

Segunda posición. Por el mismo procedimiento llegaríamos a las expresiones siguientes, siendo A_2 el origen de coordenadas:

$$(B) \dots M = \Pi F_4(\lambda) + \frac{I}{2} F''_4(\lambda) + \frac{1}{6} [K - (1 - C) \Sigma P_3 x^3] F'''_4(\lambda) + \Sigma P_2(x - a)$$

$$(B') \dots M = \Pi F_2(\lambda) + \frac{I}{2} F''_2(\lambda) + \frac{1}{6} [K - (1 - C) \Sigma P_4 x^3] F'''_2(\lambda) - \Sigma P_3(x - a) - \Sigma P_4(x - a)$$

$$(b) \dots \frac{dM}{d\lambda} = \Pi F'_4(\lambda) + \frac{1}{2} [I - (1 - C) \Sigma P_3 x^2] F'''_4(\lambda) + \Sigma P_2$$

$$(b') \dots \frac{dM}{d\lambda} = \Pi F'_2(\lambda) + \frac{1}{2} [I - (1 - C) \Sigma P_4 x^2] F'''_2(\lambda) - \Sigma P_3 - \Sigma P_4$$

Tercera posición. Teniendo en cuenta que $P_1 = 0$ y $P_4 = 0$ las expresiones M y $\frac{dM}{d\lambda}$ serán:

$$(C) \dots M = \Pi F_3(\lambda) + \frac{I}{2} F''_3(\lambda) + \frac{K}{6} F'''_3(\lambda) + \Sigma P_3(x - a)$$

$$(C') \dots M = \Pi F_2(\lambda) + \frac{I}{2} F''_2(\lambda) + \frac{K}{6} F'''_2(\lambda) - \Sigma P_2(x - a)$$

$$(c) \dots \frac{dM}{d\lambda} = \Pi F'_3(\lambda) + \frac{I}{2} F'''_3(\lambda) + \Sigma P_3$$

$$(c') \dots \frac{dM}{d\lambda} = \Pi F'_2(\lambda) + \frac{I}{2} F'''_2(\lambda) - \Sigma P_2$$

Cuarta posición. Siendo el segundo tramo el cargado las fórmulas son:

$$(D) \dots M = \Pi F_4(\lambda) + \frac{I}{2} F''_4(\lambda) + \frac{K}{6} F'''_4(\lambda)$$

$$(d) \dots \frac{dM}{d\lambda} = \Pi F'_4(\lambda) + \frac{I}{2} F'''_4(\lambda)$$

Igualando a cero la derivada de M con la relación a λ y despejando λ , obtendremos para cada una de las posiciones dichas del tren la particular que produce en la sección el momento flector máximo positivo ó negativo según los casos, pero es preferible llegar a este resultado siguiendo el método que vamos a explicar partiendo de la base de estar dibujadas las líneas de influencia; distinguiremos los casos que se expresan a continuación según sea la posición de la sección B en el tramo y según se trate de hallar el máximo positivo ó el negativo.

ANTONIO LÓPEZ FRANCO.

(Se continuará.)

MAREÓMETROS Y MAREÓGRAFOS DE SIFÓN

POR

EDUARDO MIER Y MIURA

PRIMERA PARTE

TEORÍA DE LOS MAREÓMETROS Y MAREÓGRAFOS DE SIFÓN

(CONTINUACIÓN)

Aparece en ella la inevitable rama libre del mareómetro A , el flotante B y la polea C , montada en una armadura, sujeta a la boca del tubo. Pasa por esa polea el cordón DD , de cuyo extremo derecho pende un delgado tubo de cristal EE , guiado por cuatro anillos fijos gg , cuya sección horizontal, en mayor tamaño, va indicada en el mismo grabado, en S .

Sumérgese una de las ramas de ese sifón en un depósito de

agua FF , de nivel constante, ó de dimensiones suficientemente grandes para que, prácticamente, pueda admitirse esa constancia y puede moverse la otra en el interior de un tubo de mayor diámetro, que sale de la boca de un frasco G .

