

SERIE 5.<sup>a</sup>

NÚM. 41

# ANALES

DE LA

## UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

PERIODICO OFICIAL DE LA UNIVERSIDAD DE QUITO, DESTINADO AL FOMENTO DE LA INSTRUCCION PUBLICA Y AL CULTIVO DE LAS CIENCIAS Y LAS LETRAS EN EL ECUADOR.



### CONTENIDO.

DEL CENTRO DE INSTRUCCION INTEGRAL

*Física aplicada á la Medicina, Cirugía, Higiene y Farmacia, por el Sr. Dr. D. José María Troya.—Actas del Consejo General de Instrucción Pública.—Boletín Universitario.*

QUITO.

Imprenta de la Universidad Central del Ecuador.—Director, Nicauer J. Artoleda.

1891.

# ANALES DE LA UNIVERSIDAD DE QUITO.

SERIE V. } Quito, agosto 30 de 1891. { NUMERO 41.

## CIENCIAS.

FISICA APLICADA A LA MEDICINA, CIRUGIA, HIGIENE Y FARMACIA.

(Continuación).

Aurícula derecha.....	2 <sup>mm</sup> , 5
Ventrículo derecho.....	25 <sup>mm</sup> , 0
Ventrículo izquierdo.....	125 <sup>mm</sup> , 0

Los valores absolutos de estos números parecen enteramente reducidos, pero su comparación demuestra la grande diferencia de fuerza de los dos ventrículos: la del ventrículo derecho no es sino  $\frac{1}{5}$  de la del izquierdo, lo cual está en relación también con la masa muscular de los dos corazones y con la resistencia de las dos circulaciones.

Fíjese también la atención en que las cifras dadas representan columnas de mercurio que tienen por base la superficie de cada uno de los órganos considerados, y se verá que el peso es grande, ó lo que es lo mismo, la fuerza del corazón bastante notable.

**II Trabajo mecánico del corazón.**—Los datos que se han recogido á este respecto están calculados lo mismo que en las máquinas. Después de sustituir en la fórmula **Tm.—Tu.—Tr.** [en la que **Tm** quiere decir trabajo motor; **Tu** trabajo útil y **Tr** trabajo de resistencia], los valores correspondientes al corazón izquierdo, resulta que á cada sístole corresponde un trabajo tal, que podría elevar 362 gramos á un metro de altura, lo que da por 24 horas [poniendo 80 pulsaciones por minuto] la enorme cifra de 729, 392 kilogramos elevados á un metro de altura, ó 7,593 kil. á 100 metros.

**182 Resistencia producida por la discontinuidad de las columnas capilares.**—Cuando en un tubo capilar penetra cualquiera gas en estado libre y circula algún líquido por aquel, el gas intercepta la columna líquida y ofrece bastante resistencia á la circulación.

M. Jamin ha podido elevar la presión hasta 3 atmósferas sin que el líquido encerrado en el tubo capilar se pudiese en movi-

miento con solo aumentar el número de burbujas interruptoras.

Fundándose en esta resistencia que oponen los gases á la circulación, se han explicado las funestas consecuencias de las *embolias gaseosas* que casi siempre acarrean la muerte.

