
Curso de soldadura

Esteban Ferro Santiago

Centro Singular de Investigación en Tecnoloxías da Información

`esteban.ferro.santiago@usc.es`

`http://citius.usc.es`

1. Introducción

El 90 % de los fallos en los equipos electrónicos comienza con falsos contactos debido a que las soldaduras no se realizaron correctamente, pudiendo provocar que se quemen uno o varios componentes del circuito. En la fabricación de un circuito electrónico, la soldadura de cada uno de los componentes al circuito impreso cumple un rol fundamental para su correcto funcionamiento. Si bien parece algo sencillo, dicha unión debe realizarse con el mayor cuidado posible y siguiendo ciertas pautas. En caso contrario obtendremos uniones defectuosas que a simple vista parecen estar correctas, pero que con el paso del tiempo se deterioran rápidamente dando lugar a falsos contactos.

2. Tipos de soldaduras

En general, los tipos de soldadura homogéneas (cuando los materiales a soldar son de la misma naturaleza) se pueden clasificar en dos categorías: soldadura por presión y soldadura por fusión (ver Fig. 1). En las primeras, por presión, no existe una aportación de otro material, llevándose a cabo mediante la aplicación de una presión suficiente y normalmente ayudada con calor. Las segundas, por fusión, se realizan mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de contacto, con o sin aportación de otro metal.

La soldadura por fusión se puede dividir en soldadura ordinaria y soldadura autógena. La soldadura autógena se realiza sin la aportación de ningún material. En cambio, la soldadura ordinaria o de aleación se lleva a cabo añadiendo un metal de aportación que se funde y adhiere a las piezas base, por lo que realmente estas no participan por fusión en la soldadura. Por último, se pueden distinguir dos tipos de soldadura ordinaria dependiendo de la temperatura de fusión del metal de aportación empleado: la soldadura blanda y la soldadura dura. La soldadura blanda utiliza metales de aportación cuyo punto de fusión es inferior a los 450°C, y la dura metales con temperaturas superiores. En esta última se emplean aleaciones de plata, cobre y cinc (soldadura de plata) o de cobre y cinc (soldadura de latón).

2.1. Soldadura con estaño

Por su aplicación en la electrónica, nos inclinaremos hacia la explicación de la soldadura blanda con aportación de material. Para efectuar la soldadura se utilizará estaño, el cual se unirá a materiales del tipo latón, cobre o hierro. Esto permitirá el paso de una corriente eléctrica con una resistencia muy baja entre la pista de una PCB (Printed Circuit Board) y el componente. En este tipo de soldadura se utiliza estaño con plomo, formando la llamada "mezcla 60-40", donde 60 es el porcentaje de estaño en la barra y 40 el de plomo. Si bien el estaño puro funde a 232°C y el plomo a 327°C, la mezcla de ambos provoca una temperatura de fusión de 192°C, la cual es alcanzada en un soldador estándar (ver Fig. 2).

Debido a la acción contaminante del plomo, la norma RoHS (Restriction of Hazardous Substances) restringe, entre otras sustancias contaminantes, el uso de plomo en equipos eléctricos y electrónicos destinados a la venta en la Unión Europea, aunque no restringe el uso de aleaciones con plomo en el uso doméstico. Debido a la norma RoHS aparecieron en el mercado alternativas sin plomo, pero típicamente tienen puntos de fusión más elevados (hasta 260°C). El sobrecalentamiento necesario para fundir estos nuevos materiales puede

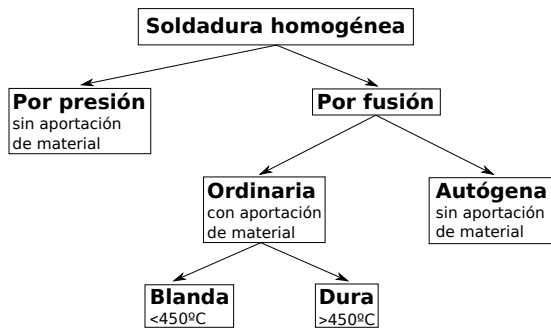


Figura 1: Tipos de soldaduras homogéneas.