Una vez cargado el sifón, la cantidad de agua que del depósito F se transvase al frasco G , claro resulta que es proporcional para una situación dada, al tiempo en que esa transvasación se verifique; y que, para posiciones diferentes, en el mismo espacio de tiempo, la cantidad de líquido que en el frasco G se recoja, será proporcional a la diferencia de nivel que exista entre la superficie líquida de FF y el extremo de la rama de sifón E' .

Hay, por lo tanto, proporcionalidad directa entre las cantidades de agua que a G pasan y los desniveles antes citados; la hay también entre aquéllos y los tiempos, y existirá proporción directa entre los productos de los desniveles por los correspondientes tiempos y las cantidades de aguas transvasadas.

Supongamos elevado el sifón hasta que su rama E quede a flor de agua, y fácilmente se ve que los desniveles de que antes hemos hablado no son otra cosa que las elevaciones que la superficie del mercurio en la rama A va experimentando, y como éstas son directamente proporcionales a las aguas del mar, por esta larga

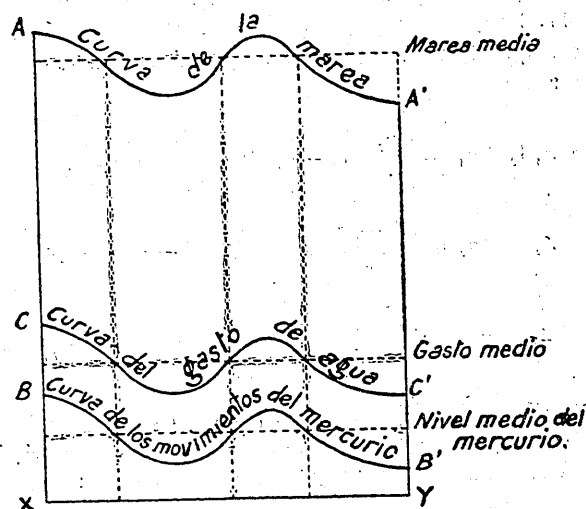


Fig. 22.

serie de relaciones que hemos enumerado, resulta en definitiva que el agua recogida en el frasco G , durante un espacio determinado de tiempo, siendo directamente proporcional al producto de las alturas que el agua de mar ha ido tomando por el tiempo en que se han sostenido en ellas, es, ni más ni menos, que el valor de la superficie $XAA'Y$ (fig. 22), multiplicado por un coeficiente de proporcionalidad.

En esa figura, al par que sobre el eje XY de los tiempos se han levantado las ordenadas $XA \dots YA'$, que miden las alturas de las aguas del mar, hemos representado en la curva BB' las correspondientes oscilaciones del mercurio, y en CC' los gastos de agua del sifón, resultando tres curvas iguales ó posiciones distintas de una misma. La cantidad de agua recogida da directamente la superficie $XCC'Y$ y su división por XY proporciona el gasto medio del que inmediatamente se deducirá la marea media.

Aclaremos todo esto con un ejemplo. Si N es el número de centímetros cúbicos de líquido recogidos en el frasco durante veinticuatro horas, el cociente $\frac{N}{86400s}$ nos dará el gasto me-

dio $g = \frac{N}{86400s}$, y como a cada gasto corresponde una posición fija del sifón, sabremos cuál es la de su vértice E , y, por lo tanto, la del mercurio y la de la superficie del nivel del mar, ó sea el nivel medio de éste durante las veinticuatro horas consideradas.

Tanto este mareómetro totalizador, como el precedente, tienen el defecto de no indicar cuáles sean los máximos y mínimos

valores que las alturas de las aguas tomen; datos ambos de gran importancia para las aplicaciones prácticas de esos aparatos. Pero ese defecto puede subsanarse fácilmente, bastando para ello colocar un cilindro *H* (fig. 21), giratorio á voluntad, sobre el que se arrolla una hoja de papel cuadrículado, en la que traza la pluma ó lápiz *n*, sujeto al sifón por el brazo *r*, una ordenada *mn*, que indica las situaciones extremas del nivel del mar.

Cada veinticuatro horas, en la generalidad de los casos, se

moverá á mano el cilindro *H*, y escribiendo en el trazo que á cada día corresponda la lectura del contador ó del frasco *G*, que darán condensadas en una hoja, en la forma que la figura 23 expresa, todas las observaciones que á un mes correspondan.

