

# Ensayos No Destructivos

Mario González; Marcio Vacca | IEM, UDELAR



# Participantes

Inspectores de generados de vapor, URSEA

# Temario

Metalografía no destructiva.

Evaluación de daños mediante metalografía.

Listado de mecanismos de daño.

Criterios de aceptación de acuerdo a ASME.

Criterios generales de inspección visual según ASME Sección I.

Ensayos volumétricos requeridos por ASME Sección I.

Criterios de aceptación para radiografía.

Muestras de radiografías.

Criterios de aceptación para Ultrasonido.

Ensayo hidrostático.

Requerimientos para soldaduras precalentamiento y PWHT ASME Sección I.

Tipo de discontinuidades vs método de END ASME Sección V, AWS B1.10.



# Metalografía no destructiva

## **Metalografía de campo**

Se prepara la superficie mediante técnicas metalográficas y se realizan observaciones con microscopio portátil.

De esta manera existen dificultades para documentar los resultados.

## **Metalografía de réplicas**

Se prepara la superficie mediante técnicas metalográficas.

Se obtiene una réplica de la microestructura que puede ser analizada en el laboratorio.

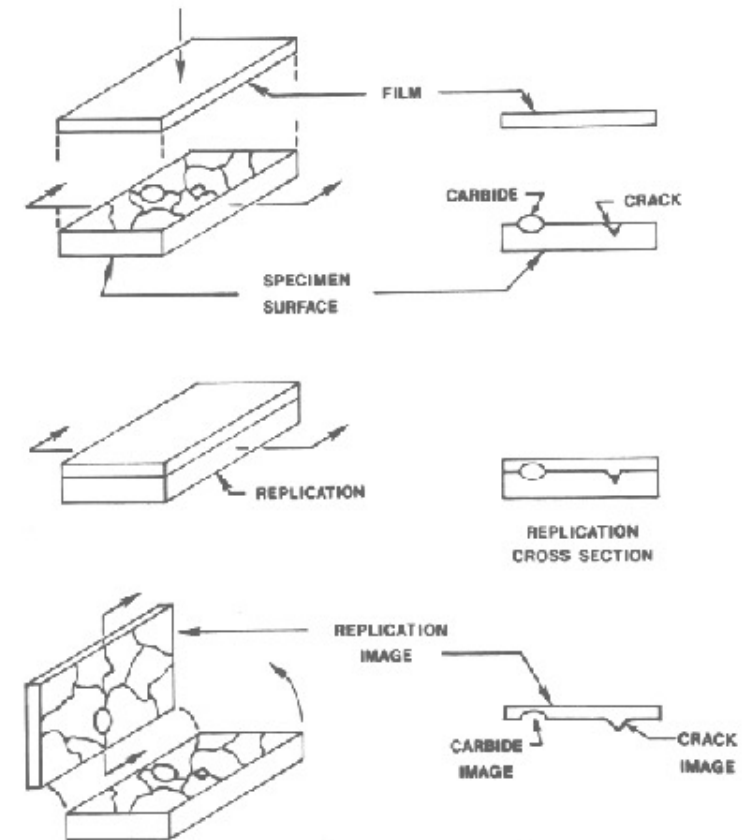
La réplica se puede observar directamente con técnicas de transmisión o acondicionarse para usar técnicas de reflexión.

Se pueden documentar fácilmente los resultados y se puede complementar con observaciones de campo.

# Metalografía no destructiva

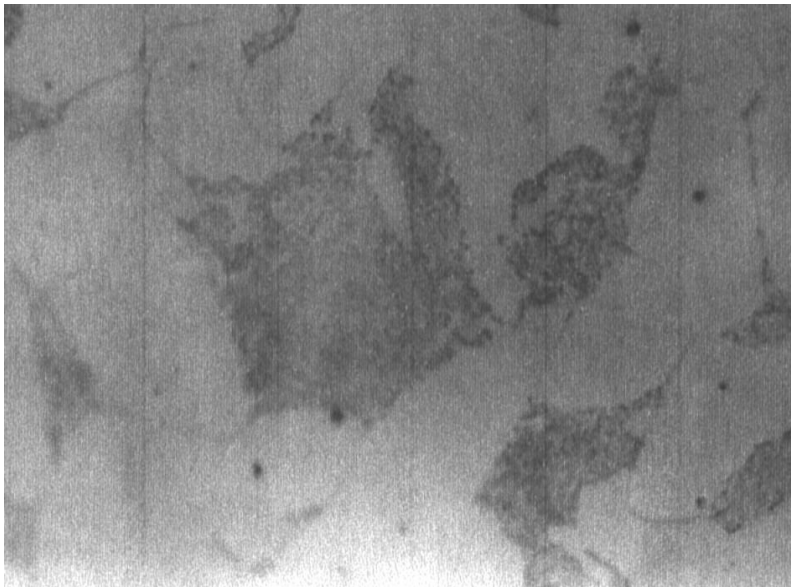
## Obtención de las réplicas metalográficas

- 1.- Preparación de la superficie.
- 2.- Ataque químico para revelar la microestructura
- 3.- Colocación de una película que copia el relieve de la superficie.
- 4.- Extracción de la réplica
- 5.- Acondicionamiento de la réplica.
- 6.- Observación y documentación