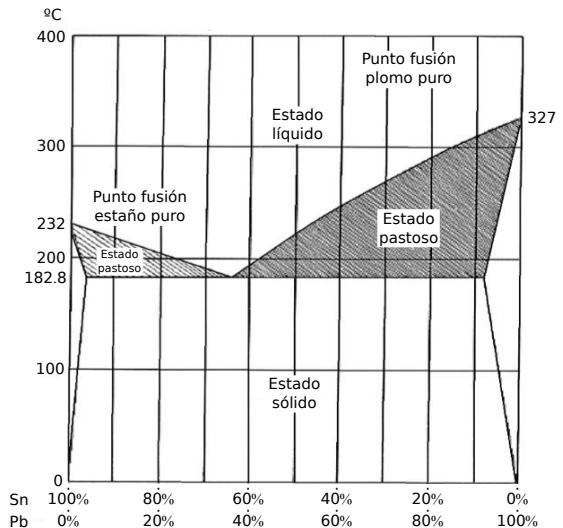


Figura 2: Temperatura de fusión de la aleación estaño-plomo.

afectar a la fiabilidad de las pistas de las PCBs y de los semiconductores, por lo que hay que tener especial cuidado a la hora de usar este tipo de materiales. Las soldaduras alternativas también son más duras, lo que tiene un impacto negativo en la fiabilidad a largo plazo y en el ciclo de vida del dispositivo. Recientemente se están desarrollando nuevos materiales para solucionar este tipo de desventajas frente a las aleaciones con plomo, aunque la temperatura de fusión sigue siendo elevada para determinadas situaciones. En las tablas 1 y 2 se pueden ver diferentes aleaciones utilizadas en soldaduras orientadas a la electrónica.

3. Herramientas

A continuación se detallan distintas herramientas necesarias para realizar una soldadura o desoldadura.

3.1. Resina

Para soldar deberán estar ambas superficies de los metales a unir bien limpias de grasas, óxidos, etc... En caso contrario las superficies no se unirán correctamente, dando lugar a desconexiones y falsos contactos futuros. Si las superficies presentan algún tipo de suciedad deberán limpiarse, para lo cual existen resinas.

El flux (decapante) es una mezcla de sustancias químicas (resinas) que tienen por objeto facilitar el proceso de soldadura blanda. Ello lo consigue de tres formas diferentes:

1. Limpiando las zonas a soldar de restos de óxidos, aceites y grasas.
2. Evitando que se forme nuevo óxido debido al calor de la soldadura.
3. Facilitando que el material de aporte fundido moje las superficies a unir.

Tabla 1: Aleaciones comunes para soldadura

ALLOY	Ag	Cu	Pb	Sb	Sn	Melting Point (°C)	Density (kg/m³)
TIN							
Sn99					99.9	232	7274.28
Sn96.5	3.5				96.5	221	7354.55
Sn95	5				95	221-240	7385.00
Sn90			10		90	183-213	7423.75
Sn70			30		70	183-193	7996.72
Sn63			37		63	183	8392.55
Sn62	2		36		62	179	8403.62
Sn60			40		60	183-188	8492.19
Sn50			50		50	183-212	8863.11
Sn40			60		40	183-247	9494.21
Sn35			65		35	183-250	9496.98
Sn30			70		30	183-257	9712.88
Sn20			80		20	183-280	10202.81
Sn10			90		10	275-302	10742.57
Sn5			95		5	308-312	11016.60
Sn3			97		3	314-320	11155.00
SILVER							
Ag03A	2.5	0.8		0.5	96.2	217	7390.53
SAC305	3	0.8			96.5	217-218	7418.21
Ag2.2	2.5		97.5			304	11265.72
Ag5.5	5.5		94.5			305-364	11290.63
ANTIMONY							
Sb5				5	95	232-240	7243.83
Sb2			63	2	35	185-243	9272.77
Sb1			79	1	20	184-270	10186.20
LEAD							
Pb88	2		88		10	268-290	10739.80
Pb68			68	2	30	185-243	9491.44
Pb80	2		80		18	252-260	10590.33
Pb94	1.5		93.5		5	305-306	11022.14
Pb93	2.5		92.5		5	299-304	11016.60
Pb95	2		95		3	299-305	11016.60
Pb96			96	2	2	252-295	10950.17

