

Aparatos nuevos de Psicopedagogía para experiencias y observaciones

El metodismo técnico de la experiencia psicológica deriva de la psicología general, bajo cuyo nombre se comprende la doctrina de las manifestaciones conscientes completamente desarrolladas. Si queremos aplicar observaciones experimentales á la psicología infantil y á la pedagogía, tendremos forzosamente que partir de los métodos de la psicología general, y por cierto que, con el tiempo, se establecerán procedimientos especiales para cada una de las distintas disciplinas; pero, ¿cuál será el camino á seguir para llegar á la perfección? No se puede aún prever, y solamente se conocen hoy algunas normas.

Ya en la exposición de los métodos de la psicología general, se ha discutido la naturaleza de los experimentos prácticos que no debe depender de una cantidad de aparatos más ó menos caros y complicados; al contrario, conviene que la experiencia se avenga con el menor número posible de aparatos y eventualmente aún sin su intervención, lo que se estimaría muchísimo tanto en la psicología infantil como en la pedagogía. Sin embargo, podría ser fatal para el desarrollo de la psicología infantil y la pedagogía si se hiciera de esta máxima una premisa indiscutible.

Ninguna consideración sobre dificultad de un experimento debe desligarnos del más común de todos los principios científicos: cuanto más arduo sea un problema, más exacto debe ser el método de resolverlo. Por consiguiente, no se podrán evitar los medios complicados ni tampoco aparatos para guiar el estudio de la psicología infantil y de la pedagogía. Quisiera subrayar lo anterior precisamente en lo que se refiere á la psicología infantil. Esta, desde su origen, se ha ocupado, como se sabe, casi exclusivamente, del desarrollo del niño en sus primeros años de edad, por lo que los experimentos, en frente de la psicología general, deben ir perdiendo su valor según la naturaleza de los casos. A nosotros, los maestros, nos interesa ante todo, la psicología del niño de escuela. Y en esto creo poder afirmar que, al observar niños de diez á catorce años, se obtiene una sensible aproximación y á veces un

apoyo directo al método practicado para adultos; y también creo que al niño de seis años debe aplicársele los métodos de la psicología general y no los relativos á niños de los primeros años de edad (1).

Lo que se ha dicho de los métodos vale también para los aparatos.

La parte práctica de los experimentos, estrechamente ligada al tecnicismo de la psicología general, es susceptible también de perfeccionarse. La transformación de los aparatos, para nuestros fines, debe acomodarse á las exigencias prácticas. El experimentador, ante todo, debe ser el maestro; pero éste no podrá empeñarse mucho en detalles técnicos que, á su vez, podrían distraerlo de su objeto principal que es y debe ser su absoluta ilustración psicológica. Debemos por consiguiente, dedicarnos á simplificar los instrumentos y hacerlo de tal modo que, con unas cuantas instrucciones, se puedan manejar con provecho y sin mayor ni previa preparación técnica. Además de una manipulación fácil, los aparatos serán de transporte liviano y de precio moderado. Estas condiciones se llenarán sin detrimento de su precisión. Especial cuidado merecen los aparatos demostrativos para enseñanza seminarista y para observaciones colectivas, en los que sin embargo, la exigencia puede ser un poco menos rigurosa.

Refiriéndome á esas generalidades preliminares, voy á describir algunos aparatos nuevos contruidos sobre la base de las condiciones enunciadas.

Son los siguientes:

Un kimógrafo de resorte.

Un cronoscopio de magneto polarizado y un aparato mnemotécnico para observaciones colectivas y demostraciones.

El kimógrafo de resorte y el cronoscopio, son instrumentos para medir tiempos; el modo de usarlos será objeto de un ejemplo descriptivo.

Sabido es que el acto que precede á la volición presenta notables diferencias en su duración según los individuos: un hecho que merece preferente estudio.

Los antecedentes de un acto de voluntad se perciben exteriormente dividiéndole en dos momentos: el de la excitabilidad inicial y el del movimiento muscular definitivo.

Según su clase, se dice de la excitabilidad inicial que es una reacción óptica, una reacción acústica ú otra.

Para medir un tiempo de reacción acústica, se procede más ó menos del modo siguiente:

(1) En los ensayos aplicados á insanos, el método experimental debe elegirse con mucha cautela. Se recomienda, en la mayor parte de los casos, substituir el método de las disciplinas generales por el de las especiales, pero nunca reemplazar el método particular á una de las disciplinas — por ejemplo el de la psiquiatría — por otro que sea el de la psicología infantil.

Por medio de la inducción de un martillo se interrumpe la corriente eléctrica y se pone en marcha la manecilla de un reloj eléctrico: un cronoscopio de toda precisión. Al oír el golpe del martillo, la persona experimentada—previamente instruida—larga inmediatamente la tecla eléctrica que de antemano tenía comprimida; con esto la corriente interrumpida por el golpe de martillo vuelve á fluir y la manecilla, expulsada del rodaje de reloj, cesa de girar.

La medición del tiempo se obtiene tomando en cuenta la interrupción y la iniciación de la corriente para poner en actividad un pequeño electroimán, cuya ancla tiene fijada una punta de escribir. El «marcador magnético» así construido inscribe sus movimientos en un papel fuliginoso que envuelve el tambor (kimógrafo) que gira rápida y uniformemente. Si agregamos arriba ó abajo del marcador magnético un diapasón de cien vibraciones por segundo, también apuntará sus movimientos en el tambor y podremos calcular exactamente la duración por medio del número de las vibraciones.

Tenemos pues, á nuestra disposición un método gráfico (el kimógrafo) y otro método registrador más sencillo (el cronoscopio).

Las ventajas del método gráfico son las siguientes: los errores eventuales en la lectura del aparato se pueden corregir siempre, ya que las curvas escritas se fijan por una solución ácida, conservándose visibles para reexaminarlas en cualquier momento.

Por otra parte, los errores en la lectura del cronoscopio no se pueden revisar. Errores mayores en la medición del tiempo, muy probables en el cronoscopio mal ajustado ó en una revisión poco estricta, no son de temer en el método gráfico. Y, sin embargo, este último ha tenido hasta hoy muy poca aplicación, lo que tiene sus buenos fundamentos. Un kimógrafo que tenga las condiciones taquimétricas necesarias á experimentos de reacción, no puede construirse á un precio menor de 700 á 800 marcos. Además un tal aparato se prepara con lentitud y recién al cabo de cierto tiempo y algún uso se obtiene una marcha uniforme; por cuya razón es conveniente hacer girar el tambor antes del ensayo y antes de fijar la punta de escribir. La velocidad rotativa necesaria á una reacción experimental, así como la parada oportuna del tambor al finalizar la prueba, los consigue solamente una persona muy experta en el ramo. Además, la medición de las curvas es un trabajo sumamente engorroso.

Nuevo kimógrafo de resorte.—El kimógrafo de resorte reproducido en la figura 1 allanará las dificultades anteriormente mencionadas.

En el eje del tambor se ve un cilindro *R* con una rueda de engranar *Sp* y un resorte espiral *S*. Si se contrae el resorte *S* hacia el arbotante *W*, el gorrón *Z* sujetado en el eje del tambor se inserta en una muesca del resorte *F*, por lo que quedan parados el gorrón y el tambor. Pero si se oprime hacia abajo el resorte *F*, el gorrón sale de la muesca y el resorte espiral imprime un movi-

miento de rotación al tambor, cuya velocidad va aumentando hasta que expire la elasticidad del resorte; desde este momento, la velocidad del tambor es muy constante siendo la frotación en las zapatas de los ejes, la única fuerza restrictiva. El gorrón *Z*

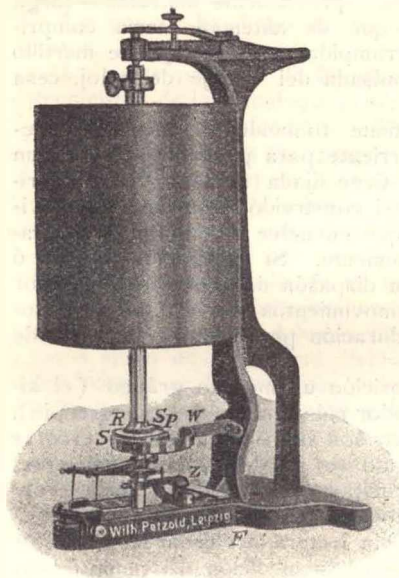


Fig. 1. — Nuevo kimógrafo de resorte.

emboca de nuevo, después de una revolución completa del tambor, en la muesca del resorte *F* y hace parar espontáneamente el movimiento del tambor. El cilindro *R*, junto con el resorte espiral *S*, puede girarse alrededor de la rueda de engrayar *Sp*, lo que varía la tensión del resorte *S* hacia el arbotante *W*. De este modo se obtienen revoluciones del tambor de varias velocidades. Por encima del gorrón *Z* y atornillado al eje del tambor hay un brazo de bronce (1) con un resorte de roce que, durante la rotación del tambor va rozando una lámina de bronce, por lo que se puede cerrar una corriente eléctrica (2). Al partir, el resorte hace un ruido que debe servir de señal á la reacción acústica.

La figura 3 representa el acto sencillísimo de un experimento de reacción acústica.

(1) La figura representa dos de estos brazos. Para la mayor parte de estos experimentos, basta uno solo. La casa W. Petzold en Leipzig-Kleinzschocher, Schönauer Weg 6, proporciona kimógrafos de resorte al precio de 90 marcos.

(2) El kimógrafo de resorte no se destina exclusivamente al servicio de experimentos psicológicos. Espero que se aplicará también en indagaciones fisiológicas principalmente para dirigir estudios miográficos como también para la preparación de conferencias y mayor comodidad de los estudiantes.

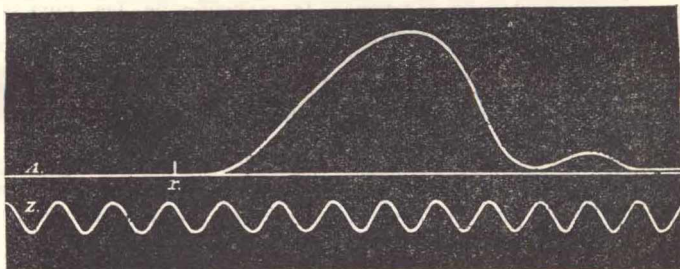


Fig. 2. — Contracciones miográficas é inscripciones del diapasón.