Ese mismo cilindro puede emplearse para la graduación experimental de los aparatos, observando á cada posición de *n* la lectura que da el contador ó el gasto que el sifón efectúa, y formando una tabla

Mes de Enero	
Días:	
1	59
2	47
3	46
4	41
5	39

Fig. 23.

de dos columnas en que consten los resultados, que servirá después para el cálculo de cotas.

La medida del agua que el frasco *G* contenga se hará valiéndose de probetas graduadas, con las que fácilmente se aprecian cuartas partes de centímetros cúbicos, y el diámetro del sifón puede elegirse del tamaño conveniente, con arreglo á la mayor ó menor precisión que en las observaciones trate de conseguirse.

26.—Mareógrafos de inscripción mecánica.

Acabamos de indicar (fig. 21) cómo pueden obtenerse las máximas y las mínimas ordenadas sobre un cilindro *H*, y claro es que el conjunto del mareómetro, con su flotante y polea, y del cilindro, constituyen un mareógrafo de máxima y mínima de inscripción mecánica.

Si en vez de mover ese cilindro diariamente á mano, le dotamos de un movimiento continuo de relojería, evidente es que obtendremos un mareógrafo en toda la acepción de la palabra, dándonos curvas mareográficas, que nos permitan conocer todas las variaciones que el nivel líquido experimenta y los instantes en que se han producido.

Á la inscripción hecha por lápices ordinarios, ó por punzones que arañen superficies ennegrecidas, creemos preferible la obtenida por medio de las plumas con tinta del sistema Richard, que este habilísimo constructor emplea en la multitud de aparatos de precisión que fabrica.

Esa pluma resbalará entre dos guías, colocadas paralelamente á las generatrices del cilindro *HH*, y exige para moverse un esfuerzo casi nulo; así es que solamente deberá pesar el flotante unos cuantos gramos y los efectos de la inercia podrán desprejarse por completo.

De ese modo será posible obtener inscripciones mareográficas en la escala de $\frac{1}{14}$ ó $\frac{1}{15}$, que serán suficientes en la generalidad de los casos; pero si se necesitara menor reducción, podría recurrirse á poner el flotante en la rama libre de un mareómetro de tubo auxiliar, ó bien hacer que el flotante *B* actúe sobre una polea de pequeño diámetro y la pluma sobre otra de mayor radio, etcétera, etc.

Sin más detalles fácil es darse cuenta de las ventajas de tener á la vista el pozo *A* del mareógrafo y de poder usar mecanismos

delicados que consienten grandes precisiones, imposibles de obtener con los pesados aparatos que los pozos ordinarios exigen en los mareógrafos al uso.

27.—Mareógrafos de inscripción fotográfica.

Hace años indicamos todas las ventajas que la determinación del nivel medio del mar podría obtener, á juicio nuestro, del empleo de la fotografía, arte precioso llamado á sustituir al observador, en plazo no lejano, en todas las observaciones de alguna precisión: amplitud de las oscilaciones del péndulo, paso de éste por la vertical, paso de las estrellas por los hilos del retículo, etcétera, etc.; sustitución de la que hablamos en más oportuno lugar al describir *El Gravígrafo*, por nosotros ideado; desde entonces la perfección creciente de los procedimientos fotográficos y la aplicación que van recibiendo en todas las ciencias han hecho nacer aparatos curiosísimos y delicados, cuya descripción huelga por completo en este escrito.

No de estos últimos tiempos, sino de fecha relativamente remota, datan los barómetros y termómetros fotográficos, y análogo á éstos es el mareógrafo que proponemos.

Todo el artificio consiste en dejar una ranura en la tabla en que está colocado el mareómetro, y precisamente detrás de una de las ramas de él. Esa tabla es una de las caras de una caja cerrada, en cuyo interior está colocado un cilindro de eje vertical, provisto de movimiento de relojería, y sobre el cual está arrollado un papel, sensible á la acción de la luz.

