



RASTREADOR

En este artículo presentamos un instrumento capaz de detectar y amplificar el sonido producido por el desplazamiento del agua en conducciones situadas tanto en el interior de las paredes como bajo tierra, permitiendo localizar averías con enorme precisión.

Hace no mucho tiempo en nuestra redacción solicitamos la intervención de una empresa de mantenimiento para verificar el funcionamiento de la instalación del **sistema de calefacción** de nuestros despachos, ya que teníamos la sospecha de que algo no andaba bien.

El empleado, provisto de un elegante maletín, comenzó su tarea extrayendo un instrumento compuesto por un **puntal metálico** y por un **circuito amplificador** al que conectó un **auricular estereofónico**.

Una vez efectuado el montaje del aparato procedió a **verificar** la **instalación** del sistema de calefacción apoyando el puntal metálico en va-

rios puntos del suelo, deteniéndose de vez en cuando para percibir mejor el sonido.

Cuando terminó la inspección **localizó** la **posición** de la **conducción defectuosa**, indicando el punto del suelo donde había que cavar.

Ante nuestra curiosidad nos comentó que el instrumento podía localizar fácilmente las cañerías situadas dentro de **muros** y **suelos** mediante la escucha del **sonido** que produce el **agua** cuando circula.

Llegamos a la conclusión de que un instrumento de este tipo puede resultar de gran utilidad a quienes tienen que realizar **reparaciones** de **cañerías** y **conducciones hidráulicas** ya que,

al localizarlas con precisión, permite reducir al **mínimo** los **costosos** trabajos de **albañilería**.

El dispositivo es capaz de localizar con precisión todo tipo de **conducciones de agua**, incluso en las **alcantarillas**, donde a menudo se utilizan **materiales plásticos** y **cemento a gran profundidad**, entornos en los que no se pueden utilizar los comunes **detectores de metales**.

Sus aplicaciones **no** se limitan exclusivamente a la **fontanería**. El instrumento se puede utilizar allí donde la localización de una avería se realice mediante la **detección** de un **sonido** o de una **vibración anómala**.

En los **talleres de reparación de automóviles** puede ser muy útil, ya que a menudo hay que detectar la procedencia de vibraciones que pueden ser la fuente de un mal funcionamiento del vehículo.

También a los técnicos de **instalaciones de calefacción** y **aire acondicionado** les será tremendamente útil este dispositivo para detectar con enorme precisión las posibles anomalías.

Partiendo de la experiencia adquirida con el **sensor piezoeléctrico** utilizado en nuestro **Es-tetoscopio electrónico LX.1655** (Revista N°257) hemos realizado el **Rastreador electrónico** que aquí presentamos.

El instrumento incluye un **puntal** formado por partes: Una **punta metálica** y una **cápsula** que contiene el **sensor piezoeléctrico**. Además dispone de un **amplificador de sonido** con una ganancia de unos **30 dB**.

También dispone de un **auricular estereofónico** de **32 ohmios** y de un **mástil metálico** con **empuñadura anatómica** y **reposabrazos** que permite utilizarlo cómodamente.

ELECTRÓNICO



ESQUEMA ELÉCTRICO

Como se puede observar en el esquema eléctrico reproducido en la Fig.1 para **amplificar** la débil señal procedente del disco piezoeléctrico hemos utilizado un **FET (FT1)** que además se encarga de adaptar la impedancia del sensor a la impedancia de entrada del operacional **IC1/A**.

Del Drenador del **FET FT1** la señal se manda a la entrada **no inversora** de **IC1/A** pasando por un **filtro paso-alto** formado por los condensadores **C3-C4** y por las resistencias **R6-R7**. Este filtro solo deja pasar las frecuencias superiores a **20 Hz**.

La señal obtenida del terminal de salida de **IC1/A** se aplica a la entrada **no inversora** de **IC1/B** que, junto a las resistencias **R10-R11** y a los condensadores **C6-C8**, constituye un **filtro paso-bajo** que bloquea todas las frecuencias superiores a **400 Hz**.

Tanto **IC1/A** como **IC1/B** están configurados como amplificadores de **ganancia unitaria**.

El integrado **TDA.7052/B (IC2)** amplifica la señal unos **30 dB**. La señal presente en sus terminales **5-8** se aplica al conector **jack** hembra al que se han de conectar los **auriculares** (su impedancia ha de estar entre **8 y 32 ohmios**).

La regulación del **volumen** de escucha se realiza a través del potenciómetro **R14**. Por otro lado el transistor **TR1** tiene la función de limitar el nivel máximo de salida impidiendo que, si se produjeran choques accidentales del disco piezoeléctrico, el nivel sonoro alcance niveles no tolerables por el oído.

Puesto que la cápsula piezoeléctrica tiene una gran sensibilidad hemos conectado un **pulsador (P1)** en los terminales del potenciómetro de volumen (**R14**). De esta forma se puede **desconectar** el audio mientras se desplaza el puntal del instrumento, evitando así molestos **ruidos no deseados**.

El circuito se alimenta con una pila común de **9 voltios**. El interruptor **S1** acciona el dispositivo, su encendido es señalado mediante el diodo LED **DL1**.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

Para la realización práctica de este proyecto hay que montar el **circuito impreso** que sustenta los **componentes** y las partes mecánicas, es decir el **puntal** y el **mástil** con la **empuñadura**.