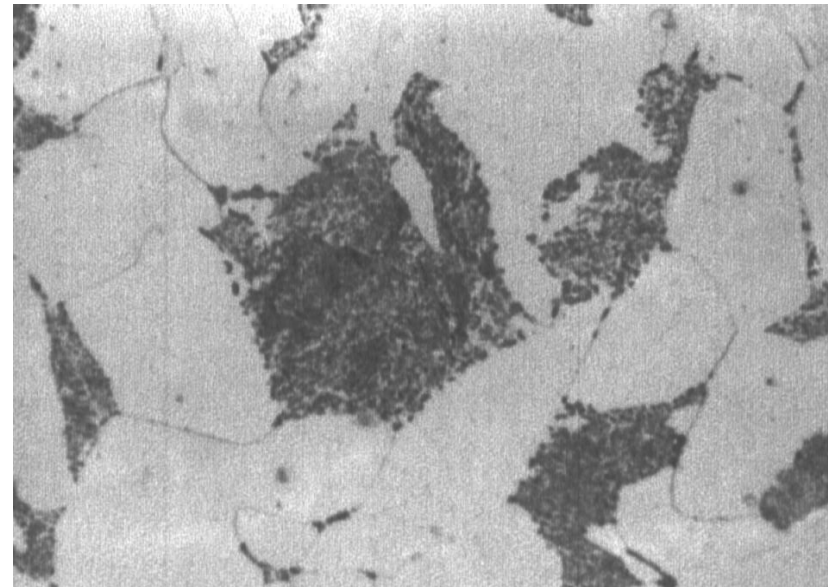


# Metalografía no destructiva

Replica sin acondicionar, MOT



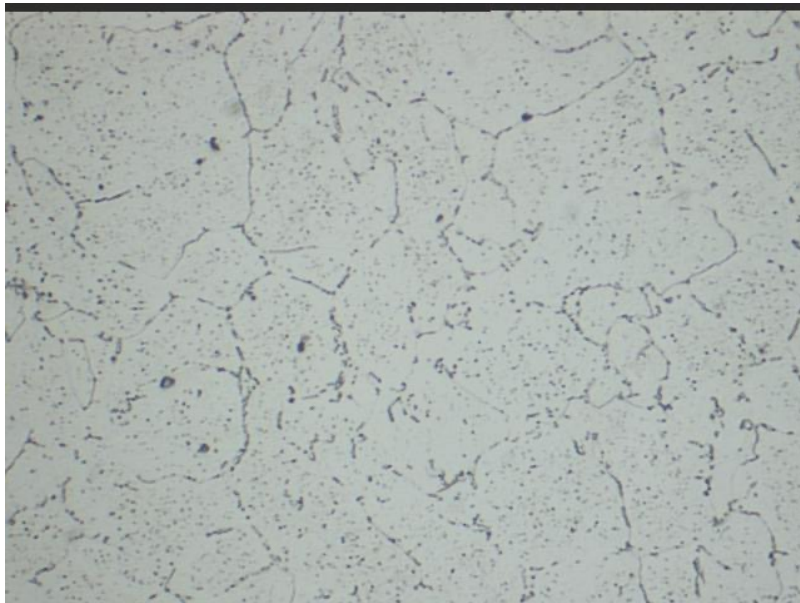
Replica acondicionada, MOR



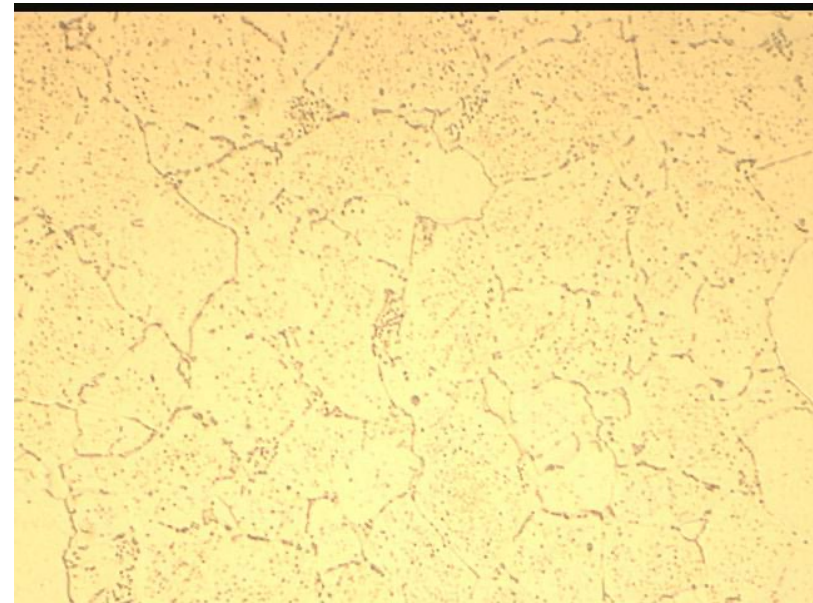
# Metalografía no destructiva

## Comparación replica-original en un acero Cr-Mo

Réplica, MOR

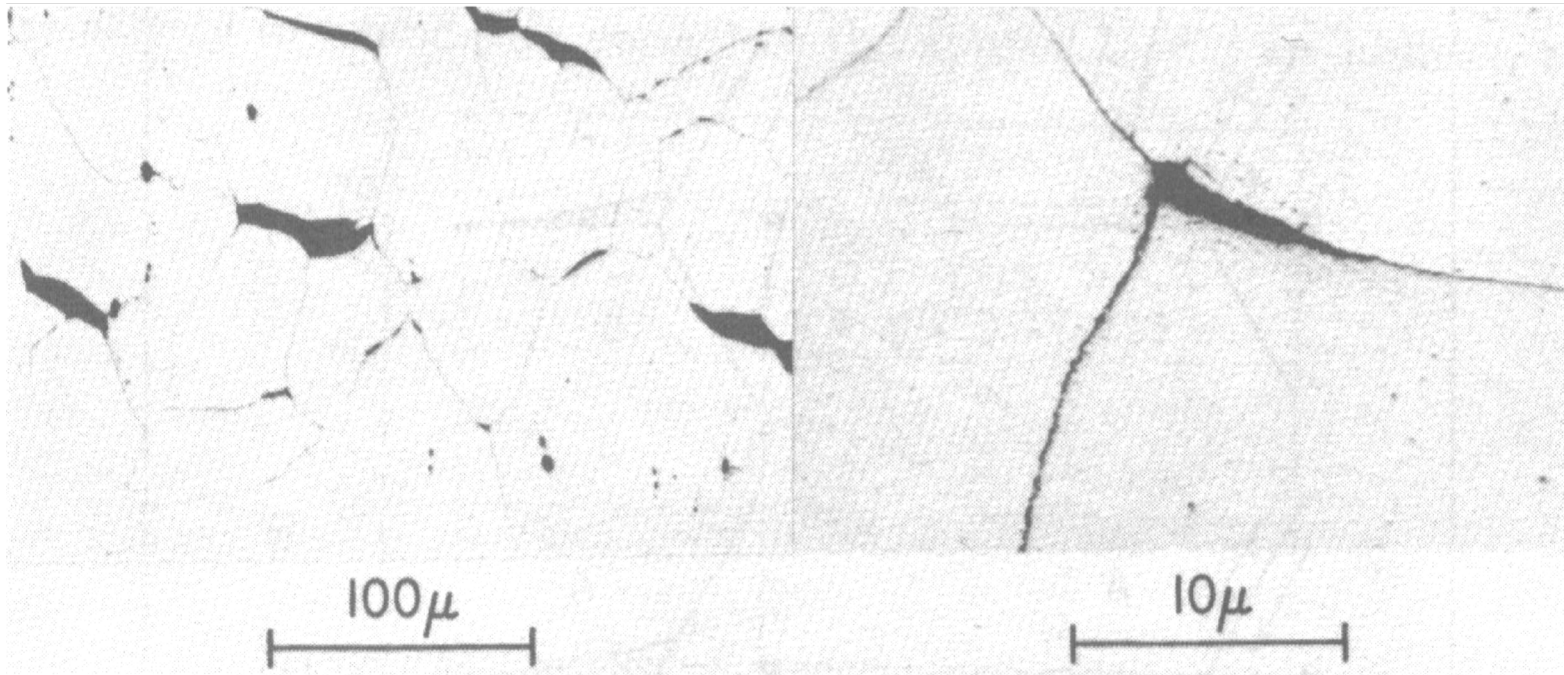


Original, MOR



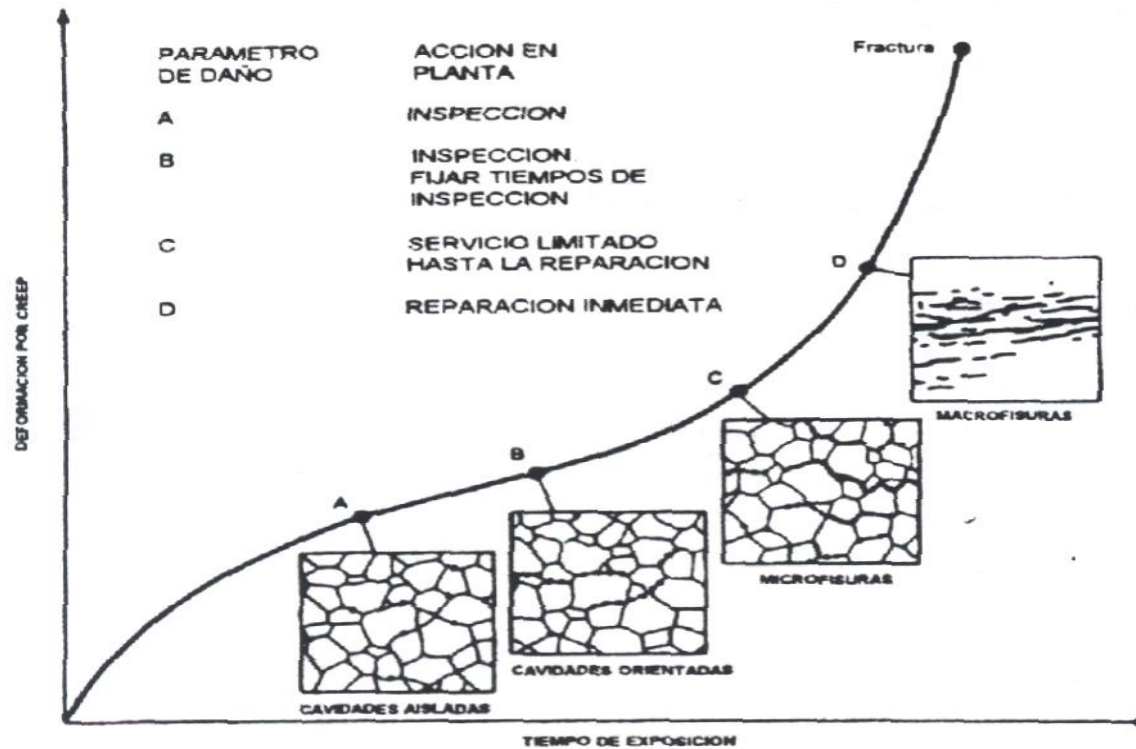
# Detección de daño mediante metalografía

## Microcavidades generadas por Creep

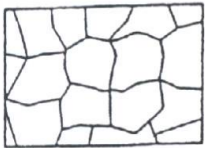




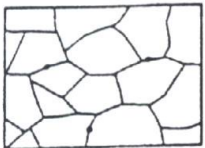
# Correlación del daño con la curva de Creep



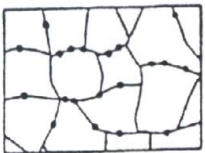
# Acciones recomendadas en función del daño observado



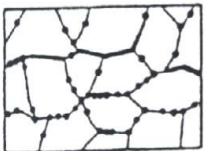
A : No se observa daño



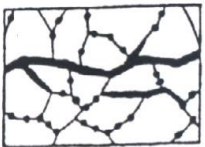
B : Cavidades aisladas. Se observan al final del estado estacionario.  
Recomendación: Reinspección en 3 años



C : Cavidades orientadas. Se observan en el estado terciario. Recomendación:  
Reinspección en 1 o 2 años



D : Microfisuras. Se desarrollan en el estado terciario. Recomendación:  
Puede continuar en servicio como máximo 6 meses y luego reemplazar el componente.



E : Macrofisuras. Se está próximo a la rotura final del componente.  
Recomendación: parar el equipo y reemplazar el componente.

# Evaluación basada en cambios microestructurales



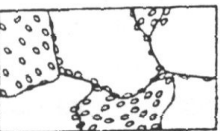
A : Ferrita y perlita laminar, sin daño.



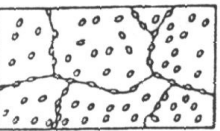
B : Comienzo de la esferoidización. Algunos carburos en bordes de grano.



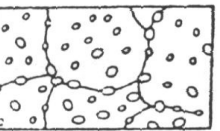
C : Estado intermedio de esferoidización de la perlita. La estructura laminar es todavía evidente.



D : La esferoidización de la perlita es completa. Los carburos continúan agrupados en las colonias originales de perlita.

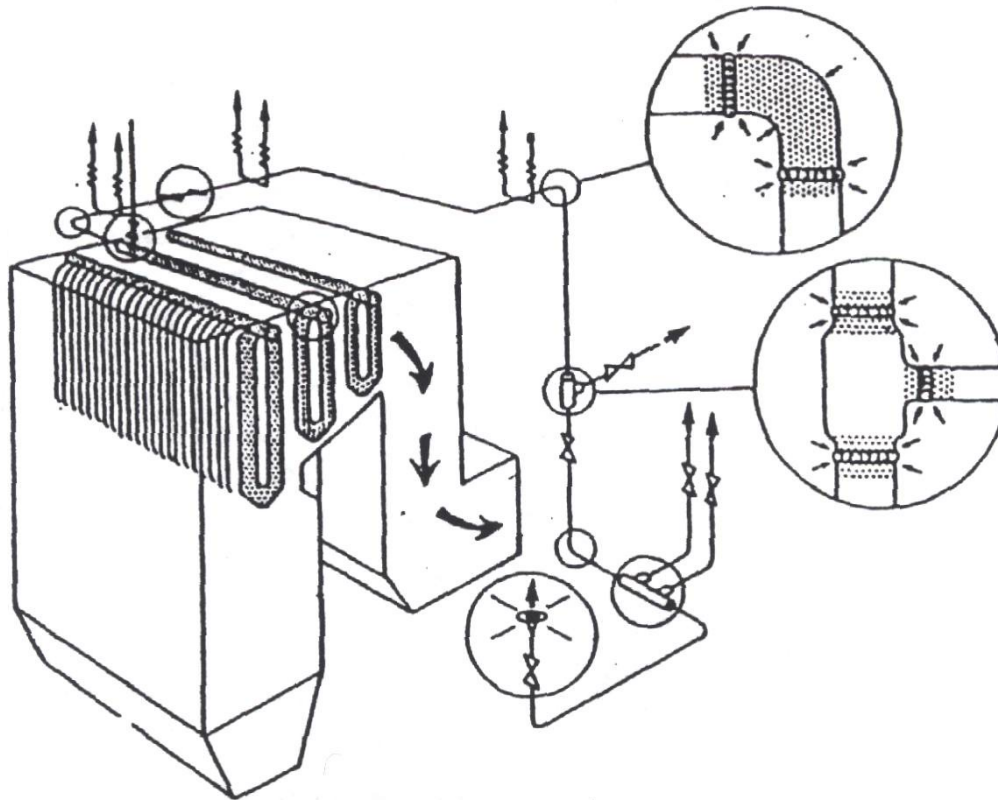


E : Carburos dispersos en los granos y en los límites de grano. No se observan trazas de la estructura original.



