Parte 3
Soldadura por Electrofusión

Preparado: C. Villalonga *Responsable Calidad*	**Revisado:** J. Pons *Director Certificación*	**Aprobado:** *Comisión Permanente*
Firma y fecha: 2004.06.14	Firma y fecha: 2004.06.14	Firma y Fecha: 2004.06.22

ÍNDICE

1. GENERALIDADES 3

2. DEFINICIÓN Y CAMPO DE APLICACIÓN 4

3. TIPOS DE ACCESORIOS 5

4. MAQUINARIA Y UTILLAJE 7

5. OPERATIVA GENERAL PARA LA SOLDADURA POR ELECTROFUSIÓN 9
   5.1. Accesorios de línea 9
   5.2. Accesorios de derivación electrosoldables 11

6. NOTAS IMPORTANTES A TENER EN CUENTA 15

7. INSPECCIÓN DE LA SOLDADURA 15

1. GENERALIDADES

El correcto funcionamiento de una canalización de gas depende por encima de todo de la integridad de la unión.

Estas son las reglas básicas a respetar en todo proceso de soldadura:

- Todas las herramientas, máquinas y utillaje usadas en las uniones por fusión deben ser las adecuadas para proceder correctamente en cada una de las operaciones. En ningún caso se debe proceder a realizar una soldadura sin disponer de todas las herramientas e instrumentos necesarios;

- Debe procederse periódicamente a la revisión del buen estado de todas las máquinas, herramientas y utillaje;

- La distancia entre soldaduras, será como mínimo la que permita la colocación del utillaje necesario y en cualquier caso se seguirán las indicaciones al respecto de la Compañía Distribuidora de Gas;

- La zona de soldadura debe protegerse contra influencias desfavorables de la intemperie, como la humedad, la temperatura ambiente, viento y lluvia, no pudiéndose soldar cuando llueve, hace viento, el ambiente está muy cargado de humedad, o la temperatura es inferior a 0 °C. En estos casos solo se puede soldar bajo una caseta especial o con autorización de la Compañía Distribuidora.;

- En los procedimientos que así lo exijan, se debe arrancar la viruta mediante la técnica del raspado;

- El desengrasado y la eliminación de humedad de los tubos y accesorios se efectuará con papel celulósico y utilizando como líquido limpiador Isopropanol. La utilización de otro tipo de líquido limpiador ha de ser previamente autorizada por la Compañía Distribuidora;

- Las superficies de unión de las piezas a soldar no deben estar dañadas, y deben estar exentas de suciedad y humedad inmediatamente antes de soldar;

- Las piezas a unir, durante el proceso de soldadura han de estar inmovilizados y la zona a soldar no debe someterse a esfuerzo alguno durante el proceso, hasta que se haya enfriado a temperatura ambiente;

- Antes de la prueba de estanquidad o movimientos de una soldadura, esta debe estar a temperatura ambiente;

- Es recomendable la impresión de los datos de la soldadura (parámetros de fusión y/o trazabilidad) una vez finalizada.

2. DEFINICIÓN Y CAMPO DE APLICACIÓN

La soldadura por Electrofusión consiste en la unión de tuberías o de tuberías y accesorios mediante el empleo de ACCESORIOS ELECTROSOLDABLES. Los accesorios electrosoldables tienen incorporado en su interior un filamento eléctrico, el cual, conectado a una tensión eléctrica durante un tiempo determinado, genera una calentamiento a una temperatura que provoca su fusión y permite que los elementos a unir queden soldados.

Estas soldaduras se aplican en la instalación de conducciones en redes para distribución de gas, empleando accesorios electrosoldables y haciendo uso de los equipos de soldadura correspondientes, para diámetros exteriores de tubo según se indica en la tabla 1.

En la unión de tuberías de PE 80 y PE 100 del mismo DN y diferente SDR se utilizará obligatoriamente la técnica de electrofusión con manguitos.