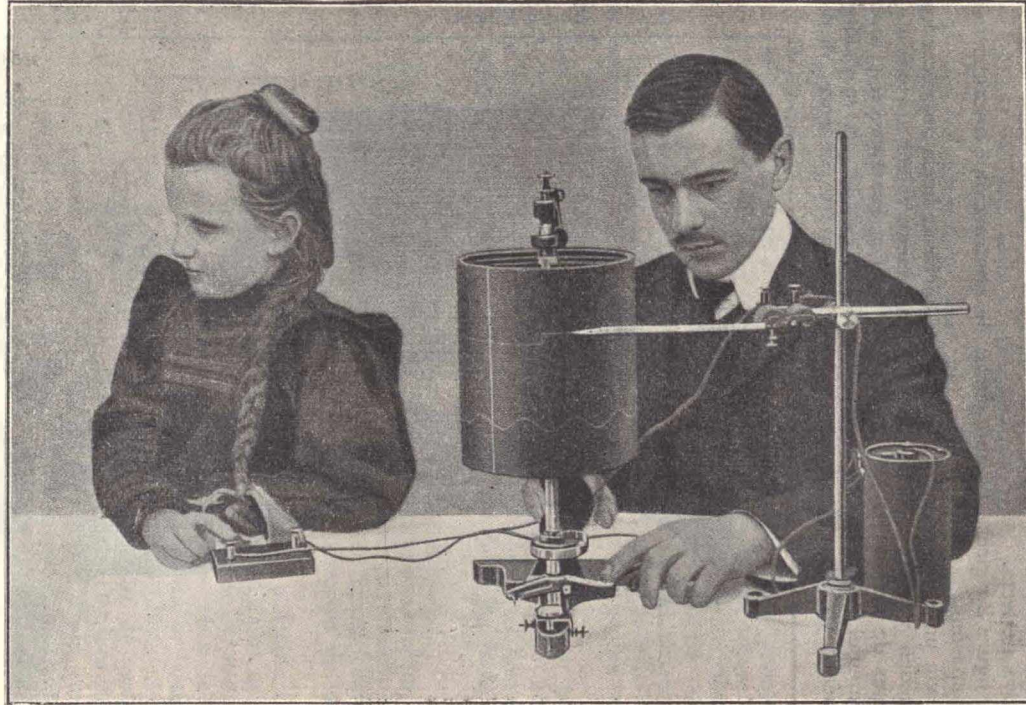


Fig. 3.—Experimento sencillo para reacciones acústicas.

Dos contactos eléctricos instalados en el tambor se presentan á observaciones miográficas; ya que la velocidad se puede cambiar, el aparato se apropia para registrar palpitaciones musculares y tiempos latentes en experimentos individuales. Las curvas, sobreponiéndose exactamente, presentan para la comparación una figura intuitiva perfecta.

La figura 2 representa uno curva de contracción é inscripciones del diapasón.

Desde un elemento inerte, se lleva la corriente hacia un marcador magnético y de aquí hacia una tecla, para luego volver al elemento.

Antes de empezar el experimento, se verifica exactamente el sitio donde en el tambor se encuentra la punta de escribir del marcador magnético y eso en el momento en que el contacto de roce, desli-

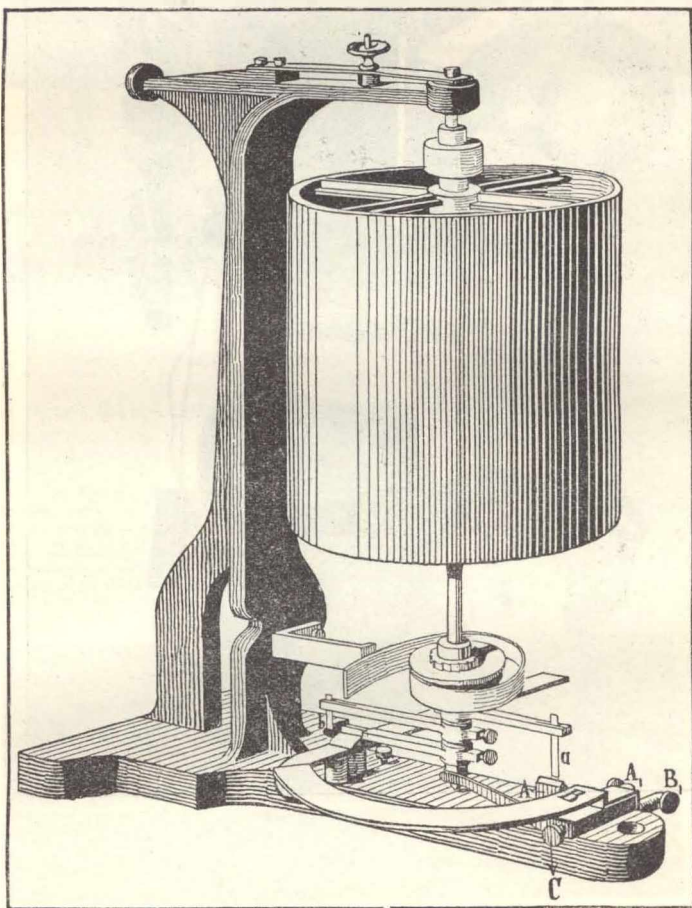


Fig. 4. — Kimógrafo para ensayos en dos salas separadas.

zando por la lámina de bronce, da la señal de la reacción. En aquel sitio y por todo el tambor, se traza una raya perpendicular; y, entonces, el ensayo se lleva á cabo de la manera siguiente: El niño oprime la tecla, habiéndosele avisado de que la largue en el acto mismo de oír la señal. Inmediatamente antes de apretar el resorte *F*, se da la señal previa « ¡ya! » á fin de preparar el niño á la impresibilidad. Mientras tanto el niño oprime la tecla, la corriente queda interrumpida al iniciarse la revolución del tambor; el ancla del magneto inclinado hacia abajo traza, durante la gira del tambor una línea horizontal en el papel fuliginoso. En el curso del procedimiento y tan pronto como el niño oye la señal y larga la tecla, se abre espontáneamente la corriente, el marcador magnético sube un poco y traza una línea horizontal. La distancia entre la raya perpendicular y la subida de la palanca que lleva el marcador nos da la duración de la reacción experimentada.

Antes ó después de la prueba se dispondrá que un diapasón de cien vibraciones inscriba sus oscilaciones en el tambor, lo que facilitará muchísimo la lectura de la reacción. La curva de vibraciones visible en la figura 3 del kimógrafo no está escrita por el diapasón sino por un resorte largo, de acero, que hace en un segundo veinte vibraciones. El tiempo de reacción duró según esto aproximadamente 50σ (sigmas) ó sea 0,050. ($1 \sigma = 1$ sigma = una milésima parte de segundo).

Para mayor exactitud en los ensayos es conveniente que la persona experimentada esté en otra sala, separada del observador y para esta clase de experimentos es necesario someter el kimógrafo de resorte á ciertas modificaciones previstas é indicadas en la figura 4.

Hay aquí dos instalaciones de contactos *a* y *b*.

El contacto *a* roza la lámina de bronce *A* ocasionando, por consiguiente, una corta interrupción de la corriente; el contacto *b* desliza sobre una larga cinta de bronce *B* y cierra la reacción (1).

En la figura 5 se representa en esquema la dirección de las corrientes.

La primera sala de observación I contiene dos martillos de inducción y una tecla; esta sala está separada de la otra por un tabique *W*. En la segunda sala del experimento II, se encuentra el kimógrafo de resorte, el marcador magnético y los acumuladores. Al empezar la rotación del tambor el contacto *a* roza la lámina de bronce *A* y cierra por corto tiempo el circuito 1 (Str. 1 = línea continuada); el martillo *VH* cae y da la previa señal de preparación (reemplaza al « ya » del ensayo simple) (2). Después de casi media rotación del tambor, el contacto *b* roza en *B* la cinta de bronce y cierra definitivamente el circuito de la corriente (Str. 2 =

(1) La casa Petzold provee de esta clase de instrumentos para experimentos sencillos al precio de 100 marcos.

(2) Si el tiempo es prematuro se puede, por una simple disposición, entre *A* y *C* cortar la corriente antes de que se ponga á funcionar el kimógrafo. Este contacto, cerrado dos veces consecutivas, sirve también para señal de la iniciación de la prueba.

línea de puntos); el martillo *RH* cae y da la señal de reaccionar. El observador, al iniciar el ensayo, bajó la tecla; hizo correr por medio de la caída del martillo el circuito de la corriente 3 (Str. 3 = línea quebrada) que pasa por el marcador magnético.

Por el golpe del martillo *RH*, la punta del marcador magnético realiza entonces un movimiento descendente. Y ya que la interrupción en *B* perdura, el circuito de la corriente 3 se cierra hasta que la persona experimentada suelte la tecla. En este mismo momento la punta del marcador magnético vuelve á subir. El marcador traza entonces una línea de la forma siguiente



donde *a* indica la iniciación de la irritabilidad y *b* el momento de la reacción.

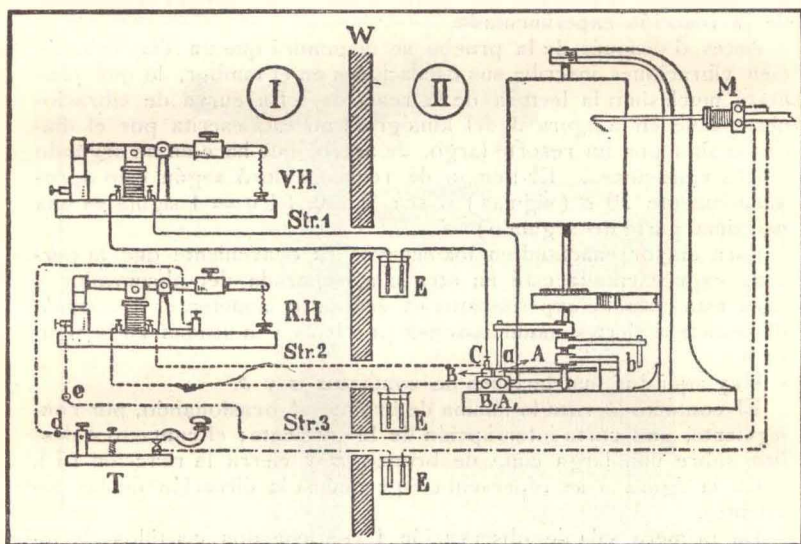


Fig. 5. — Esquema representando la dirección de la corriente en un ensayo de dos salas.

Cuando se desee mayor exactitud, se podrá hacer funcionar el diapasón en cada uno de los casos. El ensayo no se afecta por eso ya que la persona experimentada no oye el sonido. Sin embargo, para obtener la exactitud deseada, será suficiente que intervenga el diapasón sólo en el primero y último ensayo de una serie. El uso del aparato es tan sencillo que puede ser manejado, después de unas pocas instrucciones, por personas que no estén técnicamente preparadas; y los ensayos se llevarán á cabo sucesivamente con la mayor rapidez. En los resultados obtenidos y representados por las figuras 6 y 7, cada ensayo particular duró solamente de 5 á 6 segundos. Este lapso puede aun abreviarse si se dispone de que un asistente se encargue de descender la punta del marcador mag-