F : Carburos dispersos en los granos y en los límites de grano. Muchos carburos se muestran coalescidos.

# Consideraciones sobre el muestreo metalográfico



# Selección de puntos críticos

En los aceros ferríticos es frecuente encontrar tanto esferoidización como formación y crecimiento de microcavidades. En casos más extremos se puede observar grafitización.

La prevalencia de uno o de otro proceso estará determinada por las impurezas, tipo de microestructura de partida, condiciones de trabajo (presión-temperatura) y estados de tensiones.

En el caso de las microcavidades influyen en su formación y crecimiento las impurezas, tensiones, estructuras aciculares, y tamaño de grano. En soldaduras particularmente en la ZAT (grano grueso, martensita) y en el cordón (zona fundida).

La transformación de la microestructura está relacionada a zonas de mayor ductilidad como el material de base.

# Mecanismos de daño evaluados por metalografía

## Identificación de mecanismos de daño, NBIC Part 2.

Listado de mecanismos indicados en 4.4.6

- 1) Deformación (Bulging)
- 2) Depresión (Sagging)
- 3) Corrosión bajo tensiones (SCC).
- 4) Corrosión localizada o general.
- 5) Creep.
- 6) Daño por hidrógeno.
- 7) Cambios metalúrgicos
- 8) Erosión

# Criterios de aceptación de acuerdo con ASME

ASME hace referencia a las técnicas de END en la Sección V, no obstante, los criterios de aceptación relacionados con los END están dados en los códigos constructivos.

- Sección I (Power Boiling)
- Sección VIII (Pressure Vessels)
- ASME B31.1 (Power Piping)
- También en códigos de referencia como la sección IX del código, (Welding and Brazing Qualifications). En este caso los criterios refieren a los ensayos para calificación de procedimientos de soldadura y soldadores.

# Criterios de aceptación de acuerdo con ASME

## **Tipos de criterios especificados por el código**

A modo de ejemplo algunos de los criterios especificados son:

- Criterios de aceptación para resultados de END
- Criterios de aceptación y recomendaciones para formas constructivas
- Criterios de aceptación para montaje de piezas soldadas
- Criterios aceptación para ensayos de prueba hidráulica
- Criterios de aceptación para materiales
- Criterios de aceptación para materiales de aporte de soldadura
- Criterios para especificaciones de tratamientos térmicos
- Criterios de aceptación para ensayos mecánicos



# Definiciones

**Discontinuidad** - Falta de continuidad; falta de cohesión (de unión); interrupción en la estructura física normal del material o producto.

**Indicación** - Respuesta o evidencia de una discontinuidad resultante de la aplicación de un END.

**Defecto** - Discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, ubicación o propiedades son inadmisibles para alguna norma específica o código.

En particular, al realizar un ensayo no destructivo (END) se cataloga como defecto a toda discontinuidad o grupo de discontinuidades cuyas indicaciones no se encuentran dentro de los criterios de aceptación especificados por la norma aplicable.

# Definiciones

**Evaluación de Indicaciones** - Proceso en el cual se decide la severidad del estado de la parte o pieza, luego de que la indicación ha sido interpretada. De la interpretación surgirá que la indicación es irrelevante o es una discontinuidad, y en este último caso surgirá que es un defecto o no. Dicha evaluación lleva a decidir, entonces, si la parte o pieza debe ser rechazada, reparada o aceptada para su uso.

**Indicaciones Irrelevantes** - Las condiciones que las causan están presentes por diseño, por accidente, o por otras características de la pieza que no tienen relación con el defecto que está siendo investigado, por lo tanto se desprecian. Por ejemplo: a) indicaciones producidas por campos de fuga (*campos magnéticos que abandonan o entran a la superficie de la pieza en una discontinuidad, en las propiedades magnéticas o en un cambio de sección de un circuito magnético*) en MT. b) indicaciones producidas por una raya en la película radiográfica en RT.

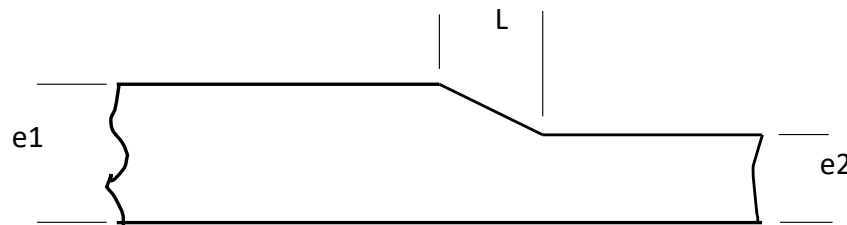
# Inspección visual ASME Sección I

En lo que respecta a la inspección visual el código establece criterios de aceptación algunos de los cuales se deben complementar con análisis dimensional. Analizaremos sólo algunas especificaciones para calderas construidas por soldadura.

## **PW- 9.3: Criterio para la transición entre espesores disimiles**

La zona de transición para soldaduras de ranura entre dos espesores diferentes debe ser por lo menos tres veces la diferencia de espesores. En los puntos PW-9.3.1 y 9.3.2 se especifican otra situaciones particulares.

$L > 3(e1 - e2)$ . ver figura



# Inspección visual ASME Sección I

## PW-33: Tolerancias de alineación para cuerpos y recipientes ( incluyendo caños usados como cuerpos)

**PW33.1:** La alineación de los lados de la secciones a ser soldadas mediante soldaduras de ranura debe ser tal que la máxima desviación no debe ser mayor que la listada en la tabla. Donde t es el espesor de la sección menor de los componentes de la junta.

Espesor de la sección (mm)	Dirección de la junta en cuerpos cilíndricos	
	Longitudinal (mm)	Circunferencial (mm)
Hasta 13	$\frac{1}{4} t$	$\frac{1}{4} t$
Mayor de 13 hasta 19	3,0	$\frac{1}{4} t$
Mayor de 19 hasta 38	3,0	5,0
Mayor de 38 hasta 50	3,0	$\frac{1}{8} t$
Mayor de 50	El menor de $\frac{1}{16} t$ o 10,0	El menor de $\frac{1}{8} t$ o 19,0

# Inspección visual ASME Sección I

## **PW-33: Tolerancias de alineación para cuerpos y recipientes ( incluyendo caños usados como cuerpos)**

**PW33.2:** Las juntas en recipientes esféricos y dentro de los cabezales y las juntas de cuerpos cilíndricos y cabezales hemisféricos, deben cumplir los requisitos indicados en PW-31 para juntas longitudinales en cuerpos cilíndricos.

**PW-33.3:** Cualquier diferencia de alineación dentro de la tolerancia deberá ser suavizada en una relación de 3 a 1 sobre la base del ancho de la soldadura terminada. Si es necesario se podrá adicionar metal de soldadura que podría aportarse más allá del borde de la junta.

# Inspección visual ASME Sección I

## **PW-34: Alineaciones de tubos y caños**

Cuando tubos y caños son soldados juntos la alineación debe ser tal que las superficies internas permitan alcanzar una penetración completa. El sobre-espesor del cordón debe cumplir los requerimientos de PW-35.

## **PW-35: Terminación de juntas longitudinales y circunferenciales**

Las soldaduras de ranura deben ser de completa penetración. Se debe asegurar que las ranuras sean completamente llenadas de modo que la superficie del metal depositado no tenga ningún punto por debajo de los metales de base de la junta. Metal de aporte puede ser adicionado como sobre-espesor en cada cara de la unión. El sobre-espesor en cada cara no puede exceder los valores indicados en la siguiente tabla:

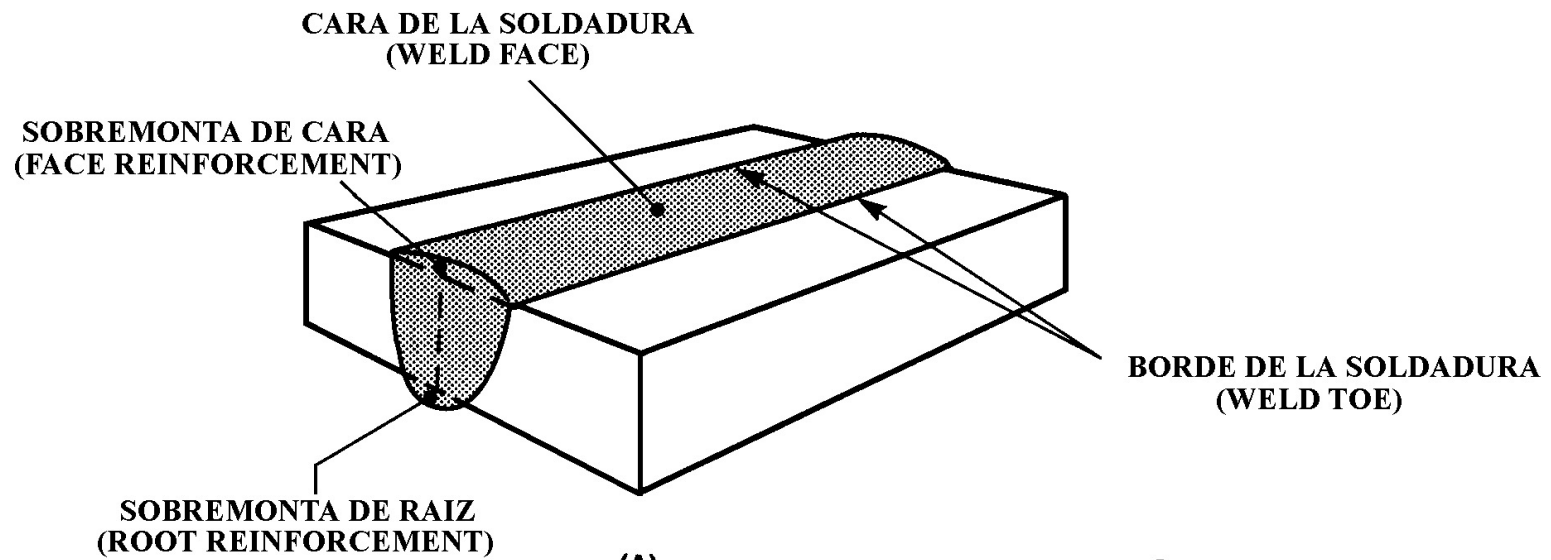
# Inspección visual ASME Sección I

Espesor nominal (mm)	Máximo sobre-espesor (mm)	
	Juntas circunferenciales en caños o tubos	Otras soldaduras
Hasta 3	2,5	2,5
Mayor de 3 hasta 5	3,0	2,5
Mayor de 5 hasta 13	4,0	2,5
Mayor de 13 hasta 25	5,0	2,5
Mayor de 25 hasta 50	6,0	3,0
Mayor de 50 hasta 75	6,0 o 1/8 del ancho (el mayor)	4,0
Mayor de 75 hasta 100	6,0 o 1/8 del ancho (el mayor)	5,5
Mayor de 100 hasta 125	6,0 o 1/8 del ancho (el mayor)	6,0
Mayor de 125	6,0 o 1/8 del ancho (el mayor)	8,0

