

CONSTRUCCION DE MATERIAL DE BAJO COSTE

PARA LA FISICA DE E.G.B

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ

PROFESOR TITULAR DE LA ESCUELA DE MAGISTERIO DE ALMERÍA

ALMERÍA A 2 DE SEPTIEMBRE DE 1985

Construcción de Material de Bajo Coste para la Física de
E.G.B. I.S.B.N: 84-404-1091-3. Depósito legal: AL-325-1987.
Edita el autor. Impresión fotocopiada por máquina Agfa,
modelo X55-5 nº 42902295, realizada por Copysur, C/ Reyes
Catolicos, nº 32, Almería.
Impreso y producido en España. Printed and made in Spain.

Agradezco a M^a Carmen Torres López su abnegada colaboración en esta obra puesta de relieve tanto en la presentación mecanográfica como en las sugerencias lingüísticas y ortográficas.

INDICE

JUSTIFICACION Y OBJETIVOS DEL CUADERNO.....	6
ESTRUCTURA DEL CUADERNO.....	12
UNIDAD DE CONSTRUCCION I	
Balanza.....	17
Juego de pesas.....	25
UNIDAD DE CONSTRUCCION II	
Fuente luminosa.....	28
Tablero de óptica.....	33
UNIDAD DE CONSTRUCCION III	
Calorímetro.....	39
UNIDAD DE CONSTRUCCION IV	
Electroscopio.....	45
UNIDAD DE CONSTRUCCION V	
Galvanómetro.....	52
Fuente de alimentación.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	63

JUSTIFICACION Y OBJETIVOS DEL CUADERNO

Las diferentes disciplinas experimentales que se imparten a nivel de enseñanza básica y media, están estructuradas por un conjunto de conceptos que, en su mayoría, adquieren su entidad de un conjunto de hechos y fenómenos naturales, ya que a partir de estos se pueden inducir dichos conceptos. El carácter de estas disciplinas lleva al enseñante a considerar la experimentación como un recurso didáctico válido, y a tomar conciencia de las dificultades que conlleva integrar ésta en su quehacer cotidiano.

Hay que considerar la existencia de una cierta inercia en la enseñanza, heredada de una instrucción tradicional eminentemente verbal, y esto es un factor a tener en cuenta para entender estas dificultades. Otro factor, si cabe, aún más importante, es el bajo presupuesto que se destina para el gasto de enseñanza, circunstancia que se ve agravada por el coste elevado del material didáctico y por la poca adecuación que, por lo general, presenta éste a los objetivos programados para el curso.

Sin embargo, la situación actual en Psicopedagogía, considera poco adecuada en las Ciencias de la Naturaleza un tipo de enseñanza donde la experimentación esté ausente, lo que, en cierto modo, obliga a buscar una solución que responda a las nuevas exigencias didácticas.

Tomar una postura pasiva, esperando que se realicen posibles modificaciones en los presupuestos dedicados a la enseñanza, no es, creo, la solución más acertada, ya que la distribución presupuestaria anual obedece, entre otras, a razones políticas que no proceden explicar aquí.

Una posible solución, estaría en la línea de sacar un mayor provecho al presupuesto departamental, solicitando el material por piezas sueltas, en vez de hacerlo por equipos completos, en función de los objetivos experimentales previamente fijados, de este modo, será máxima la relación: material

didáctico/coste; aunque, quede claro, este modo de proceder exige al enseñante un conocimiento preciso y exhaustivo de las necesidades experimentales de su disciplina.

Más viable que lo anterior, sería confeccionar el material necesario por el propio alumno, en la medida de sus posibilidades. Esta propuesta supone, además de una solución al problema planteado, un encadenamiento de beneficios didácticos que aparecerán en el curso de esta exposición.

Veamos cuáles serían las condiciones más importantes a tener en cuenta para llevar a la práctica esta propuesta:

a) Se utilizará para la confección del material, prioritariamente, material de deshecho (envases de tetrabrik, latas de foie-grás, corcho blanco ...), y en su ausencia, materiales de bajo coste, procurando, a la vez, que el aparato no pierda por ello capacidad para responder adecuadamente a las exigencias de los objetivos experimentales programados, de forma que sea máxima la relación eficacia/coste.

El que sea un material de bajo coste tiene una justificación obligada, ya que de lo contrario, si el material no está al alcance de lo que puede gastar razonablemente el alumno, el proyecto sería inviable.

b) Las técnicas de trabajo que exige la construcción del material, deben ser adecuadas a la capacidad manual del alumnado, utilizando herramientas sencillas y económicas (cutex, tijeras, sierra de marquetería...).

c) La confección del material ocuparía un período razonable del horario total que corresponde a Pretecnología; en ningún caso se pretende utilizar esta disciplina sólo para construir aparatos de utilidad a otras materias. Parece sugerente la idea de utilizar parte del tiempo dedicado a las disciplinas del área de experiencia para construir determinado material didáctico.

Si bien, la razón de ser de la propuesta planteada está en suplir las deficiencias materiales, existen otros argumentos didácticos que justifican llevar ésta a la práctica docente:

- a) Ofrece la respuesta más adecuada a las nuevas tendencias oficiales de la enseñanza básica: los objetivos de las disciplinas correspondientes al área de experiencia de la Reforma del Ciclo Superior involucran, en su mayoría, conductas de aprendizaje de carácter experimental, concretamente, un 38% aproximadamente de estos proponen al alumno la construcción y manejo de aparatos, como consecuencia, exigen para su ejecución la presencia de un material didáctico adecuado.
- b) Ayuda a conectar, eficazmente, los conceptos teóricos con el trabajo manual: por lo general, el alumno tiene una imagen negativa de la Física, y esto es debido, en parte, porque lo único que le ha aportado la enseñanza ha sido una acumulación nemotécnica de conceptos difíciles, cuya razón de ser no se comprende muy bien, y menos aún su posible utilidad, y es que se olvida con frecuencia que la actividad intelectual pierde su auténtico significado si se presenta desligada de su correspondiente contexto práctico.

Un argumento válido es el que nos ofrece la historia de la Ciencia, en virtud del paralelismo existente entre el plano filogenético y ontogenético: los avances científicos han venido precedidos de un progreso en el plano técnico, a partir del cual se han generado y definido problemas importantes, que han suscitado interés a los científicos de la época, así el antecedente del desarrollo de la Mecánica Clásica está en los progresos técnicos del Renacimiento, el Calor y la Electricidad, en la Revolución Industrial; a su vez, los descubrimientos en el terreno científico han servido para

hacer grandes progresos en el campo tecnológico. Al igual que el progreso científico no se puede entender por sí mismo, y sí por su intensa interacción con la tecnología, el enriquecimiento científico del niño se debe hacer apoyándonos en la actividad manual de éste.

- c) Con la activación de los esquemas de acción, el niño enriquece y desarrolla sus operaciones mentales, base de las destrezas y habilidades mentales: la acción del sujeto tiene un papel fundamental en el nacimiento y evolución de la inteligencia; Los primeros mecanismos de asimilación que posee el niño para adaptarse a su medio son los esquemas de acción, formados por la reiterada y variada interacción con los objetos. Posteriormente, son interiorizados mediante la actividad simbólica, lo que da lugar a las primeras representaciones mentales y relaciones entre éstas, apareciendo así los primeros esbozos inteligentes.

Otras etapas de la génesis del conocimiento ponen nuevamente de manifiesto la importancia de la acción, como factor necesario para la equilibración del sujeto con su medio, en efecto, al final del nivel preoperacional, el niño puede, mediante tanteos sucesivos, articular su pensamiento, esencialmente preoperacional, según las peculiaridades que le ofrecen los datos externos, llegando incluso, a través de este pensamiento intuitivo, a dar respuestas típicamente operacionales. Después, cuando las acciones interiorizadas se hacen reversibles, aparecen las operaciones mentales, a través de las cuales el sujeto puede ordenar adecuadamente los datos que le ofrece su medio.

Incluso el pensamiento hipotético-deductivo, propio del nivel formal, además de la necesidad de crear estrategias experimentales para verificar sus hipótesis, sigue teniendo como recurso de asimilación los esquemas sensomotrices,

ya que estos no desaparecen con la sucesión de los estadios cognoscitivos, sino que pasan a formar parte de las estructuras más estables y se activan si el medio lo exige.

- d) La Pretecnología tomaría una dimensión más apropiada: los trabajos manuales que corrientemente se realizan son de carácter ornamental, y es la estética de estos el criterio más usual para valorarlos, hasta el punto que molinillos o cometas son considerados como "buenos trabajos" si el acabado queda bonito de ver, pero de ningún modo se pone en entredicho si la cometa no vuela o el molinillo no da vueltas.

Sin caer en el extremo de exigir utilidad y eficacia en todos los trabajos realizados, se podrían construir parte de ellos de forma que, adquiriendo el alumno las correspondientes técnicas y destrezas manuales, su valoración estuviese en función de la eficacia de estos para cumplir el cometido previsto.

Creemos que la propuesta realizada queda sobradamente justificada con las razones expuestas.

A través del presente CUADERNO trato de llevar a la práctica en el campo de la Física los planteamientos expuestos anteriormente, centrándome en el material de fabricación original elaborado personalmente en el curso de dos años, fruto de una investigación forzosamente lenta, ya que el avance dependía en gran medida de ciertos descubrimientos fortuitos, si bien, en un futuro mi intención es hacer extensivo el objeto del cuaderno a toda la Física.

Se han utilizado los medios más adecuados que han estado a nuestro alcance para que las ilustraciones y directrices que aparecen en el cuaderno permitan al alumno una construcción de los aparatos lo más fiel posible, con el fin de garantizar una correcta transferencia de las características del aparato original al realizado, siguiendo las instrucciones del cuaderno; para ello se han ilustrado los aparatos mediante fotografías de

de alto contraste para destacar la disposición de sus elementos, y a fin de facilitar la reproducción, se ha utilizado papel milimetrado para dibujar las figuras de revolución, aplicando la escala 1:1.

Nos guía, como fin último, la ilusión de ver a cada niño, o a lo sumo, cada grupo de niños, con su caja de material suficiente como para cubrir las exigencias experimentales de la enseñanza de las disciplinas del área de Ciencias.

ESTRUCTURA DEL CUADERNO

El cuaderno se presenta dividido en apartados, y cada uno de ellos tiene como objeto el estudio y construcción de un instrumento.

Hemos considerado como "unidad de construcción" aquella formada por apartados cuyos materiales son complementarios, obteniéndose las siguientes unidades:

- Unidad de construcción I:
Balanza y Juego de pesas.
- Unidad de construcción II:
Fuente luminosa y Tablero de óptica.
- Unidad de construcción III:
Calorímetro.
- Unidad de construcción IV:
Electroscopio.
- Unidad de construcción V:
Galvanómetro y Fuente de alimentación.

Se ha utilizado una misma estructura para desarrollar cada apartado, de este modo se consigue un orden reiterado que facilita el manejo del cuaderno.

Pasamos a explicar las distintas partes que componen dicha estructura:

a) Función y utilidad didáctica.

Con este primer apartado se pretende definir el instrumento desde un punto de vista funcional y operativo: en qué problemas físicos es más adecuado utilizarlo, qué variables físicas detecta, cómo se maneja...

Por otro lado, sin pretender hacer un estudio exhaustivo, se dan algunas sugerencias sobre las aplicaciones didácticas más importantes que se pueden llevar a cabo con el instrumento, a nivel de enseñanza básica y media, explicitando los objetivos experimentales que se pueden conseguir, exponiendo

diferentes situaciones de aprendizaje o enumerando los contenidos en los que entraría en juego.

b) Descripción e ilustración.

Se comentan las partes que integran el objeto que se va a construir, así como el encaje que se debe realizar entre sí y la distribución espacial de las piezas citadas, ayudándonos con una fotografía del instrumento modelo en este menester, a la vez, dicha ilustración nos sirve como orientación para su construcción.

c) Construcción.

- Materiales y coste estimado:

Puesto que uno de nuestros objetivos es conseguir un material de coste reducido, hemos creído interesante poner, junto con el material necesario, el precio de éste, entendiendo que el material se comprará en grupo -unos treinta alumnos-, los precios están tomados en Agosto del 85 y que la cantidad total puede variar en un 20%, según establecimiento.

Algunos materiales a los que se les ha puesto precio pueden adquirirse gratis, de ahí que la cantidad total sea, en general, mayor que la real.

En cualquier caso, se deja a la creatividad del alumno conseguir un material más barato.

Presentamos una lista de los materiales que se citan a lo largo del cuaderno, dividida según se puedan o no adquirir gratis:

Materiales que se deberán comprar:

- Tablero de madera contrachapeada.
- Lámpara de filamento recto.
- Cuatro pilas de 1.5v.
- Alambres de aluminio e hierro.
- Hilo para solenoide.
- Lámina de acetato.
- Aguja larga.
- Cáncamos.
- Lupa.
- Tornillos.

Materiales que se pueden adquirir sin comprar:

- Envase de tetrabrik.
- Lata de refresco.
- Pletina de aluminio.
- Plancha de aluminio.
- Lata de foie-grás.
- Palillo de dientes.
- Cartón de varios grosores (caja de zapatos, de camisas u otros útiles).
- Gomas elásticas.
- Cable eléctrico.
- Arandela.

- Útiles de trabajo:

Se ha querido distinguir del material que se utiliza para la construcción de un aparato, aquel otro que sólo se utilizará como herramienta de trabajo, pues suponemos que éste lo posee bien el colegio, bien el alumno, por lo que no se consideraría dentro del coste estimado. Este sería el mínimo material que integraría nuestro taller y que nos permitiría hacer todos los aparatos propuestos:

- Sierra de marquetería.
- Pelos de sierra.
- Alicates.
- Juego de limas pequeñas.
- Tijeras.
- Cúter.
- Lija.
- Papel de calco.
- Cinta adhesiva.
- Cinta aislante.
- Regla.
- Pegamento de contacto.
- Cola blanca.
- Regla y cartabón.
- Pincel.

- Plantilla:

Con ésta se pretende hacer perfectamente viable la construcción de los aparatos. Contiene figuras geométricas, que en unos casos serán figuras de revolución, y en otros, serán las piezas que habrá que recortar, y siempre utilizando el mismo mecanismo: pasar lo más fielmente posible, normalmente con papel de calco, dichas figuras sobre el material que en cada caso se indique: madera, aluminio, cartón...

En algunos casos, la función de la plantilla es dimensionar ciertas piezas.

Por razones de espacio, colocaremos las plantillas siempre al final de cada apartado, ya que se presentarán en papel milimetrado de tamaño DIN-4.

Puede resultar bastante instructivo, además de una actividad verdaderamente interdisciplinar, la reproducción de los dibujos sin que estos sean calcados, utilizando regla, cartabón, lápices... y las técnicas propias del dibujo lineal.

- Instrucciones:

En el desarrollo de las directrices se ha seguido esta secuencia: se comienza explicando el modo de conseguir los diferentes elementos o piezas que componen el instrumento, y después se indicarán las técnicas y recursos que se utilizarán para encajar o ensamblar dichas piezas entre sí, con el fin de obtener el aparato modelo de la fotografía.

Antes de meternos en explicaciones engorrosas, hemos utilizado como recurso ilustraciones, esquemas o detalles para tratar de aclarar las partes de las instrucciones más conflictivas.