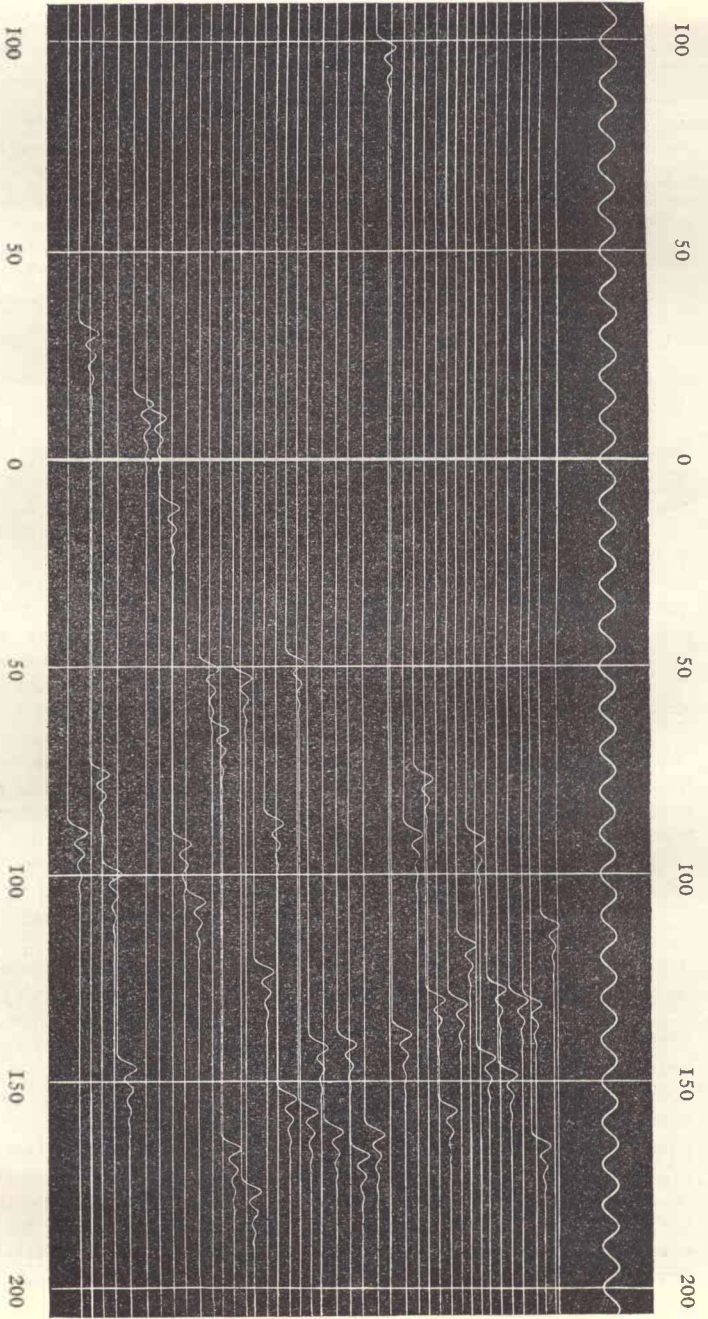


Fig. 6.—Reacciones simples de un adulto.

nético en el sustentáculo (1). Con estos mismos procedimientos se pueden reconocer los momentos psíquicos especiales que se producen en una ligera sucesión de actos de volición similares. La cronoscopia técnica nunca estará en condiciones de cumplir esta tarea, precisamente por la dificultad de su lectura.

En las demostraciones descritas, los ensayos individuales se ordenan exactamente unos debajo de otros representando una imagen tan intuitiva de las variaciones temporales de los actos de voluntad, durante una serie larga de experimentos que el menos experto de los observadores puede darse cuenta á primera vista de toda irregularidad al hacer su lectura.

La figura 6 nos da cuarenta experimentos de reacción hechos por uno de los más eminentes observadores. La perpendicular gruesa indica el cero ó punto de partida. De 50 en 50 sigmas se han trazado más perpendiculares para facilitar la sinopsis.

De su examen detenido resulta lo que sigue: En el primer tercio de la serie de ensayos, los tiempos oscilan con mucha uniformidad entre 100 y 150 sigmas. En el segundo tercio se presenta otra clase de reacción. De repente interviene una reacción previa (2); el movimiento indica 100 sigmas, es decir una décima parte de segundo antes de la iniciación de la irritabilidad; luego momentos más largos y otros más cortos.

En el último tercio sobresalen los tiempos cortos (en reacciones previas!) interrumpidos por raras reacciones más largas. Comparando las atestaciones de la persona experimentada (en este caso el asistente Dr. G. Deuchler), resulta lo siguiente:

Primer tercio del ensayo: La reacción resulta esencialmente sensitiva y positivamente atrayente por la excitabilidad.

Segundo tercio del ensayo: Tránsito de la reacción pasiva á la impulsiva.

Tercer tercio del ensayo: Estado armónico; prevalece la reacción pasivo-impulsiva. A veces nota el encuentro de la reacción con la excitabilidad. El afecto correspondiente alarga la reacción que le sigue.

Se ve claramente que la diversidad informada por el observador se refleja fielmente en los momentos temporales indicados de los tres grupos de reacciones.

(1) Para ello se hace uso con ventaja de un soporte vertical con movimiento de pistón, cuyo manejo corto y rápido permite bajar el marcador y el diapason.

(2) Es una ventaja del método gráfico no mencionado aún, la de que las reacciones previas se registran exactamente sin un mayor arreglo, lo que no es posible por la cronoscopia técnica, que, para eso, necesitaría una instalación especial. En nuestra segunda aplicación, la que se realiza en dos salas, existe sin embargo el mismo defecto. Cuando la persona experimentada suelta la tecla antes de la caída del martillo *RH* (fig. 5), el marcador magnético no entra en función; pero eso será fácil de remediar: se hace separadamente uno solo de estos ensayos, el que dará una vez para todas el punto inicial de la excitabilidad. Aquí se vuelve á trazar la perpendicular como en el arreglo simple. Para los ensayos sucesivos se establece una relación fija e y d (fig. 5). El golpe de martillo sirve entonces solamente de señal, pero no para interrumpir la corriente que pone en actividad el marcador magnético. Además la corriente en este caso está interrumpida desde el principio y el registro de las reacciones preliminares tiene lugar como en la primera y simple demostración descrita.

200

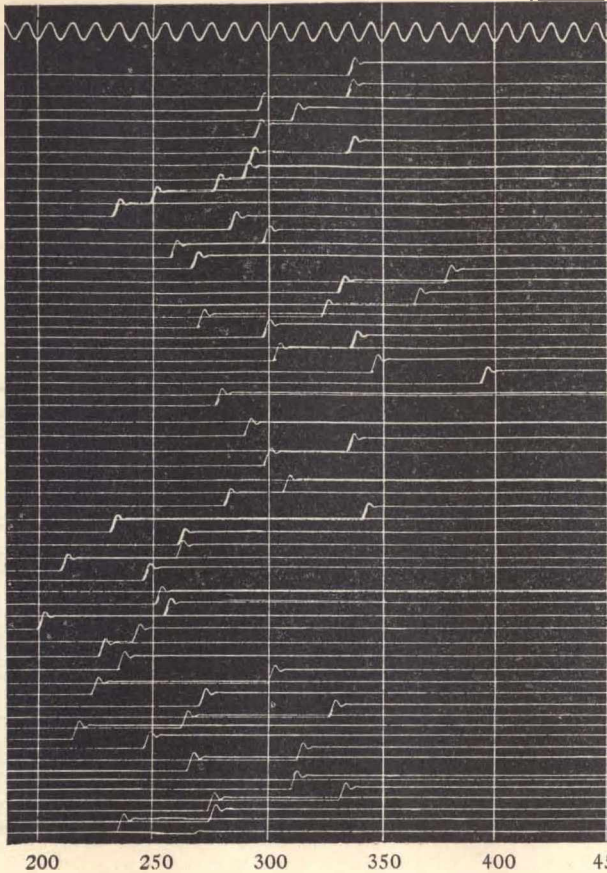
250

300

350

400

450



28

200

250

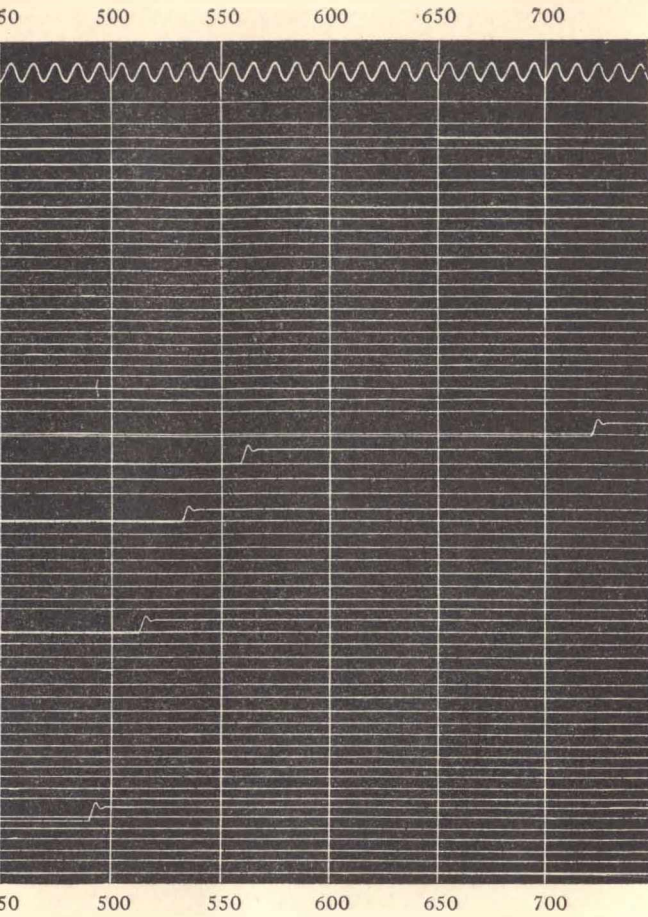
300

350

400

450

Fig. 7. — Reacciones simples o



le una niña de doce años de edad.

La figura 7 muestra 63 reacciones dadas por una niña de doce años.

En vista de que ninguna reacción fué inferior á 200 sigmas, he dejado de reproducir la parte de la objetivación relativa de 0 á 200 sigmas. Los intervalos entre una y otra reacción fueron, como en el anterior experimento, de 5 á 6 segundos. Quisiera alegar algunas conclusiones que, del conjunto de las curvas, deducen una lectura inmediata. Los tiempos intermedios de reacción son más largos que los de la figura 6. Los primeros caen con gran exactitud entre 290 y 340 sigmas; después se acortan hasta 250 sigmas y aún menos para seguir adelante con regular y progresivo aumento.

En el lapso de las reacciones más lentas aparece otra de una duración verdaderamente anormal. Aquel mismo precedente se repite una vez más: abreviación hasta 200 sigmas, luego alargamiento y en el período de este último otra vez un tiempo anormalmente largo. Una segunda serie de observaciones, hechas con la misma niña, da un resultado del todo idéntico. La imagen de las curvas nos sugiere al instante una evidente realidad, imposible de obtener con tanta intuición por la serie de resultados numéricos dada por los aparatos cronoscópicos. Otra particularidad más surge con notable claridad: las reacciones más largas de 480 á 730 sigmas se diferencian de las demás por un mayor intervalo de tiempo (100 sigmas). Se puede admitir casi con seguridad que las reacciones más largas tienen un lugar especial en lo que se refiere á su curso psíquico. ¿Cuáles serán los motivos psíquicos que se ocultan detrás de esa particularidad? Experimentos aun más minuciosos algún día lo determinarán.

Quise demostrar, al pasar, que los descubrimientos objetivos, intuitivamente representados, llevarán de preferencia las miradas hacia los puntos más merecedores de la investigación. Ya que todas las reacciones se alinean exactamente de arriba á abajo, será muy fácil construir sobre la base de las curvas una tabla de distribución ó un diagrama de curvas en escala de 50 en 50 sigmas, trazando, como lo he hecho en la figura 7, líneas perpendiculares. Se ve entonces inmediatamente que una sola reacción existe entre 150 y 200 sigmas; doce entre 200 y 250 sigmas, etc., de lo que resulta el siguiente cuadro de distribución:

DURACIÓN EN 0	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
	á 150	á 200	á 250	á 300	á 350	á 400	á 450	á 500	á 550	á 600	á 650	á 700	á 750	á 800
Nº de ensayos. .	0	1	12	26	16	3	0	1	2	1	0	0	1	0

La figura 8 representa en diagrama la curva de distribución construída con los datos que arroja el cuadro anterior. Presenta una nítida uniformidad y nos da la prueba de que el niño experimentado ha demostrado tener aptitud para el método y que el resultado no depende absolutamente de la casualidad.

