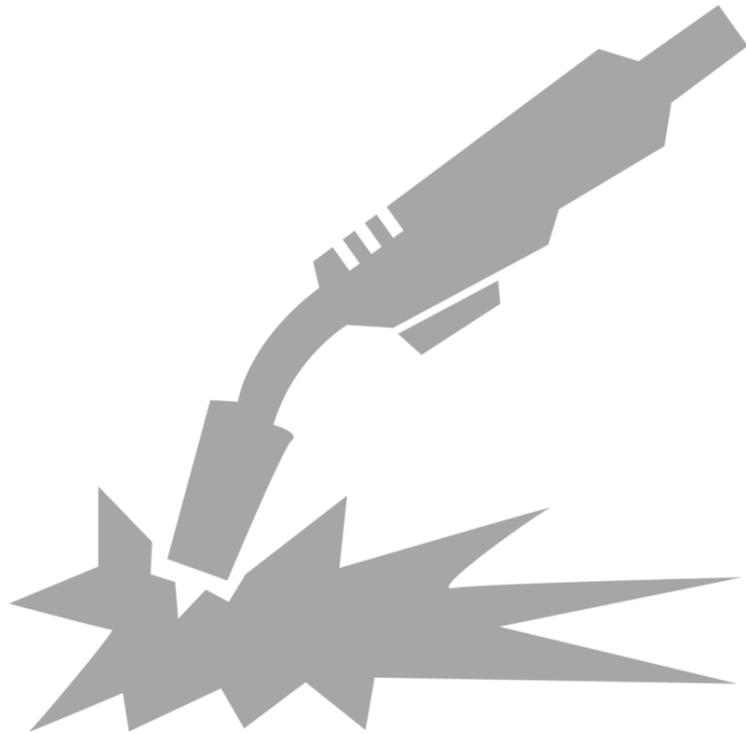




**MTG**

No limits innovation



**GEN.3.3.1**  
**RECOMENDACIONES**  
**GENERALES DE SOLDADURA**

**NOTA:** Esta “guía de soldadura” está destinada a ayudar a los clientes con la soldadura de los productos GET de MTG. Se trata de una guía general de soldadura en la que no todos los aspectos relacionados con la soldadura están incluidos. Su aplicación específica puede requerir diferentes prácticas de soldadura. Esta guía de soldadura no está diseñada para ser utilizada en el diseño de las uniones soldadas de los cazos u otros accesorios. MTG no acepta ninguna responsabilidad por el mal uso o mala interpretación de esta información.



## 1. PROCESOS

La soldadura se puede realizar mediante cualquiera de los siguientes procesos:

**Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)**

**Sold. por arco metálico con protección de gas(GMAW)**

**Soldadura con hilo tubular (FCAW)**

Se puede utilizar una combinación de SMAW, GMAW y FCAW.

## 2. CONSUMIBLES

### 2.1 CONSUMIBLES DE SOLDADURA NO ALEADOS O DE BAJA ALEACIÓN

Se deben utilizar consumibles sin alear o de baja aleación y con resistencia a la tracción de hasta 500 MPa. Tales consumibles de soldadura reducen el nivel de tensión residual en las juntas y, por lo tanto, la susceptibilidad al agrietamiento inducido por hidrógeno (HIC).

#### CONSUMIBLES DE RELLENO NO ALEADOS O DE BAJA ALEACIÓN

PROCESO	CLASIFICACIÓN EN	CLASIFICACIÓN AWS
<b>SMAW</b>	EN ISO 2560-A E42X	E70X SEGÚN A5.1 O EQUIVALENTE BAJO A5.5
	EN ISO 14341-A G42X	E70C-X SEGÚN A5.18 O EQUIVALENTE BAJO A5.28
<b>GMAW</b>	EN ISO 14341-A G46X	E70S-X SEGÚN A5.18 O EQUIVALENTE BAJO A5.28
	EN ISO 16834-A T42X	E7XT-X SEGÚN A5.20 O EQUIVALENTE BAJO A5.29
<b>FCAW</b>	EN ISO 16834-A T42X	E7XT-X SEGÚN A5.20 O EQUIVALENTE BAJO A5.29

NOTA: "X" PUEDE SIGNIFICAR UNO O VARIOS CARACTERES

### 2.2 CONSUMIBLES DE SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO

Todas las piezas de fundición MTG se pueden soldar con consumibles inoxidables austeníticos del tipo AWS 307.