Una de las generatrices de ese cilindro queda detrás de la ranura, de que hemos hecho mención, la cual, estando tapada en parte por la columna de mercurio del mareómetro, deja pasar la luz sólo en la parte superior, resultando de aquí que el cilindro de papel sensible aparece sin impresionar en longitudes iguales á las de la columna de mercurio que obtura la ranura.

En la industria corriente se construyen esos cilindros de registro fotográfico, que pueden utilizarse desde luego en los mareómetros y que consisten en uno exterior, fijo, provisto de una ranura, y en otro concéntrico é interior á éste, sobre el que se arrolla el papel sensible.

No hemos de ocultar que para esta aplicación concreta de que hablamos consideramos inferior el registro fotográfico á cualquiera de los varios que indicamos, por exigir aquél la existencia de un foco luminoso fijo y resultar caro su empleo.

28.—Mareógrafos de inscripción electro-automática.

La variedad de los tipos de mareógrafos de sifón de registro eléctrico es, en realidad, poco menos que inacabable, pudiendo combinarse con el principio que en los mareómetros de sifón se emplea todos aquellos en los que se fundan los muchos mareógrafos eléctricos ya ideados, y consintiendo, además, la especial índole de aquellos aparatos disposiciones nuevas y sencillas.

El sistema de mareógrafos eléctricos que vamos á describir puede variarse de modos muy diversos y aplicarse al registro á distancia de gran número de aparatos; pero lo sustancial, que no sólo estamos seguros de que es original, sino que creemos, además, que es nuevo, lo indicamos en la siguiente descripción.

La estación transmisora, situada á orillas del mar, nada distinto ofrece de la que describimos al tratar de los mareómetros eléctricos (fig. 15), y no hemos de repetir iguales ó parecidas palabras.

En la estación receptora existe el cilindro *A* (fig. 24), provisto de su correspondiente movimiento de relojería, para que en aquél queden inscritas, en la forma que ahora indicaremos, las variaciones del nivel del mar que puedan producirse á muchos kilómetros de distancia.

La parte inferior del cilindro lleva una rueda dentada *B*, que da movimiento, por medio de un tornillo sin fin *CD*, á una linterna *E*, cuyas barritas, en vez de ser rectilíneas, son arcos de círculo, que presentan su concavidad al exterior. En esa linterna

engranan constantemente las puntas metálicas puestas en la llanta de una rueda *F*, cuyo eje de giro *ab* puede á su vez girar ligeramente en torno de *G*, en uno ú otro sentido.

Ese eje *ab*, de hierro ó acero, está algo ensanchado en la parte *a* y en la *b* lleva una linterna, animada, cual el eje de que es solidaria, de un movimiento de rotación, casi uniforme y pocas veces interrumpido. La pieza *G* que lleva los muñones del eje citado, tiene, además, un ligero contrapeso *H*, que obliga á la pieza *ab* á permanecer horizontal mientras no intervengan otras fuerzas que la gravedad.

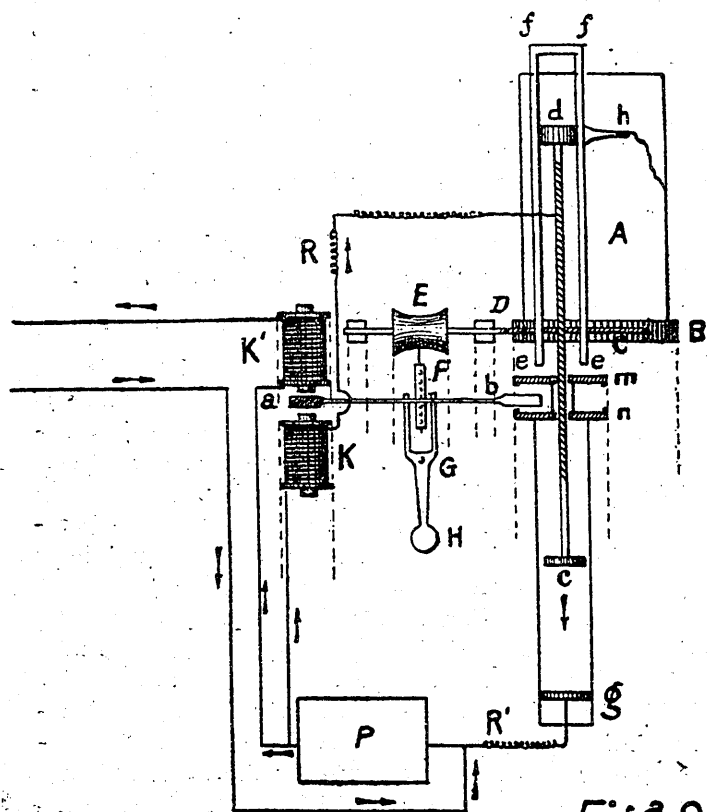
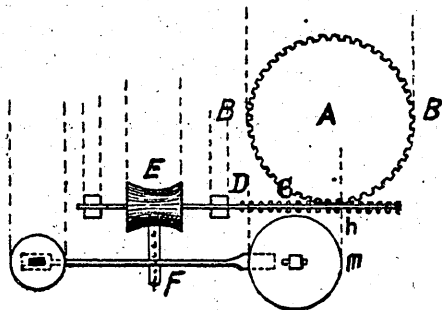