Los indicios particulares de los desvíos en las curvas están legiblemente grabados y el hecho de tratarse de objetivos múltiples está claramente indicada en la asimetría del punto culminante del diagrama.

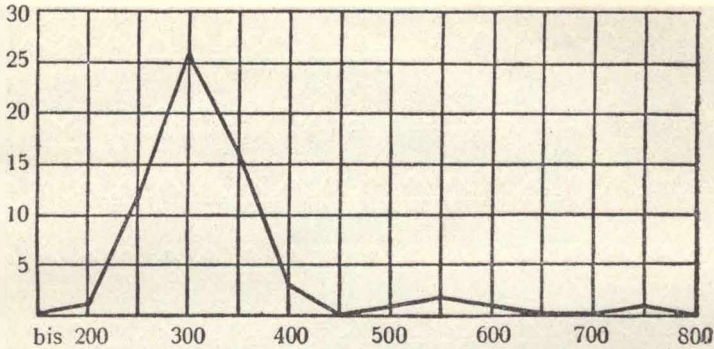


Fig. 8. — Curva de distribución de 63 reacciones simples de una niña de doce años.

Queda aún por resolver la cuestión de saber si el aparato posee la exactitud necesaria para ensayos de reacción. Para probarlo, he procedido de la manera siguiente:

Puse en actividad el marcador magnético por medio del contacto rozante, cuyo resultado se ve en *a* de la figura 9.

Se empieza por hacer descender el marcador, el que hace algunas vibraciones secundarias quedando abajo poco tiempo, más ó menos 15 sigmas. Luego asciende y después de abundantes oscilaciones queda inerte (1).

Luego instalé el marcador más abajo, llevando á cabo en este mismo sitio diez pruebas consecutivas y cuyo resultado se ve en *b* de la figura 9. El trazo *b*, al parecer una línea simple, ha sido repasado diez veces por el marcador en el mismo lugar y con tal precisión que hace el efecto de haber sido hecho de un solo rasgo. Las vibraciones accesorias se repitieron también diez veces con el mismo éxito. Solamente al cerrar la corriente, es decir, al descender el marcador, el trazo resulta, después de las diez operaciones, un poquito más grueso. De estas pruebas se deduce que la señal (apertura de la corriente) se verifica siempre y exactamente en el

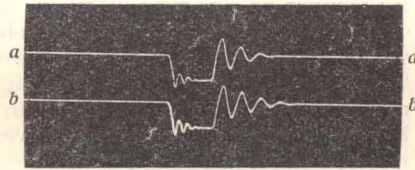


Fig. 9. — *a*, Escrito una vez; *b*, escrito diez veces por el marcador magnético para revisar el momento de la señal.

(1) Había ajustado el marcador precisamente de tal manera para que diera muchas vibraciones accesorias.

mismo momento. La alteración no alcanza seguramente á una fracción de un milésimo de segundo: cantidad omisible en verdad.

La demostración representada en la figura 10 se extendió á lapsos más largos de tiempo.

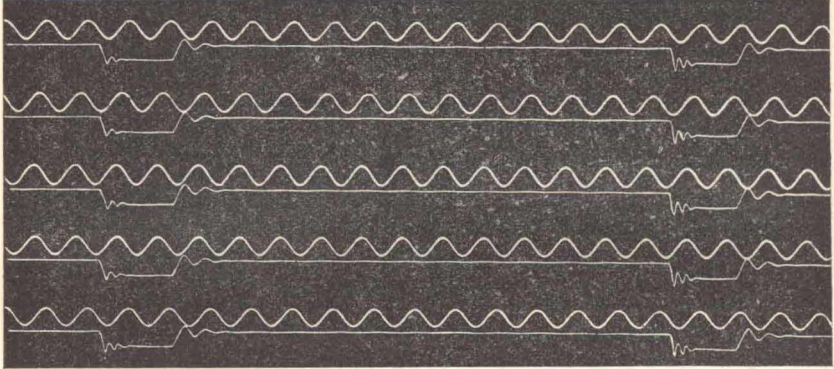


Fig. 10. — Examen gráfico de un tiempo de 140 sigmas.

Los ensayos se dispusieron de tal modo que, al funcionar, los dos contactos rozasen uno tras otro la lámina de bronce. En los cinco ensayos, el intervalo fué de 139 á 140 sigmas, lo que demuestra también en este caso la mayor precisión; lo que puede depender, como es natural, de la velocidad de la rotación: cuanto mayor la velocidad, tanto menor el error. Si por razones de largo lapso de reacción, se impone la obligación de disminuir la velocidad rotativa del tambor, se puede recurrir al método de las dos solas y hacer intervenir el diapasón cada vez y siempre que la exactitud dé motivos á escrúpulos.

Se obtiene entonces una precisión equivalente á la que producen los ensayos cronoscópicos. Creo, finalmente, que el kimógrafo de resorte puede recomendarse por su fácil manejo como también para la primera adquisición de los seminarios que disponen generalmente de pocos recursos para la compra de instrumentos.

Hay pocos métodos que ofrezcan al estudiante de psicología una idea más intuitiva de las investigaciones exactas como la que sugieren los ensayos de reacción experimental.

Cronoscopio con magneto polarizado. — Al pasar por las formas simples de reacción á las más complicadas: á reacciones de discernimiento, de reconocimiento, de selección y otros, se alargan notablemente los tiempos, por cuya razón el método gráfico no es ya recomendable; será más conveniente recurrir al método cronoscópico. Para la psicología infantil y la pedagogía debemos tratar de buscar la simplificación del método que hasta ahora está recargado con aparatos complicados y con sutiles instalaciones.

El cronoscopio de Hipp es un reloj eléctrico que, por razones de

su relativa comodidad, se ha impuesto para todas las mediciones exactas de tiempo en observaciones psicológicas fisiológicas, y psiquiátricas.

El cronoscopio de Hipp tiene las siguientes particularidades (1):

1. La marcha del reloj se regulariza por medio de un resorte de vibraciones: 1000 vibraciones por segundo. Cada vibración toca el engranaje de una rueda catalina, dándole á ésta un movimiento de gran regularidad, movimiento que se puede combinar con la maquinaria y las agujas del reloj.

2. Al ponerse el reloj en marcha la aguja queda aún inmóvil, habiendo sido apartada de la maquinaria por medio de un resorte.

En el reloj se ajusta un electromagnético y luego, si se dinamiza una corriente por la bobina, el ancla se atrae y lleva por medio de una palanca transmisora la aguja al alcance del rodaje del reloj, de tal modo que la aguja camina hasta que se interrumpa la corriente. Los principales orígenes de error en el cronoscopio de Hipp consisten en lo siguiente:

1. De la dificultad de armar el resorte de vibraciones (cuyas causas aquí no se mencionan) resulta que el mismo resorte bien templado y probado previamente no da siempre en el cronoscopio la misma cantidad de vibraciones, derivando de este defecto errores de importancia, tales como los que encontraron Külpe y Kirschmann (2). Estos autores contaron en un cronoscopio 1024 vibraciones en vez de mil. El señor N. Ach (3) informa sobre los cronoscopios que él ha examinado: el primero dió 1003 vibraciones y el segundo 997 vibraciones en vez de mil. Müller y Schumann observaron 1015 vibraciones (4). Estas diferencias crecen naturalmente en proporción á la duración de los tiempos medidos. Si en un segundo el exceso es de 24 sigmas, en cinco minutos alcanzará á 120 sigmas.

2. Mientras se interrumpe la corriente eléctrica y antes de que el ancla y con ella la manecilla vuelva al punto de partida, desde donde empezó á marchar, transcurre algún tiempo (tiempo latente). También se produce un pequeño intervalo entre la parada de la manecilla y su retiro de la maquinaria del reloj. Y únicamente cuando la elasticidad del resorte equilibre exactamente la fuerza del magneto, los tiempos latentes serán iguales, reduciéndose recíprocamente. Solamente con este requisito, la marcha del cronoscopio será exacta; lo que, en absoluto, nunca se conseguirá.

(1) La descripción completa de este instrumento se encuentra en WUNDT: «Grundzüge der physiologischen Psychologie», 5ª edición, tomo III, pág. 387 y sig. (1903).

(2) KULPE O. Y KIRSCHMANN A.: «Un nuevo aparato para contralorear instrumentos de medir tiempos». Phil. Stud., tomo VIII, entrega I.

(3) ACH N.: «Sobre la volición y el pensamiento». Un ensayo práctico con un apéndice «Sobre el cronoscopio de Hipp». Gotinga, Vandenhoeck und Ruprecht.

(4) MÜLLER G. E. Y PILZECKER A.: «Contribuciones experimentales para la doctrina mnemónica». Apéndice: «Informe sobre algunos ensayos del cronoscopio de Hipp», por Müller y Schumann, (tomo complementario I de la «Revista de la psicología y fisiología de los órganos de los sentidos», Leipzig, J. A. Borth, 1900).

Debemos, pues, tener constantemente en vista ese segundo defecto y considerar tanto la variabilidad producida por la intensidad de la corriente como por la tensión elástica del resorte. El error producido por este defecto es independiente del tiempo medido. Pero este error podrá ser uniforme para todas las mediciones siempre que se opere con determinada energía de la corriente y determinada elasticidad del resorte.

Un tercer defecto aun se manifiesta. Al dinamizar la corriente eléctrica, el magnetismo remanente no desaparece inmediatamente del núcleo férreo y el tiempo latente puede ser de consideración al intervenir corrientes de mayor intensidad antes de desprenderse el ancla (1). Esta parte del defecto depende de la calidad del núcleo férreo y puede diferir en las dos circunstancias siguientes: según la intensidad de la corriente y por la duración del tiempo medido.

Si, por ejemplo, debido á la negligencia del experimentador, la corriente fluye durante mucho tiempo, una hora quizá, por la envoltura del magneto, la tensión elástica del resorte, antes suficiente para desprender el ancla, posiblemente perderá esta propiedad. Un cronoscopio maltratado de esta manera quedará por mucho tiempo inutilizado y será necesario hacer fluir la corriente, invirtiéndola, hasta tanto se normalice el defecto. A fin de que, en grandes series de ensayos, el remanente magnético no aumente en proporciones indebidas se debe cuidar de que, en cada ensayo individual, se invierta la corriente para que el remanente se extinga antes de la más próxima prueba, produciendo en el electromagneto un cambio de polo.

Por el método de invertir la dirección de las corrientes, resulta á veces que el mismo tiempo medido por distinto rumbo de corriente difiere en su duración pero de un modo uniforme. Y eso es una comprobación indudable de la preexistencia de remanente en el magnético (2). Una fuente más de errores consiste en la aplicación de los resortes de arranque. Hay dos medios de usar estos resortes. Se pueden dejar, durante la serie de ensayos, en una cierta tensión permanente, lo que, después de algún tiempo, tiene por consecuencia natural la disminución de su fuerza. Es conveniente después de los ensayos y diariamente dejar los resortes en estado de reposo para volverlos á tender al empezar nuevamente el trabajo. Pero también con este cuidado ocurren diferencias en la fuerza elástica de los resortes, que, según ensayos de Külpe y Kirschmann, alcanzan á 6 sigmas, los que deberán agregarse á los importes anteriores.