En primer lugar hay que montar los **componentes** en el pequeño circuito impreso **LX.1678** siguiendo el esquema de montaje práctico (ver Fig.5).

Aconsejamos comenzar su montaje, como de costumbre, con los **zócalos** para los integrados **IC1** e **IC2**, soldando todos los terminales y teniendo mucho cuidado en no provocar involuntarios cortocircuitos por un exceso de estaño.

Ahora se pueden instalar las **resistencias** y, a continuación, en sus posiciones correspondientes, los **condensadores de poliéster** y los **condensadores electrolíticos**, respetando en es-

LISTA DE COMPONENTES

R1 = 1.000 ohmios
R2 = 1 megaohmio
R3 = 1.000 ohmios
R4 = 4.700 ohmios
R5 = 4.700 ohmios
R6 = 56.000 ohmios
R7 = 100.000 ohmios
R8 = 10.000 ohmios
R9 = 10.000 ohmios
R10 = 82.000 ohmios
R11 = 82.000 ohmios
R12 = 10.000 ohmios
R13 = 10 ohmios
R14 = Potenciómetro 1 megaohmio
C1 = 100 microF. electrolítico
C2 = 10 microF. electrolítico
C3 = 100.000 pF poliéster
C4 = 100.000 pF poliéster
C5 = 100 microF. electrolítico
C6 = 6.800 pF poliéster
C7 = 470.000 pF poliéster
C8 = 3.300 pF poliéster
C9 = 100.000 pF poliéster
C10 = 100 microF. electrolítico
C11 = 1 microF. poliéster
C12 = 100.000 pF poliéster
C13 = 100 microF. electrolítico
DL1 = Diodo LED
DS1 = Diodo 1N.4150
FT1 = FET BF.245
TR1 = Transistor NPN BC.547
IC1 = Integrado LM.358
IC2 = Integrado TDA.7052/B
Sensor = Cápsula piezoeléctrica
Auriculares = Auriculares estéreo 32 ohmios
P1 = Pulsador
S1 = Interruptor

tos últimos la polaridad de sus terminales (el terminal más **largo** corresponde al polo **positivo**).

Recordamos una vez más que las fotografías corresponden a los **prototipos**. Los circuitos impresos incluidos en los **kits** incluyen la **serigrafía** de los **componentes** y **barniz protector**.

Acto seguido se puede montar el FET **FT1**, orientando hacia la **derecha** la parte **plana** de su cuerpo, y el transistor **TR1**, orientando hacia **arriba** la parte **plana** de su cuerpo.

Llegado este punto hay que soldar, en las posiciones indicadas en la Fig.5, los **terminales tipo pin** utilizados para realizar la conexión de la **pila**

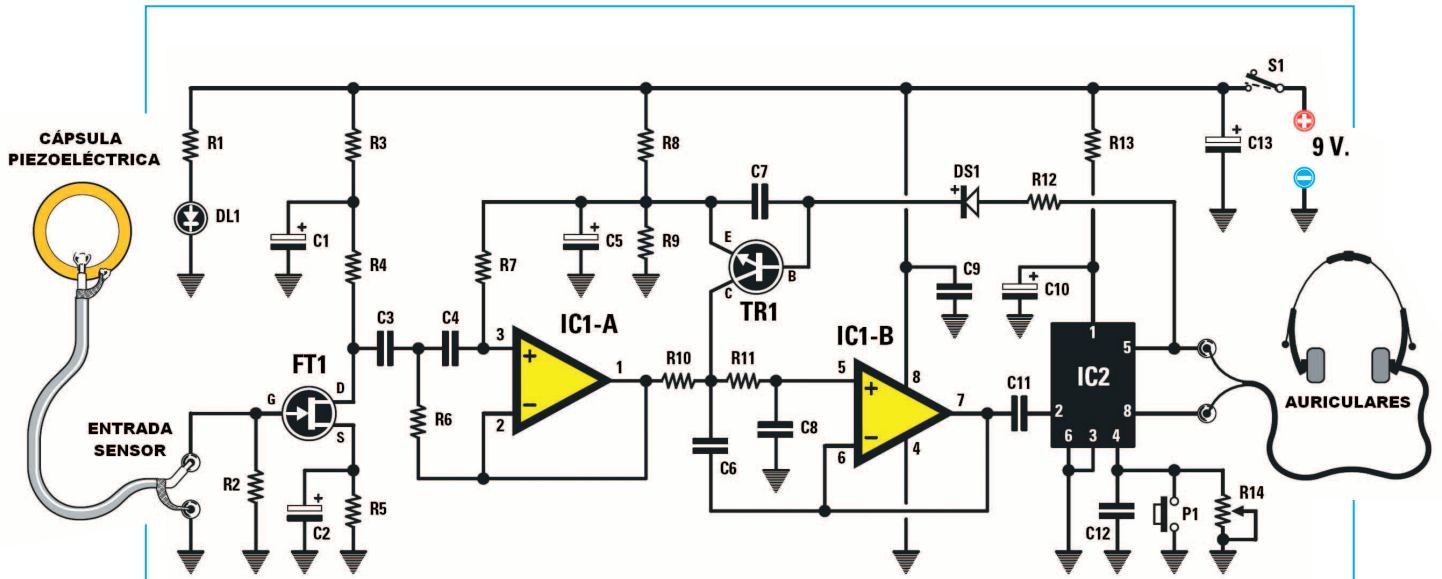
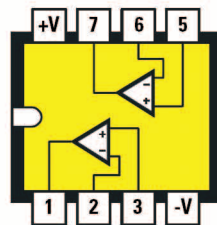


Fig.1 Esquema eléctrico del circuito LX.1678. Como se puede apreciar a la entrada se aplica la cápsula piezoeléctrica que transmite la señal al FET FT1. A la salida del instrumento se pueden conectar tanto auriculares de 8 ohmios como auriculares de 32 ohmios.