# Inspección visual ASME Sección I

## Nomenclatura usada en una soldadura a tope

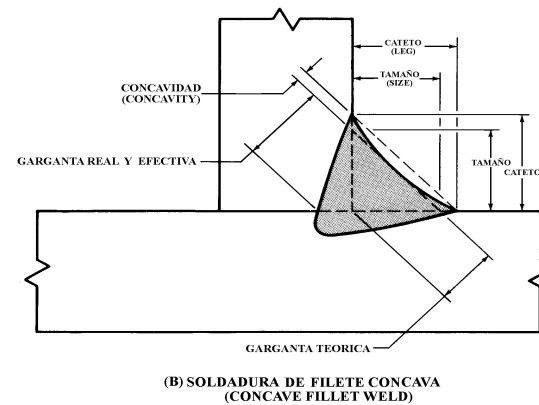
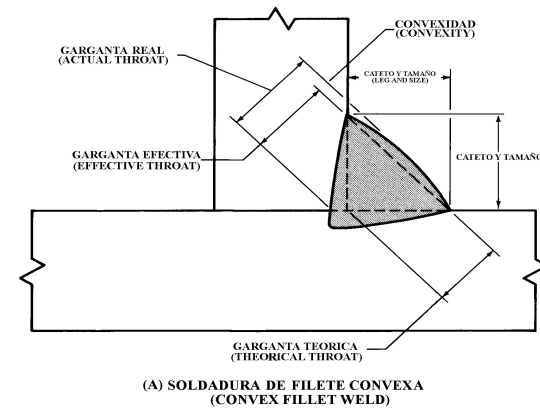
Sobremonta = Sobre-espesor





# Inspección visual ASME Sección I

## Nomenclatura usada en soldaduras de filete



# Inspección visual ASME Sección I

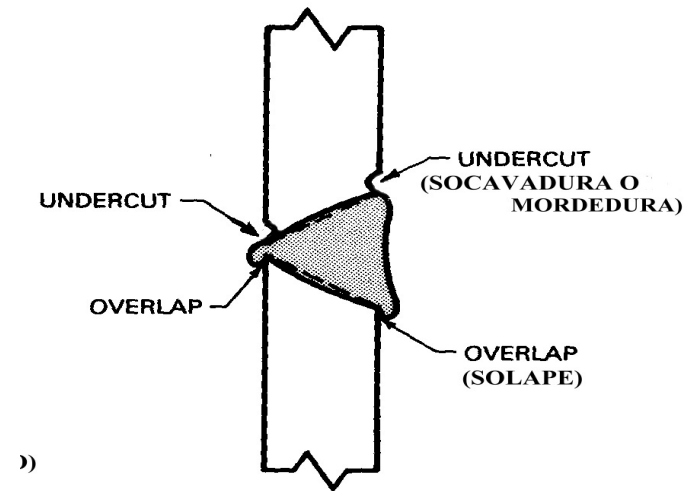
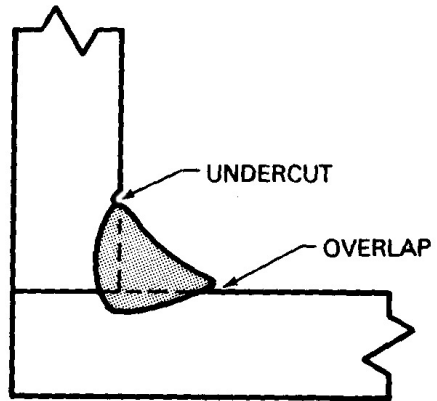
## **PW-35: Terminación de juntas longitudinales y circunferenciales**

Todas las superficies soldadas son permitidas, sin embargo, la superficie del cordón debe estar libre de ondulaciones groseras, ranuras, solapes (overlaps) o cambios abruptos entre crestas y valles que puedan provocar concentradores de tensiones. Las socavaduras no deben exceder los 0,8 mm o el 10 % de la pared, lo que sea menor y no debe pasar los límites del espesor requerido para una sección.

La terminación de la superficie debe ser adecuada para permitir una correcta interpretación de los END. Si existiera alguna duda respecto a la condición de la superficie al analizar la película radiográfica, ésta debe ser comparada con la superficie soldada para determinar su aceptabilidad.

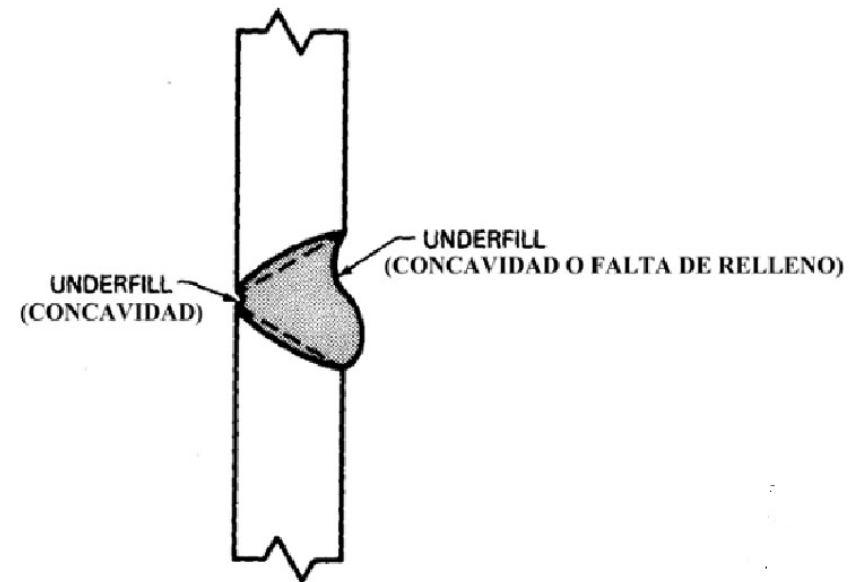
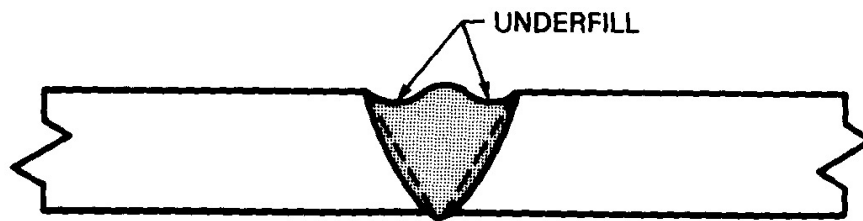
# Inspección visual ASME Sección I

Socavaduras (undercut) y solapes (overlap) en soldaduras de filete y de ranura



# Inspección visual ASME Sección I

## Falta de llenado en juntas de ranura



# Radiografía industrial ASME Sección I

## **PW-51:** Examen mediante Radiografía Industrial

**PW-51.1:** Cuando es requerido el ensayo volumétrico de acuerdo con PW-11 y se usa el método de ensayo radiográfico, la soldadura debe ser examinada en toda su longitud. Se pueden usar las técnicas de RX o Rgamma en acuerdo con el Artículo 2 de la Sección V. Los requerimientos de T-274 (Sección V) deben ser usados como guía y no como condición de rechazo de la radiografía a menos que exceda los 1,8 mm (requerimientos de penumbra geométrica).

**PW-51.2:** Una soldadura de ranura circunferencial realizada con una planchuela de respaldo, puede ser radiografiada sin retirar dicho respaldo, siempre que éste no se retire posteriormente o que no interfiera con el resultado de la interpretación de la radiografía.

# Ensayos volumétricos requeridos en soldaduras de ranura

TABLE PW-11  
REQUIRED VOLUMETRIC EXAMINATION OF WELDED BUTT JOINTS

Butt Weld Type	Pressure Part Service Conditions [Note (1)]		
	Subject to Furnace Radiant Heat [Note (2)]	Not Subject to Furnace Radiant Heat [Note (2)]	
	Contains Steam and/or Water	Contains Water	Contains Steam
Longitudinal	all sizes and thicknesses	all sizes and thicknesses	all sizes and thicknesses
Circumferential welds in drums and shells	> NPS 10 (DN 250) or > 1 $\frac{1}{8}$ in. (29 mm) thick	> NPS 10 (DN 250) or > 1 $\frac{1}{8}$ in. (29 mm) thick	> NPS 10 (DN 250) or > 1 $\frac{1}{8}$ in. (29 mm) thick
Circumferential welds in pipes, tubes, and headers	> NPS 4 (DN 100) or > $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) thick	> NPS 10 (DN 250) or > 1 $\frac{1}{8}$ in. (29 mm) thick	> NPS 16 (DN 400) or > 1 $\frac{1}{8}$ in. (41 mm) thick

GENERAL NOTES:

- (a) Unless exempted by this table, all longitudinal and circumferential welded butt joints are to be volumetrically examined throughout their entire length.
- (b) Volumetric examination is required when either the size or wall thickness limit is exceeded (i.e., the diameter and thickness limitations apply independently).
- (c) Radiographic examination shall be performed in accordance with PW-51.
- (d) Ultrasonic examination shall be carried out in accordance with PW-52.
- (e) Personnel performing the volumetric examination required by this table shall be qualified and certified in accordance with PW-50.
- (f) When any combination of radiographic parameters produces a geometric unsharpness exceeding 0.07 in. (1.8 mm) then UT shall be used.
- (g) Where the thickness is below  $\frac{1}{2}$  in. (13 mm) then RT shall be used.
- (h) Both RT and UT examination are required for welds in ferritic materials using the electoslag process. If a grain refining (austenizing) heat treatment is used, the UT examination shall be performed after the heat treatment is completed. If an austenizing heat treatment is not used, the UT examination shall be done after an intermediate postweld heat treatment or after the final post weld heat treatment is completed.
- (i) Both RT and UT examination are required for welds in any material using the inertia or continuous drive friction welding process.
- (j) For electric boilers volumetric examination is not required when the maximum allowable working pressure is  $\leq$  100 psig (700 kPa) and the shell I.D. is  $\leq$  16 in. (400 mm) (see PEB-9.1).
- (k) For firetube boilers, volumetric examination is not required for
  - (1) longitudinal welded butt joints in furnaces made with the addition of filler metal, provided a bend test of a sample of the welded joint for each section of the furnace meets the requirements of PW-53
  - (2) circumferential welded butt joints in furnaces (see PFT-14)
  - (3) butt welds and corner joints meeting the requirements of PFT-21.1 through PFT-21.3 for waterlegs, furnaces, and fireboxes



# Radiografía industrial ASME Sección I

**PW-51.3:** Las indicaciones consideradas inaceptables deben ser caracterizadas como imperfecciones y deben ser reparadas de acuerdo con PW-40 y luego radiografiadas de acuerdo a PW-51. Son consideradas como tal las siguientes:

**PW-51.3.1:** Cualquier indicación caracterizada como fisura, o zona con incompleta fusión o penetración no son aceptables.