A continuación, se muestra la designación para dichos consumibles:

**CONSUMIBLES DE RELLENO DE ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO**

PROCESS	AWS CLASS
SMAW	E307-X DE ACUERDO CON A5.4
GMAW	E307T-X DE ACUERDO CON A5.22
	ER307 DE ACUERDO CON A5.9
FCAW	307-X DE ACUERDO CON A5.22

NOTA: "X" PUEDE SIGNIFICAR UNO O VARIOS CARACTERES

**2.3 CONSIDERACIONES SOBRE EL GAS PROTECTOR**

Para consideraciones sobre el gas protector, consulte la información del fabricante del consumible. Cuando se utilice un gas o una mezcla de gases en cualquier proceso para proteger la soldadura, deberá cumplir los requisitos de AWS A5.32/5.32M, "Especificación para gases de protección de soldadura".

**2.4 CONSIDERACIONES SOBRE EL CONTENIDO DE HIDRÓGENO**

Si se suelda con SMAW o FCAW, se deben utilizar electrodos con recubrimiento básico para que el contenido de hidrógeno del metal de soldadura sea inferior a 5 ml / 100 g.

**3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

La soldadura se realizará utilizando las siguientes características eléctricas:

**3.1 POLARIDAD**

Todas las soldaduras deben realizarse conectando el equipo con polaridad inversa (D.C.E.P.) excepto para el proceso de refundido de la soldadura mediante GTAW, que debe realizarse empleando polarización directa del equipo (D.C.E.N).

**3.2 RANGOS DE CORRIENTE Y VOLTAJE**

A continuación, en la siguiente tabla, los rangos de corriente y voltaje recomendados para un procedimiento específico y el diámetro del electrodo.

**SMAW**

DIÁMETRO DEL ELECTRODO	INTENSIDAD (AMPERIOS)
2.4mm / 3/32in.	65 – 120
3.2mm / 1/8in.	80 – 160
4.0mm / 5/32in.	115 – 220
4.8mm / 3/16in.	140 – 300
6.4mm / 1/4in.	230 - 375

**GMAW & FCAW**

DIÁMETRO DEL ELECTRODO	VOLTAJE (VOLTIOS)	INTENSIDAD (AMPERIOS)
1.14mm / 0.045in.	22 – 30	220 – 320
1.59mm / 1/16in.	25 – 35	250 – 360
2.4mm / 3/32in.	25 - 35	360 - 500

### 3.3 CONSIDERACIONES EN LA APORTACIÓN TÉRMICA (HEAT INPUT)

La mínima aportación térmica de aplicar debe cumplir con los requisitos de la AWS D14.8M, "Standard Methods for the Avoidance of Cold Cracks".

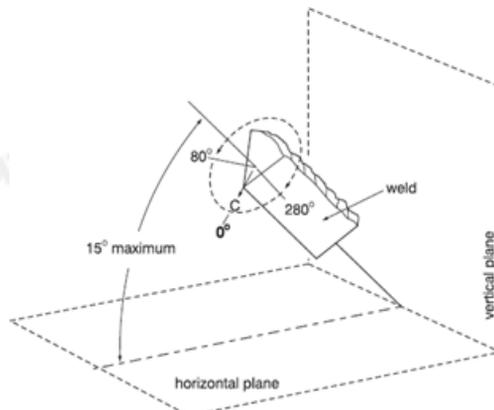
Como referencia, los valores típicos de aportación térmica de aplicación se encuentran en el rango de 1 kJ / mm a 2 kJ / mm , con el objetivo de 1.5 kJ / mm.

## 4. POSICIÓN

Toda soldadura debe realizarse preferiblemente en posición plana u horizontal. La desviación de la posición plana u horizontal es permisible siguiendo la imagen que se muestra a continuación (AWS D14.3, Specification for Welding Earthmoving and Construction Equipment).

El eje longitudinal de la soldadura puede inclinarse no más de 15° con respecto al plano horizontal.

El centro de la cara de soldadura (C) debe estar dentro de los límites de rotación de 80° a 280° como se indica.