Entendemos que sobrarán bastantes instrucciones para ciertos alumnos con experiencia en manualidades, pero en todo momento se ha tenido en cuenta al alumno con una experiencia y habilidad manual propia del sujeto de enseñanza básica y media.

d) Características del instrumento construído.

Para completar el proceso de construcción de todo instrumento, es fundamental conocer, una vez construído éste, hasta qué punto cumple las funciones para las que ha sido diseñado, sin embargo, este aspecto es a menudo poco cuidado.

Las características que se ofrecen son las obtenidas con el instrumento-modelo ya construído, y pueden discrepar sensiblemente de las que se puedan encontrar en el material contruído por el alumno.

Si estamos ante un instrumento de medida como es: la balanza, el electroscopio y el galvanómetro, nos referiremos concretamente a la precisión, fiabilidad y rango de tolerancia de estos.

UNIDAD DE CONSTRUCCION I

1. LA BALANZA

1a.- UTILIDAD Y APLICACIONES DIDACTICAS.

La balanza es básicamente una palanca de brazos iguales que sirve para comparar y medir la masa de un cuerpo utilizando un juego de pesas.

Además de medir masas, la balanza que vamos a construir, gracias a su sistema de cursores y a la posibilidad de invertir el eje de pivotamiento, podemos usarla como material básico para otros objetivos experimentales:

- Modificando los cursores del brazo de la balanza, descubrir la ley de la palanca, distinguiendo tres formas diferentes de situar el cursor central.

- Adecuar apropiadamente la balanza para medir el empuje que sufre un cuerpo al ser sumergido en un fluido.

- Añadiendo un electrodo en un extremo del brazo de la balanza e invirtiendo el eje de pivotamiento, descubrir la relación existente entre la masa depositada en dicho electrodo por electrólisis y la cantidad de electricidad que ha pasado.

Esta versatilidad convierte a la balanza en el instrumento más importante que vamos a confeccionar.

Para mostrar la importancia didáctica que tiene construir un instrumento de medida, podemos pensar en la variedad de situaciones de aprendizaje que nos suministra, además de aquéllas de carácter manual como pueden ser: corte de madera con sierra de marquetería, calados, ensamblajes, precisión en la construcción... que de ningún modo se nos presentaría si el instrumento se nos diera ya confeccionado:

- Comentar las partes de la balanza y la función que desempeñan cada una de ellas.

- Descubrir, comparando el error instrumental de cada balanza construida, que éste depende de las características físicas de los materiales utilizados, y de la disposición de estos.

- Diseñar una balanza cuyo error instrumental sea menor que el de la construida, una vez que se ha comprendido cuáles son los factores que determinan el error instrumental.

- Analizar los cambios que se producen en la balanza cuando se invierte el eje de pivotamiento.

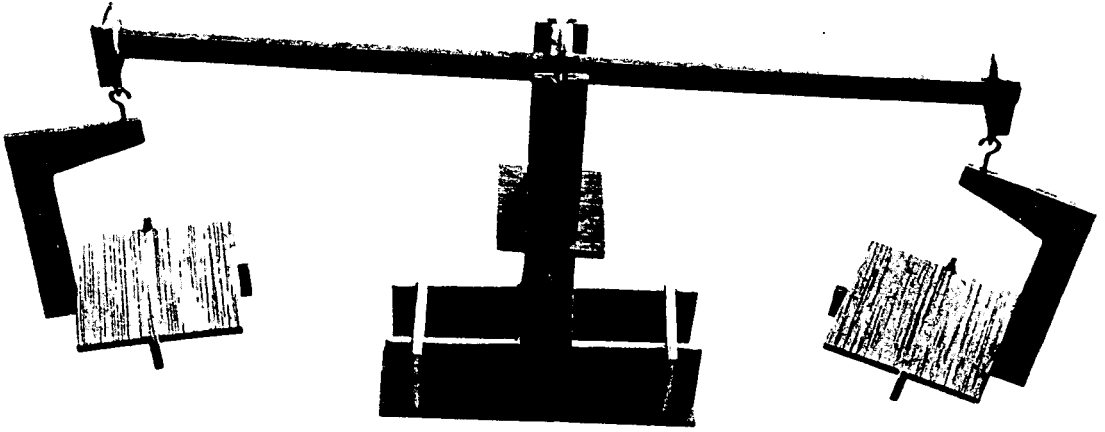
1b.- DESCRIPCION E ILUSTRACION DEL INSTRUMENTO.

Además de los elementos básicos de una balanza convencional: brazo, eje de pivotamiento, fiel, escala... ésta que se propone construir posee dos variantes que le dan una cierta peculiaridad, por un lado, la escala, que tal y como puede apreciarse en la fotografía tiene una posición horizontal, así como la aguja indicadora que sale perpendicular al fiel, lo que permite hacer una lectura cómoda desde la posición sentada del observador; por otro, tiene tres cursores ajustados al brazo: uno central y los otros dos en cada uno de los extremos, que le dan a la balanza una gran capacidad para acomodarse a diversos diseños experimentales.

En la fotografía puede verse la aguja, que hace las funciones de eje de pivotamiento, a la cual previamente se ha cortado la cabeza y la punta.

Puede también utilizarse para pivotar, incluso con mejores resultados, media cuchilla de afeitar, o mejor, una doble, en este caso se ha de proceder con cierta precaución al manejar la balanza, ya que el alumno corre el riesgo de cortarse.

En la siguiente ilustración se pueden apreciar las distintas partes de la balanza, a la vez que nos permite hacernos una idea de cómo quedará nuestra balanza a la hora de construirla:



1c.- CONSTRUCCION DE LA BALANZA.

- Materiales y coste estimado:

Tablero de 0.5 cm de grosor (1x26 y 18x25)..	35 ptas.
5 cáncamos (3 cerrados y 2 abiertos).....	15 ptas.
Aguja de 4 cm o cuchilla de afeitar.....	5 ptas.
Arandela pequeña de Ø 8 mm.....	2 ptas.

TOTAL.....57 ptas.

- Utiles de trabajo:

Sierra de marquetería.
Pelos de sierra finos y anchos.
Barrena.
Lima y lija.
Pegamento.
Papel de calco.

- Plantilla:

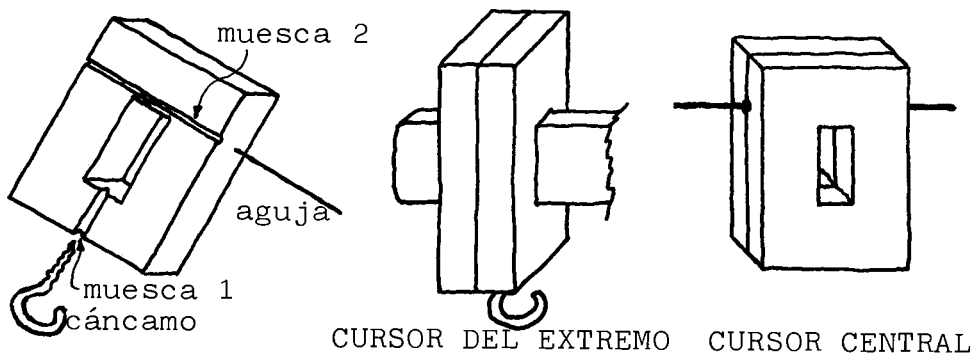
Se ha procurado en esta plantilla reducir al máximo la cantidad de materia desechable (zona rayada). Por razones de extensión, la plantilla

se presenta al final del apartado dedicado a la balanza.

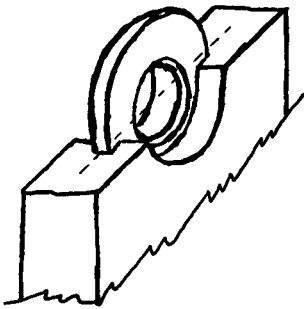
- Instrucciones:

- a) Se toma la plantilla, previamente fotocopiada o arrancada del cuaderno, y se impresiona lo más fiel posible en el tablero, utilizando papel de calco y lápiz con punta fina. Para no correr el riesgo de pequeños desplazamientos, cuando se esté calcando, el conjunto tablero-papel de calco-plantilla se pueden fijar con chinchetas. Las líneas rectas se calcarán utilizando una regla.
- b) Transferido el dibujo al tablero, se procede al corte de las distintas piezas. Primero se hacen los calados con pelo fino, después se va cortando sistemáticamente a partir de un lado del tablero, utilizando pelo fino para rectas cortas y curvas, y pelo ancho para rectas superiores a 3 ó 4 cm. Es fundamental, para garantizar un buen ensamblaje, que el corte se haga, si es el caso, por el borde de la línea interior a la zona rayada (partes del tablero desechables).
- c) Cortadas las piezas, se procede al lijado de éstas. Procurad que los cursores se deslicen por el brazo sin holguras ni rigideces.
- d) Tomando como referencia la balanza fotografiada, montar las distintas piezas. Sólo se pegan al final, cuando se haya comprobado que todo encaja correctamente.

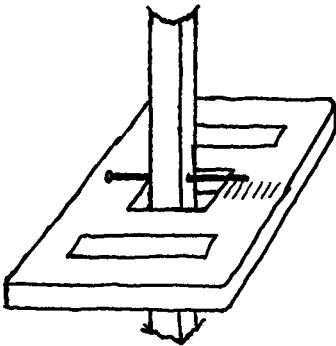
Existen algunos detalles que tendremos que cuidar especialmente:



Cada cursor está formado por dos tacos rectangulares. El cursor central lleva la muesca 1 y 2, y los de los extremos sólo llevan la muesca 1. La función de la muesca 1 será formar un agujero cilíndrico, al enfrentarlo con su pieza homóloga, para meter el cáncamo, por ello la muesca debe ser tal que, al meter el cáncamo no quede holgado, ni separe las dos piezas. Lo mismo habrá que aplicar a la muesca 2, que servirá para sujetar el alfiler, al cual previamente se ha cortado cabeza y punta. En caso de utilizar una cuchilla como eje de pivotamiento, no es necesario la muesca 2 en el cursor central; la balanza es más fiel si ponemos dos cuchillas.

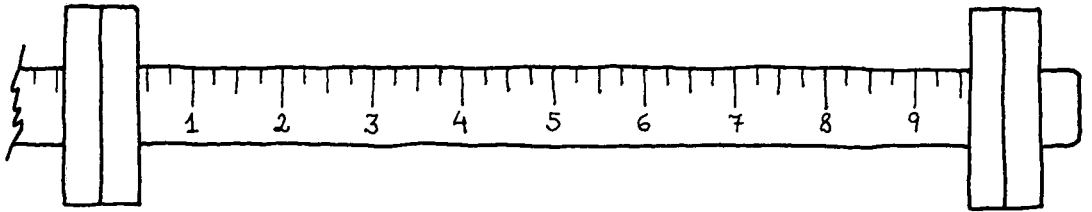


Detalle para encajar la arandela sobre la que pivotará el eje; se puede utilizar ésta partida por la mitad, medida que habrá que tomar forzosamente si ponemos una cuchilla para pivotar.

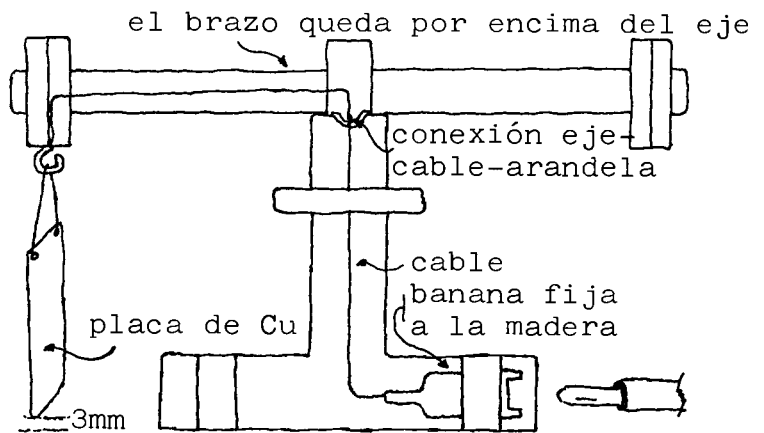


Detalle para explicar el sistema de escala horizontal que utiliza la balanza, fácil de visualizar y evitar errores de paralelaje. Se puede pintar la escala sobre la madera o pegar un trozo de papel milimetrado.

- e) Finalmente, una vez que se han pegado las distintas piezas, se procederá a graduar y pintar los brazos; situaremos el "0" en el centro del brazo, y tomaremos como unidad la longitud de 1.2 cm, de modo que cada brazo quede dividido en diez partes iguales, subdividiendo cada unidad en 4 partes de 3 mm cada una. El brazo se pintará a dos colores alternativos, según el gusto estético de cada cual. Sirva de guía el siguiente dibujo:



- f) Con el fin de guardar el juego de pesas así como otros accesorios útiles para el funcionamiento de la balanza, pegaremos en la base de ésta dos o tres cajas de cerillas, tal y como puede apreciarse en la fotografía.
- g) Si se quiere utilizar la balanza para medir la masa depositada por electrólisis, se han de realizar algunas modificaciones que recoge esquemáticamente la figura:



Es necesario invertir el eje de pivotamiento dejando todo el brazo por encima de éste, en este caso, como el centro de masa se queda por encima del centro de pivotamiento, debemos lastrar el fiel con un trozo de plastilina, tal que la precisión de la balanza sea del orden del 1 mg.

En un extremo se coloca un electrodo de cobre o de latón muy fino de forma rectangular (3.5cm x 7cm), y un sistema de conexiones le lleva corriente eléctrica a través del eje de pivotamiento.

1d.- CARACTERISTICAS DEL APARATO.

Las características de la balanza construida por vosotros, siguiendo las instrucciones, quizás difieran un poco de las que vamos a presentar, ya que éstas se han calculado en nuestra balanza:

La precisión de la balanza es del orden de 50mg, siendo ésta cada vez menor conforme se utilizan pesos mayores, de modo que para un peso de 10g la precisión es del orden de 100mg.

Si bien la balanza es bastante fiel, puede serlo aún más si lastramos el fiel con unos 4g de plastilina aproximadamente, en cuyo caso la precisión es del orden de 100 mg.

Dada la naturaleza del material de construcción, esta balanza no está preparada para pesar cuerpos de más de 30g, pero si se quieren hacer pesadas entre 10g y 80g es preciso lastrar el fiel con un trozo de plastilina de entre 10 y 20g, de este modo, aunque la balanza pierda sensibilidad (pasa de 100mg a 1g), gana precisión, y para los experimentos en los que se utiliza mantiene toda su eficacia.

Cuando utilizamos la balanza con el eje de pivotamiento invertido, ésta toma una precisión del orden de miligramos, por contra, no se pueden pesar objetos de más de 3g, límite que nunca va a suponer un obstáculo, ya que en el electrodo se va a depositar una cantidad de materia no superior a 1g.

2. JUEGO DE PESAS.

2a.- UTILIDAD Y APLICACIONES DIDACTICAS.

Una vez construida la balanza, se hace necesario un juego de pesas si queremos que ésta pueda cumplir adecuadamente su cometido más importante: medir la masa de un cuerpo.

