir el flotador. Este retardo en las indicaciones del lápiz, originado por la inercia del aparato, es de igual magnitud en ambos sentidos y se apreció en 0^m,008 de diferencia de nivel, circunstancia que no obsta para la buena aplicación del mareógrafo, y sólo en el caso de que se quiera obtener en absoluto las alturas del nivel en determinados momentos, habría que referir los puntos de la curva á uno de los dos casos de subida ó bajada, por medio de la corrección $\pm 0^m,008$ ».

Tres años después que ese mareógrafo se instaló y estudió el de Santander, acerca del cual estudio se dice en la pág. 615, del tomo IV de las referidas «Memorias», lo que sigue:

«Se procedió después á determinar el error que se había notado al cambiar de dirección el movimiento del flotador, para la que se hizo sensible el movimiento del lápiz; entonces se cambió el movimiento del agua cerrando la llave de desagüe, y abriendo la otra, se vió que, cuando el nivel había variado 0^m,2, el lápiz había recorrido solamente 0^m,033; se cambió la dirección del movimiento, y resultó lo mismo cuantas veces se repitió la operación en uno ú otro sentido; que en los primeros momentos del cambio de dirección, por 0^m,2 de desnivel, el lápiz no recorría más que 0^m,033, es decir, que el lápiz recorría 6^{mm} menos que en el resto de su movimiento, produciendo, por consiguiente,

una curva cuyos vértices están achaflanados y con 6mm menos en la longitud de sus trozos salientes, dando un error de 0m,031 en todos los cambios de movimiento, y que será preciso tener en cuenta en los cálculos.»

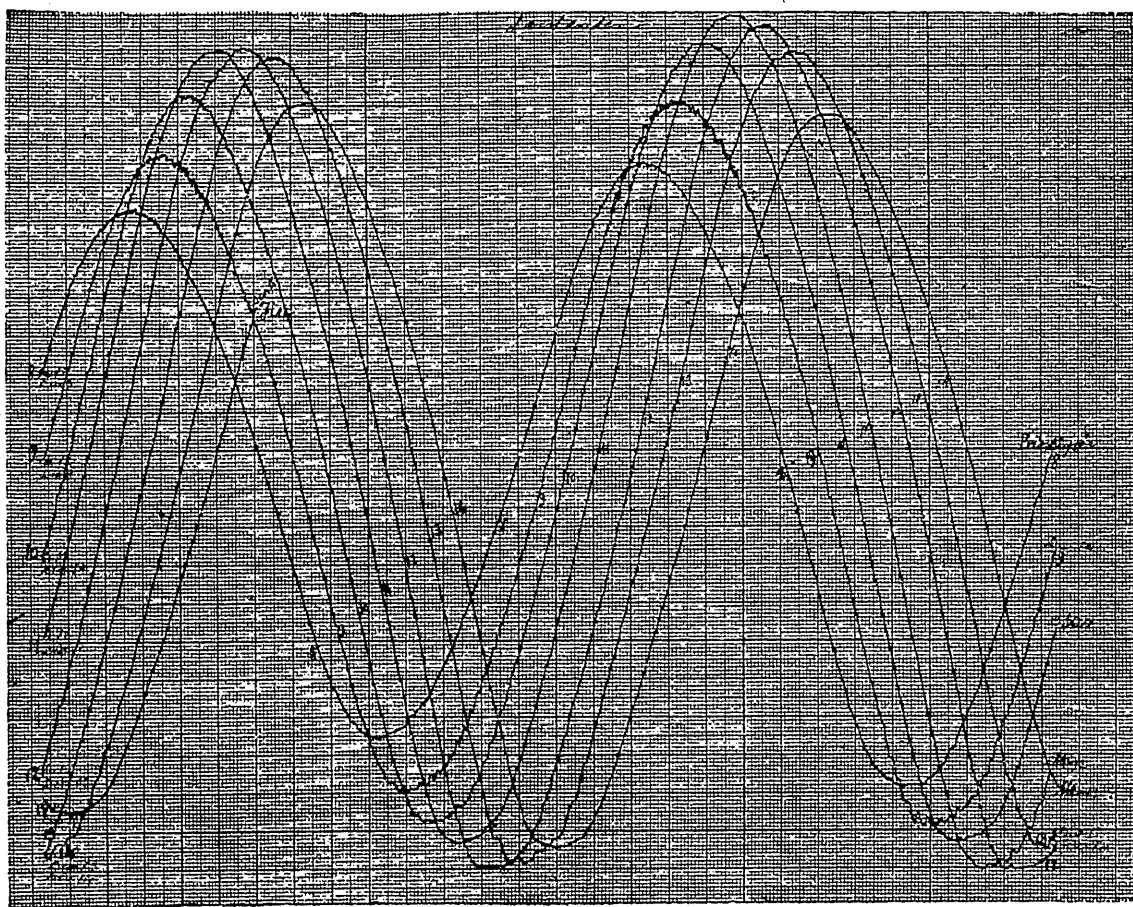
Enfrente de estos efectos de la inercia y de la adherencia entre las superficies de rozamiento, que tan sensibles efectos producen en los mareógrafos ordinarios, aparece la extremada sensibilidad de los nuevos aparatos, experimentalmente comprobada (1), en los que sólo juegan movimientos pequeños de líquidos, con rozamientos casi nulos y cambios de situación de piezas ligerísimas y poco voluminosas, que dan al conjunto todas las condiciones que requieren los aparatos de precisión.