Tabla 1.
Campo de aplicación de la soldadura por Electrofusión

ØTUBO	SDR 17.6	SDR 11
20	—	SI
32	—	SI
40	—	SI
63	SI(*)	SI
90	SI(*)	SI
110	SI	SI
125	SI	SI
160	SI	SI
200	SI	SI
250	SI	SI
315	SI	SI

(*) Para el caso de PE 100

Figura 1. Unión por Electrofusión

3. TIPOS DE ACCESORIOS

Los accesorios para la soldadura por electrofusión (*ver figuras 2 y 3*) pueden clasificarse en:

a) Accesorios de línea
Los accesorios de línea pueden agruparse en:

- MANGUITOS
- CODOS DE 45° Y 90°
- REDUCCIONES
- TAPONES
- TES
- OTROS:
  1. Transiciones PE-Metal.
  2. Transiciones a elementos metálicos roscados

Según el número de resistencias se pueden clasificar en:

- Monofilares: Disponen de una resistencia eléctrica y se sueldan las dos embocaduras de una vez.
- Bifilares: Disponen de dos resistencias eléctricas y se sueldan en dos veces, primero una embocadura y después otra. Estos accesorios están en desuso.

Además, en ambos casos pueden incorporar topes centrales. Estos topes son unos resaltes incorporados en el interior de los accesorios con objeto de que cuando se introduzca el tubo dentro del accesorio quede en la posición correcta. También se utilizan como referencia para tomar la distancia que ha de entrar el tubo dentro del accesorio.

Las tes pueden presentarse de dos formas diferentes:

- Con resistencias eléctricas incorporadas en todas las embocaduras, por tanto accesorios hembra. Actualmente en desuso.
- Con dos extremos hembra electrosoldables y un extremo macho para unir a tubo mediante un manguito electrosoldable.

Su campo de aplicación depende de la gama ofrecida por el fabricante. Las piezas disponibles van desde diámetros comprendidos entre 20 y 315 mm.

b) Accesorios de derivación
Estos accesorios, que se unen siempre por electrofusión, se clasifican en :

Toma simple: Son accesorios para efectuar derivaciones sobre tuberías sin carga. Generalmente son salidas macho para unir a tubo mediante manguito electrosoldable;

Toma en carga: Son accesorios para efectuar derivaciones sobre tuberías en carga. Disponen de un elemento perforador en su interior. La salida es siempre macho para unir a tubo mediante manguito electrosoldable. También se utilizan en canalizaciones de nueva construcción.

Su campo de aplicación depende de la gama del fabricante. Para tomas simples, el diámetro nominal del tubo base oscila de 63 y 315, y la salida suele ser generalmente a DN 63.

Para tomas en carga, los diámetros nominales de los tubos base van desde 40 a 315 y las salidas son de DN 20, 32, 40 y 63.

La sujeción del accesorio sobre la tubería antes de soldar puede efectuarse mediante:

- El apriete de una pinza.
- El atornillado de las dos medias secciones en las que está dividida la pieza.
- El encaje de las dos secciones en las que está dividida la pieza.
- Utilización de aparatos y otros sistemas diseñados por el fabricante que mantienen el tubo y el accesorio unidos al someterlos a compresión.

Tanto los accesorios de línea como los de derivación incorporan códigos de barras con los parámetros de fusión y la información necesaria para trazabilidad de los mismos.

Asimismo, la norma UNE EN 1555 exige que los accesorios vengan marcados con el intervalo de SDR de los tubos en los cuales pueden instalarse.

Figura 2. Accesorios de línea

Figura 3. Accesorios de derivación

4. MAQUINARIA Y UTILLAJE

Para realizar soldaduras por electrofusión se emplean máquinas y útiles especiales, como son:

1. Máquinas de soldadura con sus accesorios de conexión.
   Actualmente estas máquinas son automáticas y polivalentes, permitiendo mediante el empleo de los terminales correspondientes soldar cualquier tipo de marca y accesorio. Para su funcionamiento se requiere una fuente de corriente, ya sea mediante una conexión a red o a un grupo electrógeno.