Un juego de pesas es una seriación de pesos submúltiplos de la masa patrón -el kilogramo- y múltiplos si el rango de medida de la balanza supera 1kg, aunque éste no es el caso de nuestra balanza. Los elementos fraccionados de la seriación deben construirse de tal modo que con el mínimo número de piezas se pueda medir la masa de cualquier cuerpo.

El juego de pesas siempre está supeditado a las características de cada balanza en el número de fracciones que se utilizan, en el valor de éstas y en el valor más pequeño de la fracción, por ejemplo, si nuestra balanza no aprecia menos de 50mg, éste debe ser el valor de la fracción más pequeña, y si la tolerancia es de unos 20g, el juego no tiene porqué sobrepasar en mucho esta cantidad.

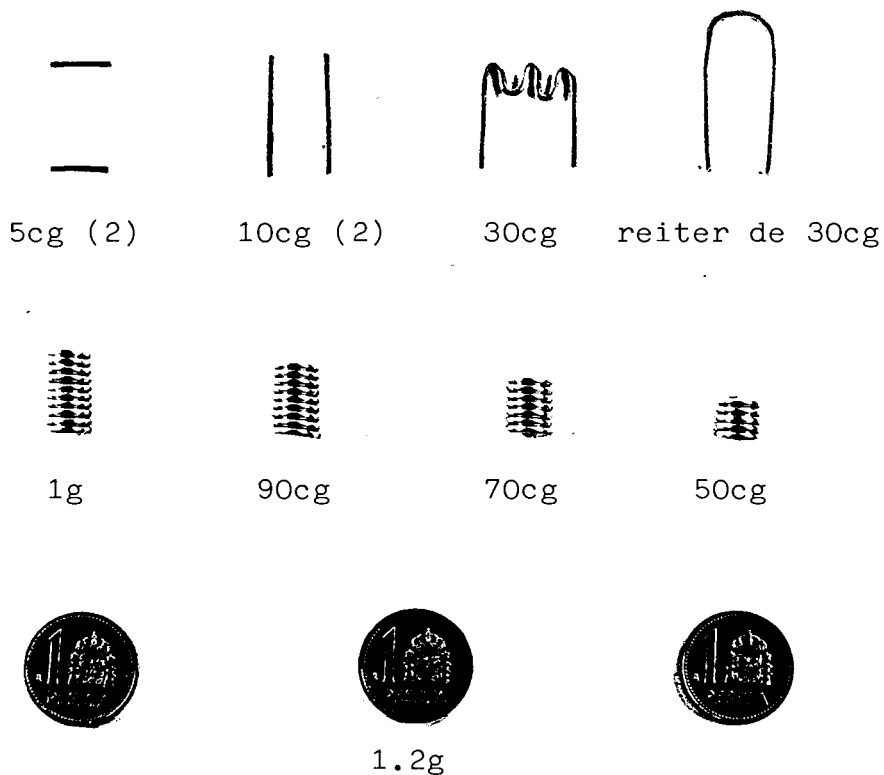
Al construir el alumno su propio juego de pesas, además de asimilar ciertas características físicas del aluminio, como la dureza, ductilidad, maleabilidad..., cortando, limando y enrollando, permite tomar conciencia de la importancia del juego de pesas para medir masas, así como de la función que desempeña el fraccionamiento y la seriación de masas que componen el juego.

Le permite comprender, por último, que las características del juego de pesas deben de estar en consonancia con las de la balanza sobre la que se van a utilizar. Extremos que son pasados generalmente por alto si de entrada se les da la balanza y el juego de pesas ya contruidos, pues su centramiento mental tiene como objeto ahora sólo la acción de pesar.

2b.- DESCRIPCION E ILUSTRACION DEL JUEGO DE PESAS.

El juego consta de 9 fracciones igual y menores a 1g, y 15 piezas de 1.2g, más un reiter de 300mg, que se utilizará en un contexto diferente al de la medición (principio de Arquímedes y Electrólisis).

En la ilustración se puede ver con claridad las distintas fracciones:



2c.- CONSTRUCCION DEL JUEGO DE PESAS.

- Materiales y coste estimado:

78cm de alambre de aluminio de \emptyset 1.5mm.....	35 ptas.
15 monedas de pesetas nuevas.....	15 ptas.
TOTAL.....	50 ptas.

- Utiles de trabajo:

Alicates.

Lima pequeña rectangular.

Pincel de \emptyset 5.5-5.8mm, o cualquier objeto alargado cuya sección circular tenga esta dimensión.

- Instrucciones:

- a) Se cortan y liman los extremos de 10 varillas de aluminio con las siguientes longitudes: 2 de 1.1cm, 2 de 2.2cm, 2 de 6.6cm, 1 de 11cm, 1 de 15.4cm, 1 de 19.8cm y 1 de 22cm.
- b) A cada una de las piezas se le da la forma que se indica en la fotografía. Lo más difícil de moldear son las bobinas; si se quiere dar el acabado que aparece en la ilustración, es necesario hacer el embobinado sobre un cuerpo cilíndrico, procurando que las espiras queden contiguas y paralelas, emparejando con los alicates las puntas de los extremos con la figura cilíndrica que se forma.

2d.- CARACTERISTICAS DEL JUEGO DE PESAS.

Ya se ha dicho que éstas deben ser correlativas a las de la balanza, es decir, fracción más pequeña: 50mg, juego de 25 piezas, más un reiter de 300mg; cualquier valor entre 1g y 1dg se puede obtener con una pieza o combinando dos de ellas, en ningún caso más de dos.

La bobina de las fracciones de 5, 7, 9 y 10dg están confeccionadas de forma que el número de vueltas de éstas es igual al de su masa en dg, con el fin de facilitar la identificación de las fracciones (compruébese este extremo en la ilustración fotográfica).

Se ha elegido premeditadamente alambre de aluminio, ya que su baja densidad y delgadez hace que si nos equivocamos en 1mm cortando o limando, estamos cometiendo un error menor de 5mg, que resulta despreciable, con un error del 1%, si tenemos en cuenta que el error instrumental de la balanza es de 50mg.

UNIDAD DE CONSTRUCCION II

1. FUENTE LUMINOSA

1a.- UTILIDAD Y APLICACIONES DIDACTICAS.

Para estudiar adecuadamente los fenómenos ópticos más sencillos -reflexión y refracción- es necesario poseer una fuente luminosa que genere indistintamente un rayo de luz delgado o tres rayos paralelos, con el fin de controlar ciertas variables que perturbarían el análisis de dichos fenómenos.

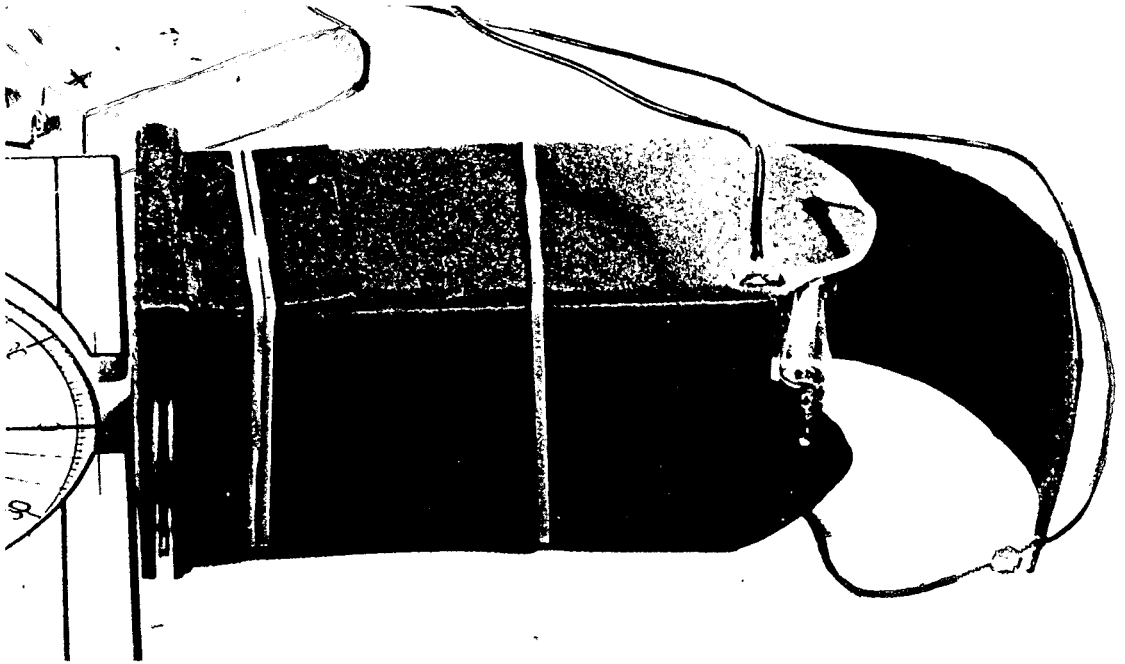
En la enseñanza básica es posible introducir al niño en los conceptos de reflexión y refracción experimentalmente, utilizando el rayo de luz que posiblemente entre por la ventana, sin embargo, la incidencia oblicua del rayo, la dificultad para aislarlo, el hecho de que no siempre las condiciones atmosféricas son favorables, o bien, un problema de orientación del aula hacen dificultosa la experimentación con rayos naturales, que en condiciones óptimas únicamente permitirían al alumno tomar un concepto cualitativo de los citados fenómenos.

Con la fuente de luz siempre tenemos un delgado rayo horizontal a la mesa que nos permite estudiar cualitativa y cuantitativamente las desviaciones que sufren los rayos cuando atraviesan objetos transparentes, comprobando, o bien descubriendo por inducción las leyes de la reflexión y la refracción.

1b.- DESCRIPCION E ILUSTRACION DE LA FUENTE LUMINOSA.

La fuente óptica consiste en un paralelepípedo alargado. Uno de los extremos tiene forma de paraboloide, con el fin de, si los rayos son poco intensos, revestir el interior con papel de aluminio para aumentar la intensidad de los rayos. En el foco del paraboloide se instala una bombilla de 8v-12v con filamento vertical; en el otro extremo se

otro extremo se encuentra la cajita que contiene la lente convergente y la rejilla, ajustada al cuerpo de la caja negra mediante una goma elástica. La rejilla es intercambiable, lo que permite crear uno o tres rayos, según convenga. Véase ilustrada:



1c.- CONSTRUCCION DE LA FUENTE LUMINOSA.

- Materiales necesarios y coste estimado:

Cartulina negra.....	25 ptas.
Gomas.....	3 ptas.
Lámpara de filamento recto.....	70 ptas.
Lupa.....	15 ptas.
Cable.....	5 ptas.

TOTAL.....118 ptas.

- Utiles de trabajo:

- Cutex.
- Tijeras.
- Pegamento para cartón.

- Plantilla:

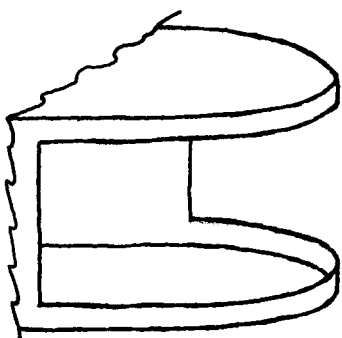
Se presentan dos figuras de revolución: la nº 1 nos servirá para construir la caja negra donde se instalará la lámpara, y la nº 2 la utilizaremos para construir la caja estrecha donde se ubicarán la lupa y la rejilla.

- Instrucciones:

- a) Se pasan las figuras de revolución y las restantes a la cartulina (si ésta es delgada pegaremos los interiores de dos trozos de cartulina, con el fin de obtener mayor grosor), se recortan, y finalmente se pegan las regiones rayadas adecuadamente.

Se sobrentiende que el alumno domina la técnica manual para confeccionar figuras geométricas a partir de figuras de revolución.

- b) Con la fig. 1 se obtiene la caja negra. Procurad no pegar la lengüeta que circunda a los paraboloides, fijándola y ajustándola simplemente con la goma elástica; esto nos permite cambiar la lámpara en caso de que se funda. Se ha dejado una región bastante ancha (1a) para pegar el lateral de la caja negra, con el fin de que tome mayor consistencia.



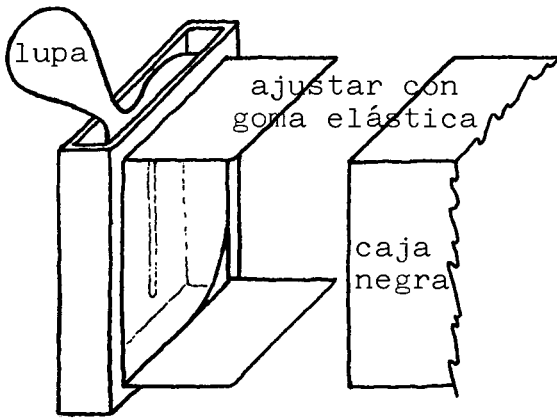
Se debe prestar especial atención al pegar las bandas de 0.5cm de ancho alrededor de los paraboloides. La función de éstas es no dejar escapar luz por ese extremo de la caja negra, ya que la lengüeta sola no puede cumplir ese cometido.

- c) La fig. 2 nos servirá para construir una caja estrecha donde se encajará la lupa y la rejilla, y se colocará en el extremo opuesto a la lámpara.

Antes de pegar la caja, abriremos tres rejillas con el cúter en el cuadrado que presenta la parte frontal de la caja.

Utilizaremos la cartulina de rendija única para tapar las rendijas exteriores de la caja estrecha.

En el dibujo se indica cómo se deben dejar las dos lengüetas, una vez que se han cortado con el cúter por la línea discontinua.



Las lengüetas ayudarán a ajustar la pieza al cuerpo de la caja oscura mediante una goma elástica, o bien, pegándola si se quiere dejar fija.

Como se puede apreciar en el dibujo, por la parte superior se ha practicado una apertura rectangular para introducir la lupa y la rendija. Esta se hará después de pegar la caja, una vez haya tomado cierta consistencia.

1d.- CARACTERISTICAS DE LA FUENTE LUMINOSA.

Los tres rayos paralelos son producidos por una lente que está colocada a una distancia de la lámpara igual a su distancia focal (9.5cm). Esta característica es fundamental en el estudio de las lentes, ya que permite calcular con facilidad la distancia focal de éstas, así como analizar con detalle la capacidad que tienen las lentes para aumentar la imagen de un objeto.

La lámpara de filamento vertical funciona con una fuente de alimentación de 12v (8 pilas de 1.5v), generando un rayo delgado de intensidad débil pero suficiente para un estudio experimental de las leyes de la reflexión y la refracción.