LM 358



TDA 7052 B

Fig.2 Conexiones del integrado LM.358, vistas desde arriba y con la muesca de referencia orientada hacia la izquierda. También se muestran las conexiones del integrado TDA.7052B, vistas desde arriba y con la muesca de referencia orientada hacia arriba.

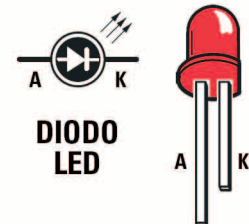
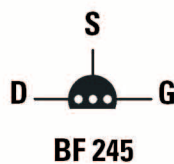
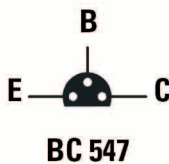


Fig.3 Conexiones del transistor BC.547 y del FET BF.245, vistas desde abajo. A la derecha se muestran las conexiones del diodo LED (el Ánodo es el terminal más largo).

de **9 voltios**, del diodo LED **DL1**, del interruptor **S1**, del potenciómetro de volumen **R14**, del pulsador **P1** y del **cable apantallado** utilizado para conectar la **cápsula piezoeléctrica**.

Es el momento de soldar el **conector jack hembra** utilizado para conectar los **auriculares**. Para terminar el montaje del impreso solo queda instalar, en sus correspondientes zócalos, los integrados **IC1** e **IC2** orientando sus muescas de referencia tal como se indica en la Fig.5.

El montaje del circuito impreso ha concluido. Antes de instalarlo en su mueble de plástico aconsejamos apartarlo temporalmente para realizar el ensamblaje de las partes mecánicas: **Puntal, mástil** de aluminio y **empuñadura** (ver Figs.6-7-8-9).

NOTA: Para facilitar las operaciones puramente manuales hemos realizado nosotros los agujeros necesarios en el **mástil** y en la empuñadura del instrumento. El único agujero que se ha de realizar personalmente es el situado en el mástil para pasar el **cable apantallado**, lo hemos dispuesto así para que cada uno lo realice a la altura que desee.

Las operaciones mecánicas pueden comenzar por la realización, en el **mástil**, del **agujero** necesario para insertar el **cable apantallado**.

Para evitar que resbale la broca durante la realización del taladro es aconsejable hacer una pequeña **muesca** en el tubo de aluminio con la ayuda de una **lima**. Una vez realizado ya se puede introducir el cable apantallado haciéndolo salir por el lado del mástil que tiene realizados **5 agujeros** (lugar donde se ha de fijar posteriormente el **puntal metálico**).

De momento **no** hay que **cortar** el **cable apantallado**.

Después de sacar el **cable** por el lado de los **5 agujeros** del mástil hay que introducirlo en el **agujero** presente en la **arandela superior** del **puntal** (ver Fig.6).

Ahora hay que realizar un **nudo** en el cable a una distancia de **3-4 cm** de su extremo, tal como se evidencia en la Fig.6. De esta forma