Tabla 2: Aleaciones especiales para soldadura

ALLOY	Ag	Au	Bi	Cd	Cu	Ge	In	Pb	Sb	Si	Sn	Melting Point (°C)	Density (kg/m³)
CADMIUM													
Cd70				70							30	140-160	7667.33
Cd18				18				32			50	145	8445.14
Cd1				1				32			65	216-219	7354.55
COPPER													
Cu2					2			38			60	183-190	8517.11
Cu1					1			49			50	183-215	8863.11
BISMUTH													
Bi58			58								42	138	8553.09
Bi52			52					32			16	100	9591.09
Bi46			46					20			34	100-105	9687.97
Bi14			14					43			43	144-163	8982.13
Bi8			8					46			46	120-167	8763.46
GOLD													
Au98		98								2		370-800	16976.09
Au97		96.8								3.2		370	15401.10
Au88		87.5				12.5						356	14673.12
Au82		82					18					451-485	14900.09
Au80		80									20	281	14509.81
INDIUM													
In99							99.9					156	7304.73
In80	5						80	15				142-149	7844.48
In70							70	30				165-175	8182.18
In60							60	40				173-181	8503.27
In52							52				48	118	7293.65
In50							50	50				178-210	8852.03
In40							40	60				195-225	9286.61
In30							30	70				245-260	9937.09
In26							26	37.5			37.5	134-181	8414.69
In25							25	75				250-264	9962.00
In20							20	26			54	130-154	8165.57
In19							19	81				270-280	10260.94
In5		2.5					5	92.5				300-310	11011.07

Para que el flux sea efectivo ha de alcanzar una temperatura mínima llamada temperatura de activación. Dicha temperatura dependerá de la composición concreta de cada tipo de flux.

El estaño para electrónica incluye una resina en su interior, llamado “estaño con alma de resina” (ver Fig. 3), la cual ayuda a la limpieza y a la adhesión de las partes en el metal. Pero no deberá dejarse todo el trabajo a la misma, ya que si la superficie está muy sucia no llegará a hacer efecto. Otro método de limpieza consiste en rayar la parte a soldar con un papel de lija fina. Este método también es aplicable para aquellas superficies donde el estaño “no se pega”. Pero no es aconsejable hacer esto en las PCBs porque se desgastan al lijarlas, por lo que es recomendable utilizar resina para hacer una primera limpieza antes de soldar.

3.2. Estaño con alma de resina

Es un hilo de estaño (realmente de aleación de estaño como se describe en el apartado 2.1) en cuyo interior existen pequeños hilos de resina, los cuales al fundirse el estaño actúan limpiando la superficie donde se realizará la soldadura (ver Fig. 3). Existe de varios diámetros: de 0,3 a 2mm, donde los valores más comunes son de 0,7 y 1mm.

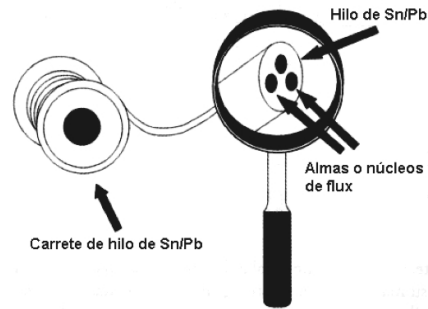


Figura 3: Estaño con alma de resina.