## 5. PREPARACIÓN DE LA SOLDADURA

### 5.1 LIMPIEZA

Se debe eliminar cualquier capa de óxido, pintura, grasa, escoria de arco aire o humedad de las superficies cercanas a cualquier zona de soldadura en un rango de 12.5mm (0.5") alrededor de esta. Las superficies deben estar lo suficientemente limpias para que no haya nada que pueda contener humedad o hidrocarburos, que se puedan descomponer con el calor del arco y producir hidrógeno, que podría ser absorbido durante la soldadura causando grietas. La eliminación se puede lograr mediante granallado, chorro de arena, amolado o mecanizado.

Cualquier porosidad, arena quemada u otros defectos visibles en las superficies de preparación de soldadura deben eliminarse mediante amolado o arco aire.

## 6. PRECALENTAMIENTO, Tª ENTRE PASADAS Y T.T. POST-SOLDADURA

### 6.1 TEMPERATURAS

Antes de iniciar cualquier operación de corte o limpieza con arco aire o soldadura, se requiere un precalentamiento de las piezas y cuchilla/labio. Todo el material en un perímetro alrededor de 100mm (4") de la ubicación de soldadura deberá estar dentro del rango de temperatura especificado.

La temperatura mínima de precalentamiento a aplicar es de 175°C (347°F) o la temperatura recomendada por el fabricante del labio si es superior a 175°C (347°F). Para mantener la dureza de las piezas fundidas no se recomiendan temperaturas superiores a 250°C (482°F).

Si la humedad ambiente es alta y/o la temperatura ambiente es inferior a 5°C (41°F), la temperatura de precalentamiento debe aumentarse en 25°C (77°F), esto son 200°C (392°F).

Utilice mantas aislantes en todo momento. Si el precalentamiento o el proceso de soldadura se interrumpen por cualquier motivo (en un cambio de turno, por ejemplo), el área que ya está caliente o la que se está calentando debe cubrirse con mantas térmicas.

### 6.2 PRECALENTAMIENTO

El precalentamiento con quemadores o antorchas es mucho más efectivo cuando el calor se aplica desde el lado opuesto de la pieza de trabajo mientras se tienen mantas aislantes en el lado de trabajo. Las mantas ayudan a dispersar el calor de manera uniforme y a retener el calor que se ha introducido.

### 6.3 MEDICIÓN

Las temperaturas pueden medirse mediante el uso de pirómetros de contacto, lápices térmicos (por ejemplo, "Tempilsticks") o medidores por infrarrojos.

La temperatura máxima entre pasadas se puede medir directamente en el metal de soldadura o en el área inmediatamente adyacente.

## 6.4 TASA DE ENFRIAMIENTO

Una vez completada la soldadura, enfriar lentamente. No permitir que corrientes de aire o temperaturas ambientales frías enfríen las piezas o el ensamblaje. La tasa de enfriamiento no debe exceder los 55°C (131°F) por hora. Si la temperatura ambiente es igual o inferior a 5°C (41°F), o si no se puede lograr la tasa de enfriamiento indicada, la pieza debe cubrirse con mantas térmicas para asegurar un enfriamiento lento.

## 6.5 TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDADURA

Como tratamiento opcional, después de la finalización de la soldadura y siempre que sea posible, un tratamiento térmico posterior a la soldadura es una buena práctica para mejorar la calidad de la soldadura y relajar tensiones internas en las piezas. Un calentamiento posterior a la soldadura de 200°C (392°F) durante al menos 2 horas (una vez alcanzada la temperatura) y su enfriado final al aire debería ser suficiente para ese propósito.

# 7. TÉCNICA DE SOLDADURA

## 7.1 SOLDADURA

Antes de soldar, limpie las superficies de acuerdo con el procedimiento detallado en la Sección "Limpieza". Las soldaduras consistirán preferentemente en cordones largos y rectos. Sin embargo, se permite soldar con movimientos de vaivén lateral. Los anchos no deben ser mayores de tres veces el diámetro del electrodo. Cada cordón debe fusionarse ligeramente con el cordón adjunto o la superficie del metal base.

Limpie cada pasada de metal de soldadura depositado antes de aplicar un nuevo cordón. La limpieza se puede realizar utilizando martillos de escoria manuales, pistolas de aguja neumáticas, cepillos de alambre o cualquier combinación de estas herramientas.