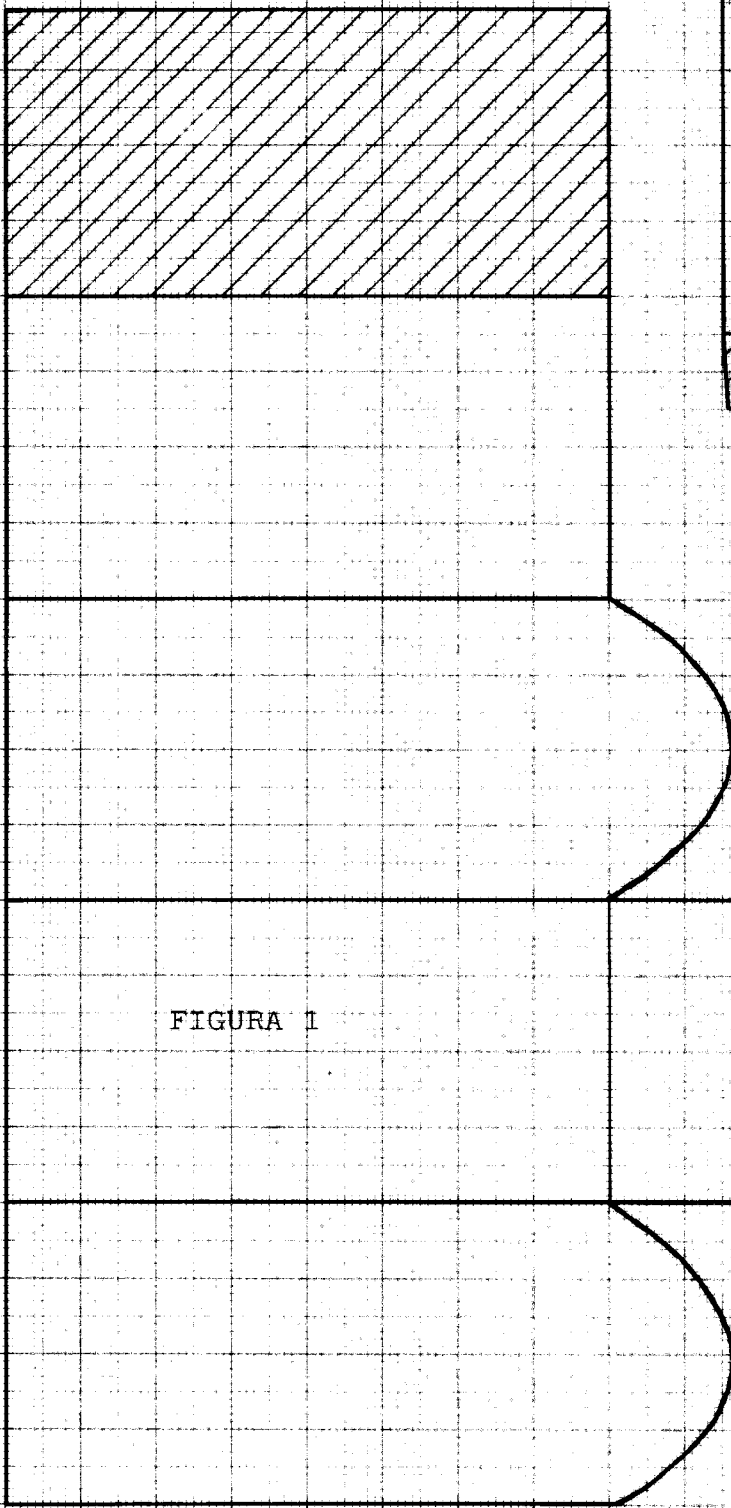
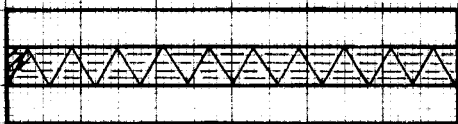
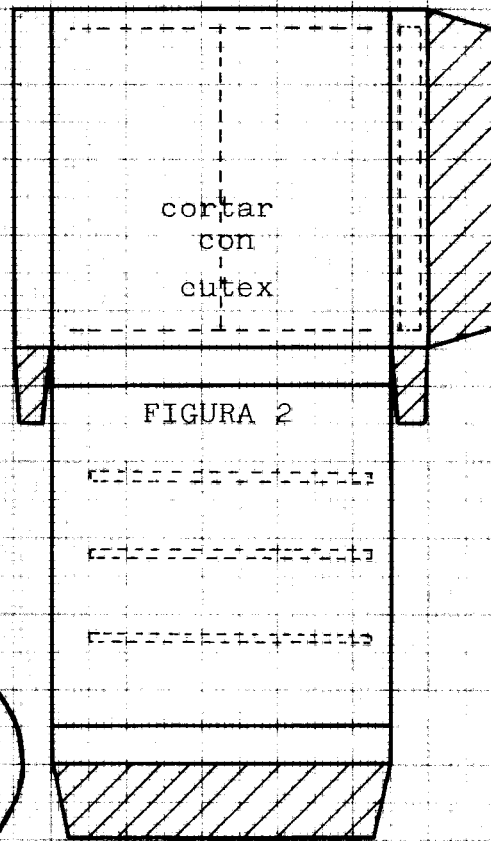


FIGURA 1

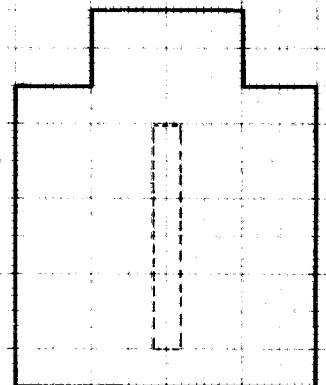


BANDAS PARA PARABOLOIDES



cortar
con
cutex

FIGURA 2



PANTALLA CON REJILLA

ESCALA

2. TABLERO DE OPTICA.

2a.- UTILIDAD Y APLICACIONES DIDACTICAS.

Es una pieza complementaria de la fuente luminosa, y sus funciones abarcan los siguientes aspectos:

- Ofrece una región blanca muy apropiada para detectar el camino que siguen los rayos tras ser desviados por los objetos de actividad óptica.

- El tablero se encuentra a 15mm sobre la mesa, lo que permite recoger la parte central de los rayos que salen de la rejilla, y cuya intensidad es mayor, lo que permite visualizar los rayos óptimamente, y en particular, aquéllos que al sufrir varias desviaciones quedan muy debilitados.

- Presenta un sistema de líneas tal que situando los objetos ópticos en el centro del círculo, permite calcular con suma facilidad los ángulos de desviación respecto al rayo incidente, posición óptima de un objeto óptico para que se produzca un determinado fenómeno, el cálculo de la distancia focal de las lentes...

Las aplicaciones didácticas del tablero vienen dadas por las funciones especificadas anteriormente:

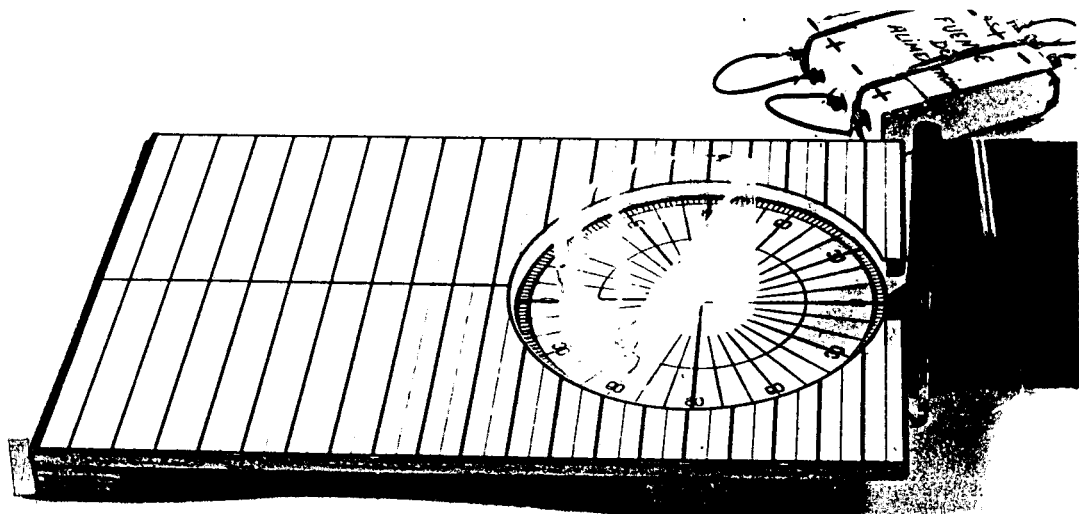
- Permite estudiar las desviaciones de los rayos luminosos en condiciones óptimas, ya que algunos factores que perturbarían dicho estudio, si se hicieran sobre una mesa cualquiera, no aparecen con el tablero.

- Debido a un sistema de líneas radiales y paralelas, la cuantificación de la observación es inmediata, lo que permite aplicar las técnicas propias del método por descubrimiento, para que el alumno llegue por inducción a las leyes de la reflexión y refracción, así como al conocimiento del comportamiento óptico de algunos de los objetos transparentes más significativos.

En definitiva, el tablero de óptica nos permite, por un lado, visualizar adecuadamente los débiles rayos que produce la fuente, y por otro, cuantificar fenómenos ópticos.

2b.- DESCRIPCION E ILUSTRACION DEL TABLERO.

Es un rectángulo de 20.50 x 30cm, donde se ha dibujado en sentido transversal una serie de líneas paralelas y equidistantes, alternando líneas gruesas, a 1cm de separación, con finas, distantes de las gruesas 0.5cm. Se distingue una zona circular de \emptyset 9cm, dividida mediante rectas radiales, formando una regla circular. Esta zona está a 0.5cm por debajo del nivel del tablero. Al fondo hay una tablilla vertical que sobresale del tablero 0.5cm. Véase todo esto en la ilustración fotográfica:



2c.- CONSTRUCCION DEL TABLERO.

- Materiales y coste estimado:

Tablero de 0.5cm de grosor (20.50 x 30).....25 ptas.

Fotocopia del sistema de líneas..... 5 ptas.

TOTAL.....30 ptas.

- Utiles de trabajo:

Sierra de marquetería.

Tijeras.

Cutex.

Pegamento papel-madera.

Cola blanca.

Lija.

Papel de calco.

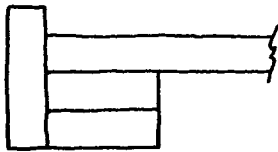
Torniquetes de marquetería.

- Plantilla:

Presentamos, por un lado, una plantilla donde se indica el modo de trocear y obtener con la sierra de marquetería las diferentes piezas que componen el banco de óptica, y por otro, el sistema de líneas paralelas y radiales que nos servirá para pegar directamente, o a través de una fotocopia, en el tablero. Como siempre, la plantilla se presenta al final del apartado dedicado al tablero de óptica.

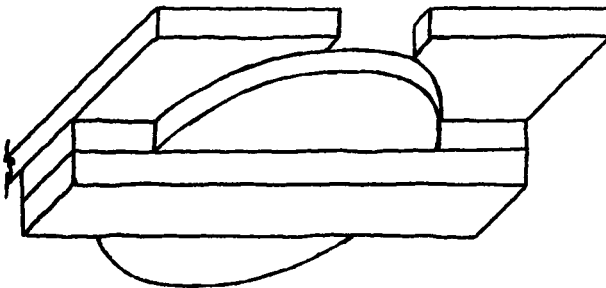
- Instrucciones:

- a) Se toma la plantilla, previamente arrancada o fotocopiada del cuaderno, y se impresiona lo más fielmente en el tablero, mediante papel de calco y lápiz con punta fina.
- b) Se procede al corte de las distintas piezas, desechando aquéllas en zona rayada. Utilizar pelo fino para el corte de la circunferencia, que ha de hacerse con sumo cuidado, pues es la única pieza que se le exige un encaje óptimo.
- c) Después de un buen lijado de las distintas piezas,



se procede al pegado de éstas. La parte más sencilla es la posterior, que se hará según indica la sección dibujada

La parte que presenta mayor dificultad en el pegado



de las distintas piezas es el de la zona circular, ya que ésta debe quedar 0.5cm por debajo del nivel del tablero. La perspectiva de abajo a arriba de este dibujo pretende mostrar la disposición de las distintas piezas.

- d) Finalmente, se arrancará o fotocopiará la segunda plantilla, y después de recortar rectángulo y círculo

se procede a pegarlo sobre el tablero. Con el fin de que no queden arrugas en el papel y quede ajustado al plano del tablero, se aconseja extender el pegamento con pincel o con el dedo.

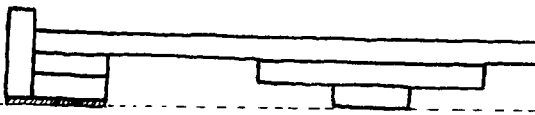
2d.- CARACTERISTICAS DEL TABLERO DE OPTICA.

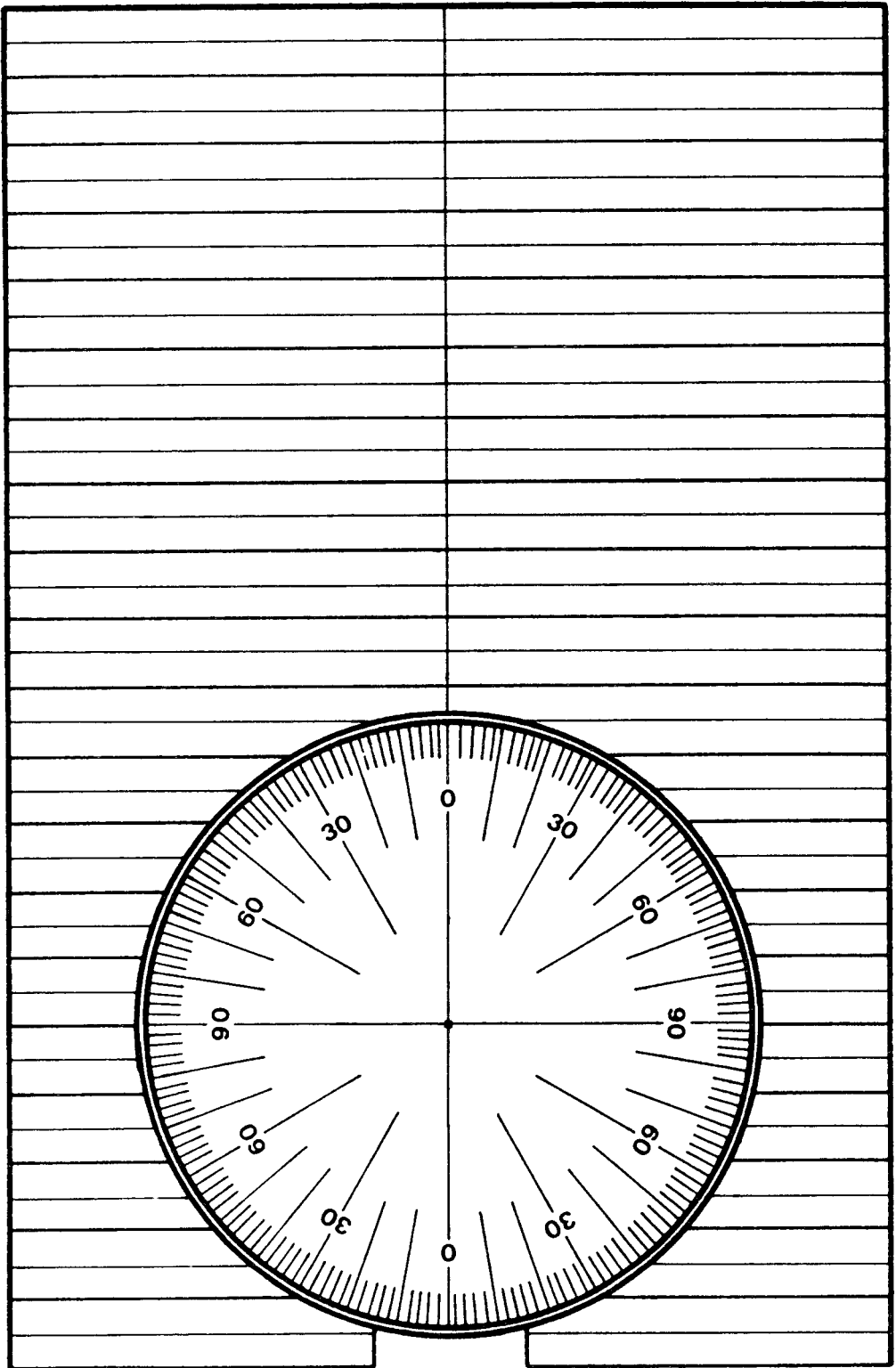
Todas las características del tablero tienen un solo fin: detectar visualmente, lo mejor posible, los rayos que se ponen en juego en los fenómenos de reflexión y refracción; para ello se han tomado las siguientes medidas, considerando que, en las superficies perpendiculares a las rejillas, la intensidad del rayo luminoso es menor que en superficies paralelas:

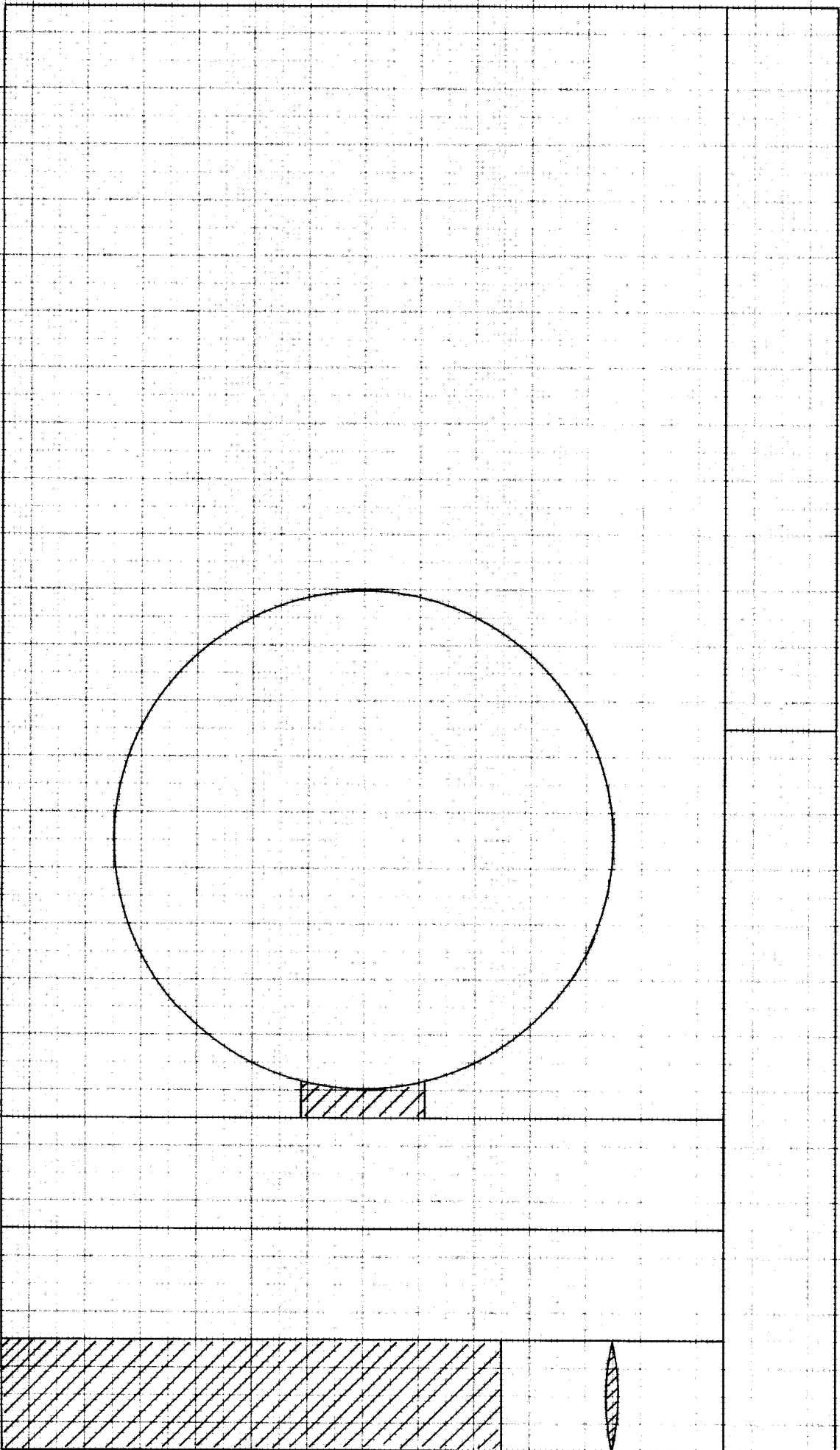
- Se ha colocado una tablilla pintada de blanco en el fondo del tablero, ya que la intensidad de la luz llega a esta zona muy débilmente y esta banda vertical puede detectarla perfectamente.

- La zona circular está rodeada por una banda blanca vertical de 0.5cm, muy útil para detectar rayos de poca intensidad que han sufrido más de una desviación.

Finalmente, si queremos aumentar un poco más la intensidad del rayo luminoso, existe un pequeño truco que consiste en

 "calzar" con un trozo de folio plegado la parte posterior del tablero, de este modo el tablero queda un poco inclinado, con el consiguiente aumento de intensidad, al aumentar la sección eficaz que presenta cara al frente luminoso.





UNIDAD DE CONSTRUCCION III

1. EL CALORIMETRO

1a.- UTILIDAD Y APLICACIONES DIDACTICAS.

El estudio experimental de fenómenos donde interviene el equilibrio térmico, el intercambio de calor entre cuerpos de distinta temperatura y/o la capacidad específica de cada cuerpo para dar o admitir energía calorífica, exige una cavidad que reduzca al mínimo la interacción térmica entre ésta y el exterior, de modo que los intercambios energéticos entre cuerpos situados en el interior no sean perturbados por el nivel de excitación térmica del exterior: ésta es la función básica de un calorímetro.

A través del calorímetro se puede presentar al alumno las siguientes situaciones de aprendizaje :

- Inducir, ordenando los datos a través de gráficas y tablas, las reglas más sencillas que rigen el equilibrio térmico. Previamente habrá que delimitar dentro de la cavidad dos subsistemas que sólo intercambian energía calorífica.

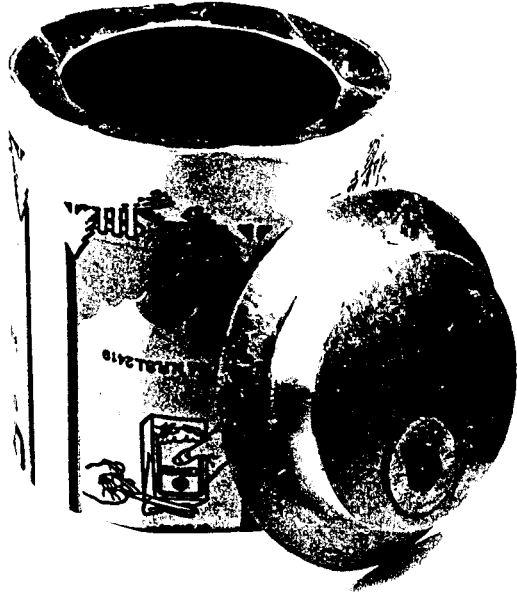
- Observando el aumento de temperatura de una cierta masa de agua que hay en el calorímetro, calcular la capacidad calorífica de diversos materiales, cuando estos se echan dentro sucesivamente.

- Calcular de un modo aproximado y con una técnica adecuada el equivalente mecánico del calor.

- Al construir los alumnos el calorímetro, utilizando ciertos materiales que transmiten poco la temperatura dejando una cámara de aire y utilizando un material refractante, como es el cartón alumino, se llega a tomar una idea clara sobre lo que es y qué se pretende con un calorímetro.

1b.- DESCRIPCION E ILUSTRACION.

Nuestro calorímetro consta de una capacidad de 200cc adecuada para contener líquidos, y otra más exterior separadas por una cámara de aire, confeccionada con cartón aluminio; la cavidad interior se cierra herméticamente con un tapón de cartón aluminio que encierra una cámara de aire en su interior. Dicho tapón se presenta horadado para introducir el termómetro hasta la cavidad interior.



1c.- CONSTRUCCION DEL CALORIMETRO.

- Materiales y coste estimado:

3 envases de tetrabrik..... 0 ptas.

Una lata de refresco..... 0 ptas.

TOTAL..... 0 ptas.

- Utiles de trabajo:

Tijeras.

Cutex.

Silicona.

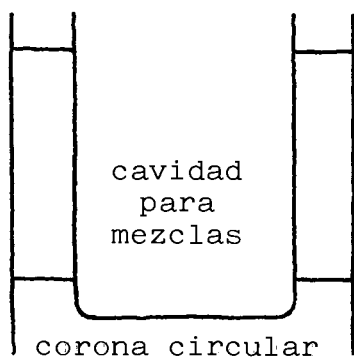
Papel de calco.

- Plantilla:

Se presentan diversas figuras de revolución que se imprimirán adecuadamente sobre cartón aluminio.

- Instrucciones:

- a) Se corta con las tijeras la parte superior de la lata, de modo que la circunferencia del nuevo borde quede paralela a la base y a una altura de 9cm. Tomando dicha altura como referencia, cortamos con 1 ó 2cm de más la parte superior e inferior del envase de tetrabrik, de modo que quede un cilindro hueco, procurando que las bases queden paralelas y perpendiculares a la altura.
- b) Para ensamblar el cilindro hueco de tetrabrik con la lata seccionada, se utilizarán dos coronas circulares de cartón aluminio, previamente calcadas y recortadas utilizando la plantilla. Como pegamento se utilizará silicona, dado que puede resistir temperaturas mayores de 60° que, en algunos casos, será una temperatura obligatoria a utilizar en ciertos experimentos.



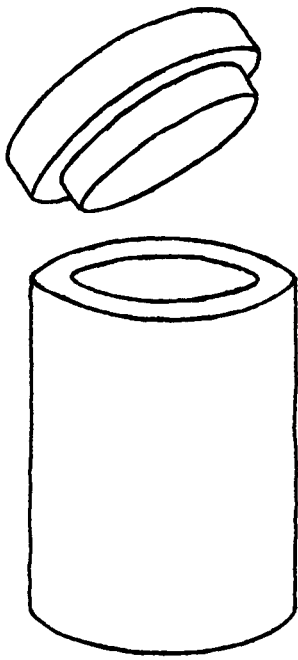
La sección esquemática, explica cómo deben quedar las distintas piezas.

Dado que la silicona es un pegamento muy lento, es preferible ayudarse con alfileres u otros elementos que fijen las piezas.

- c) Para hacer el tapón, se pasarán las figuras señaladas con la letra T de la plantilla a cartón aluminio, mediante un papel de calco u otro procedimiento semejante; una vez recortadas las figuras, se procederá a pegarlas siguiendo el modelo de la fotografía.

Para horadar el tapón, se puede utilizar un punzón al rojo vivo, o bien, antes de pegar, hacer los agujeros con las tijeras, procurando después en el pegado que estos queden alineados.

Si se dispone de un cortacorchos de polietileno expandido, se puede conseguir una alternativa más sólida que la que ofrece el calorímetro modelo:

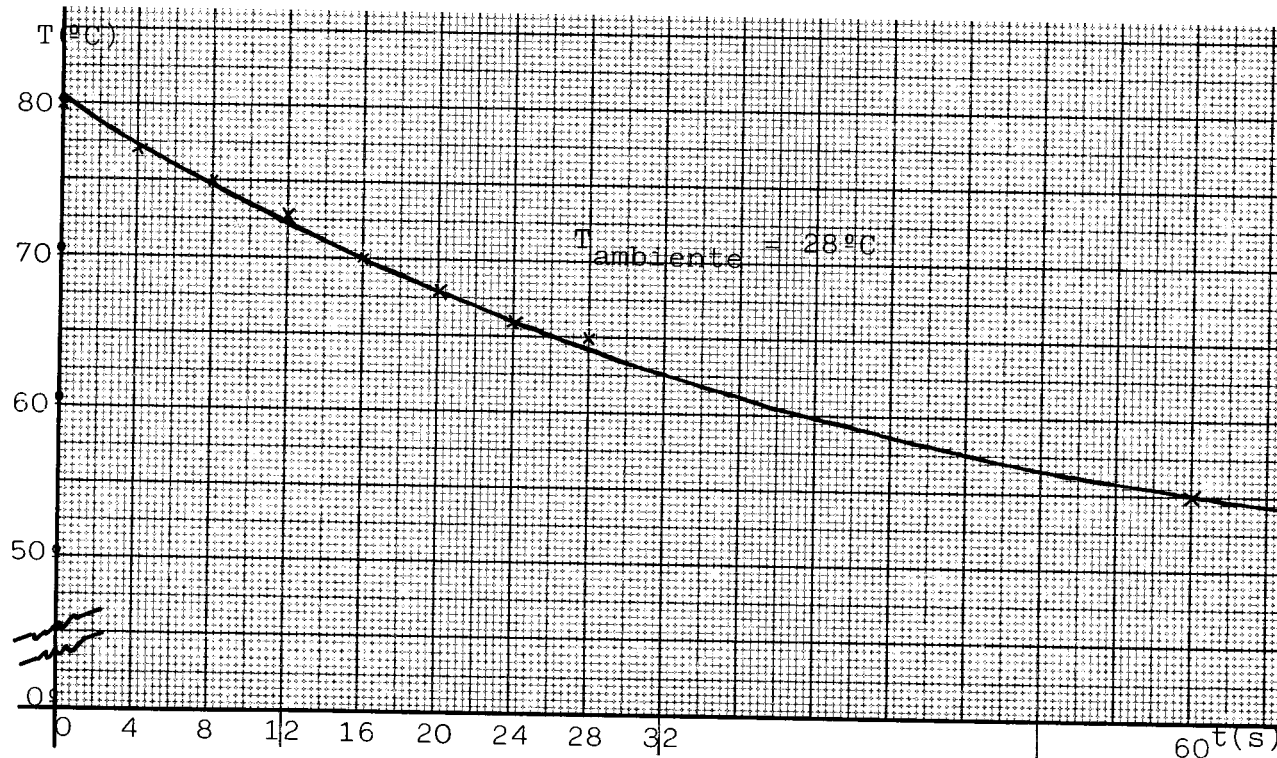


Con los cilindros planos de corcho blanco, se puede hacer un tapón bastante eficaz. Por otro lado cortando una pieza tal como se indica en el dibujo, las coronas circulares, bastante engorrosas de pegar, pueden ser sustituidas por dicha pieza que se colocaría entre la lata y el envase de tetrabrik.

La dificultad que presenta el corcho blanco es la facilidad con que es agredido por los diversos pegamentos en uso. Infórmese sobre los pegamentos adecuados para pegar polietileno expandido.

1d.- CARACTERISTICAS DEL CALORIMETRO.

