

ÍNDICE.

	Páginas.
Oficina Central Meteorológica de Francia.....	7
Observatorio de Montsouris.....	11
„ Real de Bruselas.....	13
Gabinete Seismológico Cecchi en Florencia.....	16
Estación sísmica del P. Bertelli en Florencia.....	19
Archivo Geodinámico Central de Roma.....	21
Oficina Central de Meteorología y Geodinámica de Roma.....	24
Observatorio de Moncalieri.....	26
Instituto Central de Meteorología de Viena.....	29
„ Meteorológico de Berlín.....	31
Observatorio de Marina de Hamburgo.....	34
„ Real de Madrid.....	38

CORRECCIONES.

Página.	Línea.	Dice.	Léase.
16	3ª	Ximenano	Ximeniano
17	26	imitados	instalados
17	30	ontinuo	continuo

ESTUDIO

DE LOS

NIVELES DE BURBUJA

POR

D. FRANCISCO GARIBAY

Socio de número,
Conservador de los Gabinetes de Topografía y Astronomía
de la Escuela Nacional de Ingenieros.

Los niveles, de la misma manera que todos los aparatos que sirven para determinar cualquiera cantidad, nunca la dan con exactitud, y por tanto es necesario estudiar la influencia de cada uno de los elementos que componen un nivel de burbuja en la sensibilidad del aparato.

Para el estudio de la sensibilidad tomaremos como límite de la misma un segundo, puesto que el menor valor apreciado por los instrumentos más delicados es de un segundo, y tomaremos como límite fácilmente sensible de las variaciones de la burbuja, un milímetro.

Los elementos de que se compone un nivel son:

I. Vaso, II. Líquido y III. Gas ó vapor.

I. El vaso influye por la forma y dimensiones de su superficie, pues esta tiene que ser de tal naturaleza que si al objeto en que está colocado el nivel se le imprime un movimiento de rotación al derredor de un eje horizontal, la burbuja también se

desaloje, y que si el movimiento de rotación del nivel es uniforme, el relativo de la burbuja también lo sea.

La única forma que satisface esta condición es la esférica y en consecuencia la que deberá darse á los niveles.

Siendo el objeto de los niveles medir ángulos muy pequeños, no hay necesidad de que tengan mucha amplitud angular y por tanto bastará tomar en lugar de toda la superficie esférica la de un casquete para superficie del nivel. Respecto de las dimensiones se comprende fácilmente que mientras mayor sea el radio de curvatura, para el mismo valor angular, mayor será el desalojamiento de la burbuja. Así para niveles que tengan la forma esférica y cuya sensibilidad sea de un segundo, será necesario emplear un casquete que tenga por lo menos de diámetro 12 metros, y de radio de curvatura 206.

Veamos ahora si es posible encontrar otra forma que aunque no indique el desnivel en todos sentidos no tenga el inconveniente de ser muy estorbo. La forma que primero se ocurre es la de un sólido de revolución engendrado por el movimiento de un arco de círculo al derredor de su cuerda; en efecto, esta forma reúne las condiciones de ser curva y de que la curvatura sea uniforme; pero tiene el inconveniente de que la burbuja no permanece de las mismas dimensiones en toda la longitud del tubo, á causa de que la curvatura en el sentido trasversal no es uniforme.

Desechada la forma anterior necesitamos encontrar otra que satisfaga las mismas condiciones y además la de curvatura uniforme en el sentido trasversal. La única forma que satisface todas las condiciones predichas es la tórica y por lo tanto la que deba darse á los niveles.

Cuando el vaso tiene la forma tórica la burbuja conserva las mismas dimensiones siempre que el eje de la superficie de revolución está horizontal; pero cuando está inclinado, ni la curvatura del arco que recorre la burbuja es uniforme, ni ésta conserva las mismas dimensiones; para obviar estos inconvenientes es necesario que el nivel sea muy poco sensible en el sentido

trasversal. Como la sensibilidad es proporcional al radio de curvatura, daremos al vaso gran radio en el sentido de la longitud y muy pequeño en el de la sección meridiana; más esto nos acarrearía la manifestación de los fenómenos capilares y haría que la burbuja no se desalojase sino con mucha dificultad. Esto quedará subsanado si en lugar de la superficie tórica pura empleamos la engendrada por la sección meridiana que resulta de la intersección de dos circunferencias de radios muy desiguales, sirviendo para cara superior la de menor radio. Tal es en efecto la forma que hoy se da á los niveles.