**NOTA:** En condiciones normales, es buena práctica aplicar pasadas de raíz y varias pasadas de soldadura cuando se utiliza el proceso de soldadura SMAW y los electrodos E7018 que se hayan mantenido secos en un horno de varillas de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Si esta información no está disponible, manténgalos en un horno entre 65°C y 150°C (149°F y 302°F) durante dos horas, luego use los procesos de soldadura GMAW o FCAW. Esto ayuda a reducir la entrada de calor en las secciones delgadas de la pasada de raíz de la unión.

No suelde a menos de 19mm - 25 mm (3/4" – 1") de cualquier borde del labio/cuchilla.

## 7.2 INTERRUPCIÓN DE SOLDADURA

Cuando los finales de las pasadas de soldadura se encuentren dentro del producto a soldar, el soldador ejecutará un procedimiento de interrupción adecuado para evitar posibles grietas.

Al soldar con el proceso SMAW, el método más simple consiste en detener el movimiento por un corto tiempo al final del cordón y antes de interrumpir el arco. Alternativamente, la dirección de desplazamiento se puede invertir durante aproximadamente 10 mm - 3/8 pulgadas antes de interrumpir el arco.

Al soldar con los procesos FCAW o GMAW, es preferible extinguir brevemente el arco, iniciarlo por un corto tiempo y luego extinguirlo nuevamente.

## 8. ACABADO DE SOLDADURA

Para mejorar la resistencia frente a la fatiga y a la fractura inducida por hidrogeno, una o más técnicas de acabado final son recomendables. Estas técnicas, están orientadas a mejorar la geometría del pie la soldadura y a modificar la tensión residual después del soldeo.

Las técnicas orientadas a mejorar la geometría son amolado y el refundido mediante GTAW (TIG).

Las técnicas orientadas a modificar la tensión residual después de la soldadura son el granallado o martilleo de los pies de la soldadura y el impacto mecánico de alta frecuencia (HFMI).

### TÉCNICAS DE ACABADO DE SOLDADURA

MÉTODO	MEJORAS EN LA GEOMETRÍA DE SOLDADURA		EFFECTOS MECÁNICOS
	AUMENTO Y SUAVIZADO DE LA TRANSICIÓN	ELIMINA DEFECTOS	INDUCE TENSIONES RESIDUALES COMPRESIVAS
AMOLADO	X	X	-
REFUNDIDO TIG	X	X	-
GRANALLADO	X	X	X
HFMI	X	X	X

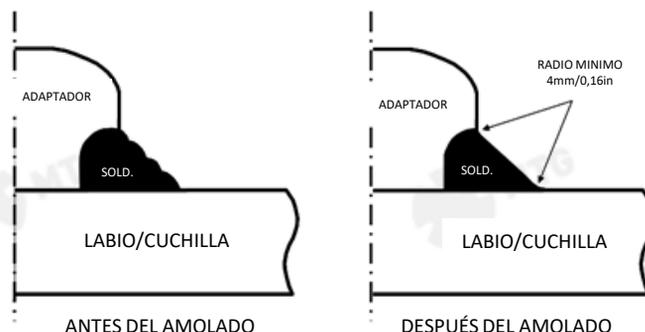
También es importante minimizar los efectos de la zona afectada por el calor para las piezas fundidas. Para ello, es muy recomendable la aplicación de pasadas de revenido.

Como mínimo, todas las soldaduras deben ser amoladas, y también es recomendable un martilleado del pie de la soldadura y/o un proceso GTAW (TIG).

### 8.1 AMOLADO

Las superficies de soldadura de los adaptadores/cuchilla se amolarán suavemente a unos 65mm a 75mm - 2½ in. a 3 in. desde los extremos frontales tal y como se indica en las imágenes a continuación. Todas las soldaduras en ambas partes de la cuchilla deben ser amoladas.

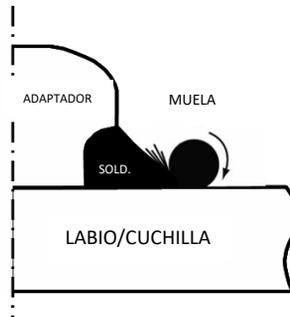
El amolado debe producir superficies suaves sin rugosidades entre los distintos cordones. Los cordones deberán fusionarse ligeramente con la cuchilla y el adaptador con un radio mínimo de 4mm - 5/32 in.