La eficacia de un calorímetro se mide por su capacidad para mantener constante la temperatura de un cuerpo contenido en su interior.



La gráfica se ha obtenido partiendo de una masa de agua

de 170cc de 80° C y una temperatura ambiente de 25° C. Observamos que la temperatura baja 25° C en 1 hora, lo que supone una bajada promedio de, aproximadamente, 0.42° C cada minuto; si tenemos en cuenta que los experimentos de calorimetría duran aproximadamente unos 10 min. y, que se suele trabajar con temperaturas que se encuentran en el intervalo (50, 20), para 200cc de agua, tenemos que por disipación se pierde:

$$Q_{\text{disipado}} = 200 \times 3.33 = 666 \text{ calorías}$$

Mientras que la energía calorífica que se pone en juego es aproximadamente:

$$Q_{\text{en juego}} = 200 \times 30 = 6.000 \text{ calorías}$$

Luego el error que cometemos en nuestros cálculos, por pérdida de energía calorífica, es:

$$E_r = \frac{Q_{\text{disipado}}}{Q_{\text{en juego}}} = \frac{666}{6.000} = 0.11$$

Este error está dentro del margen de tolerancia con el que se trabaja en el laboratorio, para calcular el error específico de diversos cuerpos, si bien, podemos introducir el calor disipado en las ecuaciones calorimétricas sabiendo que en el intervalo (50, 20) se pierde 0.33 cal./min. por promedio.

UNIDAD DE CONSTRUCCION IV

1. EL ELECTROSCOPIO

1a.- UTILIDAD Y APLICACIONES DIDACTICAS.

Las cargas eléctricas estáticas presentan dos características que dificultan su estudio empírico y posterior conceptualización. La primera de ellas es que no son visibles como pueden serlo un objeto, una palanca, una polea..., la segunda es que las fuerzas que originan las cargas eléctricas, creadas por el frotamiento de determinados materiales, son muy débiles y se necesita un aparato realmente sensible para detectarlas.

El electroscopio viene a suplir las dos dificultades antes señaladas; tiene como finalidad detectar fuerzas electrostáticas muy débiles, mediante un desplazamiento mecánico visible.

Las aplicaciones didácticas del electroscopio abarcan todos los contenidos de electrostática a nivel de enseñanza básica y media: tipos de electricidad, cuerpos conductores y no conductores e inducción electrostática. Se utiliza como material básico en las siguientes situaciones de aprendizaje:

- Clasificar un grupo de objetos según activen o no el electroscopio, cuando son frotados previamente.

- Analizar qué materiales son más adecuados para que el frotamiento de los cuerpos, que activan el electroscopio, den un desplazamiento máximo.

- Distinguir los tipos de electricidad que existen, observando los desplazamientos que provocan en el electroscopio los cuerpos que lo activan.

- Mediante un diseño experimental adecuado, donde el cuerpo frotado se pone en contacto con el electroscopio a través de diferentes cuerpos, clasificar estos según

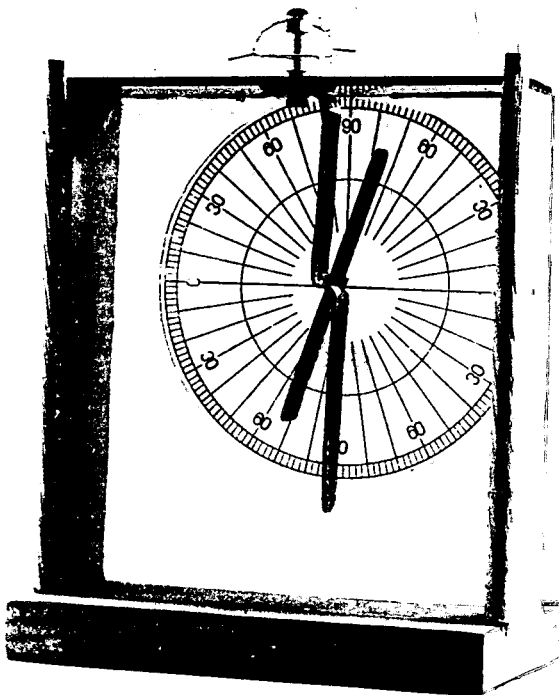
transmitan o no la electricidad del cuerpo frotado al electroscopio.

- Tomando como mediador un cuerpo que transmita la electricidad, observar, aproximándole el cuerpo frotado, diferentes comportamientos del electroscopio.

Finalmente se puede conseguir en todas estas situaciones un cierto nivel de cuantificación, anotando los grados que se desplaza el girator mediante el círculo graduado.

1b.- DESCRIPCION E ILUSTRACION DEL APARATO.

El electroscopio que se propone para construir consta de dos partes fundamentales: el estator, que es una pieza fija de aluminio y que posee una ventanilla por donde se introduce la segunda pieza: el girator, también de aluminio, pero tiene como característica primordial su gran ligereza, con el fin de conseguir giros visibles para fuerzas muy débiles. El estator se encuentra en el interior y sujeto a la parte superior de una caja con forma de paralelepípedo, que, además de soporte, sirve para crear en su interior una atmósfera eléctricamente poco activa.



1c.- CONSTRUCCION DEL ELECTROSCOPIO.

- Materiales y coste estimado:

Pretina de aluminio de 1cm de ancho*.....	5 ptas.
Plancha de aluminio de 0.2mm de grosor**....	0 ptas.
Cartulina blanca o de color.....	10 ptas.
Cartulina de acetato de 0.8mm.....	10 ptas.
Tornillo y tuerca.....	5 ptas.

TOTAL.....30 ptas.

* Esta pretina se utiliza para el agrupamiento de cables eléctricos por su poder anticorrosivo. Se puede obtener gratis del electricista.

** Se utiliza dicha plancha para las reproducciones en imprentas y suelen desecharse cuando se han utilizado varias veces.

- Utiles de trabajo:

Alicates.

Tijeras.

Barrena.

Papel de calco.

Pegamento para cartón.

Juego de limas pequeñas: cuadrada, redonda y plana terminada en punta.

- Plantilla:

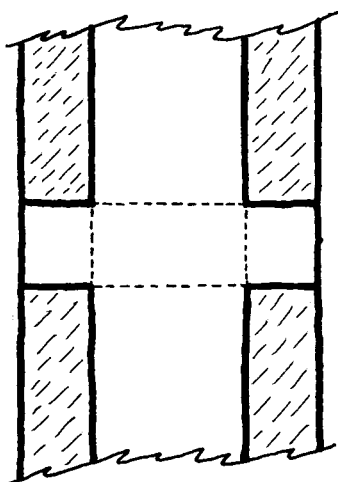
En la fig.1 se dan las indicaciones relativas a la manipulación de la pretina de aluminio; la fig.2 nos orienta sobre el modo de recortar la plancha de aluminio; las figuras 3 y 4 nos servirán para hacer la caja soporte del electroscopio.

- Instrucciones:

a) Comenzaremos, antes de proceder a doblar, haciendo una apertura rectangular por el lugar que se indica en la fig.1, procediendo como sigue: señalaremos sobre la pretina, con un punzón, el lugar donde irá la ventana y los doblajes; en el centro de ésta se abrirá un agujero con la punta de una púa, que servi-

rá para introducir la barrena e ir ensanchando hasta que pueda actuar la lima redonda. Cuando la apertura sea lo suficientemente grande, se utilizarán las dos líneas restantes con el fin de dejar un acabado rectangular, procurando que en el doblado quede $\frac{1}{3}$ de la ventana en la vertical y los restantes $\frac{2}{3}$ en la horizontal: véase dibujo explicativo de la fig.1. El mismo procedimiento se aplicará para hacer el agujero de la cabeza del estator.

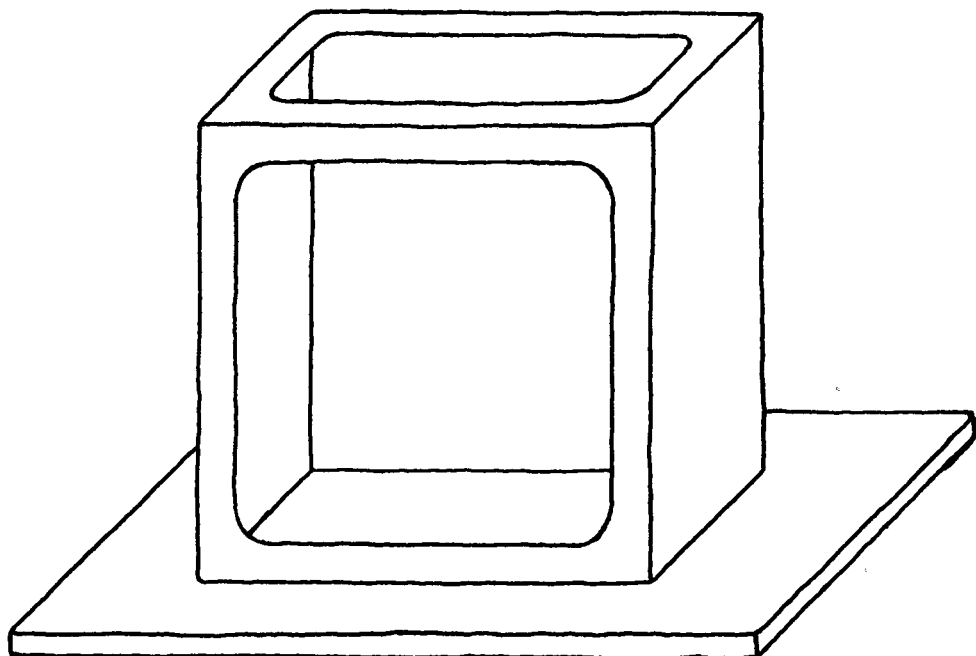
- b) La construcción del girator requiere un cuidado especial: con el cutex dibujaremos sobre la plancha de aluminio de la fig.2, remarcando varias veces



el contorno, a excepción de la línea de puntos que indica el dibujo, ya que en caso contrario los dos salientes podrían separarse del cuerpo restante. Después, procediendo como cuando se quiere cortar un alambre con las manos, se irán separando del girator las partes desechables (zona rayada). Usar lo menos posible las tijeras, ma-

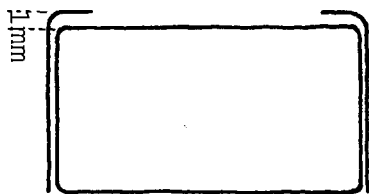
tando los bordes con una lima plana.

- c) Se utilizará una cartulina recia para hacer la caja, trasladando previamente a esta cartulina la figura



de revolución nº3, utilizando las técnicas propias para construir figuras geométricas.

Seguidamente se procederá a abrir las dos ventanas que se indican, después de haber pegado el paralelepípedo, y cuando haya tomado consistencia.



Pegar a la caja la pieza de la fig.4, tal como se indica en el esquema. La separación de 1mm creada entre las piezas nos sirve para deslizar una tapadera de acetato.

El hueco superior se cubrirá con una placa de acetato, en cuyo centro se practicará un agujero para fijar el estator mediante el tornillo.

1d.- CARACTERISTICAS DEL APARATO.

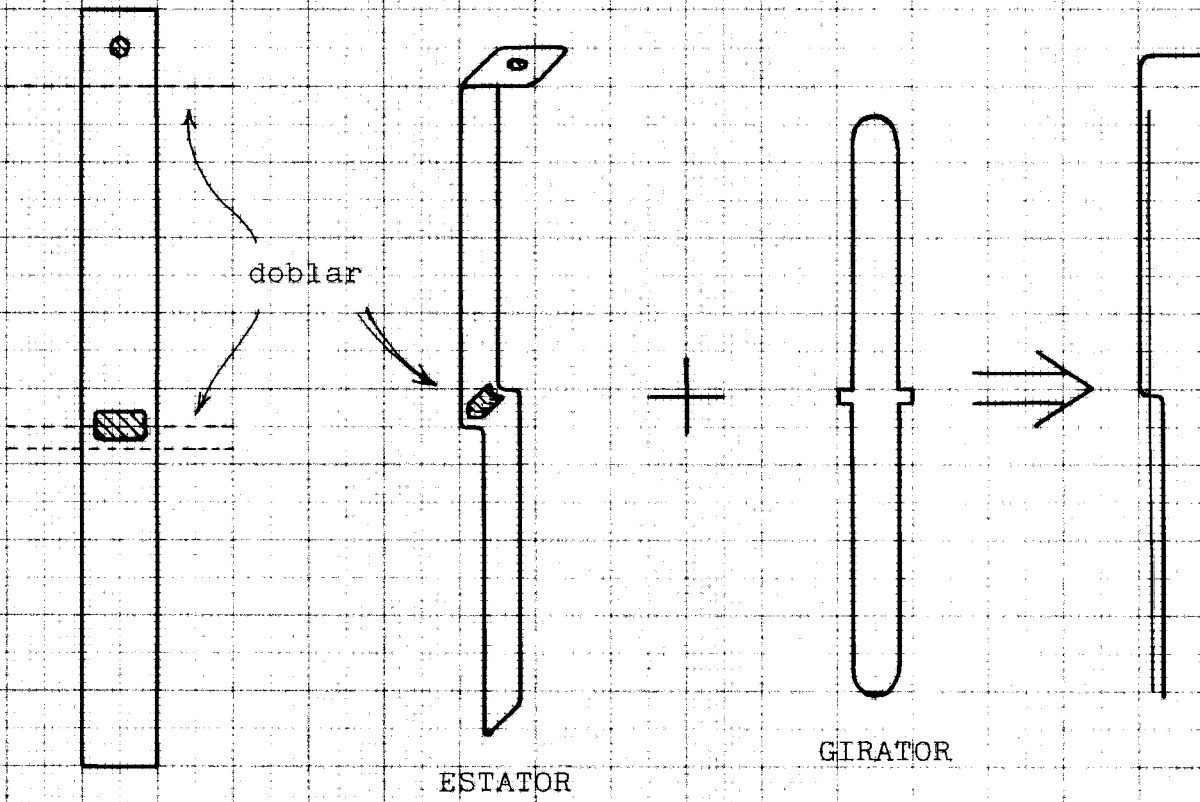
El electroscopio, así construido, tiene bastante sensibilidad, que puede ser modificada quitando de la parte inferior, con unas tijeras, porciones pequeñas del orden de $1/3 \times 1\text{mm}$ del largo del girator, ya que la sensibilidad depende de la diferencia másica entre la parte superior e inferior de dicha pieza.

Según nuestro trabajo experimental, la sensibilidad óptima del electroscopio se consigue cuando la diferencia másica, entre la parte superior e inferior, es tal que el girator se desplaza unos 20° cuando se le acerca una ebonita frotada, de 8 a 10 veces, con piel de gato.

Por contra, la fiabilidad no es muy buena dado el mecanismo de giro, ya que no presenta giros iguales ante ebonitas frotadas con igual intensidad, llegando a tener, a veces, "comportamientos inexplicables", tales como girar hasta 45° cuando se acerca la ebonita, y, sin mover ésta, pasar a 0° . Sin embargo, cuando el sujeto se familiariza con el instrumento y éste ha sido cargado y descargado repetidas veces, se consigue un comportamiento regular bastante aceptable.

Con cierto humor, se puede decir que este electroscopio es una fuente inagotable para crear problemas, que ponen a prueba el temple de nuestros nervios.