II. El líquido influye en la sensibilidad por su fluidez y adhesión (tomando la palabra fluidez en el sentido de gran movilidad en sus moléculas); en efecto, mientras sea más fluido las moléculas se moverán con mayor facilidad, lo que hará que tan luego como el vaso varíe de posición el equilibrio de la masa líquida se rompa y para que se restablezca se desalojará la burbuja. El rozamiento es proporcional á la presión y varía con la naturaleza de los cuerpos que están en contacto; por tanto, será necesario emplear líquidos que tengan poca densidad y muy poca adhesión con el vidrio. Veamos ahora si el líquido debe mojar ó no al tubo. Si no lo moja la forma del menisco será convexa y por lo mismo la separación, á igualdad de dimensiones, de la burbuja entre el líquido y el vidrio será menor que en el caso en que lo moje, lo que ocasionará que los fenómenos de capilaridad se presenten y la burbuja se divida. Además, se necesita mayor esfuerzo para que un líquido se mueva sobre un sólido cuando éste está seco, que cuando está lubricado por el mismo líquido.

De lo anterior se deduce que los líquidos más ventajosos son el alcohol y el éter.

III. Habiendo ya visto los dos primeros elementos que forman el nivel, pasemos á ver qué condiciones necesita llenar el tercero. Lo mejor sería que el espacio que queda desocupado por el líquido no tuviera ningún gas ó vapor, pues de esta manera el movimiento del líquido se efectuaría con mayor libertad;

pero esto no es posible á causa de las propiedades que tiene que poseer el líquido. Por tanto no nos queda por resolver sino la clase del gas que ha de llenar ese espacio. Supuesto que el líquido necesariamente ha de emitir vapores, lo mejor será que el espacio libre del líquido se llene con los vapores del mismo, pues de esta manera la persistencia que se opone al movimiento de éste será menor.

Las dimensiones de la burbuja tienen que ser tales que aunque haya variaciones de temperatura conserve dimensiones adecuadas. Es también necesario que al llenar los niveles se deje bastante grande la burbuja, si la operación se hace á una temperatura baja, para que cuando el instrumento soporte las altas el líquido tenga espacio suficiente para dilatarse, pues sin esta precaución el tubo se rompería.

Siempre que los niveles puedan separarse fácilmente del instrumento á que pertenecen, ó tomar un movimiento de rotación al derredor de un eje horizontal, es cómodo que tengan la disposición siguiente:

El nivel se divide por medio de un tabique de corcho en dos compartimentos bastante desiguales y que estén comunicados por su parte inferior; al llenarlos se tiene cuidado de que el líquido ocupe toda la parte mayor y un poco de la menor; así cuando la temperatura se eleva no habrá sino volver la parte pequeña hacia abajo para que pase un poco del líquido y aumente en sus dimensiones la burbuja; lo contrario se hará cuando la temperatura descienda.

Los niveles deben colocarse en estuches metálicos que les permitan las correcciones de variación en la altura de sus extremos y de verticalidad del mayor paralelo de la superficie tórica. El paso de los tornillos que verifican la primera corrección debe estar arreglado á la sensibilidad del nivel; en efecto, si consideramos dos posiciones de éste y la variación que haya tenido en altura el tornillo que ha producido este cambio de posición, veremos que forman un triángulo rectángulo en el que el cateto menor es la variación de altura del extremo, el mayor la dis-

tancia horizontal que hay entre los dos tornillos y el ángulo opuesto al primero no es otra cosa que la inclinación del eje del nivel; pues bien, este último debe tomar valores mínimos iguales á la aproximación del instrumento, y si suponemos que podamos dar á los tornillos un centésimo de revolución, el paso nos será dado por la fórmula

$$P = 100a \operatorname{tang.} S$$

siendo a la distancia horizontal y S el ángulo de sensibilidad, que por ser muy pequeño podrá tomarse el arco y entonces quedará

$$P = 100 a S. \operatorname{arc.} 1''.$$

Si los niveles se emplean para nivelación topográfica deberán ser tan sensibles que la tangente del ángulo de sensibilidad á la distancia que se coloca la mira sea menor que $0^m 001$. Si se usan en instrumentos angulares habrá que emplear de dos especies, unos, poco sensibles, para tomar ángulos azimutales, y otros, iguales á la aproximación del instrumento, siempre que se tomen distancias zenitales.