Considerando pues la importancia de los orígenes de errores mencionados, el cronoscopio de Hipp no podrá emplearse sin unos cuantos previos y consecutivos ensayos. Un examen estricto de

(1) Así también se necesita cierto lapso para que el magnetismo alcance un poder suficiente para vencer la tensión del resorte.

(2) El método tratado extensamente por ACH (O. a. a.), en lo que se refiere á las ventajas obtenidas por la inversión de las corrientes no se consigna en esta parte con mayor amplitud por no ser de importancia en el tema que desenvolvemos.

este aparato no se obtendrá sin el conocimiento exacto de los tiempos latentes, por cuyo motivo deberán instalarse en él algunos accesorios que, á su vez, influirán también en la marcha del aparato. Existe entonces por una parte el justo temor de que el cronoscopio, sin los accesorios, indique, en los experimentos definitivos, resultados distintos de los dados en las pruebas preliminares; y siendo, por otra parte, la revisión precisa de un cronoscopio un trabajo largo y minucioso, se ha optado en la mayoría de los casos por un simple arreglo.

El arreglo del cronoscopio se hace del modo siguiente: Se opera con distintas intensidades de corriente y distintas tensiones elásticas de resorte tantas veces por uno y otro rumbo hasta llegar á un grado de intensidad y elasticidad que nos indique una relación exacta de tiempo, diremos, de 200 sigmas. Entonces se podrá deducir que el aparato marque también otros tiempos exactos cuando éstos no se aparten demasiado de los utilizados por el arreglo del instrumento, en nuestro caso, aproximadamente, de 100 á 300 sigmas. Pero si la disparidad, en ensayos individuales sigue siendo mayor, la proporción de los errores puede, según las circunstancias, aumentar notablemente. Así es que el cronoscopio examinado por Külpe y Kirschmann, con un arreglo determinado para 183,7 sigmas, acusó un error de sólo + 1 sigma; mientras que con otro arreglo de tiempo de 677,7 sigmas y exactamente la misma intensidad de corriente y la misma tensión elástica, resultó un extravío de + 61,9 sigmas!

En investigaciones psicólogo infantiles, la disparidad puede ser á veces mucho mayor aun, ya que, en la mayoría de los casos, se trata de duraciones de tiempo más largas. Los datos del cronoscopio llegan entonces á un exceso intolerable; y es precisamente en esta parte donde se hace más urgente la reforma del aparato para atenuar en lo posible esas fuentes de errores.

El nuevo cronoscopio está construído de la manera siguiente: En lugar de los dos electromagnetos que tienen los más modernos aparatos de Hipp, el más reciente tiene solamente un magneto polarizado (1). En la figura 11, *S*₁ indica un magneto de acero cuyo norte se encuentra en *N*. Abajo, cerca de su polo sud, el magneto de acero está en comunicación directa con el núcleo férreo del electromagneto *E*. Los núcleos férreos están permanentemente magnetizados, es decir, con magnetismo sud. El ancla del electromagneto *E*, sobrepuesta á los polos *A B*, está incrustada en la parte superior del magneto de acero y por consiguiente permanentemente nor-magnetizado. En la lámina N^o 1, el ancla está sujeta por el polo *A* del electromagneto *B*. En este estado, la aguja del cronoscopio, fuera de la maquinaria del reloj, está parada. Si se mueve la palanca *H* hacia la derecha, el ancla se

(1) Un breve prospecto relativo á este aparato se encuentra en « Aus der Werkstatt der experimentellen Psychologie » (Del Taller de la psicología experimental), en mi libro publicado en Leipzig 1909, por el editor R. Voigtländer. De este mismo se han sacado las ilustraciones que acompañan la presente reseña.

separa en *A* arrimándose al polo *B* del electromagneto, quedando inerte en este lugar, puesto que el polo *B* también está sud-magnetizado como lo está el polo *A*. En esta posición penetra la aguja en la maquinaria y por consiguiente sigue su marcha.

Funcionando el cronoscopio, el enganche y desenganche de la aguja se efectúa por medio de golpes de inducción. *J*— el cilindro de inducción. Las pinzas *K* y *K*₁ conducen hacia bobinas primarias, aquí no visibles. Si se dinamiza por éstas una corriente eléctrica, resulta en el momento de la interrupción, en la más exterior de las bobinas, un golpe de inducción. Del hilo de la bobina secundaria pasa directamente al electromagneto *E*. El golpe de inducción pasa pues, también, por la envoltura de éste y produce por un instante en los núcleos féreos del electromagneto dos polos, es decir, podemos suponer, magnetismo norte en *A* y magnetismo sud en *B*. (1). Como hemos visto anteriormente, ambos polos *A* y *B* eran sud-magnetizados. Si el golpe de inducción es bastante recio, se interrumpe en *A* el magnetismo sud generando magnetismo norte; en *B* el magnetismo sud aumenta en intensidad.

Por medio del magnetismo norte producido en *A*, el ancla permanentemente normagnetizada se repulsa. Y este movimiento se acelera tanto más que el polo sud reforzado atrae en *B* enérgicamente el ancla normagnetizada. A consecuencia de la moción del ancla, la aguja, llevada al rodaje del reloj, sigue su movimiento.

Visto que el golpe de inducción dura muy poco, los polos *A* y *B* vuelven inmediatamente á su estado anterior. En *A* desaparece el magnetismo norte y en *B* se debilita el magnetismo sud, y volvemos como al principio á los febles é iguales polos sud, lo que dura mientras la corriente fluye por la bobina primaria; es decir, durante todo el tiempo que exige la medición de la reacción. Durante todo este tiempo no fluye corriente alguna por la bobina del electromagneto *E*, ya que, como se ha visto, el golpe de inducción sólo se produce al abrir y cerrar una corriente.

Recién cuando se abre la corriente en el circuito primario, al desprender la tecla de reacción, se vuelve á producir una corriente inductiva de poca duración, pero esta vez en sentido contrario. Se genera ahora un magnetismo norte en *B*, reforzándose en *A* el magnetismo sud, por lo que el ancla arrojada atrás vuelve á su posición inicial y la aguja queda inerte. Si se quiere trabajar inversamente del fin al principio, en vez del principio al fin, basta cambiar la corriente por medio de una cápsula Pohl y alternar entre sí los conductos de las pinzas *K* y *K*₁.

En lo que se sigue, demostraré las principales ventajas de este nuevo aparato en frente de las del antiguo.

1. Las causas de los errores variables se han vencido completamente por una parte y por otra han disminuído en su importancia.

(1) El presagio del magnetismo depende, como es natural, de la dirección de la corriente.

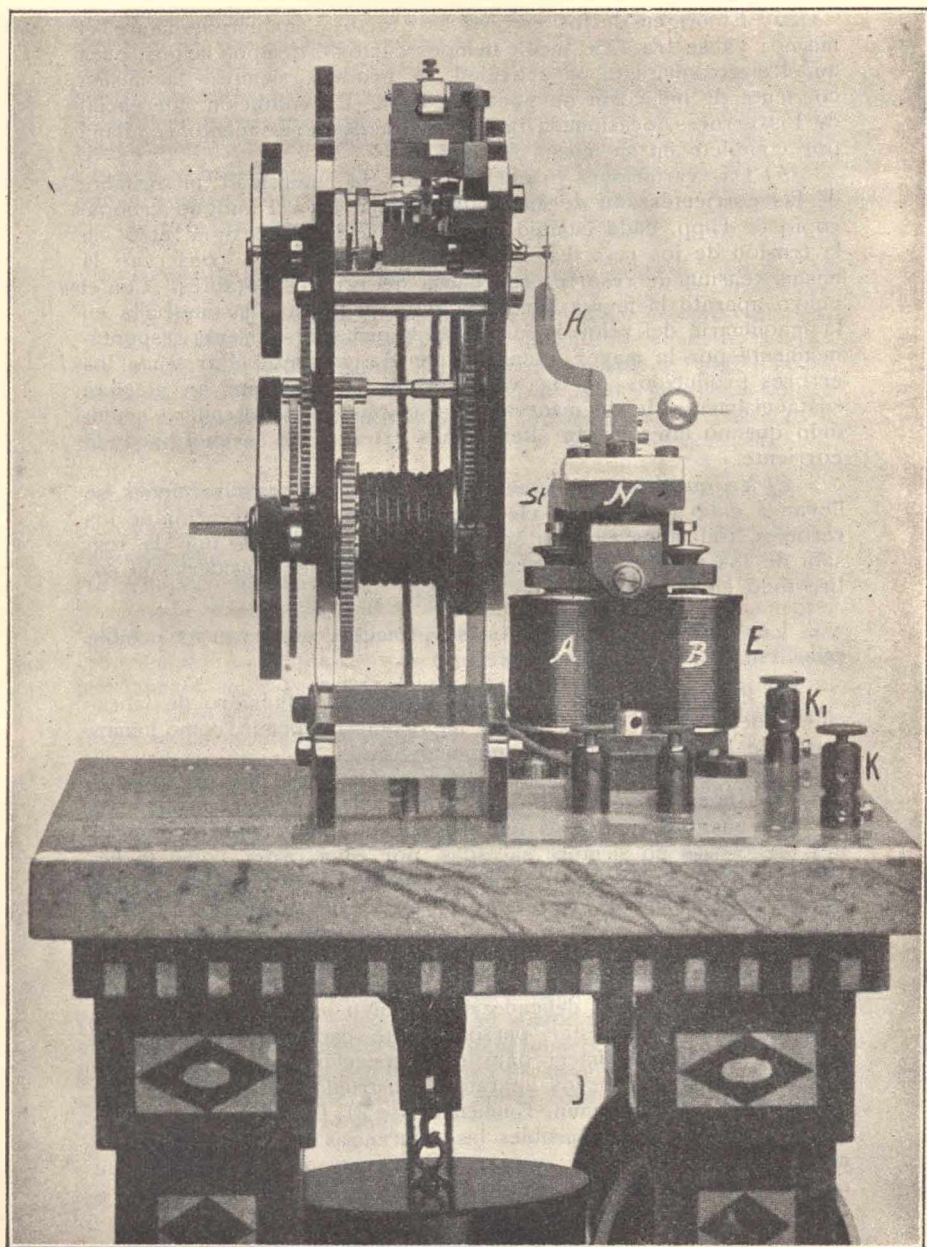


Fig. 11. — Nuevo cronoscopio con magneto polarizado.

a) El origen de los errores es exacto é indiferentemente el mismo: ya se trate de medir tiempos cortos ó tiempos largos, pues en el electromagneto en actividad se produce siempre la misma corriente de inducción de poca duración. La condición diferencial de los errores, ocasionada por el magnetismo remanente, se allana por completo en su misma fuente.

b) Las variaciones producidas por la intensidad inconstante de las corrientes son de muy poco valor. En el antiguo cronoscopio de Hipp, cada cambio de energía eléctrica exigía otro en la tensión de los resortes. El variar la corriente y conservar la misma tensión de resorte eran causa de errores notables. Con el nuevo aparato la fuerza necesaria para enganchar la manecilla en la maquinaria del reloj ó para desengancharla aumenta espontáneamente por la mayor intensidad de la corriente. Por ende los errores producidos por la variación de la corriente se atenúan sustancialmente de tal manera que se pueden desatender, entendido que no intervengan alteraciones externas en la energía de la corriente.

c) Ya que las remociones del ancla, en ambas direcciones, se llevan á cabo por fuerzas electromagnéticas sin intervención de los resortes, todos los errores anteriormente producidos por la tensión de los resortes desaparecen: lo que es de consideración sobre todo en largas series de ensayos.