2. Cortatubo adecuado a cada diámetro.

3. Raspador.

4. Líquido limpiador (ISOPROPANOL) , papel celulósico.

5. Posicionador para accesorios:
   a. Para accesorios de linea.
      — Alineadores (rectos, en ángulo, para tes iguales, reducciones, etc.).
   b. Para accesorios de derivación.
      — Redondeadores de tubos.
      — Elementos de sujeción del accesorio.

6. Útiles de perforación para derivaciones simples.
   a. Equipo de taladrar sin carga.
   b. Equipo de taladrar en carga.

7. Rotulador de tinta indeleble apto para tubos de PE.

Figura 4. Máquinas para electrofusión

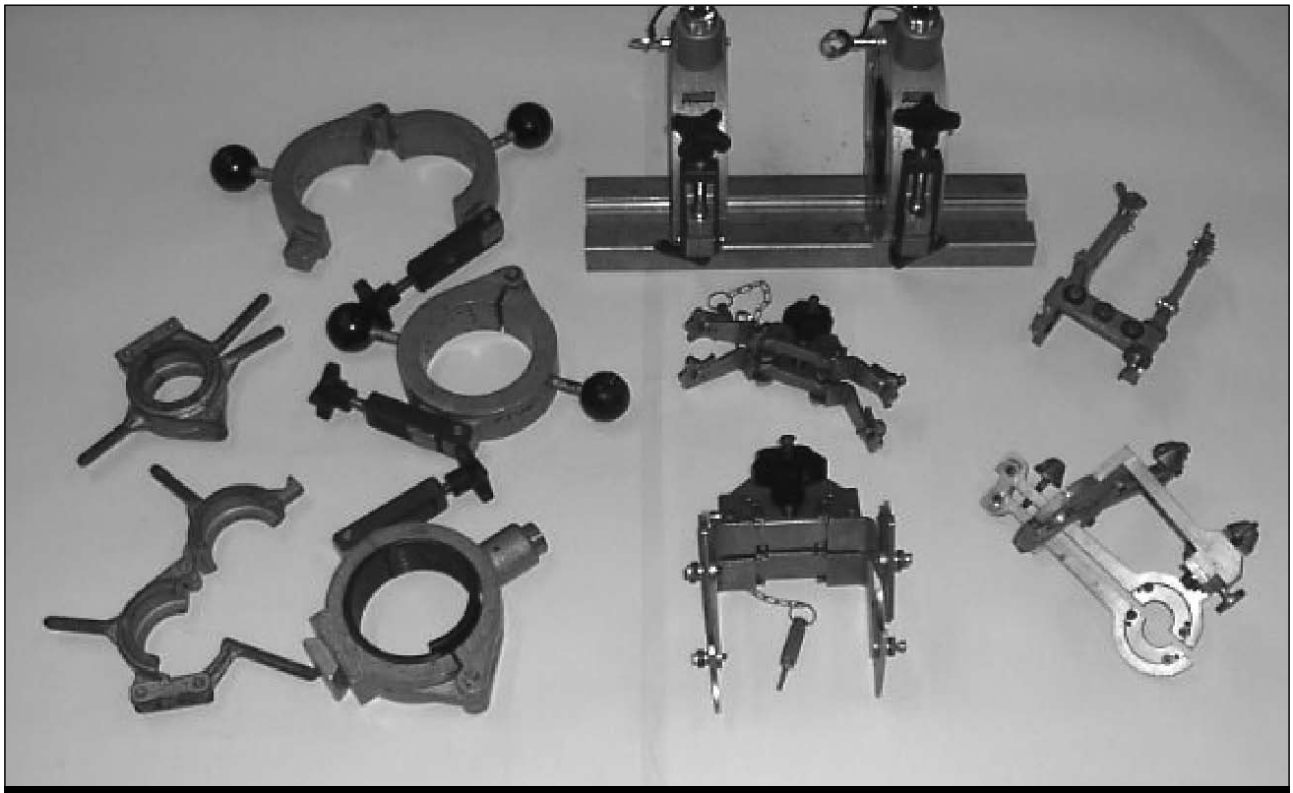


Figura 5.a. Útiles y herramientas para electrofusión

Figura 5.b. Útiles y herramientas para electrofusión

5. OPERATIVA GENERAL PARA LA SOLDADURA POR ELECTROFUSION

5.1. Accesorios de línea

Verificar que los elementos a unir se encuentran en buen estado, y que el corte del tubo sea perpendicular a su eje.