**PW-51.3.2:** Cualquier otra indicación alongada (relación entre magnitudes principales mayor a 3) en la radiografía que tenga una longitud mayor que:

- a) 6 mm, para t hasta 19 mm
- b)  $1/3 t$ , para t desde 19 mm a 57 mm
- c) 19 mm, para t mayor de 57 mm

t es el espesor de la soldadura examinada. Si la junta tiene dos espesores diferentes t es el más fino.

# Radiografía industrial ASME Sección I

**PW-51.3.3** : Cualquier grupo de indicaciones alineadas que tengan una longitud agregada mayor que  $t$  en una longitud de  $12t$ , excepto cuando la distancia entre sucesivas imperfecciones excede  $6L$ , donde  $L$  es la longitud de la imperfección más larga del grupo.

**PW-51.3.4:** Indicaciones redondeadas que exceden las mostrado en A-250 (Anexo A Sección I)

**PW-51.4:** Un juego completo de radiografías de cada trabajo realizado, debe ser archivado por el fabricante y mantenido por un período de al menos 5 años.



# Radiografía industrial ASME Sección I (A250)

## Indicaciones redondeadas máximas limitadas por los valores de la tabla A-250.3.2

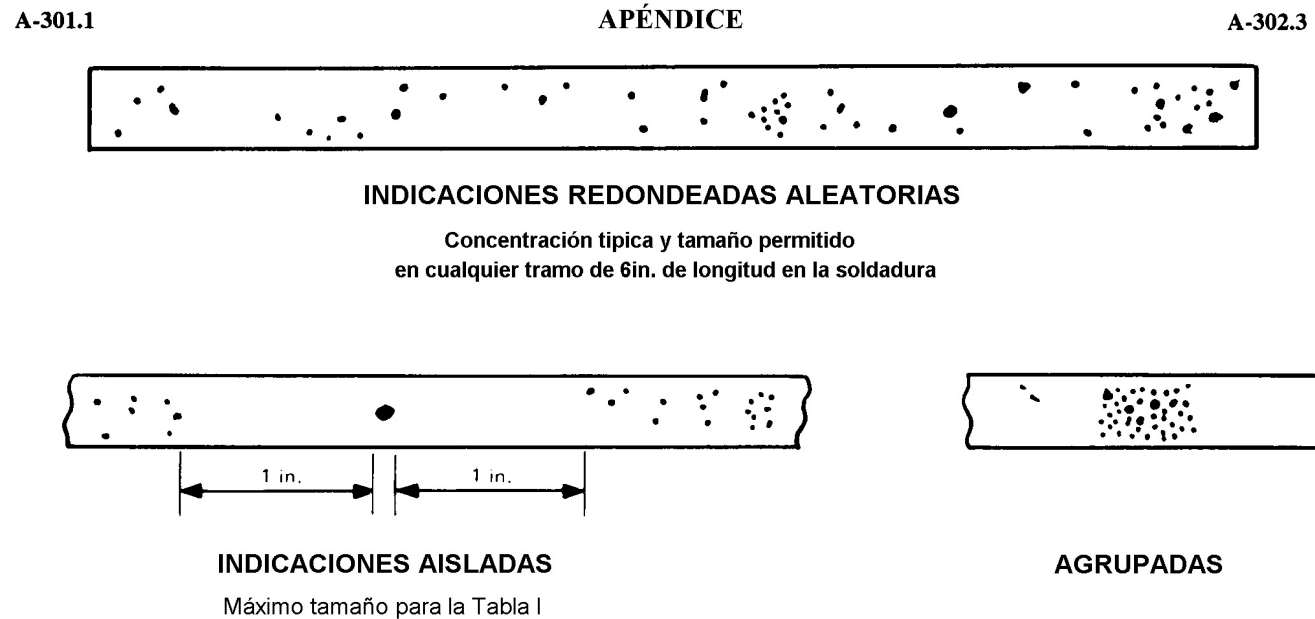


FIG. 3.1 CARTAS PARA t. HASTA 1/4in. INCLUSIVE

# Radiografía industrial ASME Sección I (A250)

A-302.3

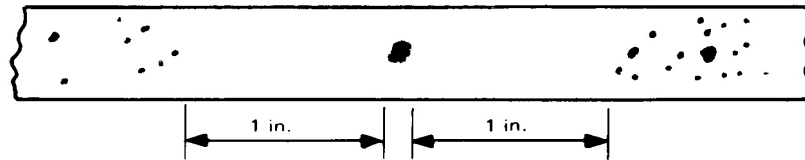
1995 SECCIÓN I

A-302.9



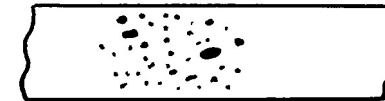
## INDICACIONES REDONDEADAS ALEATORIAS

Concentración típica y tamaño permitido  
en cualquier tramo de 6in. de longitud en la soldadura