2. Los errores constantes, en su principio, deben si es posible reducirse á una escala insignificante.

a) En cuanto al error constante, debido al número de vibraciones del resorte regulador, su importancia depende, como hemos visto, de la duración del tiempo medido.

Muy extraño es que muchos experimentadores hayan empleado para sus fines cronoscopios que comprueban errores constantes de tanta magnitud; errores que exigen en todo tiempo correcciones escabrosas no siempre salvadas, por cuya razón, como lo hacen justamente notar Külpe y Kirschmann, se debe aceptar con el mayor escepticismo el resultado de tales investigaciones. Parece generalmente desconocerse que el resorte regulador, por la remoción del peso móvil y del puente, pueda destemplarse por el uso. En el taller del mecánico no reina siempre la quietud necesaria para trabajos de tanta delicadeza, por cuyo motivo me he decidido á examinar y ajustar personalmente cada pieza del instrumento ó á mandarlo hacer bajo mi inspección, lo que ya ha tenido lugar con los nuevos aparatos construidos y proveídos por la fábrica E Zimmermann, Emilienstrasse 21, Leipzig (1).

Considero como inadmisibles las diferencias de 10 á 20 y aun más sigmas por segundo; y más todavía me parece enorme un exceso de 3 ó 4 sigmas aunque *N. Ach*, en el curso de sus inves-

(1) A cada aparato se acompaña un certificado firmado por mí, que atestigua mi intervención en su fabricación.

tigaciones, calificó de instrumentos excelentes los aparatos examinados por mí, dando como resultado 1003,17 sigmas y otro 996,62 sigmas por segundo en vez de mil. Espero, sin embargo, en los nuevos aparatos reducir notablemente estos defectos.

b) Un error constante, además, puede nacer de la manera de ajustar el ancla en el electromagneto. Pero también éste debe reducirse en su base á un grado extremo tal, que lo haga tolerable. Será, por otra parte, siempre de poca importancia y de fácil corrección ya que se presenta de un modo uniforme en todas las reacciones.

3. El uso de los nuevos aparatos ofrece las siguientes facilidades:

a) No se hace necesario un arreglo preliminar del cronoscopio.

b) Es inútil la revisión permanente durante los ensayos, exigida por los antiguos cronoscopios. Solamente en casos de relativa corta duración, es decir, en los de 100 sigmas, donde una diferencia de pocos sigmas puede ser de consecuencias, conviene de vez en cuando verificar la revisión.

4. Algunas otras particularidades merecen especial mención.

a) Es imposible dejar fluir constantemente la corriente por el electromagneto en actividad. Aunque por negligencia permanece cerrada la corriente, fluye sin embargo por la bobina primaria, mientras que la secundaria queda aislada de la corriente permanente. Quien por experiencia propia conozca la dificultad de arreglar un cronoscopio de antigua construcción, deteriorado por una corriente permanente, sabrá estimar en su justo valor la ventaja mencionada.

b) Cesa también el cambio fastidioso de corriente en cada ensayo particular, como era menester con los aparatos antiguos.

c) El nuevo cronoscopio está montado en un armazón más alto que el de los modelos antiguos, lo que permite alargar la duración de la marcha; ésta alcanza aproximadamente á 1 $\frac{1}{2}$ minutos. (La marcha de los antiguos cronoscopios duraba un minuto). Una duración más larga de la marcha nos procura una mayor facilidad en los ensayos psicólogo-infantiles, donde hay que contar con lapsos á veces muy subidos.

d) El precio del aparato es de 480 marcos; es decir, un poco mayor que el de cronoscopios de antigua construcción. Pero esto se nivela pronto y ventajosamente ya que se suprimen los accesorios de registro, á veces muy caros. Basta el simple kimógrafo de resorte, con sus útiles indispensables, que generalmente están en posesión de un laboratorio, para determinarlo á la adquisición del cronoscopio; y todo bien considerado, el de nueva construcción resulta en su costo más barato que el antiguo.

APARATO MNEMOTÉCNICO PARA DEMOSTRACIONES E
INVESTIGACIONES COLECTIVAS.

A fines de 1908, el doctor Rupp, asistente del Instituto Psicológico de Berlín, escribía un artículo de 29 páginas sobre «Aparatos mnemotécnicos» (1). Para demostraciones y ensayos colectivos en auditorios y escuelas, no se ha construido hasta hoy aparato alguno. Pero varios modelos se han perfeccionado y algunos — aparatos pequeños — pueden utilizarse ya para proyecciones».

Por la carencia de instrumentos apropiados, ó debido á la primitiva manipulación de los existentes, las numerosas observaciones colectivas sobre la memoria, resultan insuficientes ó defectuosas. Se escribía, por ejemplo, unas palabras ó sílabas en unas tarjetas de cartulina que el experimentador alzaba una tras otra para mostrárselas á los alumnos. El compás lo marcaba la péndola ó el minuterio de un reloj de bolsillo, ó se regularizaba el acto con cualquier otro medio original.

El resultado de esta clase de experiencias colectivas se compromete más por la imposibilidad de poder revisar los errores eventuales que por el tamaño mismo de estos errores; pero aun mucho más se compromete por la sugestión que ejerce el experimentador con toda su persona, desde el principio hasta el fin de la operación, sobre el éxito de la prueba y sin que esto, en manera alguna, pueda estimarse ni mucho menos evaluarse numéricamente. No queda la menor duda de que el levantar la centésima tablilla no se efectúe justamente como el de la primera, y que esta alteración no se comunique á los alumnos y perturbe el resultado esencial del experimento. Tengo la seguridad que los resultados obtenidos por este método serán más tarde objeto de críticas aun más acerbas que las merecidas hoy. Sí, más de una vez quizás, surgirá una pregunta: la de saber ¿qué efecto y qué conclusiones psicológicas pueden deducirse de la persona misma del observador?

La necesidad de un aparato perfecto — sin objeciones — que haga posible una sucesiva representación de objetos visuales en pausas exactamente iguales, podría muy bien distraernos en soluciones complicadas — como, por ejemplo, la exhibición simultánea de grupos de objetos, palabras ó sílabas — antes de que el problema fundamental, la mnemónica, esté suficientemente estudiada.

No se puede saber si las instrucciones dadas por el doctor Rupp, para la construcción de un aparato, son satisfactorias. Quisiera, sin embargo, hacer algunas salvedades relativas á la aplicación de los aparatos de proyección: éstos sólo podrían funcionar en los laboratorios; y en lo que se refiere al otro proyecto, el de mejorar y ampliar los aparatos existentes, recordaré que todo lo que se ha hecho hasta ahora en este sentido no ha dado resultado práctico. En esto

(1) Dr. H. RUPP: Aparatos para investigaciones psicológicas. Catálogo XXI de la casa de Spindler y Hoyer, Gotinga.



Fig. 12. — Vista exterior del nuevo aparato mnemotécnico.

mismo, mis propios esfuerzos personales quedaron infructuosos, lo que me ha incitado á emprender la construcción de un nuevo aparato. Puesto que en la psicología mnemótica los elementos siempre intervienen en series, las condiciones técnicas de un instrumento adecuado serían las siguientes:

El aparato debe exponer rápido y simultáneamente un gran número de objetos, palabras, sílabas, etc., en pausas exactamente divididas, haciéndolos desaparecer de la misma manera.

Por sencillo que parezca el proyecto, su ejecución es precisamente en esto sumamente difícil. Los objetos á exhibirse en observaciones colectivas serán más grandes y por consiguiente más pesados; su moción rápida puede ocasionar conmociones, tanto del aparato como del objeto expuesto; puede producir también ruido que perturbe la quietud de los oyentes.

No enumero aquí las demás cualidades exigidas por un aparato de esta clase para que funcione idealmente. Un aparato ideal no existe aún ni para los experimentos de laboratorio. En lo que corresponde á aparatos para observaciones colectivas, débense dar por satisfactoriamente suficientes cuando cumplen las pretensiones más esenciales. El nuevo aparato mnemotécnico se presenta exteriormente como una simple caja con una ventanilla (sector cuadrado). Vease fig. 12. Toda la maquinaria está oculta á la persona que observa, lo que no deja de ser una ventaja sobre todo cuando se trata de niños.

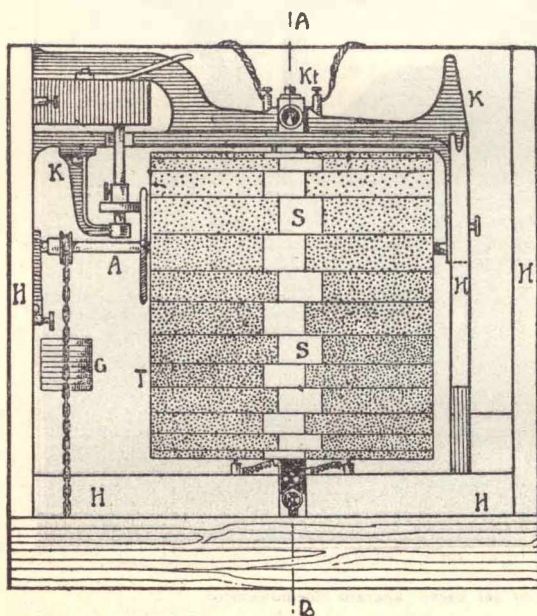


Fig. 13.
Instalación interior del aparato mnemotécnico.

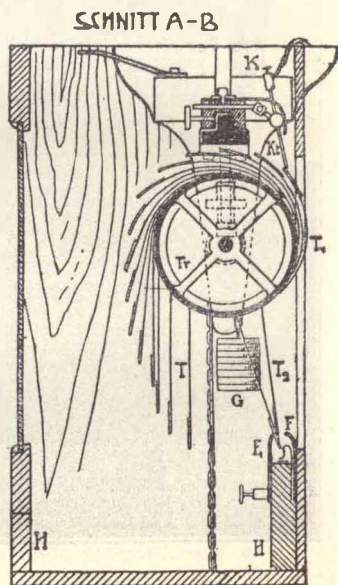


Fig. 14.
La misma vista en perfil.

Las dos superficies blancas que aparecen en la ventanilla pueden llevar escritas ó impresas, palabras, sílabas ú otros objetos; miden cada una 24 cm. de ancho por 8 cm. de alto, de modo que los objetos ó palabras estampadas en ellas sean visibles con distinción por un auditorio compuesto de varios centenares de personas.

Las figuras 13 y 14 muestran las instalaciones interiores.

En la caja de madera *H* está incrustado un kimógrafo *K* que, como se ve en la figura 13, se parece exteriormente muchísimo á un kimógrafo de resorte con la diferencia de que se activa por medio de una maquinaria de reloj que hace girar lentamente el tambor *T* que se ve en perfil en la figura 14.