3.3. Pasta de soldadura

Una forma diferente de presentación de las aleaciones de estaño para la soldadura blanda son las pastas de soldadura. Están compuestas básicamente por resinas, que actúan como decapantes que facilitan la soldadura, y por una alta concentración de partículas metálicas de la aleación de soldadura, en suspensión en las resinas. Las pastas de soldadura pueden comercializarse en botes sin dispensador o en contenedores que incluyen alguna forma de aplicador. Las pastas de soldadura se usan en la soldadura de componentes SMD (Surface Mount Technology). Industrialmente, la pasta de soldadura se aplica a la PCB antes de colocar los componentes mediante un proceso serigráfico. En el empleo de pastas de soldadura a nivel no industrial se deben usar aquellas que se comercializan en botes con algún tipo de aplicador, ya que la técnica de aplicación de la pasta es totalmente manual.

3.4. Soldador

Es una resistencia cuya potencia lo identifica para cada tipo de soldadura. Existen de varias potencias y con varios tipos de puntas. Los hay eléctricos (Fig. 4) o a gas butano (Fig. 5). También existen soldadores con aportación de estaño (Fig. 6).

La potencia del soldador a usar dependerá del tipo de componente a soldar. Para el caso de componentes semiconductores, como su robustez para recibir calor es muy baja y la superficie a soldar es pequeña, se deberá utilizar un soldador de entre 15 y 20 vatios. Para el caso de componentes de potencia, como pueden ser resistencias de 5 vatios, transistores y diodos de potencia, como sus terminales a soldar son grandes, se deberá emplear un soldador de 25 vatios o más, para poder llegar a fundir el suficiente estaño y poder realizar la unión.

El soldador puede adoptar varios tipos de puntas, existiendo diversas formas y diámetros en el mercado, las cuales se adaptan a todas las necesidades. En la Fig. 7 se pueden ver diferentes tipos de puntas. La más popular de todas seguramente sea la punta cónica que confiere al soldador el aspecto de un lápiz, aunque quizás no sea la más versátil.

3.5. Soporte para soldador

Los soportes permiten manejar con seguridad tanto soldadores como desoldadores. Su función es la de habilitar un lugar de reposo para estos elementos sobre la mesa de trabajo, sin importar si están fríos o calientes. Este elemento es imprescindible a la hora de dejar el



Figura 4: Diferentes soldadores eléctricos y un desoldador de perilla.



Figura 5: Soldador de gas.



Figura 6: Soldador con aportación de estaño.

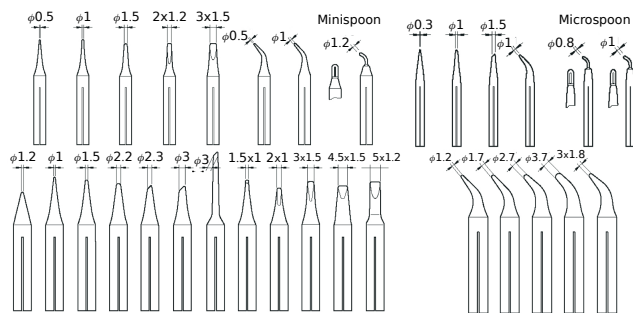


Figura 7: Diferentes tipo de puntas.

soldador mientras se prepara el próximo componente a conectar. El mismo impide que el soldador toque con su punta caliente alguna parte delicada que se encuentre en la mesa, ya sean nuestras manos o incluso el mismo cable de alimentación del soldador. En la Fig. 8 se muestra un soporte típico.

La base de los soportes dispone de un receptáculo que contiene una esponja a base de celulosa. Esta esponja debe permanecer siempre húmeda (húmeda, no empapada) y se usa para la limpieza de la punta de los soldadores. Simplemente hay que frotar la punta de los mismos, en caliente, sobre la esponja para conseguir la necesaria limpieza de ésta. Es posible adquirir esponjas de repuesto en caso de ser necesario.

3.6. Desoldador

Es una herramienta que por un método de aspiración extrae el estaño fundido de la zona. Existen de varios tipos: de émbolo, de perilla (Fig. 4) y de bomba de vacío. En la Fig. 9 se puede ver un desoldador de émbolo.