El amolado se realizará utilizando amoladoras eléctricas o neumáticas de alta velocidad con abrasivos de de no más de 50 mm a 2 pulgadas de diámetro. **NO SE PERMITEN AMOLADORAS DE CABEZA ANGULAR O DE DISCO PARA ESTE TRABAJO.**

El amolado se realizará con el perímetro del cono abrasivo y no con la cara frontal. La dirección de rectificado debe ser perpendicular a los cordones de las soldaduras como se describe en las siguientes ilustraciones:

Direcciones de amolado adecuadas:



El amolado del radio de los pies de las soldaduras se facilita utilizando abrasivos en forma de cono. Para el amolado final, el abrasivo no puede ser más grueso que 24 Grit.

## 8.2 REFUNDIDO GTAW (TIG)

Este proceso implica el uso de una antorcha GTAW para hacer una pasada de soldadura autógena a lo largo del cordón de soldadura.

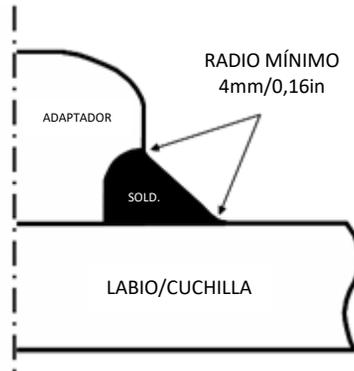
La fuente de alimentación del equipo de soldadura deberá tener capacidad de arranque de alta frecuencia. No se permite el "cebado mediante contacto". Es preferible emplear un pedal de control de corriente para permitir el llenado adecuado de los cráteres en los extremos de los cordones.

### GTAW

PROCESO	GTAW	
TIPO DE ELECTRODO	AWS EWTh-2 (2% THORIATED)	
DIAMETRO DE ELECTRODO	2.4mm a 4.0 mm / 3/32 a 5/32in.	
GAS DE PROTECCIÓN	100% ARGÓN	
TAMAÑO DE LA BOQUILLA DE GAS	13mm / 0.50in.	
CAUDAL DE GAS	9.4 a 14.2 l/minuto / 20 a 30 ftVhora	
CORRIENTE	DIRECTA	
POLARIDAD	ELECTRODO NEGATIVO	
RANGO DE CORRIENTE	2.4mm / 3/32in.	175 a 250 AMPERIOS
	3.2mm / 1/8in.	250 a 300 AMPERIOS
	4.0mm / 5/32in.	400 a 500 AMPERIOS
DISTANCIA DE TRABAJO DEL ELECTRODO	1.6mm hasta 3.2 mm / 1/16 hasta 3/32in.	

Cualquier defecto en las soldaduras de raíz debe ser reparado mediante amolado o refundido GTAW. La antorcha se colocará por encima de la soldadura de raíz y se orientará hasta producir un cordón liso y sin cortes. El soldador contralará la velocidad de pasada para obtener un cordón que oscile entre los 4.8mm hasta 8mm - 3/16 in. hasta 5/16 in. de ancho.

El refundido GTAW es recomendado realizarlo a lo largo de la raíz de la soldadura y en las patas inferiores y superiores según se muestra a continuación.



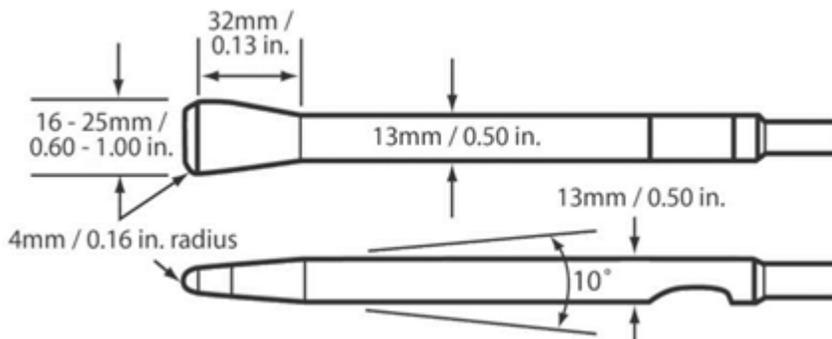
### 8.3 MARTILLEADO DE LA SOLDADURA

Ciertas soldaduras pueden requerir por el plano ser sometidas a martilleado o Weld Toe Peening. Esto se llevará a cabo utilizando un martillo neumático que tenga las siguientes especificaciones:

#### ESPECIFICACIONES DE LA PISTOLA DE MARTILLEADO NEUMÁTICA

PRESIÓN DEL AIRE	CONSUMO DE AIRE	LONGITUD DE IDENTADOR	GOLPES POR MINUTO
6.2 bar / 90 psi	340 l/minuto / 12ft <sup>3</sup> /minuto	32mm / 1.13in	4600

Los identadores de martilleado deberán estar fabricados en acero endurecido para herramientas y con una dureza mínima de la punta de 55HRc. Las puntas deben estar redondeadas y pulidas para evitar cualquier arista. Para preservar la geometría y el acabado de la punta, estas herramientas deben usarse estrictamente para el martilleado de cordones y ningún otro propósito. Cualquier cambio en la forma de la punta o desgaste implica rehacerla y pulirla.



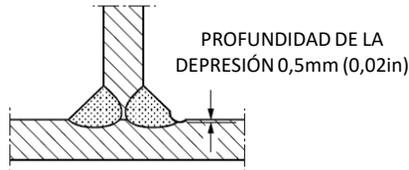
Cualquier defecto o interrupción pronunciada a lo largo de los pies de la soldadura deberá ser corregida mediante amolado y/o resoldado previamente a la aplicación del martilleado.

Durante el martilleado, la temperatura de trabajo debe ser inferior a 200 ° C - 400 ° F. La herramienta de martillar debe sujetarse firmemente contra el pie de la soldadura de tal manera que el borde del identador descansa a lo largo del pie de la soldadura.

La herramienta debe estar orientada con un ángulo aproximado medio entre el metal base y el cordón de soldadura. El operador debe mover la herramienta lentamente de 200 mm a 300 mm - 8 pulgadas a 12 pulgadas por minuto a lo largo del cordón de la soldadura para producir una ranura suave y continua de 0,4 mm a 0,8 mm - 1/64 pulgadas a 1/32 pulgadas de profundidad.

## 8.4 IMPACTO MECÁNICO DE ALTA FRECUENCIA (HFMI)

El propósito del HFMI es crear una depresión de 0.5mm - 1/4 in. a lo largo del pie de la soldadura, induciendo fuerzas de compresión. La longitud de la depresión debe indicarse en las instrucciones de soldadura específicas de cada elemento que lo requiera.



Para el HFMI, se debe utilizar uno de los siguientes dispositivos:

HFMI

### DISPOSITIVOS

Tratamiento de impacto ultrasónico (UIT)

Martilleado por ultrasonidos (UP)

Tratamiento de martilleado por ultrasonidos (UPT)

Martilleado de agujas ultrasónicas (UNP)

Tratamiento de impacto neumático (PIT)

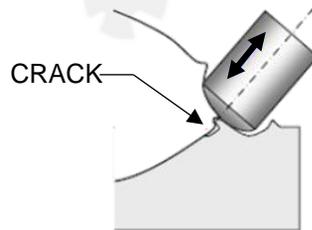
Tratamiento de impacto de alta frecuencia (HiFiT)

Otros cuya frecuencia sea > 90Hz

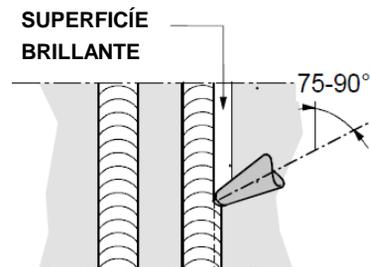
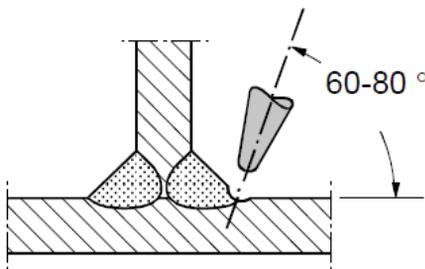




Con respecto a los indentadores que deben usarse, no deben tener más de 12 mm - 1/2 pulgada de diámetro, ya que los tamaños más grandes no tratarán correctamente los pies de soldadura, pudiendo deformar la propia soldadura y generar grietas potenciales.