## INDICACIÓN AISLADA

Máximo tamaño para la Tabla I



## AGRUPADA

FIG. 3.2 CARTAS PARA  $t$  entre 1/4in. a 3/8in. INCLUSIVE

# Radiografía industrial ASME Sección I (A250)

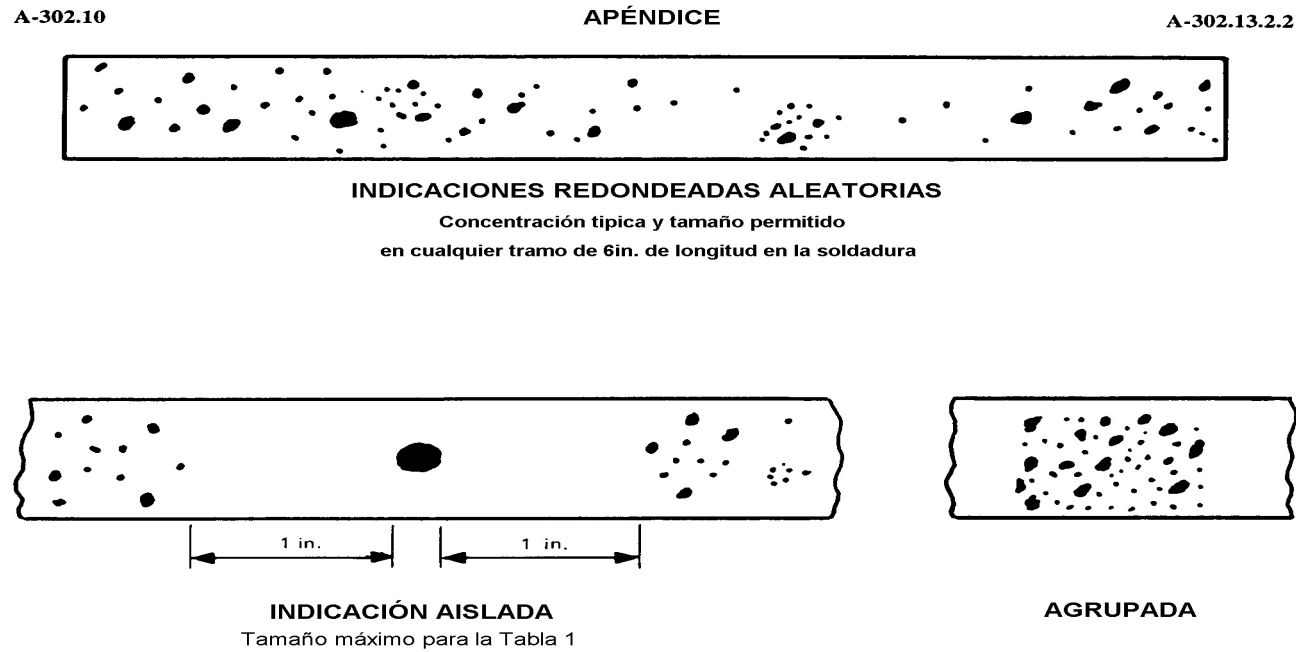


FIG. 3.3 CARTAS PARA  $t$  ENTRE 3/8 in. HASTA 3/4 in., INCLUSIVE

# Radiografía industrial ASME Sección I (A250)

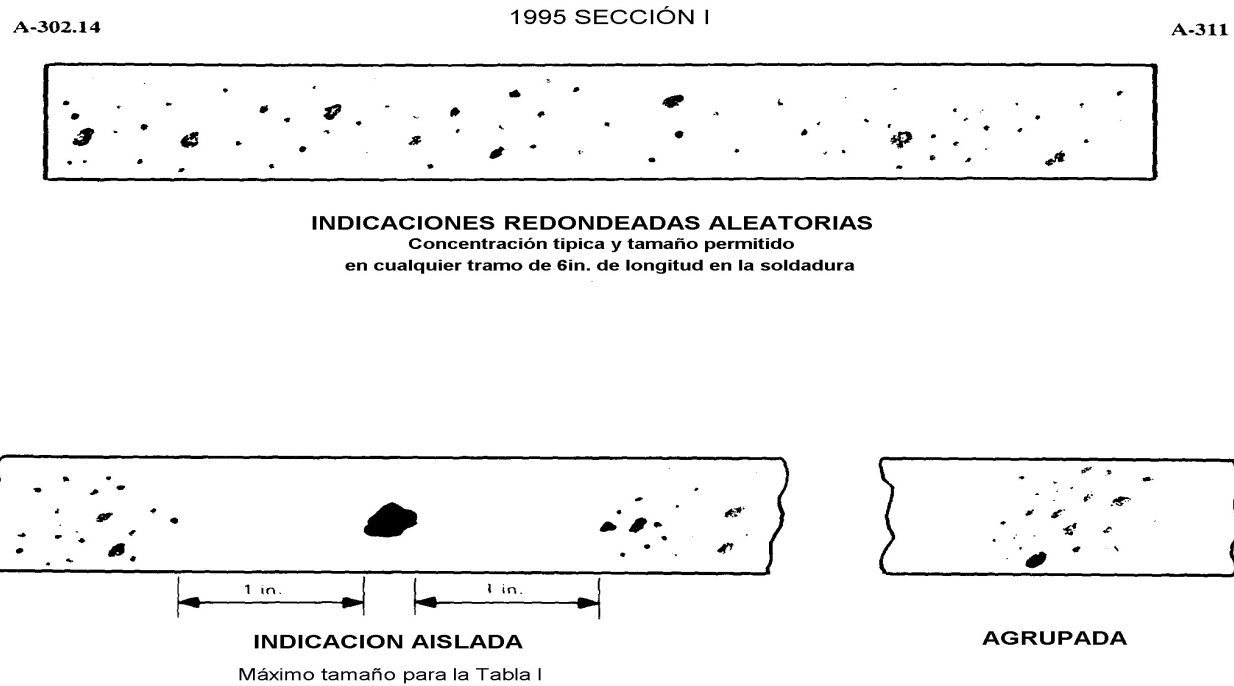


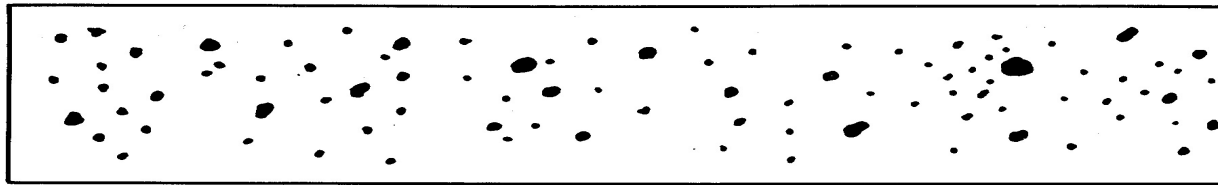
FIG. 3.4 CARTAS PARA  $t$  ENTRE 3/4 in. HASTA 2 in. INCLUSIVE

# Radiografía industrial ASME Sección I (A250)

A-311

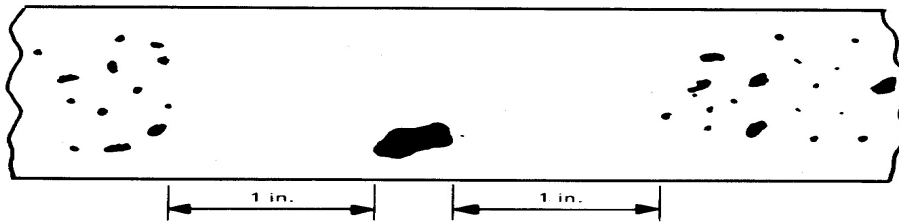
APÉNDICE

A-313



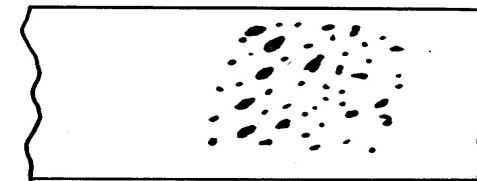
## INDICACIONES REDONDEADAS ALEATORIAS

Concentración típica y tamaño permitido  
en cualquier tramo de 6 in. de longitud en la soldadura



## INDICACIÓN AISLADA

Tamaño máximo para la Tabla I



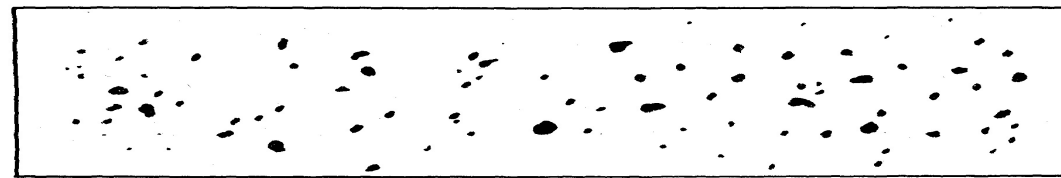
## AGRUPADA

FIG. 3.5 CARTAS PARA  $t$  ENTRE 2 in. HASTA 4 in. INCLUSIVE

# Radiografía industrial ASME Sección I (A250)

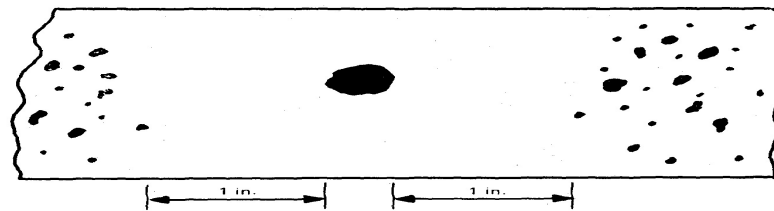
Fig. 3.6

1995 SECCIÓN I

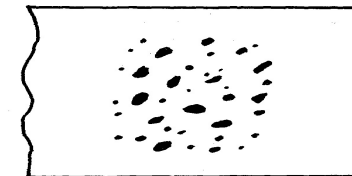


INDICACIONES REDONDEADAS AISLADAS

Concentración típica y tamaño permitido  
en cualquier tramo de 6in. de longitud en la soldadura



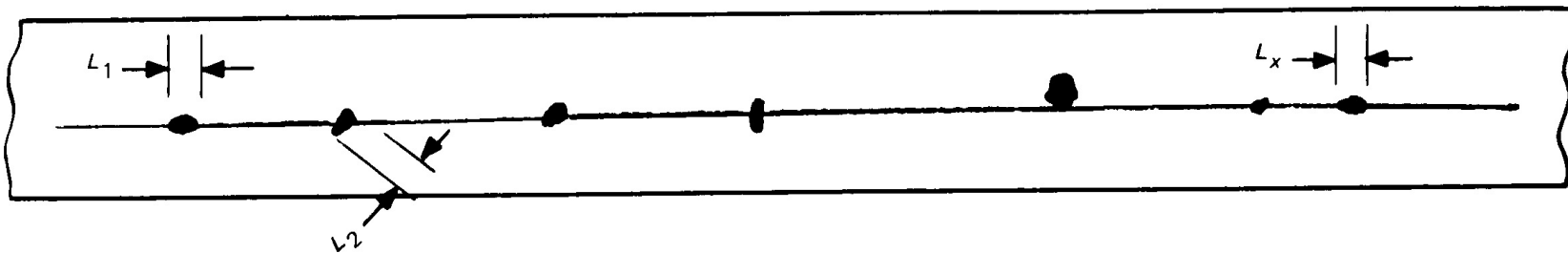
INDICACIÓN AISLADA  
Máximo tamaño para la Tabla I



AGRUPADA

FIG. 3.6 CARTAS PARA  $t$  MAYOR A 4 in.

# Radiografía industrial ASME Sección I (A250)

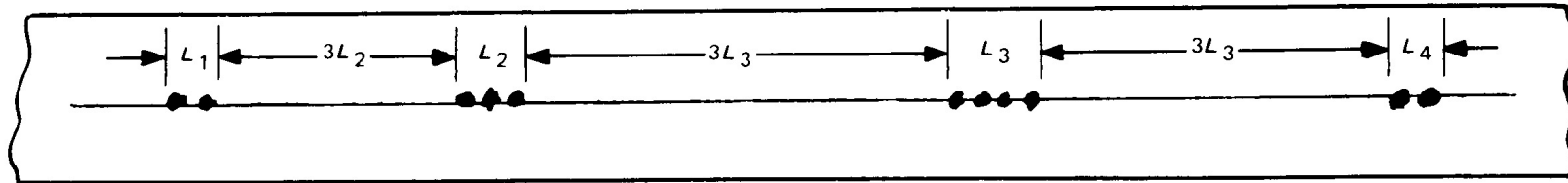


Figs. 1, 2

La suma de  $L_1$  a  $L_x$  será menor a  $t$  en una longitud de  $12t$

FIG. 1 INDICACIONES REDONDEADAS ALINEADAS

# Radiografía industrial ASME Sección I. (A250)



La suma de las longitudes de los grupos será menor a  $t$  en una longitud de  $12t$

Máxima longitud del grupo:

$L=6.3\text{mm}$  para  $t<19\text{mm}$  ( $3/4"$ )

$L=t/3$  para  $19\text{mm}$  ( $3/4"$ ) $<t<57\text{mm}$  ( $2\ 1/4"$ )

$L=19\text{mm}$  para  $t>57\text{mm}$  ( $2\ 1/4"$ )

Espaciamiento mínimo entre grupos:

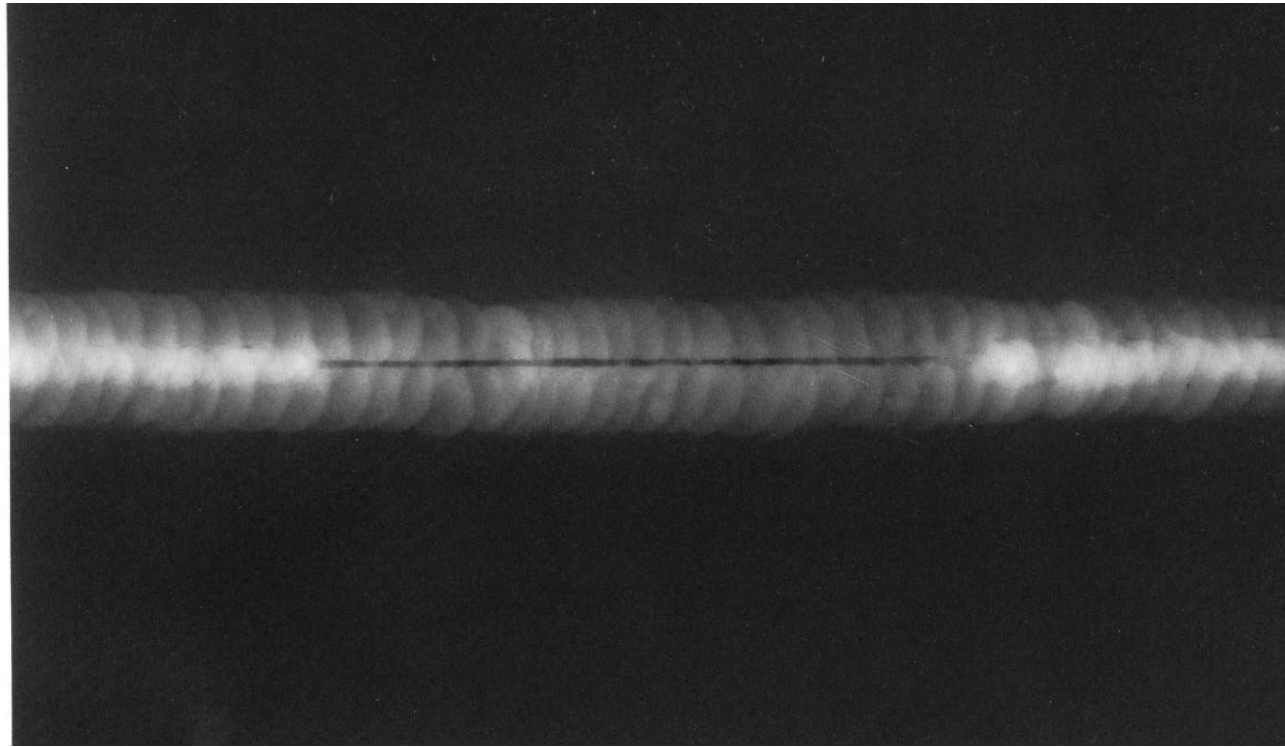
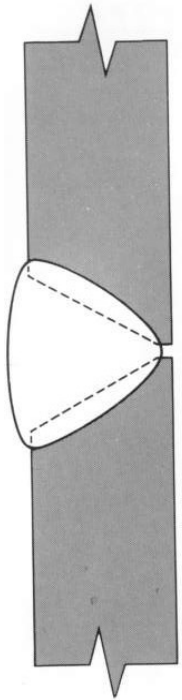
$3L$  donde  $L$  es la longitud del grupo más largo adyacente al que está siendo evaluado

FIG.4-2 GRUPOS DE INDICACIONES REDONDEADAS ALINEADAS



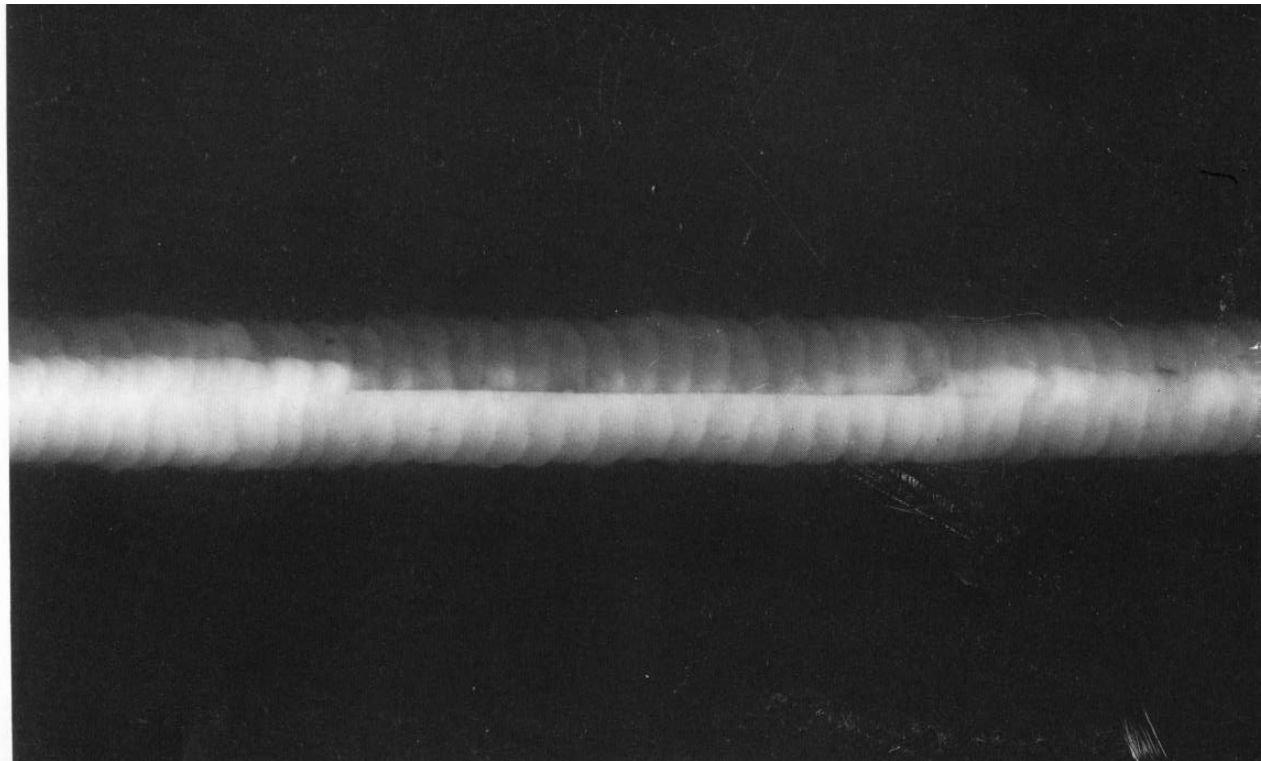
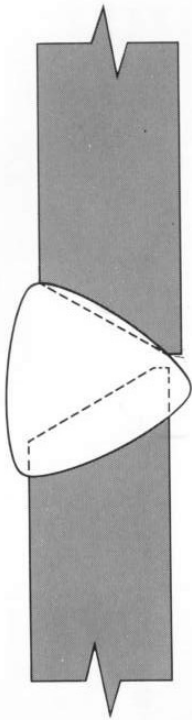
# Muestras de placas radiográficas

Penetración incompleta



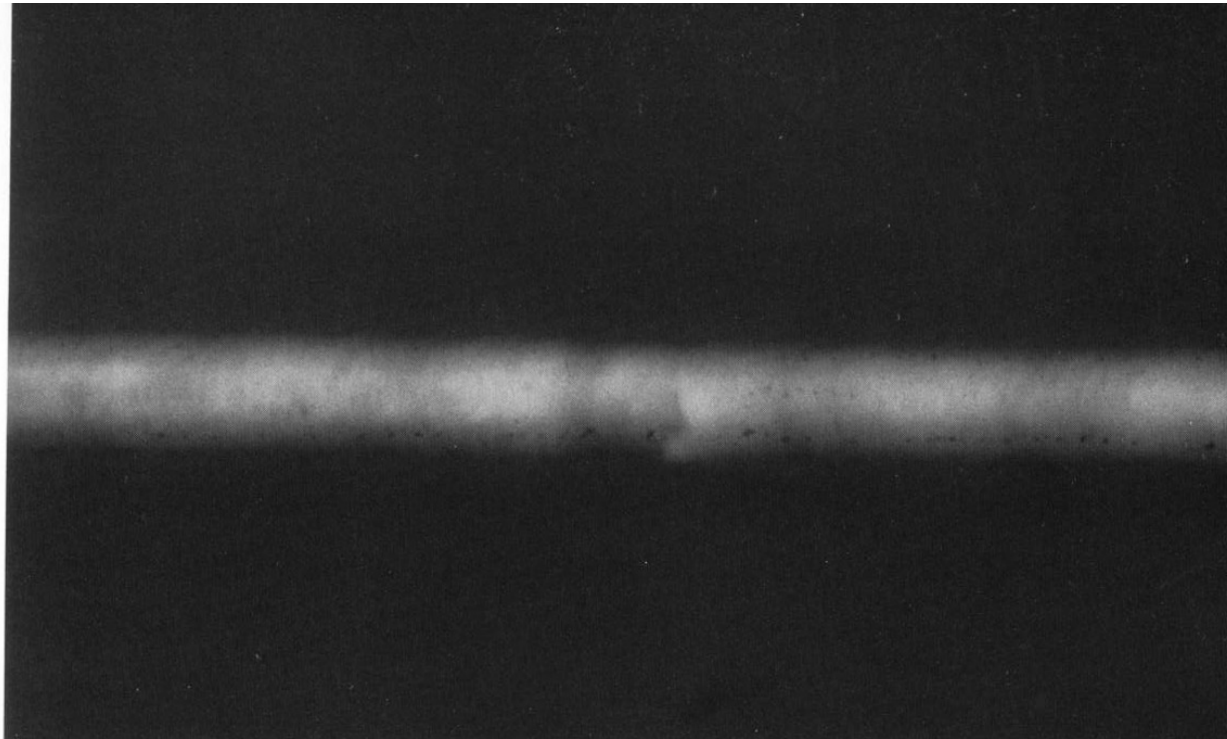
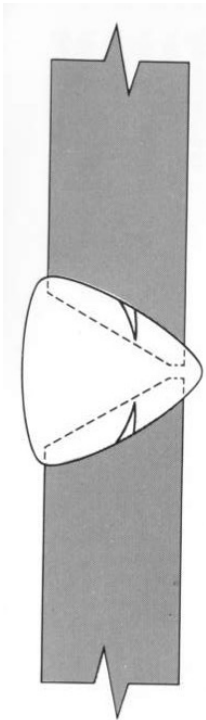
# Muestras de placas radiográficas