Fig. 24.



La linterna *b*, en esa posición horizontal, queda entre dos ruedas horizontales *m* y *n*, que son solidarias, y cuyos planos interiores llevan puntas metálicas destinadas á engranar con ella, cuando se eleve ó descienda la linterna de aquella posición.

Esa rueda *mn* puede girar en la boca de un tubo, de igual diámetro que el de la estación transmisora y sirve de tuerca á un largo vástago *dc*, que sube ó baja á lo largo del tubo según el sentido en que *mn* gire, resbalando la pieza rectangular *d* entre dos guías *ef*, que no la consienten otros movimientos que los verticales.

Forma cuerpo con esa pieza *d*, una lámina metálica *h*, en cuyo extremo hay una pluma inscriptora del sistema Richard, que trazará sobre el cilindro *A* las curvas mareográficas.

De uno de los polos de una batería de pilas *P*, parten conductores á los carretes *K* y *K'*, y la corriente del primero, pasando por la resistencia *R* y por el vástago móvil *dc*, atraviesa la columna líquida *cg* y por la resistencia *R'* llega al otro polo de la pila, cerrando la corriente.

El fluido eléctrico conducido al carrete *K'* sale de éste, y por uno de los alambres de línea llega á la estación transmisora, atraviesa en ella la columna líquida que corresponde al nivel que las aguas tengan, y por el otro alambre de línea vuelve á la pila.

Casi inútil es advertir que *R* y *R'* están calculadas de tal modo, que las resistencias de los dos trozos de circuitos derivados de cada polo de la pila, y comprendidos entre estos puntos de derivación y los de entrada en los líquidos de las estaciones receptora y transmisora, sean iguales.

De ese modo, mientras las dos columnas líquidas *cg* tengan la misma resistencia, ambas corrientes derivadas serán de la misma intensidad, y al circular por los dos carretes iguales *K* y *K'* producirán efectos de atracción del mismo valor y de sentido contrario sobre la armadura *a*, que permaneciendo en relativo reposo, por lo tanto, también dejará en su posición el vástago trazador *de*.

Si la resistencia aumenta en la columna líquida de la estación transmisora, siendo menos intensa la corriente que por *K'* circula, preponderará el efecto atractivo del carrete *K*, el eje *ab* girará ligeramente en torno de *G*; la linterna *b* engranará la rueda *m*, y girando toda la tuerca *mn*, elevará el vástago *ed*, hasta que, ofreciendo la columna *cg* la misma resistencia que en la estación transmisora, se equilibren ambas corrientes derivadas, y se restablezca la posición de partida, hacia la que constantemente está solicitado el eje *ab* por el contrapeso *H*.

Si, por el contrario, decrece la resistencia de la columna líquida de la estación receptora, preponderará el efecto de *K'*; la linterna *b* se aplicará contra la rueda *n*; la tuerca girará en sentido inverso de antes y el tornillo *dc* descenderá, hasta disminuir la resistencia de *cg* en la cantidad necesaria.