El desoldador de émbolo se construye a partir de un cilindro hueco de aluminio. Posee una boquilla capaz de succionar el estaño fundido por uno de los extremos del cilindro. En el otro extremo del cilindro posee un actuador que permite desplazar un émbolo hasta su



Figura 8: Soporte típico para soldador.



Figura 9: Desoldador de émbolo típico.

posición de uso. El émbolo queda fijado en dicha posición a la vez que comprime un muelle. Para liberar el émbolo el desoldador incluye un botón que permite realizar tal acción. Al liberarse el émbolo este retrocede hasta su posición de reposo produciendo un vacío en el interior del cilindro, vacío que succiona el estaño derretido.

3.7. Estaciones de soldadura

Las estaciones de soldadura son equipos destinados a la realización de soldaduras de forma continua, no esporádica. Consisten en una unidad base (fuente de alimentación) a la que se conecta un soldador específico para trabajar con estaciones de este tipo. Desde la unidad base se puede controlar la temperatura en la punta del soldador con más o menos exactitud desde unos 150°C hasta unos 450°C, lo que las hace imprescindibles en trabajos delicados. Las hay de regulación digital (Fig. 11) y analógica (Fig. 10), teniendo las primeras mayor exactitud en la graduación de la temperatura. También existen estaciones que incorporan una bomba de succión para realizar desoldaduras más fácilmente, permitiendo controlar la temperatura de la punta del desoldador y la fuerza con la que se succiona el estaño fundido. Existen también unidades que incluyen una bomba de vacío para la aspiración de los humos propios de la soldadura.

Un ejemplo de estación de soldadura es la JBC CD-2BD (Fig. 11). Esta es una estación digital para trabajos generales en electrónica. Destaca por la rapidez con la que calienta la punta, pasando de 20°C a 350°C en 2 segundos.

A diferencia de otros soldadores, esta estación consta de cartuchos. Un cartucho incluye, además de la punta con la que se suelda, la resistencia que calienta la misma y el sensor de temperatura (todo en una sola pieza), por lo que de esta forma consigue mantener la punta a una temperatura constante. El inconveniente de este sistema es el elevado precio si se desea disponer de una amplia variedad de puntas.

Además de un control digital de temperatura, el usuario puede configurar el tiempo que tarda en entrar en modo reposo y en modo hibernación. Cuando se coloca el lápiz (elemento en el cual se introduce el cartucho) en el soporte de la estación se activa el modo reposo (después de esperar el retardo configurado) y la temperatura de la punta desciende hasta el valor fijado por el usuario. Si el lápiz descansa un periodo elevado de tiempo en el soporte



Figura 10: Estación de soldadura analógica.

Figura 11: Estación de soldadura JBC CD-2BD.

(a configurar por el usuario) la estación entra en modo hibernación, es decir, no suministra energía al cartucho y este descende su temperatura hasta la ambiente.

Esta estación también incorpora un soporte para el cambio rápido de cartucho, incluso cuando este está caliente, y un set para la limpieza de las puntas. Destaca también por incluir una conexión USB (Universal Serial Bus) para conectar la estación a un ordenador, pudiendo de esta forma configurar la misma usando un software suministrado por el fabricante, además de poder realizar un seguimiento del proceso de soldadura, como por ejemplo, la variación de la temperatura durante este proceso.

4. Método para realizar una correcta soldadura

Para realizar una buena soldadura es conveniente seguir una serie de pasos que se detallan a continuación y que se muestran gráficamente en la Fig. 12.

- Preparar las partes a soldar. En el caso de los cables e hilos consistirá en el pelado y estañado. En el caso de patillas de componentes consistirá en su limpieza y doblado para su inserción en regletas o PCBs.
- El soldador deberá llegar a la temperatura adecuada. En los soldadores sin control sobre la temperatura de la punta, para verificar esto, se dejará el mismo conectado durante unos minutos y se le acercará el hilo de estaño a la punta. Si este se funde inmediatamente significa que está listo.
- Acercar la punta del soldador a la unión de ambas piezas, con el fin de caldearlas; mantenerlo así durante unos segundos. Es conveniente que la punta del soldador tenga un poco de estaño, pues facilita la transmisión de calor.
- Transcurrido ese tiempo, acercar el hilo de estaño a la zona de contacto del soldador con las piezas que se van a soldar (pero nunca a la punta del soldador), comprobando que el estaño se funde y se reparte uniformemente por las zonas caldeadas.