La velocidad de la rotación puede graduarse por la remoción de un cilindro de fricción, ó reemplazando una rueda en la maquinaria. Por encima del tambor (ó alrededor), se extiende una capa hecha de tela de algodón (percal) negra que tiene de trecho en trecho de 1 á 2 cm. unos pliegues estrechos del mismo género. Estos pliegues tienen forma de carteritas de modo que se les puede introducir papeles escritos ó impresos (*T* en fig. 13; *T*, *T*₁, *T*₂, en fig. 14).

Poniéndose el reloj en marcha, el tambor con la capa y las carteritas gira también. Las partes visuales del objeto metidas en la carterita se deslizan por las clavijas del contacto *K* (fig. 14, véase también *K* y *K*₁ en figura 16) y caen unas tras otras como en las producciones cinematográficas ordinarias, en las que un libro grueso de imágenes se hoja á la vista del espectador por medio de la rotación de una rueda. Luego siguen las hojas sueltas una tras otra en intervalos mucho más largos. El espacio entre la caída de una y otra hoja, es decir, la duración de la exposición de las imágenes, palabras ó sílabas puede variar de $\frac{3}{4}$ á 3 segundos, teniendo todas las carteritas la separación igual de 1 centímetro. En la aplicación de un segundo tomo, en el que las carteritas tienen 2 cm. de distancia entre sí, la observación puede durar hasta 6 segundos (1). El número de las carteritas con un cm. de separación es de 33; el de las mismas, con 2 cm., es de 17; de modo que se llega en el primer caso hasta 32 articulaciones y en el segundo hasta 16. La primera carterita sirve solamente para cubrir el primer objeto y está siempre provista de una hoja en blanco. En la figura 14, la carterita *T*₁, aun sujeta por el contacto *K*, está visible para la persona que experimenta; visible también está más abajo la carterita *T*₂ caída ya y aprensada en el receptor *FF*₁ (fig. 13). La caída de las carteritas es casi silenciosa y la marcha del kimógrafo casi imperceptible, de modo que ningún ruido perturba la experiencia.

Como se ve en la figura 14, á la izquierda, las carteritas colgadas libre y aisladamente en el tambor, imprimen á éste un movimiento continuo hacia atrás que puede estorbar la marcha regular del kimógrafo. Para evitar este inconveniente se ha puesto en el eje del

(1) Una revisión en la duración del tiempo con carteritas separadas de 2 en 2 centímetros, dió en milésimos de segundo: 2060, 2035, 2004, 2022, 2079, 2056, 1045, 1930. Si las carteritas estuviesen separadas entre sí solamente de 1 cm., los excesos se presentarían relativamente mayores.

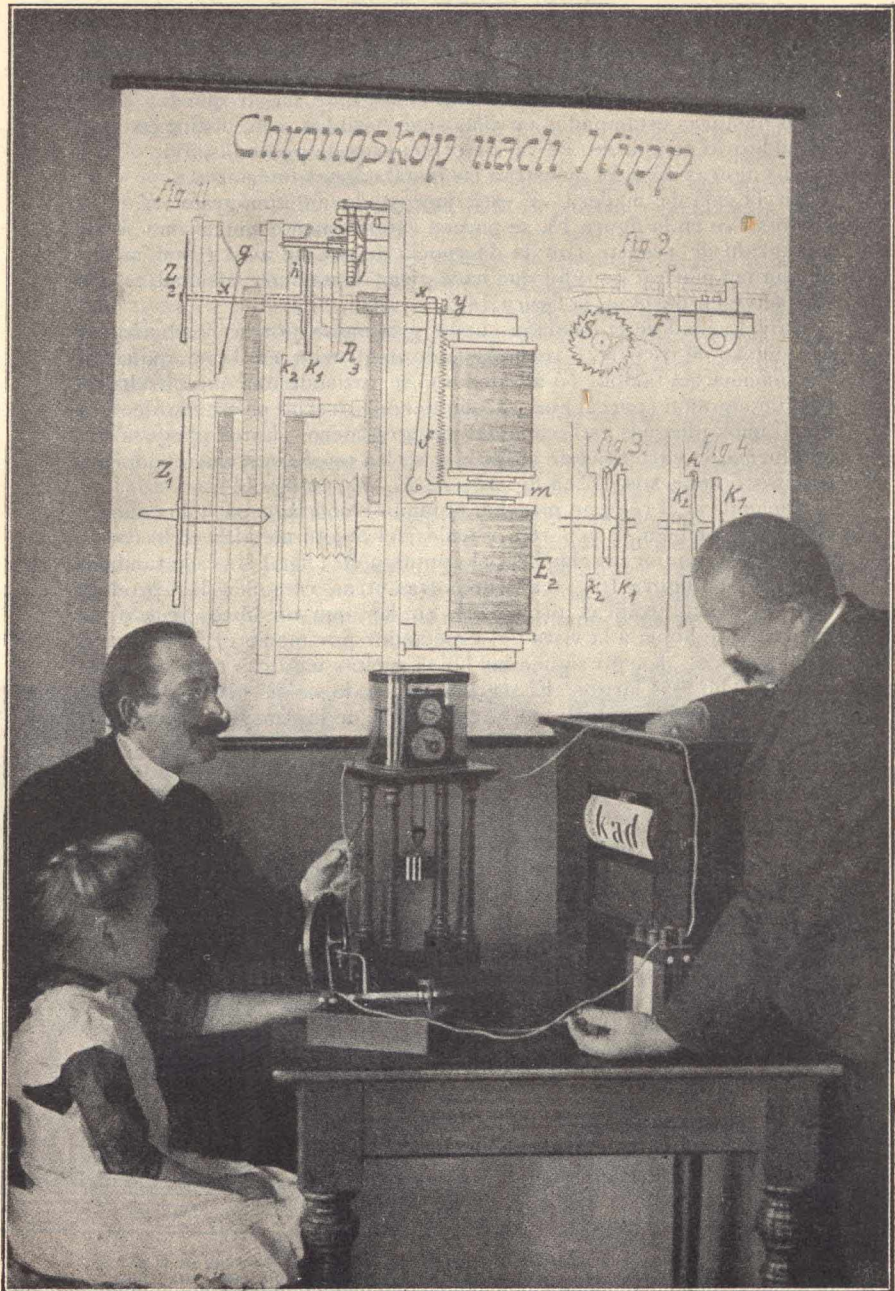
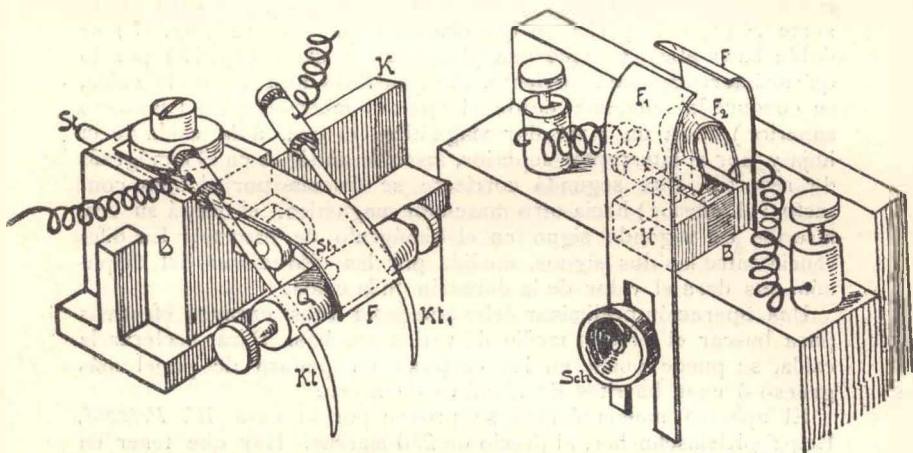


Fig. 15. — Método experimental para medir reacciones.

tambor, un contrapeso G (figs. 13 y 14) para equilibrar aquel movimiento. Al descurrirse el contrapeso se vuelve á encordar por medio de una cadena que corre por una rueda catalina.

En nuestros ensayos sobre la memoria puede ser de interés la medición de los tiempos de reacción. A título de ensayo se dan como muestras las dos sílabas *kad num* puestas en un mismo renglón. En otra prueba siguiente, sale la sílaba *kad* sola (fig. 15). El niño tiene que decir de memoria la sílaba *num* del primer ensayo. Se trata pues de medir el tiempo necesario al niño para este acto de reproducción. La figura 15 representa toda la experiencia.

Desde uno de los conmutadores dinama una corriente hacia el contacto superior del aparato mnemotécnico, dirigiéndose á la llave de acústica (delante, á la izquierda) para volver después á su lugar de origen. Tan pronto como aparece la sílaba (*kad*) en el campo visual, se interrumpe la corriente en el aparato, poniéndose en marcha las manecillas del cronoscopio. El niño dice en alta voz la sílaba *num* en la llave acústica dispuesta de modo que, á la primera vibración de la membrana, la corriente se interrumpe. Entonces la aguja del cronoscopio se para y la duración del tiempo de reacción se puede leer en el aparato. La disposición anterior del contacto para esta clase de ensayos está representada en la figura 16.



Figs. 16 y 17. — Contactos superior é inferior del aparato mnemotécnico.

En la parte superior del kimografo K se levanta una pieza de metal B que puede deslizarse hacia la izquierda ó hacia la derecha, ó también atornillarse firmemente en cualquier sitio. En esta pieza de metal está ajustada una punta S en cuya parte axil se mueve otra punta más pequeña S_1 provista de un travesaño Q . Este travesaño liga firmemente la punta S_1 y lleva dos puntas de contacto K_1 y K_2 que se comprimen hacia abajo por medio del resorte F . Las

puntas Kt y Kt_1 rozan por eso mismo las planchitas de plata S (I). Estas planchitas están adheridas á las carteritas (fig. 13). Se ordenan de modo que se apartan sensiblemente del centro del pliegue, escurriendo la primera un poco hacia la derecha y la que sigue un poco hacia la izquierda.

Entre tanto se arregla el contacto por medio de la corrida de la pieza de metal, de modo que, en la parte visible de la carterita, una punta sola del contacto roce la planchita de plata. En la carterita se puso una hoja de papel en blanco. Ahora se activa el tambor. Tan pronto como cae la primera carterita, aparece la siguiente con la sílaba respectiva. En esta segunda carterita ambas puntas del contacto tocan la pieza de metal y como consecuencia de la segunda disposición de la planchita de plata, la corriente se interrumpe inmediatamente al ponerse en vista la sílaba objetivada.

En los casos más estrictos, se debe deducir del resultado obtenido en la medición de la reacción el tiempo obligado á la caída de las hojas ya que, recién después de ésta, la sílaba está visible. Pero ya que generalmente se trata de confrontar la duración y no los valores temporarios, podrá dejarse de tomar en cuenta el corto lapso de la baja de las hojas. Sin embargo, si se quiere calcular, podrá utilizarse para ello el contacto inferior (figs. 14 y 17). Inmediatamente después de la caída de una carterita (T_2 fig. 14) roza el resorte F (figs. 14 y 17), lo que ocasiona que ésta (F_2 , fig. 17) se doble hacia abajo y toque una planchita de plata (fig. 17) por lo que se interrumpe una corriente. Para medir la duración de la caída, se conduce la corriente desde el aparato mnemotécnico (contacto superior) hacia un marcador magnético, el que, á la caída de la hoja y por el interruptor superior, inscribe un signo en el kimógrafo de resorte. Una segunda corriente se dinamiza por el otro contacto (el inferior) hacia otro marcador magnético, el que, á su vez, inscribe un segundo signo en el kimógrafo de resorte. La diferencia entre los dos signos, medida por las vibraciones del diapasón, nos dará el valor de la duración de la caída.