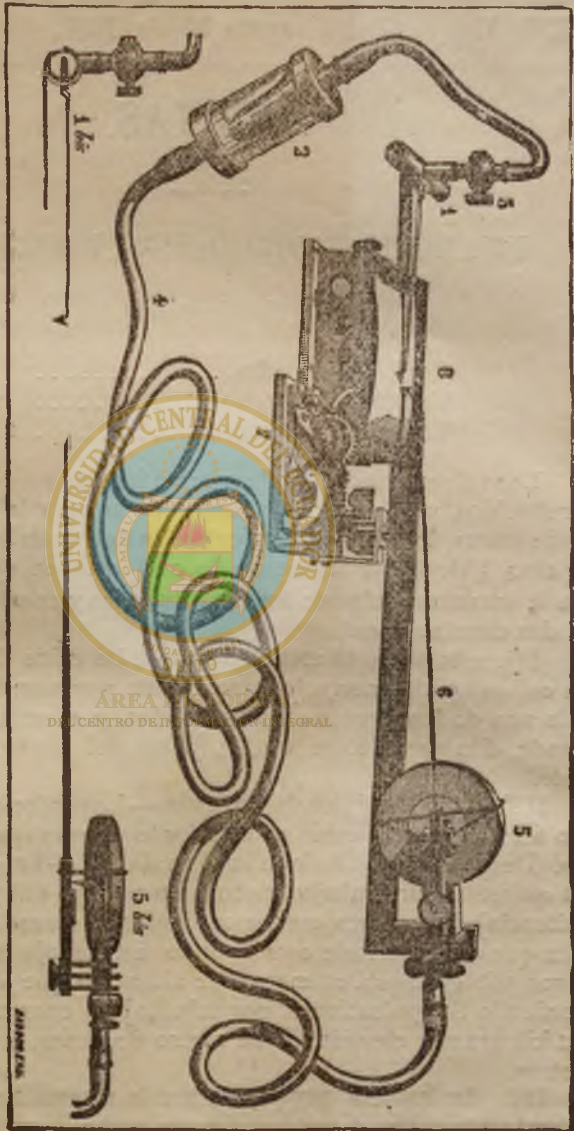


Fig. 30.—Hemadromógrafa de Chauveau perfeccionada por Lortet (1/2 del tamaño natural).  
[1] Tubo metálico que debe ser atravesado por la corriente sanguínea y que lleva la palanca del hemadromógrafo.—  
[2] Tubo metálico que debe ser atravesado por la corriente sanguínea y que lleva la palanca del hemadromógrafo.—  
[3] Tubo de caucho que transmite las pulsaciones al aparato poligráfico 3 y 6.—[4] Tubo de caucho que transmite las pulsaciones al aparato poligráfico 3 y 6.—[5] Detalles de este aparato representando la palanca y el tambor sobre el que reposa.—7 y 8]. Aparato registrador común al hemadromógrafo y al esfigmoscopio, compuesto de un mecanismo de relojería y de una carta de papel que se desdobra de debajo de las dos palancas registradoras.

183 Aplicaciones a la circulación de la sangre de las leyes del movimiento de los líquidos en los tubos elásticos. —Las leyes del movimiento de los líquidos en los tubos elásticos son directamente aplicables á la circulación de la sangre. Los



vasos sanguíneos forman dos sistemas de tubos elásticos, el de la gran circulación y el de la pequeña, hallándose las dos en comunicación la una con la otra. En el origen de cada uno de estos sistemas, la contracción de los ventrículos determina la formación de una onda positiva que marcha alejándose del centro motor ó de impulsión, mientras que en la otra extremidad, la dilatación de las aurículas produce una onda negativa que se acerca al centro de acción ó centro motor. Estos dos movimientos ondulatorios obran en el mismo sentido sobre la corriente sanguínea; pues, mientras la onda positiva hace avanzar la sangre por las arterias, la onda negativa atrae la sangre hácia las venas para de aquí pasar al corazón.

La onda positiva es la más fuerte de las dos, porque es ocasionada por la contracción ventricular que tiene mucha mayor energía que la aspiración de las aurículas al dilatarse.

La onda positiva se propaga con bastante fuerza en todo el sistema arterial, y sólo se debilita en las arterias por la multiplicidad de las bifurcaciones; al paso que la onda negativa es muy débil en todo el trayecto venoso, y solamente en las inmediaciones del corazón se deja sentir con alguna fuerza.

La circulación de la sangre depende en parte de las condiciones en las que se propaga la onda, y en parte, del ritmo de las contracciones cardiacas. Durante el tiempo de reposo del corazón, la velocidad de la corriente debe ser nula en el origen del sistema arterial: á esta altura el corrimiento es *intermitente*; mas, como los latidos del corazón se suceden á intervalos bastante cortos en las arterias que emergen de la aorta, ya no hay interrupción en la oleada sanguínea, pero tampoco bastante regularidad para que la corriente sea continua é igualmente veloz, lo que sí sucede en el sistema capilar en el que la corriente es ya bien regular. En los gruesos troncos venosos la velocidad presenta de nuevo remisiones periódicas producidas por la onda negativa; no obstante, la corriente no toma el carácter de verdadera intermitencia no siendo en las venas que abocan directamente en las aurículas.

Estudiando de este modo la circulación se comprende muy bien, cómo por un mecanismo tan sencillo de

contracción y dilatación alternativas de las aurículas y de los ventrículos camina rápidamente la sangre, y con intermitencias en las cercanías del corazón, en donde la sangre no tiene que desempeñar ningún objeto fisiológico: mas, en donde debe haber cambios, como es en los pulmones tomando el oxígeno del aire, y en los tejidos de los órganos cediendo los materiales para la nutrición, la corriente es lenta continua y regular.