PLANTILLA DEL ELECTROSCOPIO



FIGURAS 1 y 2

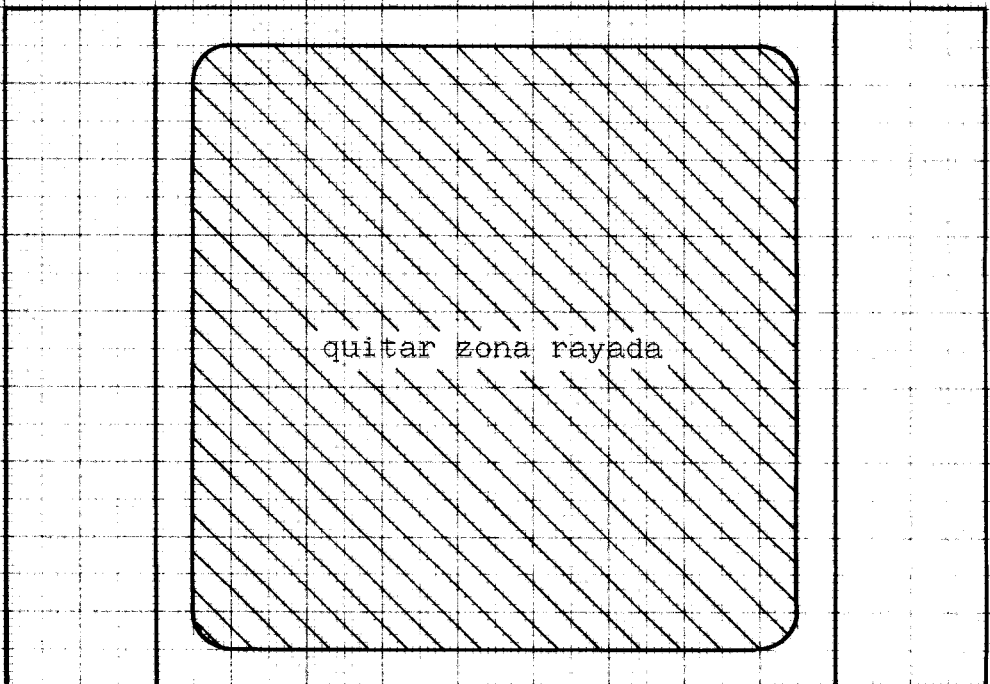
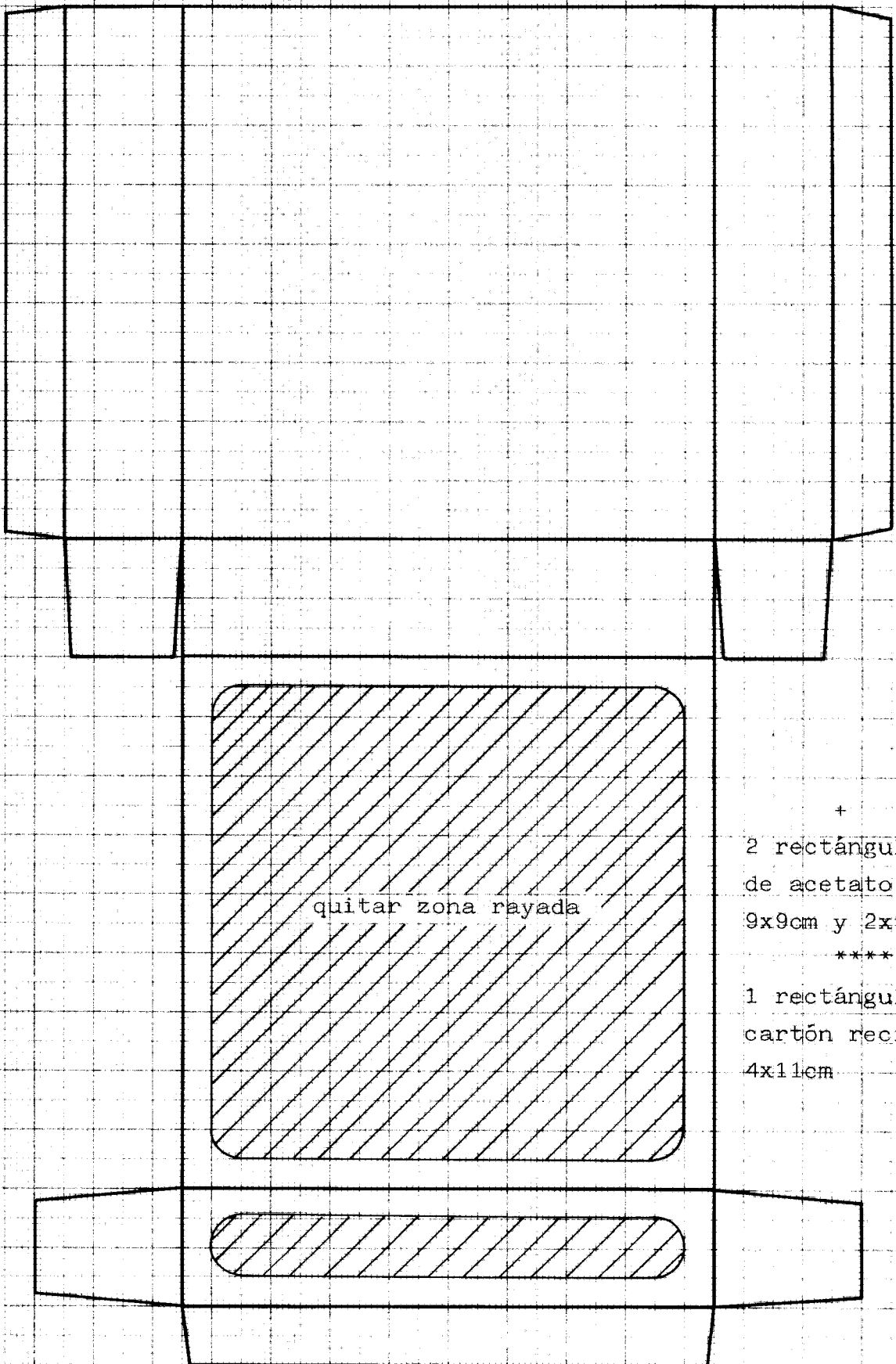


FIGURA 4



quitar zona rayada

+
2 rectángulo
de acetato
9x9cm y 2x9cm

1 rectángulo
cartón recio
4x11cm

FIGURA 3

UNIDAD DE CONSTRUCCION V

1. EL GALVANOMETRO

1a.- UTILIDAD Y APLICACIONES DIDACTICAS.

El galvanómetro es un instrumento que nos sirve para detectar y medir el paso de la corriente eléctrica. Se hace necesario en el estudio empírico de circuitos, y es una ayuda importante para cuantificar los fenómenos electrolíticos, las interacciones entre corrientes, la inducción electromagnética...

El galvanómetro que nos proponemos construir, como la mayoría de estos aparatos, realiza una medición indirecta de la corriente eléctrica, en efecto, el giro de la aguja magnética es provocado por un campo magnético que se crea por el paso de la corriente eléctrica, de modo que un cambio de ésta provoca, siguiendo esta sucesión causal, una variación de la posición de la aguja.

A nivel de enseñanza básica y media, el electroscopio y el galvanómetro son los dos instrumentos que cubren todas las necesidades de medición de las variables más importantes del Electromagnetismo: carga electrostática, intensidad de corriente y diferencia de potencial.

Veamos en qué objetivos experimentales se hace necesario el empleo del galvanómetro para poder inducir ciertas regularidades cuantitativas:

- Conociendo el ángulo entre el hilo conductor y un pequeño imán que provoca a éste último un giro máximo, observar cómo influye la intensidad de la corriente en la desviación de imán.

- Utilizando un circuito sencillo con varias resistencias, y haciendo uso de tablas y gráficas, inducir la ley de Ohm y otras regularidades que presenten los circuitos eléctricos.

- En un circuito donde se ha intercalado una cuba electrolítica, comprobar que el material depositado en un electrodo por unidad de tiempo, es directamente proporcional a la corriente que ha pasado en dicho tiempo.

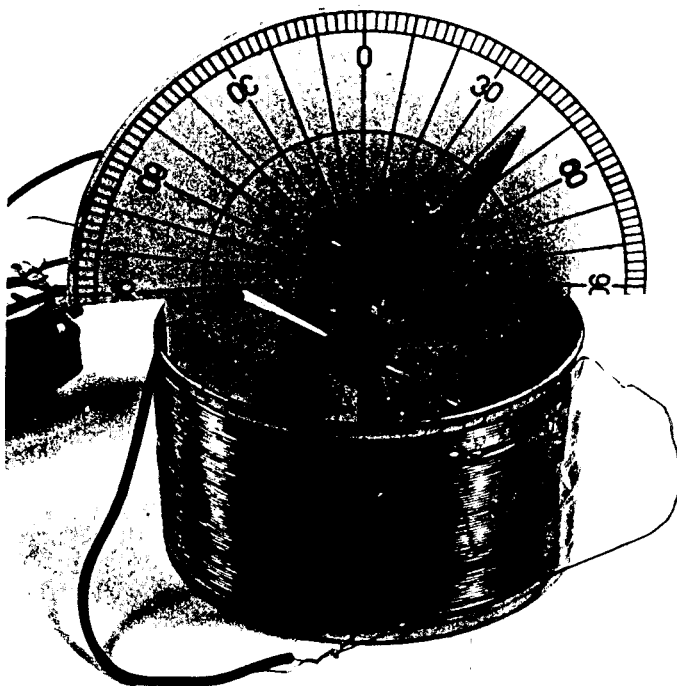
- Anotando las variaciones de un voltímetro conectado a un solenoide, que está sometido a los distintos tipos de variaciones de un campo magnético, inducir las reglas más sencillas que rigen la inducción electromagnética.

1b.- DESCRIPCION E ILUSTRACION DEL INSTRUMENTO.

El galvanómetro consta de un cuerpo cilíndrico que soporta las demás piezas, alrededor del cual hay enrollado un solenoide que presenta dos bornes para hacer las conexiones necesarias; sobre el borde superior del cilindro, se apoya el eje de pivotamiento que atraviesa una pequeña pieza cilíndrica; por encima de ésta se encuentra la aguja indicadora, y por debajo, transversal al eje, una aguja imantada.

En el plano perpendicular al eje se dispone un semicírculo graduado, que nos servirá de escala para hacer las mediciones de la corriente eléctrica.

Véase en la fotografía la distribución espacial de las piezas citadas.



1c.- CONSTRUCCION DEL INSTRUMENTO.

- Materiales y coste estimado:

- Lata de foie-grás (h=3.70cm).
- Hilo para solenoides de 0.4mm de diámetro.
- Aguja gruesa de 5cm de largo.
- Tapón de corcho pequeño.
- Palillo de dientes.
- Cartón de caja de zapatos.
- Fotocopia de semicírculo graduado.

El coste del material que se utiliza oscila entre las 40 y 60 ptas.

- Utiles de trabajo:

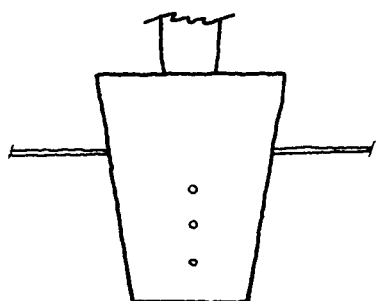
- Cúter.
- Pegamento.
- Cinta aislante.

- Plantilla:

Tiene como fin ofrecer las dimensiones de las distintas piezas del galvanómetro.

- Instrucciones:

- a) Comenzaremos enrollando el hilo sobre la superficie lateral de la lata, que hemos aislado previamente con cinta aislante. Esta operación se debe hacer despacio, procurando que las espiras queden contiguas y paralelas entre sí. La primera vuelta la fijaremos cruzándola con la siguiente, y la última con cinta aistante, que utilizaremos para recubrir la bobina; tendrá alrededor de 50 vueltas, procurando que los cabos queden diametralmente opuestos. Con el fin de que estos no se rompan con el uso, se pueden conectar a unos clips previamente fijados en el borde superior de la lata.
- b) Ensartar el corcho con el palillo de dientes, el eje y la aguja tal como se indica en la fig.B. Cuidaremos bien que los tres elementos queden, en la medida de lo posible, perpendiculares entre sí. Se sugiere utilizar una escuadra para este menester.



Por debajo del eje abriremos tres agujeros equidistantes entre sí a 1.5mm. La aguja se introducirá por aquél que ofrezca unas determinadas características al aparato. El palillo de dientes se puede pintar de rojo u otro color llamativo.

La pieza D recortada sobre tablero ofrece una alternativa que se ha comprobado es muy superior a la del corcho, ya que se solucionan eficazmente los problemas de ortogonalidad, a la vez que no es necesario utilizar una aguja larga tan difícil de encontrar en el mercado.

- c) Pasaremos a cartulina o a tablero la fig.A, recortándola después. Para graduarla, fotocopiaremos el dibujo correspondiente al tablero de óptica y lo pegaremos sobre la cartulina; después ajustaremos la pieza a la lata, ocupando un diámetro de unos 5mm separado del diámetro mayor paralelo a la aguja y perpendicular al eje, tal como se explica en la fig.C.
- d) La aguja puede imantarse por inducción del campo magnético creado por la bobina teniéndola unos 10min., también se puede imantar frotándole el polo de otro imán siempre en el mismo sentido.

1d.- CARACTERISTICAS DEL INSTRUMENTO.

El galvanómetro conectado en paralelo al circuito actúa de voltímetro, incidiendo la d.d.p. entre los dos puntos a los que ha sido conectado. Lo ideal sería colocar la aguja imantada en un agujero del corcho tal que para 6v -voltaje máximo de la fuente de alimentación- la pila marque unos 60°. Si esto no se puede conseguir, es necesario calcular el voltaje haciendo una regla de tres.

Tiene un error de aproximadamente unos 0.2v, despreciable para los fines didácticos que perseguimos.

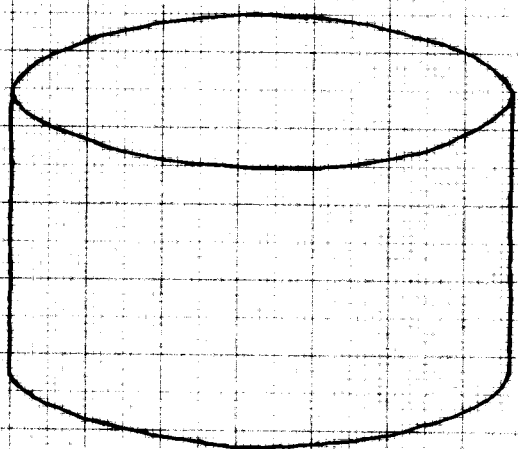
La fidelidad depende sobre todo del eje, del tipo de material que se utilice, de lo enderezado que esté, de la

perpendicularidad conseguida... Con un pequeño error en estos factores, la fiabilidad se puede considerar como buena.

El tiempo de oscilación es relativamente corto, está alrededor de los 10s.

El desplazamiento de la aguja es lineal hasta los 70°, después, debido a los efectos deformantes del campo magnético en la base de la lata, dicha linealidad se pierde, siendo necesario 20v para que la aguja marque 90°, aunque en la práctica no se llegará a tal extremo y como mucho trabajaremos con 8-10v.