Y si estas ventajas técnicas, que seguramente nadie desconocerá, no aconsejaran la sustitución de los antiguos mareógrafos por los nuevos, y dando, además, por supuesto que todos esos errores se suman y restan de tan caprichoso modo que su influencia final en el nivel medio observado pudiera desprejarse, se conviniera en que tan evidente superioridad no era decisiva, que si lo es en concepto nuestro, todavía quedarían

tablecimiento de estaciones mareográficas con esos aparatos resulte treinta ó cuarenta veces menos costoso que el de las que utilizan mareógrafos de Adie ó de Reitz.

Además, cuando se usan estos últimos aparatos son frecuentes las obturaciones de la cañería que pone en comunicación el pozo, en que se halle el flotante, con las aguas del mar, y llega á ser tal el estado del interior de esas tuberías, en el que se forman voluminosas incrustaciones, que es preciso renovarlas, á costa del mucho trabajo y del cuantioso gasto que generalmente suponen todas las obras que se han de realizar luchando con el mar. En cambio, la obturación de la cañería de los mareógrafos de sifón, aun en el caso de tener que reponer esta última, se reduce á substituir unos cuantos metros de tubo delgado de plomo, operación que fácilmente, y con gasto despreciable, puede hacerse en breve tiempo, no siendo de extrañar, por lo tanto, que los gastos de entretenimiento de estos nuevos mareógrafos sean también muy inferiores á los exigidos por los antiguos.

Precisamente á estas razones de orden económico se debe que el autor ideara, muchos años hace, las disposiciones ante-



tan por encima las condiciones económicas de los mareógrafos de sifón, que no parece lógico dejar de concederles alguna preferencia.

En apoyo de este último aserto, referente á las condiciones económicas de los nuevos mareógrafos, indicaremos que mientras que los de Reitz, Adie y otros modelos análogos exigen la construcción de un edificio especial, relativamente costoso, como la mayor parte de los levantados á orillas del mar, con pozo y cañería de gran diámetro, los de sifón pueden instalarse, á distancia relativamente grande de las aguas, en un rincón de cualquiera de los edificios ya existentes, ó en último extremo en una caseta de pequeñas dimensiones.

Si á tal circunstancia se agrega la de ser los nuevos mareógrafos de precio mucho menos elevado, no extrañará que el es-

teriormente descritas, porque no había medio de conciliar la necesidad de aumentar el número de estaciones mareográficas de nuestro país con los escasos recursos de que disponemos, y creyó cumplir con su deber, como Jefe de los estudios mareógrafos del Instituto Geográfico, indicando la solución que podría adoptarse para armonizar el deseo de que desempeñáramos decoroso papel, por el número y calidad de nuestras estaciones mareográficas, con la imposibilidad de dedicar para satisfacerle cantidades relativamente crecidas.

Y buena prueba de que ese interés era el único que guiaba al autor, se hallará en el hecho de que este modesto estudio se elevó á manos de la Superioridad hace más de trece años, después de algunos otros dedicados á efectuar estudios experimentales de los nuevos aparatos, y que seguramente no hubiera visto la luz pública sin los persistentes requerimientos de varias personas que así lo solicitaron, obligando, con su cariñoso empeño, á sacar de la oscuridad lo que acaso debiera haber continuado en ella, para bien de todos.

(1) Como muestra de las curvas registradas por los mareógrafos de sifón, incluimos la reproducción fotográfica de las obtenidas durante siete días consecutivos con uno de los aparatos de ese género instalados en Santander.