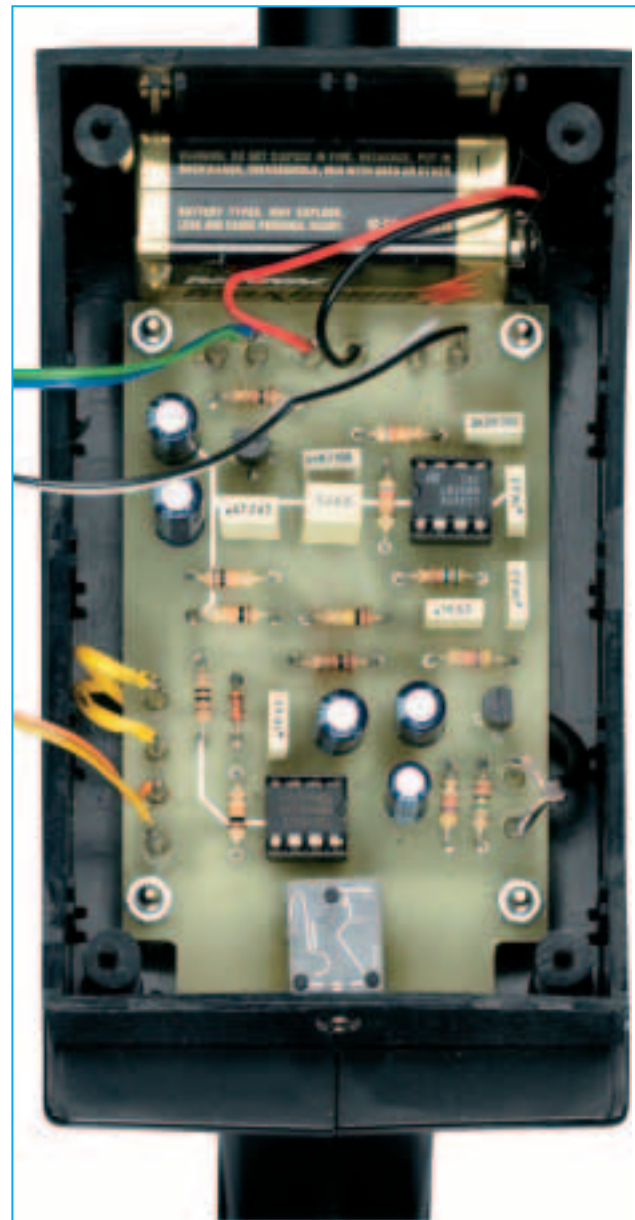


Fig.4 Fotografía del prototipo del circuito impreso LX.1678 instalado dentro del mueble contenedor de plástico. En la parte superior se puede apreciar claramente la pila de 9 voltios utilizada para alimentar el dispositivo.

se evita el peligro de que un **tirón accidental** en el cable pueda provocar la rotura de la **cápsula piezoeléctrica**.

Es el momento de montar el **sensor piezoeléctrico** en el cuerpo del puntal metálico. Observando el disco piezoeléctrico se apreciará que presenta un **lado metálico liso** y un **lado** que tiene apli-

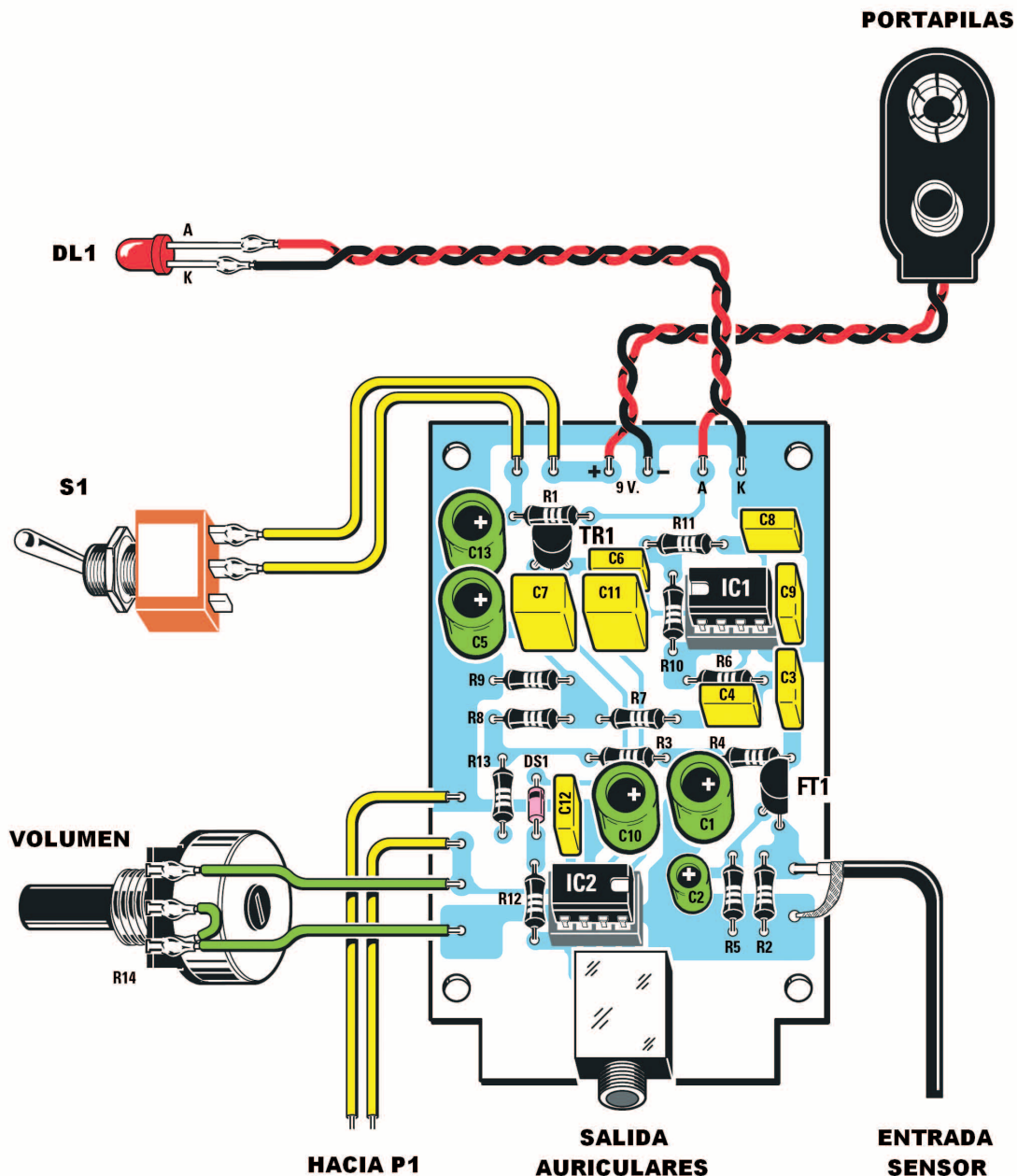


Fig.5 Esquema de montaje práctico del circuito LX.1678. Se muestran detalladamente las conexiones de los elementos externos que se realizan a través de terminales tipo pin.

cado el **material piezoeléctrico** rodeado por un fino borde de **latón**, en este lado del disco hay que realizar la soldadura del cable apantallado.