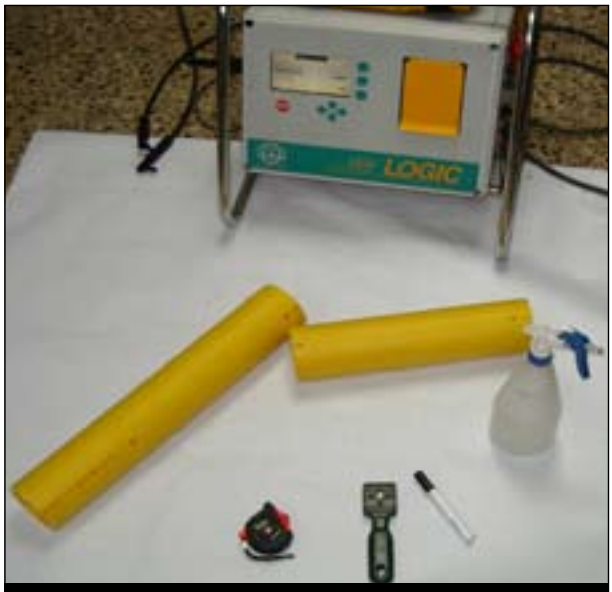


Figura 6.1.a. Verificación

Figura 6.1.b. Verificación

Marcar con rotulador indeleble de PE sobre cada uno de los extremos a unir (tubo-tubo o tubo-accesorio) la longitud que debe entrar dentro de la pieza.

Figura 6.2. Delimitación de la zona raspado

Raspar toda la zona marcada de los extremos a unir (tubo-tubo o tubo-accesorio), en una extensión algo superior, utilizando un RASPADOR. Achaflanar el extremo del tubo (con el mismo raspador) para evitar que al introducir el accesorio electrosoldable, éste se dañe.

Figura 6.3.a. Rapado y achaflanado

Figura 6.3.b. Rapado y achaflanado

Limpiar las superficies a soldar con isopropanol y papel celulósico.

Figura 6.4. Limpieza del tubo

Figura 6.5. Limpieza del accesorio

Volver a marcar la longitud que debe entrar en el accesorio con rotulador indeleble apto para tubo de PE.

Figura 6.6. Medida del accesorio

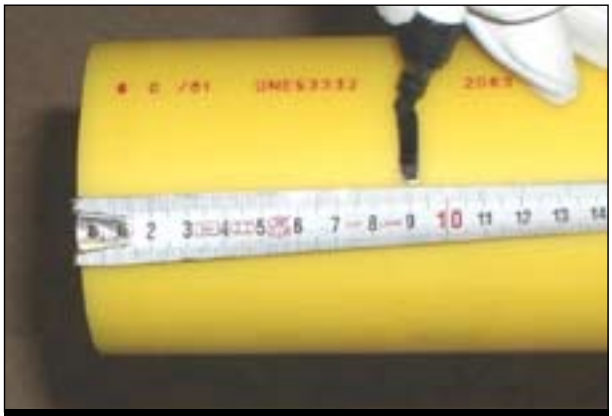


Figura 6.7. Marcado en la tubería

Situar el accesorio sobre las marcas. Una vez situado, sujetar con el alineador adecuado al accesorio electrosoldable para evitar movimientos laterales o axiales durante la soldadura.

Conectar los terminales de los cables de la máquina de soldar a las conexiones del accesorio, sin que queden sometidos a esfuerzo alguno.

Figura 6.8. Introducción del accesorio y ajuste del alineador

Figura 6.9. Conexión con la máquina de soldar

Introducir, en la máquina de soldadura, los parámetros de fusión y/o trazabilidad que ésta nos solicite. Los sistemas utilizados para la introducción de los datos son:

- Introducción manual
- Lectura de código de barras (método más utilizado)
- Introducción de tarjetas magnéticas
- Sistemas de reconocimiento de accesorios particulares

Figura 6.10. Lectura del código de barras

Iniciar el proceso de soldadura siguiendo el método operativo de la máquina de soldar utilizada en cada caso, comprobando que durante el proceso de soldadura la máquina no nos indique ningún error.