El tratamiento de martilleado requiere del posicionamiento preciso de la punta de la herramienta o indentador sobre el pie de la soldadura para que el metal de cada lado (metal base y el metal de la soldadura) se deformen. Para ello se debe apoyar la herramienta firmemente y mantener el contacto fuerte en toda la longitud de la soldadura. El indentador debe mantenerse con una inclinación de 45° respecto el plano formado por la base como se muestra a continuación:



La ranura resultante debe ser lisa y libre de hendiduras individuales, como se ilustra en la figura a continuación. La velocidad de desplazamiento dependerá en cierta medida de la facilidad de acceso y de la posición del indentador, así como del equipo utilizado.

Un equipo grande y pesado puede producir saltos y discontinuidades en el martilleado. Por ello se recomienda repetir la operación de martilleado un mínimo de 4 veces. Los equipos más ligeros y amortiguados facilitan velocidades de desplazamiento más lentas y una mejor calidad en cada pasada.

Se recomienda martillar a una velocidad de desplazamiento de 50 a 100 mm / min o 2 a 4 in / min, similar a las velocidades de soldadura típicas, en el caso que se alcance la profundidad de martilleado requerida en una única pasada.

DEPUÉS DE SOLDADO



DEPUÉS DEL HFMI



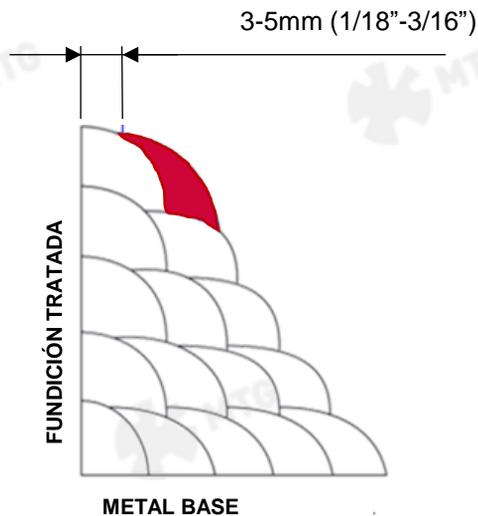
## 8.5

### PASADAS DE REVENIDO

Una pasada de revenido o recocido es una práctica adicional a realizar una vez finalizada completamente la unión soldada. Esta capa de soldadura se usa en las juntas soldadas en piezas de acero fundido tratadas térmicamente.

El calor que aporta esta última capa provoca un revenido o recocido final en la pieza de fundición y en la zona afectada térmicamente (ZAT) debido a la soldadura realizada.

Esta última capa debe ser depositada a una distancia entre 3 a 5mm o 1/8 a 3/16 inch. de la pieza de acero fundido como se muestra a continuación:



## 9. INSPECCIÓN

Una vez finalizada la soldadura, todas las soldaduras se someterán a una inspección visual y mediante partículas magnéticas o líquidos penetrantes.



### **Instrucciones de servicio**

Las recomendaciones de soldadura así como las instrucciones de montaje/desmontaje actualizadas pueden consultarse en:

[www.mtgcorp.com/manuals](http://www.mtgcorp.com/manuals)

En caso de duda, póngase en contacto con Technical Services:

[technical.services@mtgcorp.com](mailto:technical.services@mtgcorp.com)



---

#### **MTG HEADQUARTERS**

Carrer d'Àvila, 45  
08005 Barcelona (Spain)  
(+34) 93 741 70 00  
[info@mtgcorp.com](mailto:info@mtgcorp.com)

#### **MTG NORTH AMERICA**

4740 Consulate Plaza Drive  
Houston, TX 77032 (USA)  
+1 (281) 872 1500  
[Info.na@mtgcorp.com](mailto:Info.na@mtgcorp.com)

#### **MTG AUSTRALIA**

16 – 18 Thorpe Close  
Welshpool, WA, 6106 (AUS)  
+61 8 6248 6513  
[Info.au@mtgcorp.com](mailto:Info.au@mtgcorp.com)