Corresponde, por lo tanto, á cada variación del nivel del mareómetro de la estación receptora otro igual y del mismo sentido en la pluma *h*, y la curva que obtengamos sobre el cilindro *A* será fiel expresión de los cambios de altura del nivel del mar.

Á primera vista ocurre señalar como defecto de este mareógrafo la existencia de choques entre la linterna *b* y las ruedas *m* y *n*; pero á poco que se estudie este asunto desvanécese por completo tal opinión.

Basta para ello tener presente que, aun cuando supongamos el cilindro *A* de medio metro de largo y que en veinticuatro horas próximamente ha de recorrerlo la pluma *d* en sentido de su eje cuatro veces (dos en cada sentido), resultaría una velocidad media de $\frac{2m}{86400} = 0,023$ por segundo, número que, aun admitiendo $1mm$ como paso del tornillo *cd*, exige 23 milésimas de vuelta por segundo á la tuerca *mn*.

Haciendo mayor el radio de la linterna *b* que el de las ruedas *m* y *n*, evidente es que resultaría una velocidad para aquella aún menor que la anteriormente calculada; pero aun siendo mayor (de 25 milésimas de vuelta al segundo, por ejemplo), todavía resultará animada la linterna de tan lento movimiento, que nada podrá temerse de los choques que produzca.

Una de las mayores ventajas que, á juicio nuestro, tiene el mareógrafo propuesto, es la facilidad con que puede variarse la escala de las curvas mareográficas, gracias al fundamento esencial del aparato de haber de ser iguales las resistencias eléctricas de las columnas líquidas *cg* en las estaciones transmisora y receptora.

Si suponemos que se emplea el mismo líquido en ambas estaciones, siendo las longitudes *cg* inversamente proporcionales á las secciones internas de los tubos, claro es que, variando estas últimas de conveniente modo, puede conseguirse que á una pequeñísima variación de la longitud de la columna líquida en la estación transmisora corresponda otra muy grande en la receptora, ó bien puede obtenerse la variación inversa.

Pero sin necesidad de cambiar los tubos que contienen las columnas líquidas, puede variarse la escala cuanto se quiera, sin más que usar líquidos de diferente resistencia eléctrica en

cada una de las dos estaciones, porque si el empleado en la estación receptora es, por ejemplo, de una resistencia específica mitad de la que el otro tiene, á una variación dada en la columna de éste corresponderá otra de doble longitud, en la estación receptora, que la compense.

Analíticamente puede expresarse cuanto acabamos de indicar teniendo presente que si α , l y s son los coeficientes de resistencia específica, la longitud y sección de la columna líquida de la estación receptora y α' , l' y s' representan análogas cantidades en la de origen, el modo de ser del mareógrafo exige que:

$$\frac{\alpha l}{s} = \frac{\alpha' l'}{s'}$$

de donde:

$$l' = l \frac{\alpha}{\alpha'} \times \frac{s'}{s} \text{ ó } \frac{l'}{l} = \frac{\alpha}{\alpha'} \cdot \frac{s'}{s} = \frac{\alpha}{\alpha'} \cdot \frac{r'^2}{r^2}$$

Teóricamente, la relación $\frac{l'}{l}$ puede variar desde 0 á ∞ y en la práctica es posible conseguir valores muy diversos para la escala.

Siendo el mismo líquido el empleado en ambas estaciones ó $\alpha = \alpha'$

$$\frac{l'}{l} = \frac{r'^2}{r^2}$$

y si $r' = \beta r$, siendo β un coeficiente auxiliar,

$$\frac{l'}{l} = \beta^2,$$

de modo que, con hacer el radio del tubo de la estación receptora 2, 3, 4... n veces mayor que el de la transmisora, la escala será 4, 9, 16... n^2 más grande.

Con que r valga 5 mm. y r' 3 cm., magnitudes ambas que prácticamente pueden conseguirse, ya resulta la ampliación de 36 más que sobrada, y sin llegar á este número excesivamente grande, aun sin recurrir al uso de tubos anchos, de barro ó porcelana, que en la estación receptora pudieran usarse, y empleando sólo los corrientes tubos de cristal, fácil es ver que pueden obtenerse las escalas que se necesiten.