Una operación preliminar debe anteceder á los ensayos efectivos para buscar el término medio de varias pruebas. Para acelerar la caída, se puede poner en las carteras un pedazo de papel más grueso ó unas barritas de alambre de acero.

El aparato mnemotécnico se provee por la casa *W. Petzold*, Leipzig-Kleinschocher, al precio de 250 marcos. Hay que tener en cuenta que el kimógrafo puede sacarse del aparato y utilizarse para otras observaciones. Una capa con las carpetas correspondientes vale 30 marcos, faltando sin embargo las carteritas inferiores que casi nunca se usan: tarjeteras dobles se hacen solamente por especial encargo.

(1.) Se eligió la plata porque este metal es conocido como un buen conductor.

Los tres aparatos descriptos han sido escogidos como para establecer una instrumentación psicológica completa muy adecuada para institutos modestos, para seminarios ú otras escuelas superiores. Como primera adquisición, se recomienda el kimógrafo de resorte á fin de familiarizarse ante todo con la sencillez técnica de la reacción gráfica. Luego se agregará el cronoscopio con sus accesorios. Para probar el cronoscopio, ya se tiene el kimógrafo de resorte.

Al comprar un aparato mnemotécnico, se obtiene al mismo tiempo un kimógrafo con maquinaria de reloj que se puede utilizar para registrar pulsaciones y aspiraciones, así como para pruebas ergográficas y, en general, para todas las observaciones gráficas que no exigen mayor velocidad.

Para ensayar el aparato mnemotécnico, intervienen el cronoscopio y el kimógrafo de resorte.

Los dos kimógrafos, el de resorte y del aparato mnemotécnico, pueden combinarse y armar lo que se llama la cinta de Hering, á la que se pueden transmitir velocidades desde el extremo más rápido hasta el más lento y que es muy apropiada tanto para ensayos de larga duración, como para la demostración de objetos visibles á mayor distancia (1).

APÉNDICE

Prueba del nuevo cronoscopio.— El ensayo del cronoscopio, de que aquí se trata, corresponde á un aparato recibido del mecánico de la Universidad de Leipzig, el señor Zimmermann. Era de la mayor precisión, pues su exceso no pasaba de 2 sigmas por segundo. He armado el instrumento con toda la minuciosidad posible y empecé la prueba. Esta se extendió en dos puntos: el primero relativo al error producido por la energía de la corriente y el segundo al error que depende de la duración de los tiempos medidos. Los ensayos se efectuaron con corriente directa, de modo que la aguja, al interrumpirse la corriente, siga el movimiento de la maquinaria del reloj.

A) *Error producido por la energía eléctrica.*— Inicié el procedimiento comparando un cronógrafo de Jaquet con un reloj astronómico, de donde resultó que el cronógrafo adelantaba exactamente de 1 sigma por segundo. Tomando en cuenta esta diferencia, templé un diapasón de 100 vibraciones. Hice escribir un marcador magnético y el diapasón en el kimógrafo de resorte, á cuyo fin utilicé el interruptor del contacto más largo. Luego dirigí desde el conmutador la corriente hacia uno de los tornillos del contacto del kimógrafo (B_1 en fig. 4). Desde el otro tornillo (C en fig. 4) invertidos conductores: el primero por el cronoscopio y el segundo

(1) Quien desee mayores detalles sobre instalaciones de esta clase de aparatos, encontrará más amplias descripciones en mi libro ya citado.

por el marcador magnético hacia el conmutador. Cada uno de esos procedimientos se hizo del modo siguiente:

Luego, abrí el conductor del cronoscopio y cerré el del marcador magnético; giré lentamente con la mano y una sola vez el tambor á fin de que el marcador magnético apuntara el sitio donde abre y cierra el contacto. El movimiento de la mano se hace con cuidado y despacio, primero para que el marcador, movido también, registre ese movimiento por medio de una raya perpendicular, la que debe favorecer más exactamente la lectura; y, segundo, para evitar los errores que podría ocasionar un giro rápido del marcador magnético durante los tiempos latentes.

Ahora, abrí el conducto del marcador magnético cerrando el del cronoscopio. Puse en actividad el diapason y el cronoscopio, armé el resorte del kimógrafo y dejé rodar el tambor; el efecto producido es el siguiente: el diapason diseña una curva en la raya perpendicular, ya marcada por el lápiz magnético y simultáneamente las manecillas del cronoscopio caminan hasta tanto quede cerrado el contacto de rozamiento. Luego conté los vibraciones entre los límites indicados por el marcador magnético y leí los datos cronoscópicos. Las dos cantidades obtenidas se comparan y se determina así el error del tiempo cronoscópico.

Cada serie de experimentos alcanza á diez ensayos. Voy á dar extensamente el resultado de tres series. Como fuente de energía utilicé para este caso cuatro células de las baterías de acumuladores del Instituto. La fuerza importaba 3,5 amperes con 8 volts de tensión. Ajusté el cronoscopio en relación á esta intensidad. Probé primero con un lapso de 360 sigmas, después con otro de 620 sigmas, para volver á ensayar con un término de 360 sigmas. El cuadro N° 1 da en la primera columna la duración del tiempo medido; bajo los números de 1 á 10 indica los errores en milésimos de segundo; bajo Tm , el intermedio aritmético de los errores y bajo Vm la variación media calculada según las reglas generales.

CUADRO N° 1. — 3,5 AMPERES (8 VOLTS)

Tiempo medido en 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$Tm.$	$Vm.$
360 sigmas	0	+1,5	+0,5	+0,5	-1,5	-0,5	-2	-0,5	0	-0,5	-0,25	1
620 »	0	-3	0	+1	0	0	+2	-1	0	+1	0	1,3
360 »	-1,5	-1,5	+0,5	0	+0,5	-1	+0,5	0	0	-0,5	0	0,8

Se ve que el arreglo del aparato ha dado excelentes resultados; el intermedio aritmético importa una vez: $-0,25$ y dos veces cero. La diseminación de los valores es mínima. El error de 3 sigmas se

presenta una sola vez; el de 2 sigmas, dos veces; los demás son aun más insignificantes; igual relación presenta la variación intermedia. Los resultados obtenidos aqui se pueden comparar ó rivalizar con los mejores dados por un cronoscopio de antigua construcción en buenas condiciones. Volví á repetir los ensayos de estas mismas tres series pero con un cambio en la intensidad de la corriente. Derivé primero de la batería de acumuladores tres células de 6 volts y después cinco células de 10 volts de tensión, lo que dió en el primer caso una energía de 2,5 amperes y, en el segundo, una de 4 amperes.

El cuadro N° 2 contiene los intermedios aritméticos de los errores. Cada dato calculado corresponde á diez ensayos aislados.

CUADRO N° 2. — INTERMEDIO ARITMÉTICO DE LOS ERRORES
CON VARIAS ENERGÍAS ELÉCTRICAS

Tiempo medido	2,5 amperes (6 volts)	3,5 amperes (8 volts)	4 amperes (10 volts)
360 sigmas....	— 2,35	— 0,25	+ 2
620 »	— 3	0	+ 2,4
360 »	— 2,65	0	+ 2,25

Con una corriente menos intensa, el cronoscopio dá un resultado inferior al normal ó sea — 2,5 á 3 sigmas; con una corriente más fuerte, excede de 2 sigmas.

Las muy notables variaciones en la energía eléctrica no ocasionan más que un contraste de 4 á 5 sigmas en la indicación del tiempo.

CUADRO N° 3. — VARIACIÓN INTERMEDIA DE LOS ERRORES
CON DISTINTAS CORRIENTES

Tiempo medido	2,5 amperes (6 volts)	3,5 amperes (8 volts)	4 amperes (10 volts)
360 sigmas....	0,6	I	0,5
620 »	I,6	I,3	I,3
360 »	I,2	0,8	0,6

Se ve por este cuadro que la variación intermedia de los errores es, en todas partes, muy exigua.

Esta variación va, al parecer, disminuyendo con el aumento de energía. Lo que es fácil demostrar. Cuanto mayor es la intensidad de la corriente, tanto más rápidos serán las mociones del ancla; y, por consiguiente, tanto menor será el exceso de los errores.

En lapsos más largos, resultan las variaciones algo mayores que en lapsos de poca duración. Aquí también influyen posiblemente las irregularidades del diapason medidor, las que, en tiempos más largos, pueden enunciar importes mayores.

B) *Dependencia del error por la duración del tiempo medido.*—

En un cronoscopio bien montado, el error causado por la duración del tiempo medido puede establecerse solamente con la comparación de lapsos cortos con muy largos. Elegí, para la prueba, tiempos de 400 y 10.000 sigmas respectivamente, con la intervención en este caso de una sola conducta, con que se interpelaron uno tras otro el cronoscopio y el marcador magnético. Una intensidad de corriente de 2,9 amperes (esta vez con 14 volts de tensión) dió en los ensayos preliminares resultados muy satisfactorios. Quise incidentalmente aprovechar la ocasión para averiguar el alcance que puede tener en los resultados un contacto deficiente. Para este fin, combiné el interruptor con un martillo de inducción. Se evidenció un error intermedio de — 2,95 sigmas sacado de diez ensayos de una duración aproximada de 400 sigmas por una variación de 1, término medio. Una dispersión mínima de los errores es de gran importancia. Parece, pues, que un contacto en mal estado ocasiona generalmente un error constante. Y solamente cuando dejé caer de muy alto el martillo de inducción, interpelando una corriente energética, lo que tiene por consecuencia el sacudir todo el aparato, se registraron errores desde — 7 sigmas hasta — 9 sigmas. El marcador magnético anotaba, en la mayor parte de los ensayos, una doble interrupción de la corriente. Por la recia caída del martillo y su consiguiente repulsión, se volvió á abrir la corriente. Luego hice diez experimentos bajo las mismas condiciones anteriores; es decir con una energía de 2,9 amperes y 14 volts de tensión con la misma inducción del martillo y en tiempos aproximados de 10.000 sigmas, cuyos resultados se insertan detalladamente en el cuadro N° 4.

Aparece en la primera columna el tiempo leído en el cronoscopio; en la segunda el tiempo gráficamente medido de los ensayos individuales; indicando la tercera los errores del tiempo cronoscópico.

CUADRO N° 4. — ENSAYOS DE DIEZ SEGUNDOS

Tiempo cronoscópico (<i>tc</i>)	Registración gráfica (<i>rg</i>)	Diferencia (<i>tc-rg</i>)
I0609	I0608	+ 1
I0294	I0290	+ 4
I0404	I0402	+ 2
I0485	I0481	+ 4
I0505	I0504	+ 1
I0450	I0446	+ 4
I0459	I0459	0
I0436	I0433	+ 3
I0570	I0569	+ 1
I0550	I0548	+ 2

El intermedio aritmético de los diez errores se calcula en + 2,2 sigmas, mientras que lo provisto era de - 2,95. En 10.000 sigmas, la marcha del aparato adelantó 5 sigmas ó sea en un segundo de medio milésimo: un error omisible en todas las investigaciones.

RODOLFO SCHULZE,
De la Escuela de Leipzig.