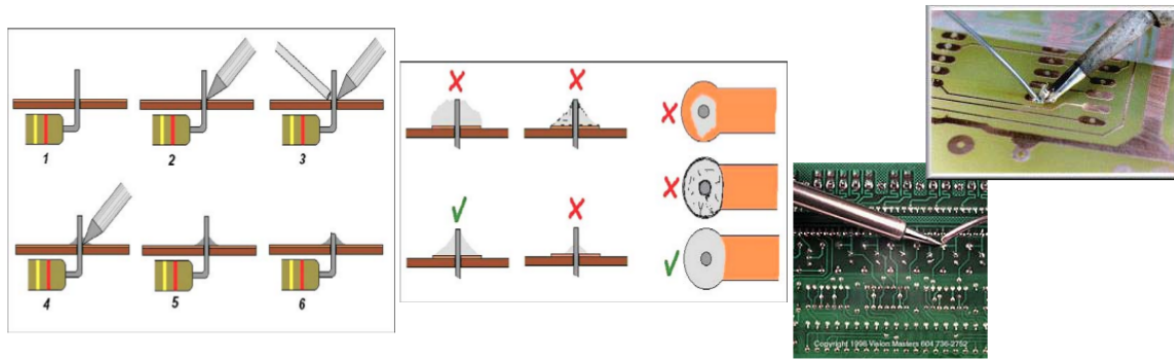


Figura 12: Proceso para realizar una buena soldadura.

- Cuando se crea que es suficiente el estaño aportado, retirarlo, manteniendo el soldador unos segundos.
- Mantener las piezas inmóviles hasta que el estaño haya enfriado, no debiendo soplar la soldadura para acelerar el proceso, pues sólo se conseguiría un enfriamiento prematuro que daría como resultado una soldadura fría (se explica a continuación), mate y, en definitiva, defectuosa.
- Comprobar que la soldadura queda brillante, sin poros y cóncava. En caso de que cualquiera de estas condiciones no se cumplieran, limpiar de estaño las piezas y volver a comenzar el proceso.
- Si existiera exceso de estaño, retirarlo con un extractor de estaño.

Hay que hacer notar que son varios los defectos que pueden darse en una soldadura (Fig. 13), pero cualquiera de ellos estará relacionado con una o varias de las siguientes cuestiones:

1. Cantidad de calor suministrado en el proceso de soldadura.
2. Cantidad de estaño aportado a la soldadura.
3. Limpieza de los elementos a soldar.
4. Tamaño de los pads de soldadura (área donde se realiza la soldadura).

Así, referente a la cantidad de calor suministrado en el proceso de soldadura tendremos como defectos la soldadura fría (se aportó poca cantidad de calor y el estaño no se fundió bien) y la soldadura quemada o pasada (demasiada cantidad de calor).

Tanto un tipo de defecto como otro provocan una mala unión eléctrica y mecánica de los elementos soldados. La soldadura fría se evita, por un lado dejando el tiempo necesario para que el soldador alcance la temperatura de trabajo y, por otro lado, calentando con este tanto el pad de soldadura como la patilla del componente. No olvidar que el soldador ha de permanecer unos instantes en la soldadura tras haber aplicado el estaño. La soldadura quemada se evita no prolongando demasiado el proceso de soldadura.

Añadir que siempre será necesario emplear el menor tiempo posible en el proceso de soldadura, de modo de no sobrepasar ciertos límites de temperatura sobre el componente.



Figura 13: Diferentes defectos en una soldadura.

También hacer notar que los circuitos impresos están preparados para soportar las altas temperaturas necesarias para realizar las soldaduras, pero debe aplicarse el soldador un tiempo prudencial y no se debe empujar el componente cuando el circuito impreso está muy caliente, si no se podría levantar la lámina conductora del circuito impreso y soltarse fácilmente del resto del circuito originando una avería.