Veremos en seguida que esta regularidad no tanto proviene del movimiento del corazón cuanto de la elasticidad de las arterias.

184 Influencia de la elasticidad de las arterias sobre el gasto ó pérdida.—Algo hemos visto acerca del oficio importante que desempeña la elasticidad de las arterias en la circulación, oficio que Weber ha comparado muy bien á la cámara de aire de una bomba de incendios.

A la elasticidad de las arterias se debe el cambio de movimiento intermitente en continuo: la elasticidad *almacena*, por decirlo así, una parte de la fuerza desenvuelta por el corazón, para restituirla en el momento del diástole, pero sin añadir nada á la fuerza del corazón.

En efecto, la fuerza de impulsión cardíaca hace que las arterias se dilaten en el momento del sístole; mas, por su elasticidad recobran su primitivo estado contrayéndose; pero como esta contracción sobreviene ya cuando el corazón está en diástole, es decir, en el momento en que se halla en reposo la oleada sanguínea, se sigue que, á la fuerza intermitente del corazón sucede otra proveniente de la elasticidad arterial, que se efectúa precisamente en el momento en que debería suspenderse la corriente sanguínea; de lo que proviene que la circulación sea en las arterias delgadas continua, aumentando por otro lado la pérdida ó gasto del líquido.

En resumen, la elasticidad arterial no solamente hace continuo el corrimiento de la sangre, sino que aumenta el gasto de ésta por disminuir el roce por la elasticidad arterial. De esto resulta para el corazón un ahorro ó economía considerable de fuerza. Al contrario, la pérdida de la elasticidad arterial aumenta el roce y por tanto el trabajo del corazón, y, como consecuencia de ello, resulta casi siempre la hipertrofia del órgano, como se ve en los ancianos, en los que desaparece

la elasticidad arterial por la osificación.

185 Del pulso arterial bajo el punto de vista físico.—La onda positiva que recorre el sistema arterial produce el fenómeno de la *pulsación*. Los caracteres físicos del pulso arterial constituyen los hechos más importantes del funcionamiento del aparato de la circulación.

El número de pulsaciones arteriales en un tiempo dado es igual á las ondas producidas en el origen de éstas, ó lo que es lo mismo, al número de latidos del corazón. Toda alteración en el ritmo del pulso debe referirse á irregularidades en los latidos del corazón, sea que la pulsación varíe en su fuerza, ó en el isocronismo [tiempos iguales].

Pero los caracteres distintivos de cada pulsación en particular dependen, bien sea del modo como la onda toma nacimiento en el origen del sistema arterial, ó bien del estado de las paredes vasculares. En cuanto á este último punto es necesario distinguir el estado de repulsión más ó menos grande de los vasos y el grado de tensión de las paredes vasculares.

En efecto, cuanto más llena de sangre se halla una arteria, tanto más considerable es la tensión de las paredes; pero esta tensión depende también de la contractibilidad arterial. Cuando las fibras musculares lisas que entran en la composición de la túnica media de las arterias entran en contracción, cierran éllas el calibre del vaso aumentando la tensión, al paso que disminuye ésta cuando hay relajación de las fibras. Basándonos en estas consideraciones, distinguiremos el pulso *lleno* y el *vacio*; el *duro* y el *blando*. El pulso es lleno cuando la arteria está repleta de sangre, y es duro cuando la tensión del vaso es considerable.

Para juzgar del estado de las paredes arteriales, no deja de tener importancia la claridad más ó menos grande con que se percibe la pulsación.

El pulso *debil* reconoce por causa, ora una disminución de energía de las contracciones del corazón, ora la interposición de partes blandas entre la arteria y el instrumento que la percibe, ora un apretamiento del calibre del vaso, ora, enfin, la falta de elasticidad de las paredes arteriales; en este último caso la pulsación puede faltar casi enteramente; esto es lo que acontece en los



viejos en quienes la osificación de las arterias hace que desempeñen el oficio de tubos rígidos.

Siendo el dedo poco á propósito para percibir las variaciones del pulso, se ha recurrido á instrumentos más ó menos precisos para poder apreciar sus alteraciones. Estos instrumentos describen líneas más ó menos curvas según la naturaleza de la pulsación en las que se lee las variaciones, para lo cual se atiende al *ascenso*, al *vértice* y al *descenso* de cada curva.