En primer lugar hay que **pelar** el cable quitando la cubierta plástica de tal forma que quede en torno a **1 cm** de malla metálica al descubierto. Después hay que pelar un poco el **cable cen-**

tral, soldándolo lo más cerca posible del **centro** del disco piezoeléctrico. La **mallla metálica** debe soldarse al **borde externo** de latón (ver Fig.6).

Las soldaduras han de realizarse **rápidamente** para evitar sobrecalentamientos, con mucho cuidado y utilizando **poca cantidad** de estaño. Una vez realizadas las soldaduras es conve-

niente **no doblar ni tirar** demasiado del **cable apantallado** ya que el disco es bastante frágil.

Ahora se puede proceder a **insertar** el **disco** dentro del receptáculo predispuesto en el puntal, empujándolo de forma que se adhiera perfectamente a la superficie de fondo.

Es condición esencial para el funcionamiento del instrumento que el **disco** se mantenga en **contacto** con la superficie de **fondo** del receptáculo. Para cumplir esta condición hay que poner encima del disco dos pedacitos de **esponja** de **1 cm** de espesor.

Una vez realizada esta operación ya se puede **cerrar el puntal** uniendo las dos partes que lo componen utilizando los dos tornillos metálicos incluidos en el kit con este propósito (ver Fig.6).

Es el momento de insertar el **puntal** dentro del **mástil** haciendo coincidir los dos agujeros presentes en el cuerpo del puntal con los dos primeros agujeros del mástil (ver Fig.7). Después hay que **fijar** definitivamente el cuerpo del puntal al mástil utilizando el tornillo y su correspondiente tuerca incluidos en el kit.

Al realizar esta operación se ha de tener mucho cuidado para que el **tornillo** no pille el **cable apantallado**.

ATENCIÓN: Por razones de seguridad recomendamos atornillar la **punta metálica final** en el cuerpo del puntal solamente en el momento de **utilizar el dispositivo**. Una vez utilizado es conveniente **quitar** la **punta metálica final** y ponerla en lugar seguro, lejos del alcance de los niños.

Llegado este punto hay que coger la parte **derecha**, de las dos que componen la **empuñadura**, y montar el **pulsador de bloqueo de audio** en el agujero presente a **2/3** de su altura, fijándolo con su tuerca.

Una vez montado el **pulsador** hay que soldar los **dos cables** para su conexión al circuito impreso, dejando longitud suficiente (ver Fig.8).

A continuación hay que hacer pasar el **cable apantallado** y el **cable** procedente del **pulsador** por los alojamientos correspondientes (ver Fig.8). Des-

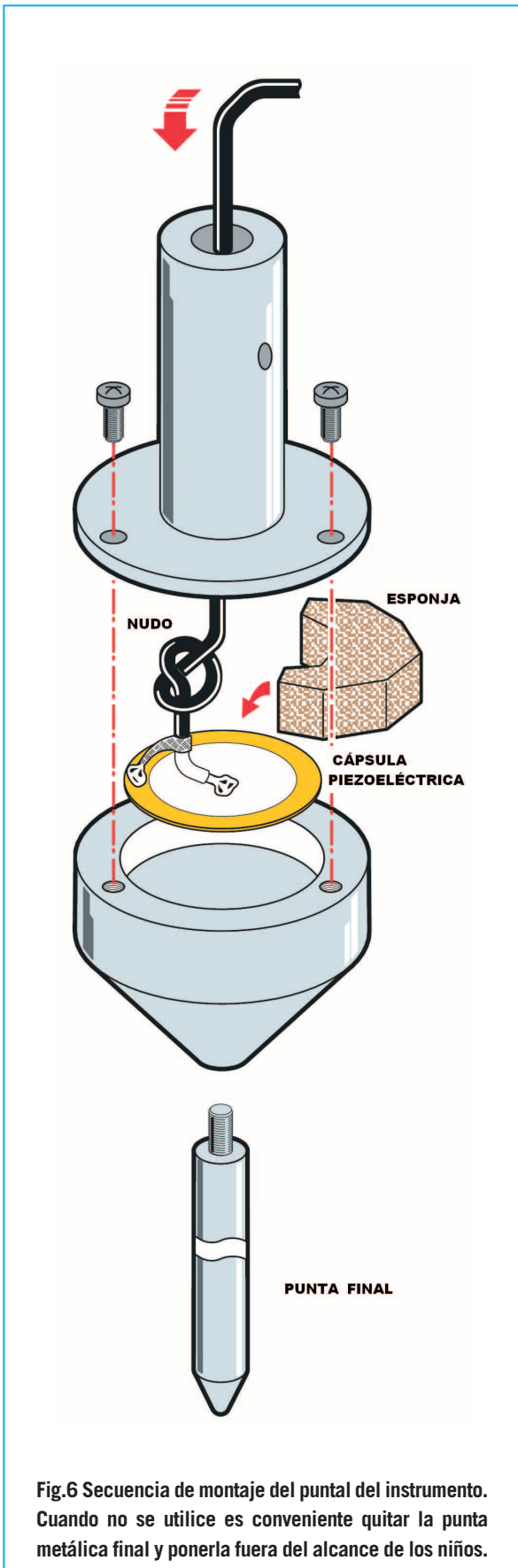


Fig.6 Secuencia de montaje del puntal del instrumento. Cuando no se utilice es conveniente quitar la punta metálica final y ponerla fuera del alcance de los niños.