Una vez completado el ciclo de fusión, se comprobará la aparición de material fundido en los testigos de soldadura, constatando que no existe derrame de material por los bordes de la pieza soldada.

Desconectar los cables de la máquina de soldar y dejar enfriar la zona de soldadura el tiempo indicado por el fabricante. Transcurrido este tiempo se podrá retirar el alineador utilizado.

Antes de someter a esfuerzos a la unión (prueba de presión, puesta en gas), ésta deberá haber enfriado por su natural hasta temperatura ambiente.

En la soldadura debe marcarse con el rotulador los datos exigidos por la Compañía Distribuidora

Figura 6.11. Marcado de la soldadura

5.2. Accesorios de derivación electrosoldables

Verificar que los elementos a unir, tubo y accesorio, se encuentran en buen estado.

Figura 7.1. Verificación

Marcar con rotulador de tinta indeleble apto para tubo de PE y raspar regularmente toda la parte del tubo donde el accesorio de derivación debe ser soldado. Utilizar un RASPADOR adecuado y nunca un abrasivo.

Figura 7.2. Delimitación de la zona raspado

Figura 7.3. Raspado del tubo

Limpiar las superficies a soldar con isopropanol y papel celulósico. No tocar las superficies una vez limpias.

Figura 7.4.a. Limpieza de tubo y accesorio

Figura 7.4.b. Limpieza de tubo y accesorio

Montar el accesorio de derivación sobre el tubo. Colocar el elemento de sujección apropiado para el tipo de accesorio utilizado y verificar su colocación. Colocar los redondeadores lo más próximo posible al accesorio a soldar para garantizar su finalidad.

Figura 7.5.a. Montaje del accesorio y redondeadores

Figura 7.5.b. Montaje del accesorio y redondeadores

Conectar los terminales de los cables de la máquina de soldar con las conexiones del accesorio sin que queden sometidos a esfuerzo alguno.

Introducir en la máquina de soldadura los parámetros de fusión y/o trazabilidad que ésta nos solicite. Los sistemas utilizados para la introducción de los datos son:

- Introducción manual
- Lectura de código de barras (método más utilizado)
- Introducción de tarjetas magnéticas
- Sistemas de reconocimiento de accesorios particulares

Figura 7.6.a. Conexión a la máquina y lectura del código de barras

Figura 7.6.b. Conexión a la máquina y lectura del código de barras

Iniciar el proceso de soldadura siguiendo el método operativo de la máquina de soldar utilizada en cada caso, comprobando que durante el proceso de soldadura la máquina no nos indique ningún error.

Una vez completado el ciclo de fusión, se comprobará la aparición de material fundido en los testigos de soldadura, constatando que no existe derrame de material por los bordes de la pieza soldada.

Desconectar los cables de la máquina de soldar y dejar enfriar la zona de soldadura el

tiempo indicado por el fabricante. Transcurrido este tiempo se podrá retirar el alineador utilizado.

Antes de someter a esfuerzos a la unión (prueba de estanquidad, puesta en gas), ésta deberá haber enfriado por su natural hasta la temperatura de ambiente.

En la soldadura debe marcarse con el rotulador los datos exigidos por la Compañía Distribuidora.

Figura 7.7.a. Control del tiempo de enfriamiento. Verificación de testigos

Figura 7.7.b. Control del tiempo de enfriamiento. Verificación de testigos

Sólo cuando este frío por su natural a temperatura ambiente se podrá perforar la toma. Para perforar la toma se utiliza el aparato perforador adecuado para ese accesorio. Se finaliza la operación colocando el TAPÓN DE SEGURIDAD, apretado solo con las manos.