Las diferencias que se pueden encontrar se reducen á los puntos siguientes:

1º *Rapidez de la ascensión*.—Cuando el ascenso de la pulsación es rápido, se dice que el pulso es *veloz*, en oposición al lento.

2º *Frecuencia de las curvas*.—Cuando en tiempos iguales las curvas se repiten en mayor número, se dice que



Fig. 31.—Trazo del pulso frecuente y veloz.



Fig. 32.—Trazo del pulso raro y veloz con descenso lento



Fig. 33.—Trazo del pulso dicrótico.



Fig. 34.—Trazo del pulso lento.

el pulso es frecuente; y raro cuando aquellase repiten de vez en cuando. Las figs. 31 y 33 representan un pulso frecuente y al mismo tiempo veloz, y la 2 un pulso raro.

No habrá de confundirse el pulso veloz con el frecuente,

ni el lento con el raro. La *velocidad* proviene de la rapidez de la pulsación, y la *frecuencia* del mayor número de pulsaciones en un tiempo dado; así como la *lentitud* proviene del mayor tiempo que emplea la arteria en herir el dedo, y la *rareza* del corto número de pulsaciones en un tiempo dado. Así pues, un pulso puede ser frecuente y lento á la vez, y otro veloz y raro.

3º *Rapidez del descenso.* Algunas veces la pulsación desciende muy pronto después de haber llegado á su máximun de elevación; la fig. 33 nos da un ejemplo de esto. Otras veces se mantiene á la misma altura durante algún tiempo y desciende después muy lentamente: véase la fig. 32.

4º *Monocrotismo y dirotismo.*—El pulso se dice *monócoto* cuando cada pulsación se compone de una sola línea de ascenso y de otra de descenso; se dice, al contrario, que es *dicrото* ó rebotante, cuando entre dos latidos principales se interpone otra pulsación de menor fuerza; de esto resulta que la línea trazada no es regular, y presenta en un punto de su trazo una curva secundaria más ó menos marcada y sinuosa [fig. 35].

La pulsación secundaria puede mostrarse, sea durante el período de ascenso, lo que es raro, ó sea en el de descenso. [fig. 35].



Fig. 35 Trazo de los latidos del corazón tomado con el *cardiógrafo* de Marey.

Indiquemos ahora las causas físicas de estas diversas formas.—El pulso es tanto más veloz cuanto que la oleada sanguínea es proyectada en el origen del sistema arterial con más rapidez; luego el pulso veloz indica que el *sístole* ventricular es rápido. Puede también tener otra clase de significación é indicar que la sangre encuentra menos resistencia que de ordinario al entrar en el sistema arterial; por esto este pulso se observa también en la *insuficiencia aórtica*.—La frecuencia de los latidos arteriales no proviene sino de la frecuencia de los *sístoles* ventricularès, así como la rareza de los primeros depende de la rareza de éstos. Varía esta clase de pulsación según la edad y la naturaleza de la enfermedad.

La rapidez del descenso proviene enteramente del estado de las paredes arteriales; pues esta es tanto mayor cuanto más elásticas son las arterias, porque entonces la vuelta de las arterias á su estado se hace con ener-



jía, lo que no sucede en los tubos rígidos; pues en ellos la reacción es nula así como la dilatación; y entonces la oleada sanguínea se contrae lentamente; esto sucede cuando las arterias se han osificado en los ancianos.

El rebote del pulso ó dicrotismo se observa notablemente en los casos en que la pulsación desciende rápidamente pero al mismo tiempo las arterias poseen un poco de elasticidad, pero no perfecta. Esta forma del pulso se observa con preferencia cuando la tención de las paredes arteriales ha disminuido notablemente, cosa que se observa en las enfermedades febriles y más particularmente en la fiebre tifoidea.

Por otra parte el dicrotismo está favorecido cuando existen obstáculos al curso de la sangre más acá ó más allá del punto explorado. Esto se demuestra especialmente haciendo una pulsación en un tubo elástico lleno de agua.

186 Estigmógrafos.—Los estigmógrafos son aparatos ó máquinas destinadas á dar á conocer gráficamente los latidos arteriales. Los hay de varias clases, siendo los principales los que voy á describir.