Por otra parte, las resistencias eléctricas de los líquidos desde la del agua destilada y las de los aceites, que prácticamente es infinita, hasta las del mercurio y de las disoluciones concentra-

das de ácidos, de bases y sales, varían en tales términos, que solamente con la elección juiciosa de líquidos distintos puede conseguirse que la relación $\frac{\alpha}{\alpha'}$, y la escala, por lo tanto, tome el valor que se desee, aun empleando tubos de iguales diámetros en ambas estaciones.

Casi inútil es añadir que ambos medios, empleo de líquidos distintos y de tubos de desigual diámetro, pueden combinarse haciendo que sus efectos se sumen, y que, cuando se tratara de obtener trazados de gran precisión, fácil es eliminar prácticamente la influencia de los cambios de temperatura en las resistencias eléctricas por el adecuado empleo de sustancias que en ellas se empleen, para establecer las necesarias compensaciones.

Aparte de esta aplicación á los trazados mareográficos, que del aparato descrito hemos hecho, compréndese que, sin grandes modificaciones y aun sin variarle en nada, pudiera emplearse en aquellos problemas de electricidad que exigen igualar automáticamente las corrientes de dos circuitos ó conservar una relación dada y constante entre ellas; pero tales aplicaciones, muy importantes sin duda alguna, quedan fuera de los estudios á que el actual trabajo se refiere.

Pudiera éste alargarse, combinando nuevos tipos de mareómetros y mareógrafos, ya que á ello se presta la flexibilidad de los principios que utilizamos; pero ante el temor de cansar en exceso el ánimo del lector y ante la seguridad de que sobra con los tipos propuestos para atender á todas cuantas exigencias puedan tener los indicadores del nivel de los líquidos, damos por terminada esta parte meramente descriptiva.

29.—Ventajas de los mareómetros y mareógrafos de sifón.

Por más que toda comparación esté reputada de odiosa, y á más de serlo resulte poco modesta cuando uno de los términos que en ella han de figurar sea en cierto modo propio, cual en este caso nuestro sucede, no hay más medio que dejar escrúpulos á un lado y exponer claramente los defectos de los mareógrafos conocidos, que al no existir en los propuestos ó al aparecer en ellos algo atenuados, hacen resaltar implícitamente las ventajas de los últimos.

Obligados á ello, expongamos una crítica desapasionada de los aparatos más empleados en el estudio del nivel del mar, haciendo aparecer primeramente las ventajas técnicas de los nuevos aparatos y más tarde las económicas.

(Se continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Sobre las grandes oscilaciones en un medio resistente y sobre las aplicaciones para determinar la resistencia del aire.—Zimmerman, „Sitzungsberichte der Kon. preussischen, Akad. der Wissenschaften (Diciembre, 1907).

Los ensayos de tracción eléctrica á gran velocidad han puesto bien de manifiesto el predominio de la acción del viento en el conjunto de las resistencias. Las experiencias del autor han demostrado, en confirmación de los trabajos de von Loeszl (1896), que una superficie rectangular normal á su trayectoria sufre una resistencia sensiblemente proporcional al cuadrado de la velocidad entre 5 y 58 metros por segundo, y que ella empuja por delante una columna de aire en reposo (denominada *Lufthügel*

por von Loeszl). La influencia de las formas de un vehículo es mucho más complicada. Con un cortavientos de dos caras planas, la presión unitaria en la arista no disminuye, pero disminuye rápidamente sobre las paredes laterales hasta el punto de venir negativa, como se ha podido confirmar.

Las investigaciones concienzudas hechas por la Sociedad de Estudios para la tracción eléctrica, bajo la dirección de Denninghoff en 1904 (*Glaser's Annalen*, Junio, 1906), han consistido en someter á oscilaciones pendulares modelos reducidos de diversas formas de vehículos; se contaba para cada tipo el número de oscilaciones necesarias para obtener una reducción determinada en la amplitud inicial y se les clasificaba en consecuencia.

Experimentos completamente análogos se han hecho al mis-