Si conectamos el galvanómetro en serie al circuito hace la función de amperímetro y debemos colocar la aguja de modo que 0.5A. desvíen la aguja unos 40°. Las características ya descritas son igualmente válidas cuando el instrumento actúa como amperímetro.



DIMENSION APROXIMADA
DE LA LATA DE FOIE-GRAS

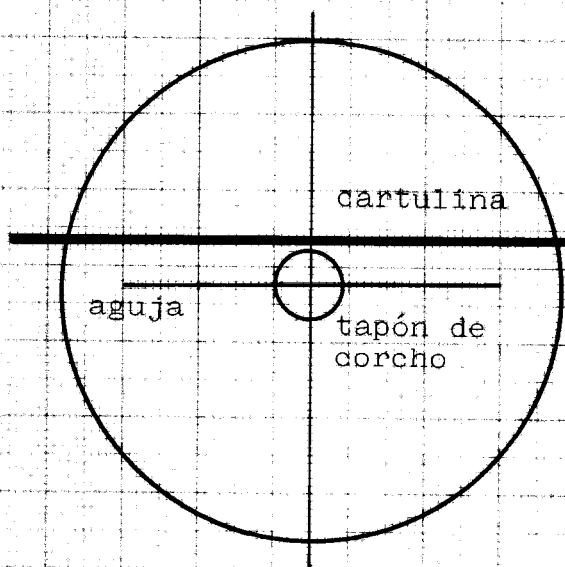


FIGURA C

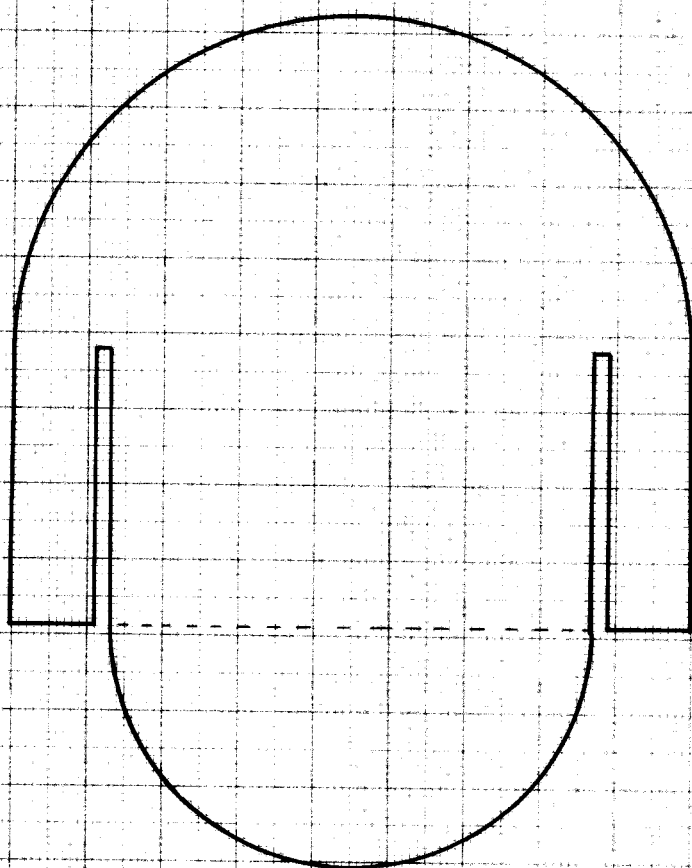


FIGURA A

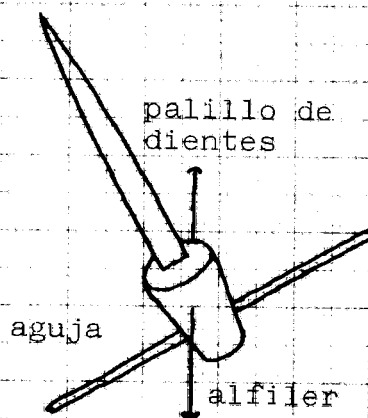


FIGURA B

2. FUENTE DE ALIMENTACION

2a.- UTILIDAD Y APLICACIONES DIDACTICAS.

Una de las variables más importantes, que necesariamente se ha de poner en juego en diseños experimentales que involucran movimientos de cargas, es la diferencia de potencial: necesitamos diferentes voltajes para inducir la ley de Ohm, para observar la relación directamente proporcional entre la intensidad de corriente y el campo magnético producido, para descubrir la relación entre masa depositada y cantidad de corriente...

Esta fuente de alimentación es la alternativa más coherente con nuestra línea de construir materiales de coste reducido, que nos permite disponer de cuatro voltajes diferentes de corriente continua.

La fuente de alimentación es un elemento básico para aquellos diseños experimentales, dirigidos a obtener por inducción, previa ordenación de datos en tablas y gráficas, algunas leyes sencillas del electromagnetismo, como son:

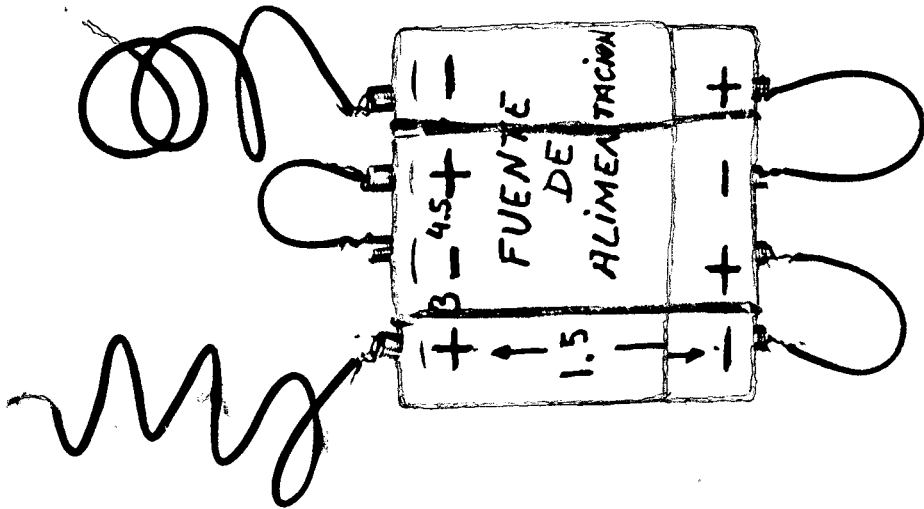
- Ley de Ohm.
- Ley de Biot y Savart.
- 1ª ley de Faraday.
- Ley de Faraday-Lenz.

2b.- DESCRIPCION E ILUSTRACION.

Se trata de una caja de cartón que contiene, ajustada en su interior, cuatro pilas de 1.5v, cuyos bornes permiten ser conectados por el exterior a través de unos muelles.

Las posibilidades de conexión entre bornes nos permite disponer de cuatro d.d.p. y cuatro intensidades diferentes.

Sobre dichas posibilidades, nos podemos hacer una idea bastante aproximada, observando las conexiones que se han realizado en la fuente de alimentación modelo, y que se presentan en la fotografía:



2c.- CONSTRUCCION DE LA FUENTE DE ALIMENTACION.

- Materiales y coste estimado:

Alambre de hierro.....	10 ptas.
Cuatro pilas de 1.5v.....	80 ptas.
Caja de cartón.....	0 ptas.
Dos gomas elásticas.....	4 ptas.
<hr/>	
TOTAL.....	94 ptas.

- Utiles para la construcción:

- Alicates.
- Tijeras.
- Pegamento para cartón.

- Plantilla:

En la plantilla se presenta la figura de revolución que nos servirá para hacer la caja que va a contener las pilas.

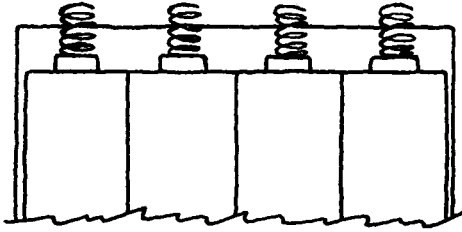
- Instrucciones:

- a) Tomaremos un cuerpo cilíndrico alargado de \varnothing 4mm aproximadamente, y lo utilizaremos como molde para hacer 8 muelles de alambre de unos 10mm de largo cada uno. Este paso se puede evitar si utilizamos

clips.

b) Pegamos las partes rayadas de la figura de revolución, previamente transferida a cartón recio, con el fin de hacer la caja que contendrá las pilas.

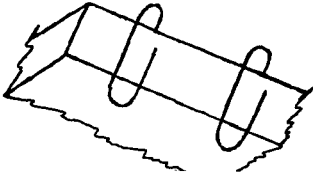
c) Practicamos pequeños agujeros en la cara superior e inferior de la caja, por donde introduciremos los muelles, haciéndolos girar, tal como indica la sección esquemática.



El fin de esta operación es prolongar los bornes de las pilas fuera de la caja, presentando una

terminal que permita hacer las conexiones fácilmente.

Este objetivo también se puede conseguir con clip, en cuyo caso, los agujeros se practicarán en una arista de la parte superior de la caja, tal como indica la figura.

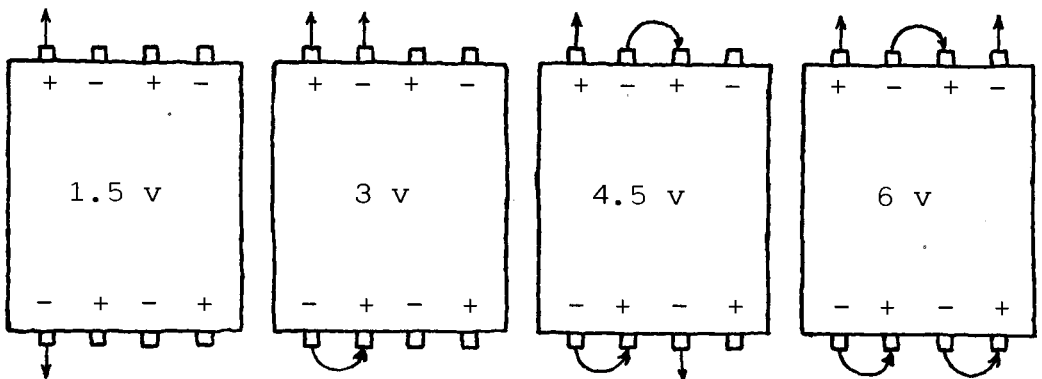


La caja queda abierta por una de sus caras, que se prolonga mediante una lengüeta, con el fin de meter o sacar las pilas, y para que el contacto borne de la pila-muelle se realice con una cierta presión mediante la goma elástica.

Observar lo dicho en la fotografía.

2d.- CARACTERISTICAS DE LA FUENTE.

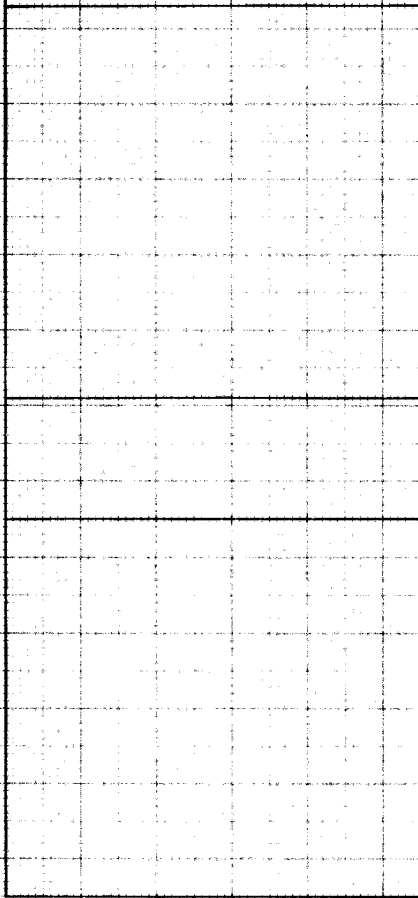
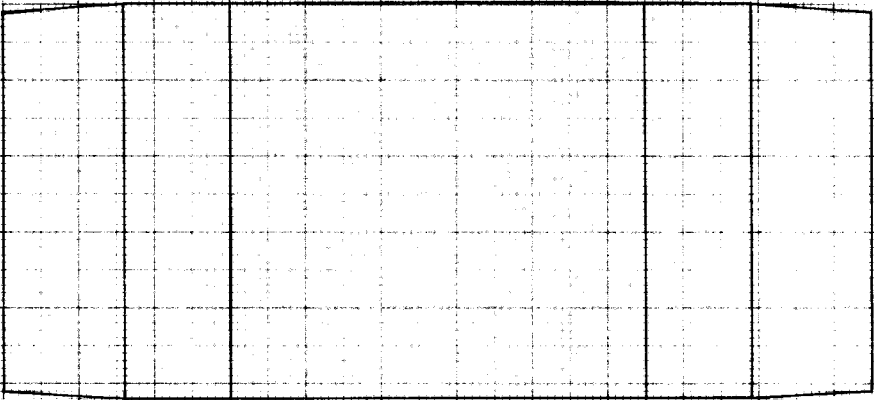
Permite disponer de 1.5, 3, 4.5 y 6 voltios, conectando las pilas en serie, según se indica en la serie de esquemas que ilustramos:



y si conectamos en paralelo tenemos siempre 1.5v, pero disponemos en este caso de diferentes intensidades.

La duración de las pilas, entre 3 y 4 horas, es más que suficiente para hacer todos los experimentos que implica la enseñanza activa del electromagnetismo. Procuraremos no hacer cortacircuitos, ya que en este caso la duración de las pilas sería bastante inferior a 3 horas.

PLANTILLA DE LA FUENTE DE ALIMENTACION



BIBLIOGRAFIA

- J. PIAGET, Epistemología Genética, Solpin, Buenos Aires, 1.977.
- P.G. RICHMOND, Introducción a Piaget, 5ª ed., Fundamentos, Madrid, 1.977.
- A. NICOLAS, Jean Piaget, Fondo de cultura económica, México, 1.978.
- J.C. BRINGUIER, Conversaciones con Piaget, Granica, Barcelona, 1.977.
- J. PIAGET, Psicología y Pedagogía, Ariel, Barcelona, 1.981.
- G. HORTON, Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas, Reverté, Barcelona, 1.976.
- A. KOYRE, Estudios galileanos, Siglo XXI, Madrid, 1.977.
- C. CROMBIE, Historia de la Ciencia de San Agustín a Galileo, Alianza Universitaria, Madrid, 1.979.
- T. KHUN, La estructura de las revoluciones científicas, 6ª ed., Fondo de cultura económica, Madrid, 1.981.
- A. KOYRE, Estudios galileanos, Siglo XXI, Madrid, 1.980.
- J. CATALA, Física general, 6ª ed., Saber, Valencia, 1.975.
- PHYSICAL-SCIENCESTUDY COMMYTTEE, Física, Reverté, Barcelona, 1.962.
- V. HABER-SCHAIM, Física PSSS, Reverté, Barcelona, 1.974.
- W. WESTPHAL, Prácticas de Física, Labor, Barcelona, 1.965.
- THE OPEN UNIVERSITY, Curso básico de Ciencias, Unidad E: El manejo de datos experimentales, Mcgraw-Hill, México, 1.974.