En 1855 Viérordt fué el primero que tuvo el pensamiento de un instrumento de tal naturaleza. Consistía en una palanca metálica de tercer género, cuyo punto de aplicación del lado de la potencia se apoya sobre la arteria. Esta palanca lleva á su extremidad un pincel destinado á trazar sobre una cinta de papel envuelta en un cilindro metálico las osilaciones del vaso arterial. Este instrumento bastante sencillo pero demasiado pesado, lo perfeccionó el Sr. Marey sustituyendo la palanca metálica con otra formada, parte de madera y parte de aluminio [fig. 36], y convino ingeniosamente el sistema de palancas á fin de dar al aparato bastante sensibilidad. La palanca principal *a* recibe el movimiento de otra inmediata á beneficio de un vástago vertical en forma de tornillo, el cual engrana finamente en una pequeña polea que se halla en el eje transversal de la palanca *a*. Por último, junto al aparato y formando un solo cuerpo se halla una pequeña máquina de relojería que es la que hace andar de derecha á izquierda la cinta de papel LM en la que hace los trazos la palanca. Para aplicar el instrumento sobre el brazo del individuo cuya arteria radial se

examina, se lo ata suavemente con una cinta de seda y se va levantando ó bajando el tornillo P que es el que comprime ó afloja la placa que reposa sobre la arteria, hasta que la palanca *a* siga los movimientos arteriales: cuando éstos son regulares y bastante pronunciados, se pone en movimiento la cinta de papel levantando el escape del aparato de relojería. Entonces la palanca va señalando los trazos en el papel, sea con un punzón metálico, ó lo que es mejor, con tinta colocada de antemano en la extremidad de la palanca.

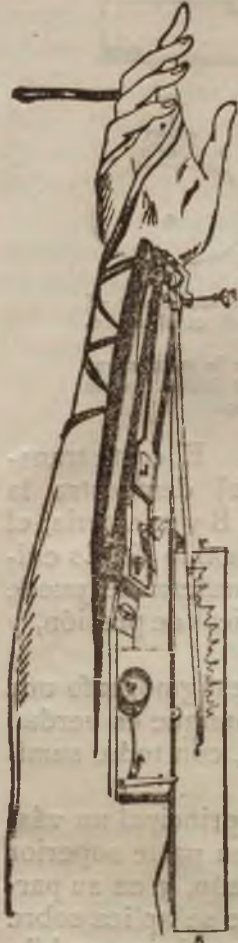


Fig. 36. Esfigmógrafo de Marey.

El instrumento de M. Marey así dispuesto no tiene todavía el perfeccionamiento que es de desearse. El principal de los inconvenientes es el de no darsiempre indicaciones iguales aunque el ensayo se haga en un mismo individuo y en observaciones seguidas; porque el resorte que comprime la arteria puede estar más ó menos fuerte lo que da lugar á trazos diferentes. A fin de obviar este inconveniente, M. Behier propuso una importante modificación, cual fué la de añadir al instrumento un pequeño dinamómetro que indique el grado de compresión de la arteria.

La fig. [37] representa en 1 la perspectiva, y en 2 el corte de este nuevo esfigmógrafo. En C se ve un tornillo de presión provisto de cuatro aletas: girando este tornillo en sentido conveniente, se aplica el resorte sobre la arteria, y la presión desenvuelta se mide por el número de divisiones que ha corrido el disco D, para lo cual, el tornillo C lleva un piñón dentro que engrana en los dientes del platillo D. La aguja E indica el punto de partida de la presión y el número de gramos que la representa. La canal metálica F que sostiene el aparato y que se aplica sobre el brazo, no está formada como en el instrumento de Marey por pla-

cas movibles sino fijas; siendo invariable, permite colocar el aparato sin que la palanca toque la arteria mien-

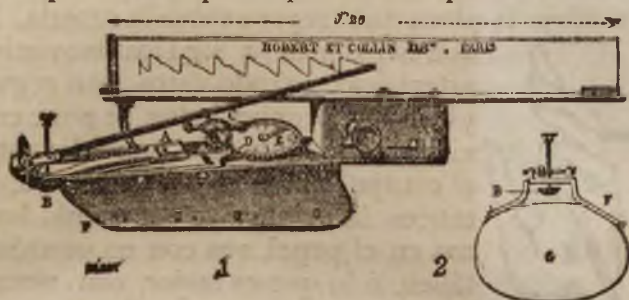


Fig. 37.—Esfigmógrafo de Behier.