Fig.7 Una vez ensamblado el puntal, incluyendo la cápsula piezoeléctrica, se puede proceder al montaje del resto de elementos mecánicos, esto es, el mástil, la empuñadura y el reposabrazos. Antes de realizar las operaciones es muy aconsejable realizar una atenta lectura de las descripciones detalladas en el artículo.

pues solo queda unir las dos partes de la **empuñadura**, fijándolas entre sí utilizando sus tornillos.

Acto seguido hay que colocar, sobre la superficie de la empuñadura, la **base del mueble** de plástico destinada a alojar el circuito impreso del instrumento, haciendo pasar por el agujero presente en el fondo del mueble los **cables del pulsador** y el **cable apantallado**. Después ya se puede **fijar** la base del mueble a la empuñadura utilizando tornillos, tuercas y torrecillas separadoras (ver Fig.8).

Por fin ha llegado el momento de coger el **circuito impreso** y soldar, a los terminales tipo pin correspondientes (ver Fig.5), el **cable apantallado** procedente del disco piezoeléctrico y los **dos cables** procedentes del **pulsador**.

Ya se puede fijar el circuito impreso a la base del mueble introduciendo los tornillos de las **torrecillas separadoras** por los agujeros del impreso, fijándolo posteriormente con las correspondientes **tuercas** (ver Fig.9). En un lateral ha de sobresalir el conector de los **auriculares**.

Una vez realizada esta operación se apreciará que dentro del mueble queda un espacio libre destinado al **portapilas** (ver Fig.9). En este hueco se instala la **pila de 9 voltios** en su portapilas, que se ha de conectar a los terminales correspondientes del circuito impreso (ver Fig.5).

En el **panel** del mueble hay que montar, en sus agujeros correspondientes, el diodo LED **DL1**,

el interruptor **S1** y el potenciómetro de volumen **R14**. Una vez montados hay que conectarlos al circuito impreso a través de **cables** con la disposición que se muestra detalladamente en el esquema de montaje práctico (Fig.5).

Por último hay que **fijar** el **panel** al mueble utilizando los tornillos correspondientes.

Para completar el montaje del instrumento solo queda ajustar el **reposabrazos** integrado en el **mástil**, regulando su altura a la posición más **cómoda** para su uso (ver Fig.7).

ADVERTENCIAS y PRECAUCIONES IMPORTANTES antes de su utilización

La **punta final metálica** del instrumento puede ser **peligrosa**. Hay que tener cuidado en mantenerla siempre **fuera** del alcance de los **niños**, ya que si se utiliza para **jugar** puede tener **graves consecuencias**.

Esta **punta metálica final** se **desmonta fácilmente**, ya que así se puede quitar y guardar cuando no se utilice el instrumento.

UTILIZACIÓN del INSTRUMENTO

La utilización de este instrumento precisa tener en cuenta algunas consideraciones. Ante todo es aconsejable **adiestrarse** en la percepción del **ruido** producido por las **tuberías** de vues-