Figura 7.8.a. Perforación de Toma en Carga. Montaje del tapón

Figura 7.8.b. Perforación de Toma en Carga. Montaje del tapón

Figura 7.9.a. Perforación de Toma Simple

Figura 7.9.b. Perforación de Toma Simple

6. NOTAS IMPORTANTES A TENER EN CUENTA

- Seguir en todo momento el proceso de soldadura.

- En ningún caso, "en especial cuando la tubería está en carga", el tiempo de fusión pasará del máximo admitido. Si se prevé que esto pueda ocurrir, se interrumpirá rápidamente el proceso de soldadura actuando sobre el botón de paro de la máquina.

- Si el proceso de soldadura se interrumpe antes de completar el tiempo de fusión, antes de reiniciar el proceso de soldadura se dejarán enfriar por su natural, hasta la temperatura ambiente. En función de las circunstancias será la Compañía Distribuidora quien determine la conveniencia de repetir el proceso en veces sucesivas.

- Verificar que la tensión de alimentación de la máquina para soldar por electrofusión está dentro de los límites indicados por el fabricante.

- Verificar que la fuente de alimentación eléctrica del equipo de electrofusión admite una potencia igual o superior a la recomendada para el correcto funcionamiento de la máquina.

- Para cada tipo de accesorio electrosoldable se deben utilizar los terminales de conexión adecuados a sus bornes.

7. INSPECCIÓN DE LA SOLDADURA

Toda unión debe ser sometida a una inspección inmediatamente después de acabado el proceso de soldadura correspondiente

Existen tres métodos de inspección de estas soldaduras:

- Visual.
- Ensayos no destructivos.
- Ensayos destructivos.

a) Inspección visual.
Si se observa alguno de los defectos que vienen a continuación será motivo para el rechazo de la soldadura:

- Contaminación.
- Falta de materia fundida en los testigos.
- Derrame de material por los bordes de los accesorios o testigos.
- Falta de alineación.
- Poros o grietas en elementos unidos.
- Arrastre o desprendimiento de la resistencia eléctrica.
- Tubo y accesorio descentrados.

En la parte 7 se muestra la catalogación de los defectos que se pueden detectar durante la inspección visual de la soldadura.

b) Ensayos no destructivos.
Pueden hacerse por ultrasonidos o radiografías. Así puede comprobarse la existencia o no de ranuras, hendiduras o contaminación entre los tubos unidos.

c) Ensayos destructivos.
Existen varios tipos de ensayos destructivos normalizados para comprobar si una soldadura por electrofusión es correcta:

1. *Ensayo de resistencia a la presión hidráulica interior a alta temperatura.*

En este ensayo, se somete a una probeta formada por uno (monturas) o dos trozos (manguitos de unión) de tubería soldados a un accesorio de electrofusión a un esfuerzo

permanente producido por una presión interna. Con la finalidad de acelerar el envejecimiento de la probeta, la misma se somete a una temperatura superior a la ambiente (normalmente 80 °C). Conseguir esta temperatura se puede hacer mediante aire o introducción de agua (opción más utilizada). La norma que describe el procedimiento de ensayo es la UNE-EN 921:1995. Normalmente la probeta se somete a esta prueba durante 165 ó 1000 horas.

Probeta para comprobar la soldadura por electrofusión de una tubería PE100, SDR17,6 y una T de toma en carga de PE100.

El ensayo se realizó a 80 °C y se aplico una presión interna a la tubería de muy superior a la que puede resistir. La soldadura de electrofusión resistió el ensayo, no así la tubería que rompió por deformación dúctil de la pared de la misma.

Figura 8

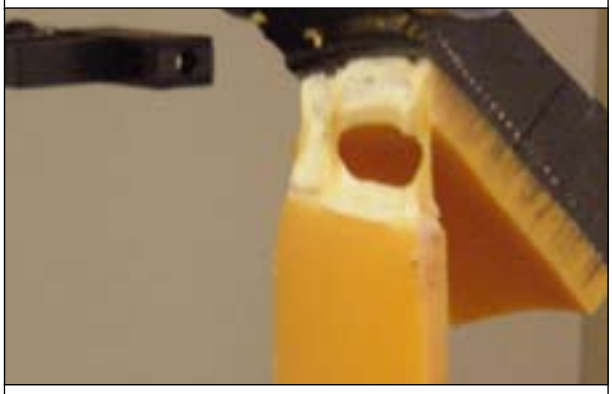
2. Ensayo de resistencia a la descohesión

Con la finalidad de comprobar si la soldadura de la tuberías y el accesorio has sido correcta existen varios ensayos normalizados para comprobar esto.