1. Vista del conjunto del aparato.—A B Resorte modificado.—C tornillo de presión.—E Aguja del dinamómetro.—F canal que recibe el antebrazo:

2. Corte transversal del instrumento al nivel de la palanca que comprime la arteria.—B palanca del resorte.—C F lámina fija que descansa sobre el antebrazo.—G Corte del antebrazo.

tras se lo acomoda para la observación. El corte transversal del instrumento y del brazo [2] demuestra la independencia completa entre el resorte B y la arteria, el que no la toca sino cuando se baja el tornillo G. Es evidente que, con un aparato de esta naturaleza se puede manipular siempre en condiciones idénticas de presión, y obtener trazos semejantes entre sí.

M. Longuet ha adoptado para su esfigmógrafo una disposición diferente de la presente, y aunque es verdad que no carece de algunas imperfecciones, con todo, suministra indicaciones importantes.

Dicho instrumento tiene por pieza principal un vástago vertical A [fig. 38] que remata en su parte superior en una rueda que mueve la pluma ó punzón, y en su parte inferior en una pequeña palanca que se aplica sobre la arteria. Los dos ejes transversales sostienen un hilo que se envuelve alternativamente ya sobre el uno ya sobre el otro. Un resorte doble CC, obliga á descender al tallo cuando ha sido levantado por la arteria. Como en el aparato de Behier una aguja I recibe su movimiento del tallo A por la presión de la placa sobre la arteria, así como la fuerza de proyección de la pulsación.

El eje F lleva una rueda H á la cual el tallo A hace describir un arco de círculo en relación con la altura del movimiento rectilíneo. Una pluma ordinaria G se halla unida á la circunferencia de la rueda H, de manera que



pueda trazar una línea horizontal á cada movimiento vertical de la barra A.

La cinta de papel sobre la que se recibe la curva es larga y se halla movida por un mecanismo de relojería contenido en la caja M.

La manera de usar de este instrumento es muy sencilla. Basta hacer colocar el brazo de la persona examinada en la canal NN, bajar luego todo el aparato por medio del botón V, y dirigir el tallo A sobre la arteria explorada.

187 **Cardiógrafo clínico.**—M Marey ha descrito con este nombre un aparato registrador que no es otra cosa que un esfigmógrafo modificado de tal manera que se puede aplicar sobre la región precordial, dando así trazos de los latidos del corazón.

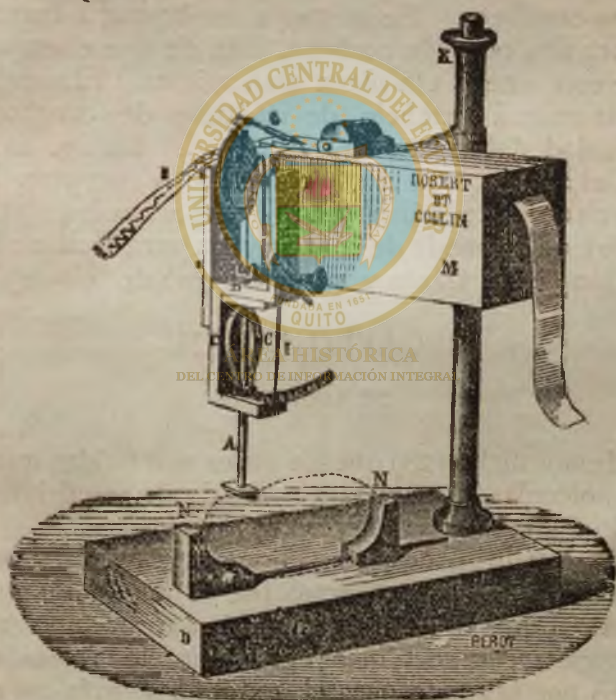


Fig. 38.— Esfigmógrafo de Longuet.

A Tallo vertical cuya extremidad inferior se aplica sobre la arteria. B eje movable al rededor del cual se arrolla el hilo.—CC resorte que impide que la placa abandone la arteria.—D Pie del instrumento.—H cuerda que recibe el movimiento del tallo A por la palanca E.—G Pluma que unida á la rueda H forma los trazos sobre la cinta de papel.—I Aguja del dinamómetro.—M Mecanismo de relojería.