La limpieza de las partes a soldar es fundamental para poder realizar soldaduras de calidad. Pero además, hay que procurar no ensuciar las partes limpias tocando innecesariamente con los dedos los elementos a soldar. La limpieza de la punta del soldador es también muy importante. Para realizar una soldadura correcta esta debe estar perfectamente limpia, sin restos de la soldadura anterior, por lo que hay que mantener siempre la punta limpia usando los accesorios para tal fin. Por último, el tamaño de los pads de soldadura es decisivo para realizar una soldadura correcta. En concreto, un pad demasiado pequeño dificulta enormemente la soldadura e incluso puede hacerla imposible, pudiendo ser necesario la ayuda de un microscopio para realizar la soldadura, siempre que se disponga de una punta adecuada.

A continuación se comentan algunos trucos y consejos que pueden resultar útiles:

- Colocar el componente a soldar a la altura deseada respecto de la placa antes de soldarlo. Cualquier retoque posterior de la altura necesitará refundir el estaño de las soldaduras, lo que provocará que una soldadura defectuosa pese a ser una soldadura correcta.
- No mover el componente que se está soldando hasta que el estaño no esté totalmente solidificado. De no hacerlo así se tendrá una soldadura con muy altas posibilidades de fallo del tipo más desquiciador, el fallo intermitente.
- A veces puede hacernos falta una “tercera mano” cuando estamos soldando. Existen soportes específicos y pinzas para fijar los componentes a soldar, que incluso pueden incluir una lupa.
- Si la esponja del soporte del soldador no es suficiente para limpiar adecuadamente su punta y no disponemos de una piedra de limpieza, se puede usar una hoja de papel doblada varias veces para tal fin. Para ello frotaremos enérgicamente con el papel la punta del soldador, en caliente, y seguidamente le añadiremos estaño. Tras esto se debe retirar el estaño añadido con la esponja del soporte.

Para finalizar comentar que, para realizar la desoldadura, primero se calienta el estaño a ser absorbido con un soldador y se aporta un poco de estaño nuevo para que ayude a



Figura 14: Extractor de humos de mesa.

una distribución del calor más rápida. Luego se coloca el extractor sobre la zona y se aspira el estaño. Este proceso puede tener que llevarse a cabo más de una vez hasta dejar al terminal limpio. Puede ocurrir que se necesite terminar de desprender el terminal con el soldador debido a que queden pequeñas cantidades de estaño que no salgan, pero siempre con cuidado de no levantar y romper las pistas de las PCBs.

5. Recomendaciones y medidas de seguridad

A continuación se exponen recomendaciones generales para el uso un soldador y medidas de seguridad a tener en cuenta:

- Mantener la zona de trabajo bien ventilada. Los vapores resultantes de la soldadura son nocivos para la salud, por lo que es recomendable usar un extractor de humos (Fig. 14).
- No mojar el aparato ni usarlo en ambientes húmedos.
- No tocar la punta del soldador mientras esté caliente, ya que puede alcanzar temperaturas muy elevadas.
- No utilizar el soldador en presencia de gas o materiales inflamables, ni en ambientes en los que haya peligro de incendio o explosión.
- El uso de gafas debe ser obligatorio dado que es habitual que en determinadas situaciones (por ejemplo al limpiar la punta) salte estaño hacia la cara del usuario.

Como mantenimiento básico del soldador es conveniente extraer periódicamente la punta (cuando el soldador esté frío) y limpiar los residuos de la resistencia que evitan la correcta distribución de calor hacia la punta. En las estaciones de soldadura que utilizan cartuchos esto no es necesario. Para la limpieza de las puntas, emplear la esponja húmeda que tienen los soportes. Es preciso emplear solo agua desionizada para humedecer la esponja, ya que si se emplea agua normal es muy probable que la punta se ensucie con las sales disueltas existentes en el agua.