2.1. Ensayo de descohesión por pelado (peel test): ISO 13954:1997

Este ensayo se aplica a manguitos de diámetro superior o igual a 90 mm. Básicamente consiste en fabricar una probeta compuesta de una tira de 25 mm de ancho obtenida de una soldadura de electrofusión. Esta probeta se somete a un ensayo de tracción, con una velocidad de 25 mm/min y la fuerza necesaria para producir la rotura. Si la soldadura es correcta, la probeta debe de romper de una forma dúctil por los filamentos del accesorio o la tubería.

Probeta colocada en la máquina de ensayo.



Rotura dúctil de la tubería al ser más débil que la soldadura.

Rotura dúctil de la soldadura entre los filamentos del accesorio.

Figura 9

2.2. Ensayo de descohesión por aplastamiento (crunching test): ISO 13955:1997

Este ensayo se aplica a manguitos de diámetro menor o igual a 90 mm o a accesorios de montura. Básicamente consiste en fabricar una probeta cortando longitudinalmente por la mitad la soldadura de electrofusión entre la tubería y el accesorio. Esta probeta se somete a un aplastamiento, hasta juntar los dos extremos de la probeta. Posteriormente, con la ayuda de un destornillador o similar se trata de romper la soldadura. Si la soldadura es correcta, el accesorio y la tubería no se sueltan, excepto por efecto del desgarro causado por el propio destornillador en el proceso.

Probeta entre dos tubería de PE100, DN63 diferentes y un manguito de PE100.

El resultado del ensayo muestra que la soldadura ha sido correcta, ya que no se ha podido soltar la misma, excepto por efecto del desgarro

Figura 10

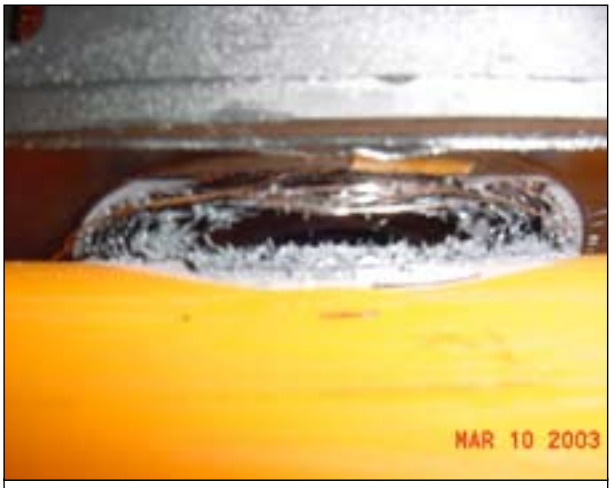
2.3. Ensayo de resistencia al arrancamiento (tear test): ISO/CD 13956

Este ensayo se aplica a accesorios de tipo montura (T). Básicamente consiste en fijar la T soldada a la tubería y aplicar la fuerza necesaria para intentar separar la T de la tubería. Si la soldadura está realizada de forma correcta, la separación es dúctil (normalmente entre los filamentos de la T) o se produce la rotura de la T. En el caso de estar mal hecha la soldadura, se produce su despegado fácilmente.

Probeta en la máquina de ensayo. En este caso, la fuerza se aplica desde arriba.

Resultado del ensayo. La T se ha roto antes de fallar la soldadura, ya que era correcta.

Probeta en la máquina de ensayo. En este caso, la fuerza se aplica desde arriba.



Resultado del ensayo. La T se ha roto antes de fallar la soldadura.

Resultado del ensayo cuando la soldadura ha sido hecha de forma incorrecta. Se puede observar que la mayor parte de la superficie se ha despegado limpiamente.

Figura 10