El aparato se compone de dos partes principales,

un *transmisor* y un *receptor*. El transmisor está representado en la fig 39 en su tamaño natural, dividida por

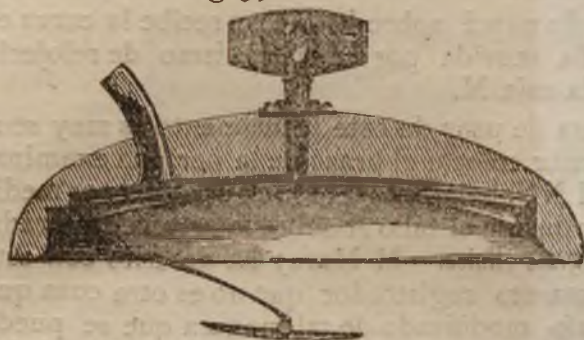


Fig. 39 Cardiógrafo clínico de M. Marey (transmisor, tamaño natural).

el medio para hacer ver el mecanismo interior. Consiste en una especie de ventosa aplastada de madera, cuya abertura se aplica en el pecho sobre el

latidos cardíacos. Se lo apoya con bastante fuerza para obtener una oclusión perfecta, á fin de que el corazón levante con energía la placa transmisora. El movimiento se transmite á beneficio de un tubo de caucho por la elasticidad del aire encerrado en él. La fig. 40 representa el aparato completo transmisor y receptor. En ella se ve claramente la disposición del aparato inscriptor (polígrafo), de la banda de cinta rayada para facilitar la comparación de los trazos y el mecanismo de relojería.

#### CAPÍTULO XIV

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL  
DE LOS GASES.

Hemos dicho (28) que los gases son fluidos que tienen sus moléculas en constante estado de repulsión obedeciendo á una fuerza poderosa el calor.

El estado gaseoso lo suponen los físicos constituido por moléculas pequeñísimas [de  $\frac{1}{2}$  á 1 billonímetro de diámetro] que se mueven en todas direcciones siguiendo trayectorias rectilíneas con notable velocidad [461 metros por segundo para el oxígeno y más del cuádruplo para el hidrógeno]. Esta facultad ha sido denominada por los físicos con el nombre de *expansión de los gases* ó simplemente *expansibilidad*.

Los principios ó axiomas de Pascal y Arquímedes que hemos anunciado al hablar de los líquidos son también aplicables á los gases en toda su extensión; por lo cual nos parece excusada cualquiera explicación.

188 Peso específico de los gases.—Los gases así como todos los cuerpos de la naturaleza son pesados, pero su peso es incomparablemente menor que el de los líquidos y sólidos. Siendo la expansibilidad una fuerza intrínseca



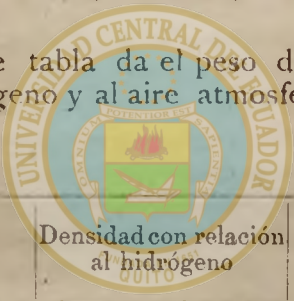
Fig. 40 Cardiógrafo clínico de Marey [aparato completo que comprende el transmisor y el receptor].

que obra en todos sentidos sobre las moléculas gaseosas, la acción de la gravedad permanece más ó menos la misma á no ser que las moléculas se alejen notablemente del



centro de la tierra, en cuyo caso decrece en razón inversa del cuadrado de las distancias (97). Pero hay otras dos fuerzas que obrando en diverso sentido la una de la otra modifican notablemente el volúmen, y por tanto, el peso de los gases. Estas fuerzas son el calor y las presiones exteriores: el calor aumenta la expansibilidad y por tanto, disminuye la densidad relativa del gas; por el contrario, la presión de cualquiera manera que se ejerza, disminuye el volúmen del gas aumentando su peso. Por esta razón para tomar el peso específico de un gas con proligidad es preciso determinar el grado de temperatura y la presión exterior. Se ha convenido en adoptar la temperatura del hielo fundente, es decir, el 0 de la escala termométrica, como propia para la averiguación del peso específico de los gases á la presión de una atmósfera, ó sea, la de una columna mercurial de 0,76 centímetros de mercurio.

La siguiente tabla da el peso de varios gases con relación al hidrógeno y al aire atmosférico:



Nombre de los gases	Densidad con relación al hidrógeno	Densidad con relación al aire
Hidrógeno .....	1	0,06922
Nitrógeno .....	14	0,97137
Oxígeno .....	16	1,10563
Cloro .....	35,2	2,44
Hidrógeno protocarb.	8.	0,559
Oxido de carbono....	13,95	0,967
Bioxido de N.....	14,99	1,038
Hidrógeno sulfurado..	17,2	1,1912
Protóxido de azoe....	22,0	1,527
Acido carbónico.....	22,05	1,52901
Aire .....	14,44	1,00000

189 Ley de Mariótte.—Los gases así como tienen la propiedad de dilatarse cuando no encuentran obstáculo, así también son capaces de reducir su volúmen por la presión. Para aumentar ó disminuir el volúmen de un

gas, no hay más que aumentar ó disminuir la presión.