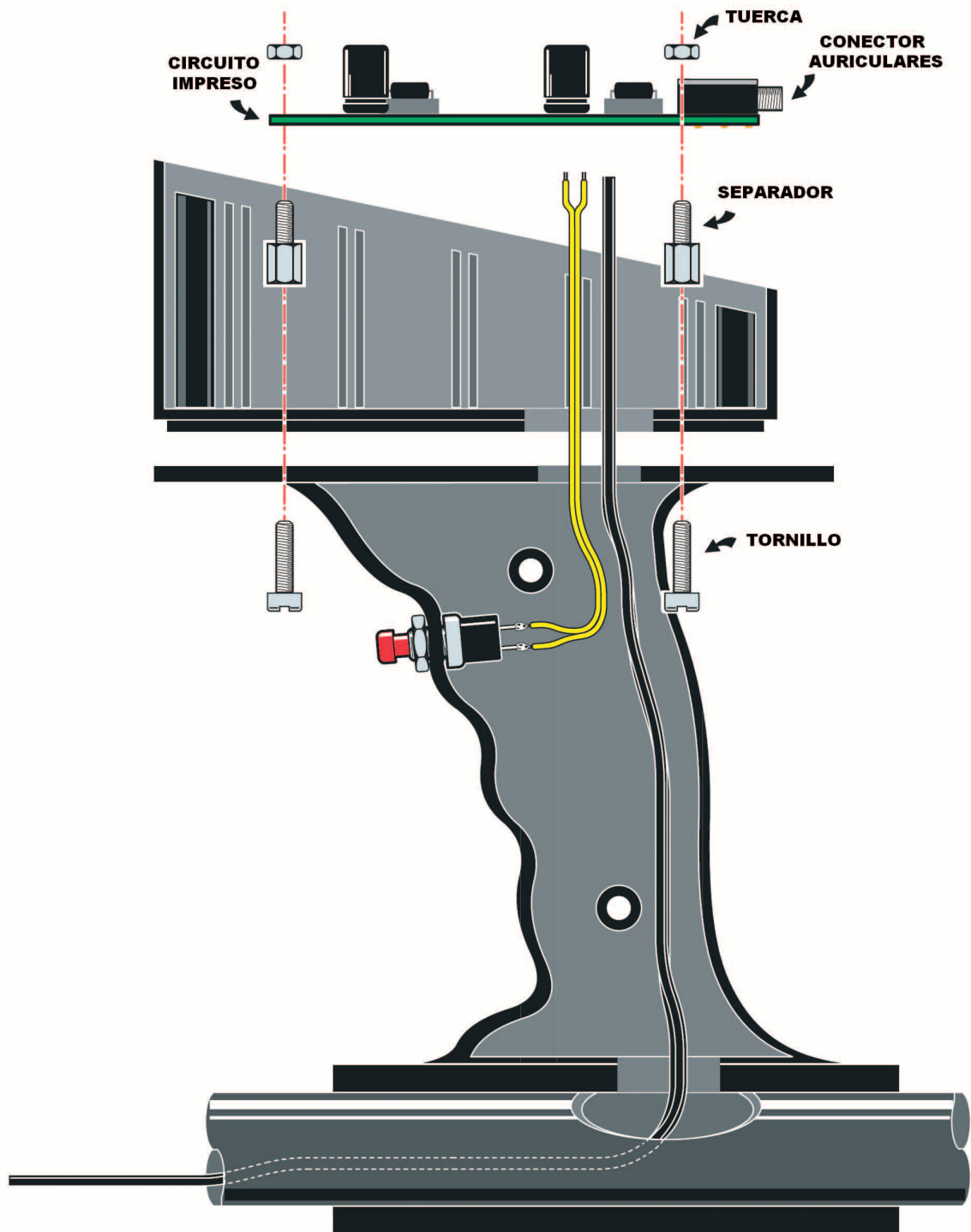


Fig.8 En este esquema se muestran las conexiones internas en la empuñadura del instrumento. Se puede apreciar claramente el pulsador con sus cables y el cable apantallado procedente de la cápsula piezoeléctrica situada en el puntal. Estos cables se conectan a los terminales tipo pin correspondientes del circuito impreso LX.1678.