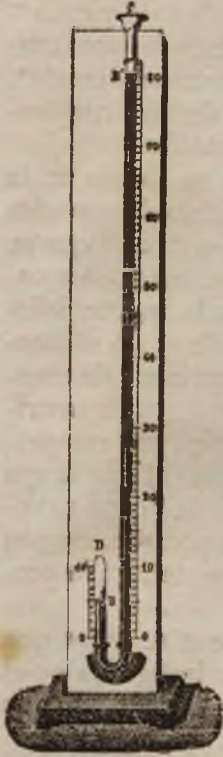


Fig. 41. Tubo de Mariotte.

El tubo de Mariotte [fig. 41] llamado así por el físico que estableció la ley de la compresibilidad de los gases, se compone de una tablilla vertical á la cual se halla unido un tubo de vidrio encorvado en forma de U de ramas desiguales, de las cuales la mayor B tiene una tablilla dividida en centímetros, y la menor D divisiones de igual capacidad.

Para hacer el experimento se comienza por introducir en el interior del tubo por la abertura de la rama mayor un poco de mercurio, cuidando de dejar escapar algo de aire de la rama menor, á fin de que el nivel del mercurio en las dos ramas sea el mismo y corresponda en ambas al o de las escalas, en cuyo caso la presión interior de la rama menor será igual á la exterior de la atmósfera. Dispuesto esto así y colocado el instrumento en la posición vertical, se vierte mayor cantidad de mercurio por la rama C con lo cual el aire contenido en la rama menor D habrá disminuido de volú-

men en proporción á la presión ejercida por el líquido metálico. Así, si la columna de mercurio es de 0,76 centímetros, se habrá reducido el volumen del gas á la mitad; si es de  $2 \times 76,3 \times 76$  & el volumen del gas disminuirá proporcionalmente á  $\frac{1}{4}$  á  $\frac{1}{8}$  del volumen primitivo

Teniendo en cuenta este hecho, Mariotte estableció la siguiente ley: *á igualdad de temperatura los volúmenes de los gases están en razón inversa de las presiones que soportan.*

Esta ley no obstante no es absoluta y general á todo grado de presión; pues los estudios de M. Remault, y después los de M. Cailletet, han demostrado que la ley no es exacta cuando se pone en juego grandes presiones, ni la relación es la misma para todos los gases.

190 Fuerza elástica de los gases.—Manómetro. A pesar de no ser la ley de Mariotte general para todo grado

de presión, no obstante, como se la considera exacta hasta algunas atmósferas, se ha aprovechado de esta circunstancia para la construcción de los manómetros de aire comprimido, mientras haya que medir presiones ordinarias.

Hay tres especies de manómetros, el de aire comprimido, el de *aire libre* y el *manómetro metálico*.

El manómetro de aire comprimido se funda en la misma ley de Mariotte: es un tubo de vidrio de paredes gruesas y cerrado por una extremidad, sobre el que se han practicado algunas rayas que indican capacidades cada vez más reducidas  $\frac{1}{2}$   $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{4}$   $\frac{1}{5}$  &c. En la parte inferior del tubo embona un casquillo metálico; en el interior del tubo debe ponerse de antemano un poco de mercurio para que la presión exterior que se trata de averiguar obre sobre él y no directamente sobre el gas comprimido, porque de otro modo se confundirían el gas cuya presión se mide con el aire encerrado en la parte superior y destinado á señalar los grados de presión. Según las divisiones á que llegue el mercurio, se tendrá la presión de 2, 3, 4, 5 &c atmósferas.



Fig. 42 Manómetro de aire libre.

El manómetro de aire libre que la representamos en la fig. 42 es el más sencillo, pero también el que puede medir menor número de atmósferas. Consta simplemente de un tubo largo de vidrio encorvado y abierto por sus dos extremidades en el que se vierte cierta cantidad de mercurio. Una de las extremidades, la C por ejemplo se pone en comunicación con un reservorio R donde se halla el gas ó vapor cuya tensión se trata de medir. En el momento en que se establece la comunicación, la columna mercurial se eleva en una de las dos ramas, según sea la fuerza que predomina. Si, por ejemplo, es la atmósfera la más pesada, se elevará el mercurio en la rama B C; pero si es el gas el que más tensión tiene, subirá el mercurio en la rama. A.

Continuara