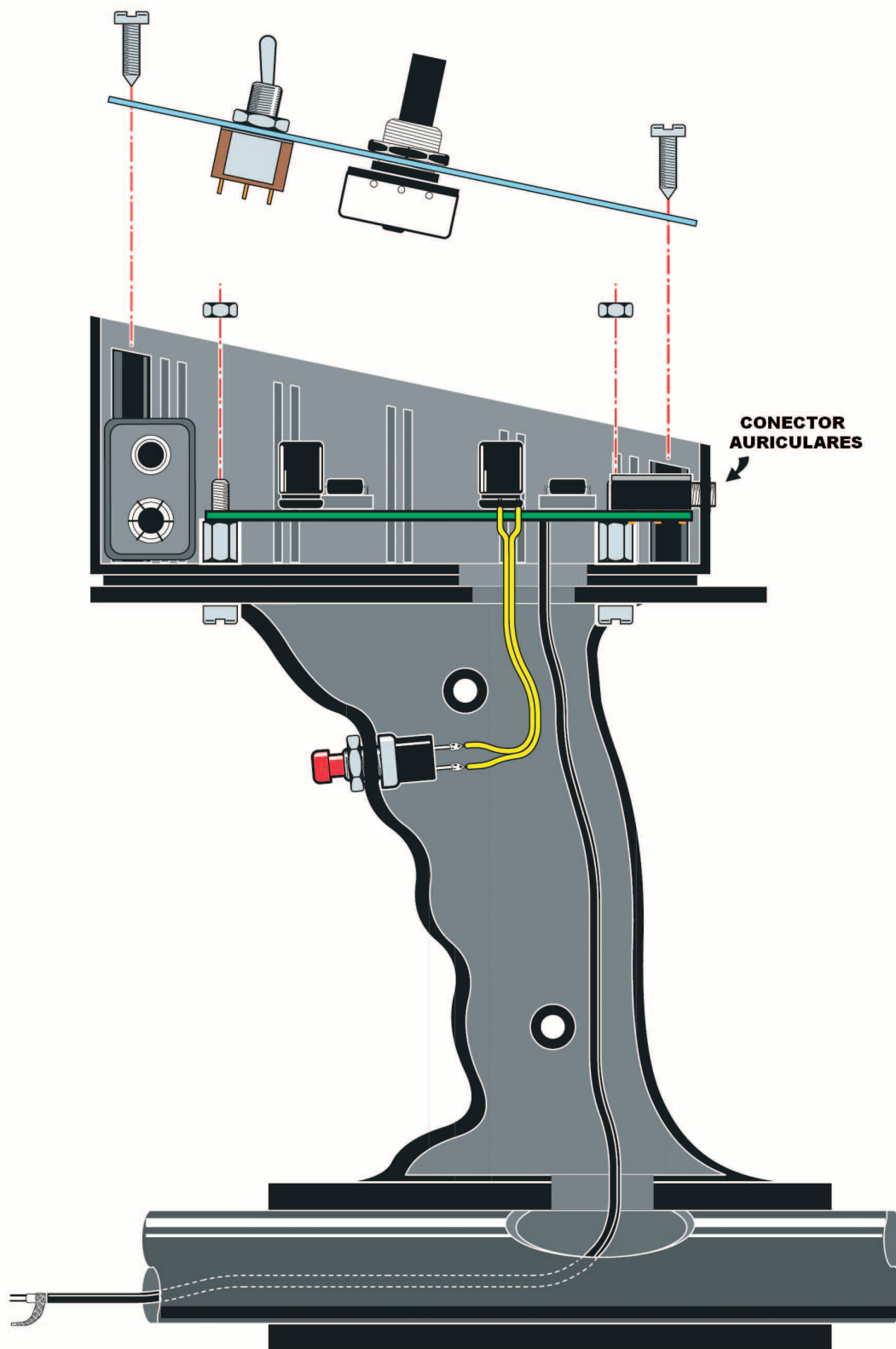


Fig.9 En este esquema se muestra el circuito LX.1678 instalado en el mueble de plástico y fijado a su base mediante tornillos y separadores. A La izquierda se aprecia la pila de 9 voltios. En la parte superior se muestra el panel con el interruptor S1 y el potenciómetro de volumen R14.

tras viviendas, para lo cual sugerimos proceder como indicamos a continuación, con la ayuda de una persona.

Después de verificar que el **potenciómetro de volumen** está ajustado al **mínimo** hay que **encender** el instrumento mediante el **interruptor S1**.

A continuación hay que ponerse los **auriculares** y atornillar la **punta metálica** al puntal del instrumento, apoyándola en un punto de la **pared** o del **suelo** donde se encuentre una **tubería de desagüe**, por ejemplo la del **lavabo** del baño.

NOTA: Cuando decimos "... **apoyar la punta**" y "... **verificar que el potenciómetro de volumen está ajustado al mínimo**" ha de interpretarse literalmente. Hay que tener presente que si se desplazase la punta sobre la superficie de la pared con el potenciómetro sin regularse al mínimo se podrían captar sonidos muy fuertes debido a la enorme amplificación del instrumento.

Ahora podéis instar a la persona que os está ayudando a **abrir** el **grifo** del agua. Gradualmente hay que **ajustar** el **potenciómetro de volumen** hasta que se oiga claramente el sonido del agua circulando por la tubería.

Manteniendo inmóvil la punta metálica del instrumento podéis instar a vuestro ayudante a que **abra** y **cierre sucesivamente** el **grifo**. Así se pueden apreciar claramente las condiciones de **desplazamiento** y **no desplazamiento**, que es precisamente el objetivo para el que está diseñado el instrumento.

Después de realizar repetidamente esta prueba podréis probar a **alejarnos progresivamente** y en **varias direcciones** de la tubería. De esta forma se podrá percibir el sonido captado a **diferentes distancias** para, con su conocimiento, aprender a detectar la **posición** de las tuberías.

Si en algún momento al desplazar la punta se oye algún **sonido fuerte** y **desagradable** se puede presionar el **pulsador** situado en la **empuñadura**, ya que mientras se mantiene pulsado cortocircuita el potenciómetro de volumen. Una vez situada la punta en un lugar diferente a donde se produjo el ruido se puede dejar de presionar el pulsador.

Con la práctica es sencillo aprender a reconocer el desplazamiento del agua y localizar con **precisión** la **posición** de las **tuberías** situadas bajo la punta metálica.

La **percepción sonora** conseguida con el instrumento en gran medida depende de las características de los **auriculares**. En efecto, tras realizar numerosas pruebas hemos determinado que para obtener un **rendimiento óptimo** es necesario utilizar unos auriculares que tengan las siguientes características:

- Buena respuesta a bajas frecuencias.
- Auriculares de tipo envolvente.

Por supuesto los auriculares que proporcionamos presentan estas características.

Quienes dispongan de auriculares con estas características pueden utilizarlos sin ningún problema. Ahora bien, si los auriculares **no** disponen de estas características es posible que **no** se logre **distinguir bien** el sonido generado por la cápsula piezoeléctrica.

Una vez adquirida la suficiente práctica con estas pruebas ya se puede utilizar el instrumento para la aplicación que cada uno desee.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX.1678: Precio de todos los componentes necesarios para realizar el Rastreador electrónico (ver Figs.4-5), incluyendo circuito impreso, mueble de plástico MO.1678 perforado y serigrafiado, y el puntal metálico SE3.1	116,65 €
SE3.1678: Precio del mástil con empuñadura anatómica (ver Fig.7)	60,50 €
CUF.32: Precio de los auriculares de 32 ohmios	8,60 €
LX.1678: Circuito impreso	6,95 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

NOTA: La longitud de la **punta metálica final** es la adecuada para hacer confortable la utilización del instrumento a personas de **estatura media**. Para personas de **gran estatura** hemos previsto la posibilidad de utilizar un **prolongador** que se ha de atornillar previamente, permitiendo así tener una longitud adicional de **15 cm**. Este prolongador ha de solicitarse específicamente.