Penetración incompleta debida a desalineación



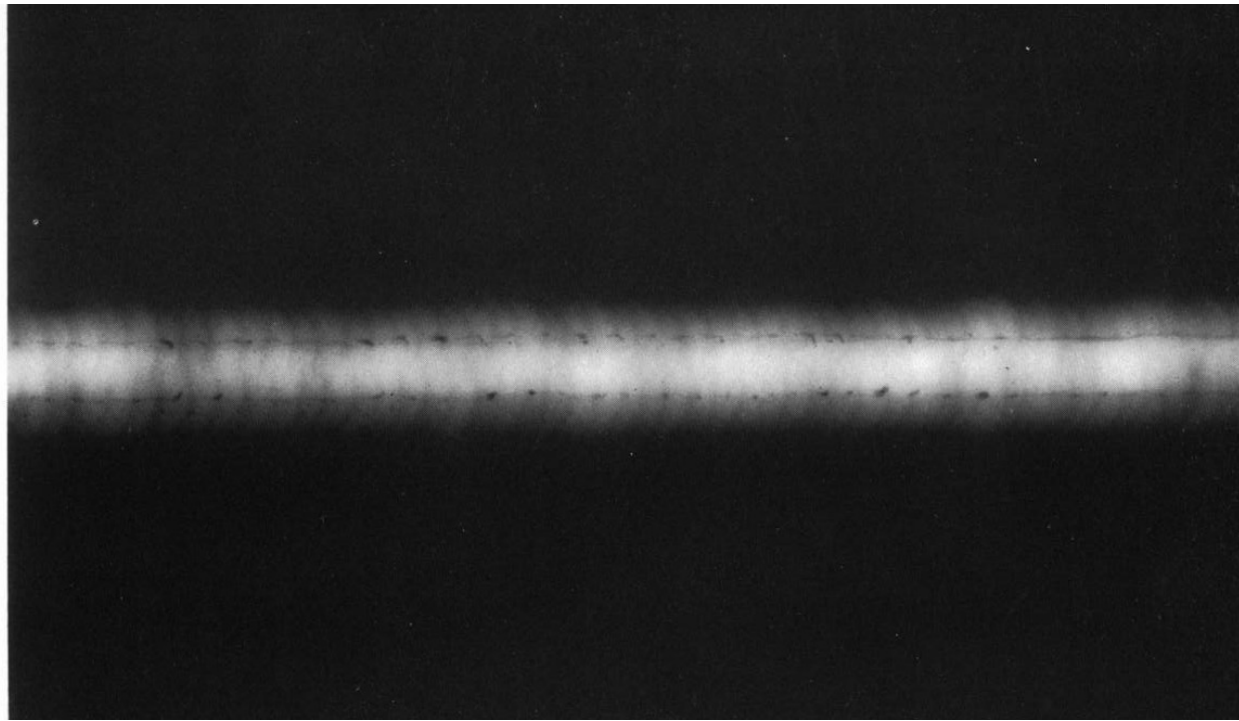
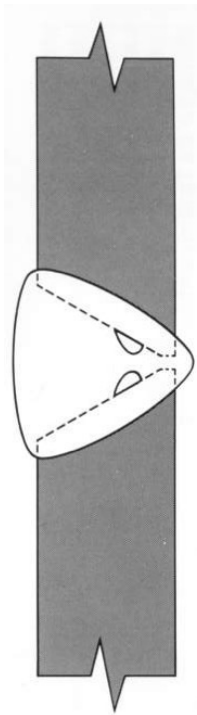
# Muestras de placas radiográficas

Falta de fusión entre pasadas



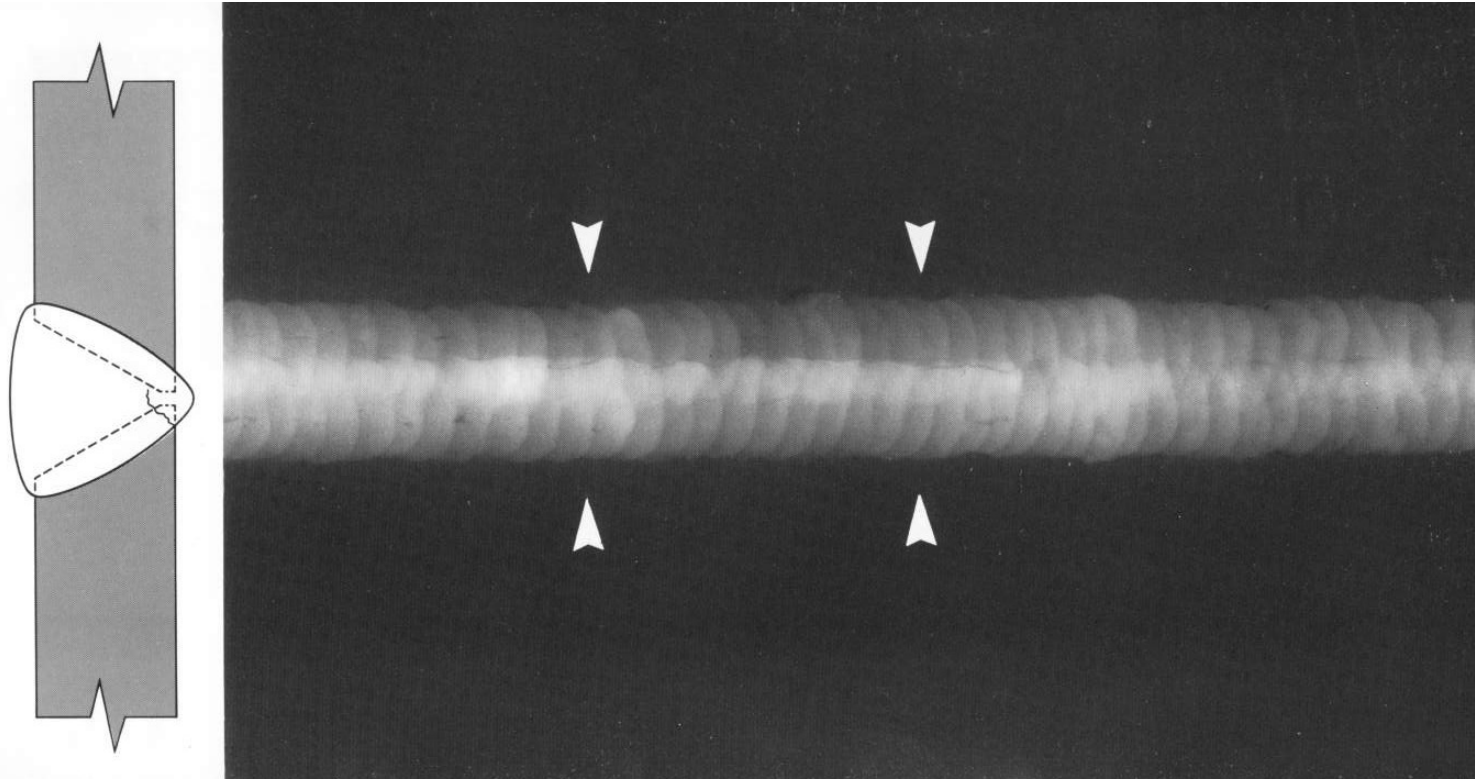
# Muestras de placas radiográficas

Falta de fusión de los bordes



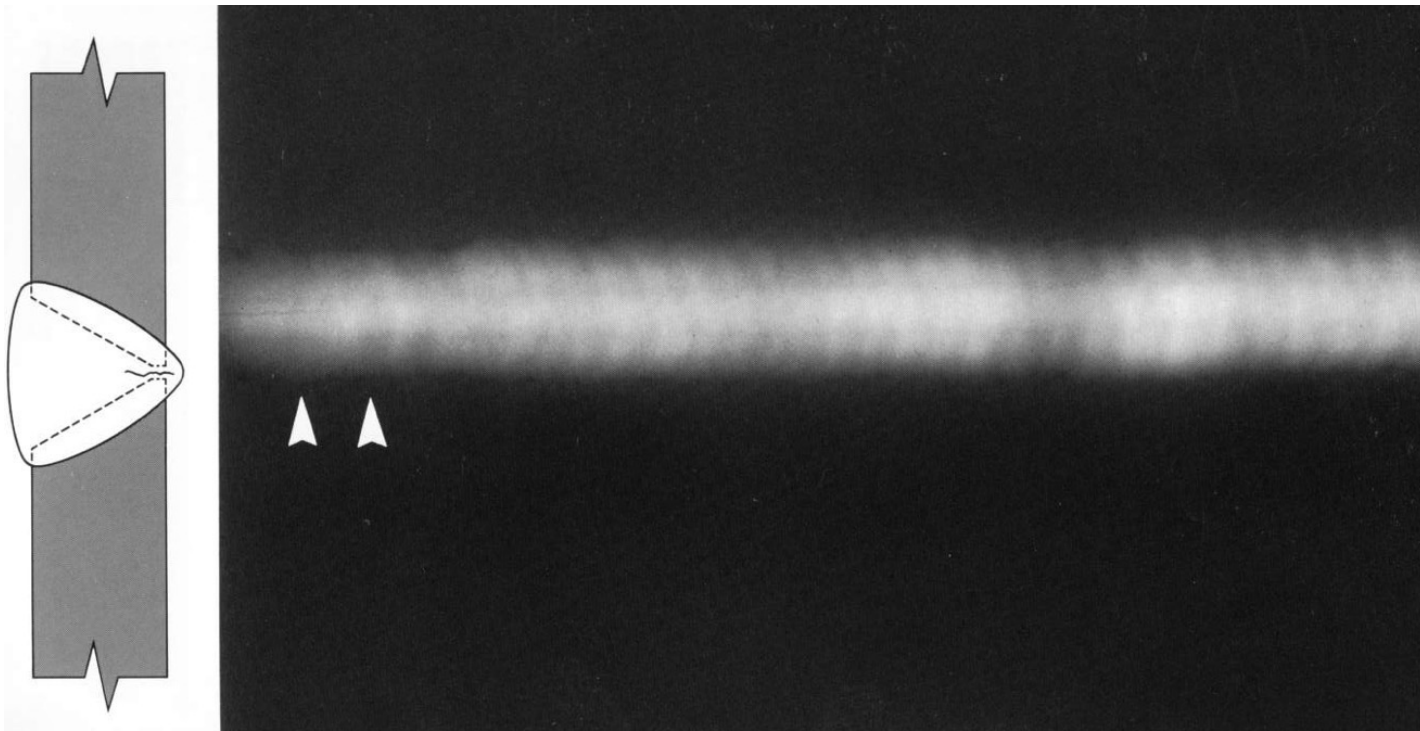
# Muestras de placas radiográficas

Fisuras en el centro del cordón



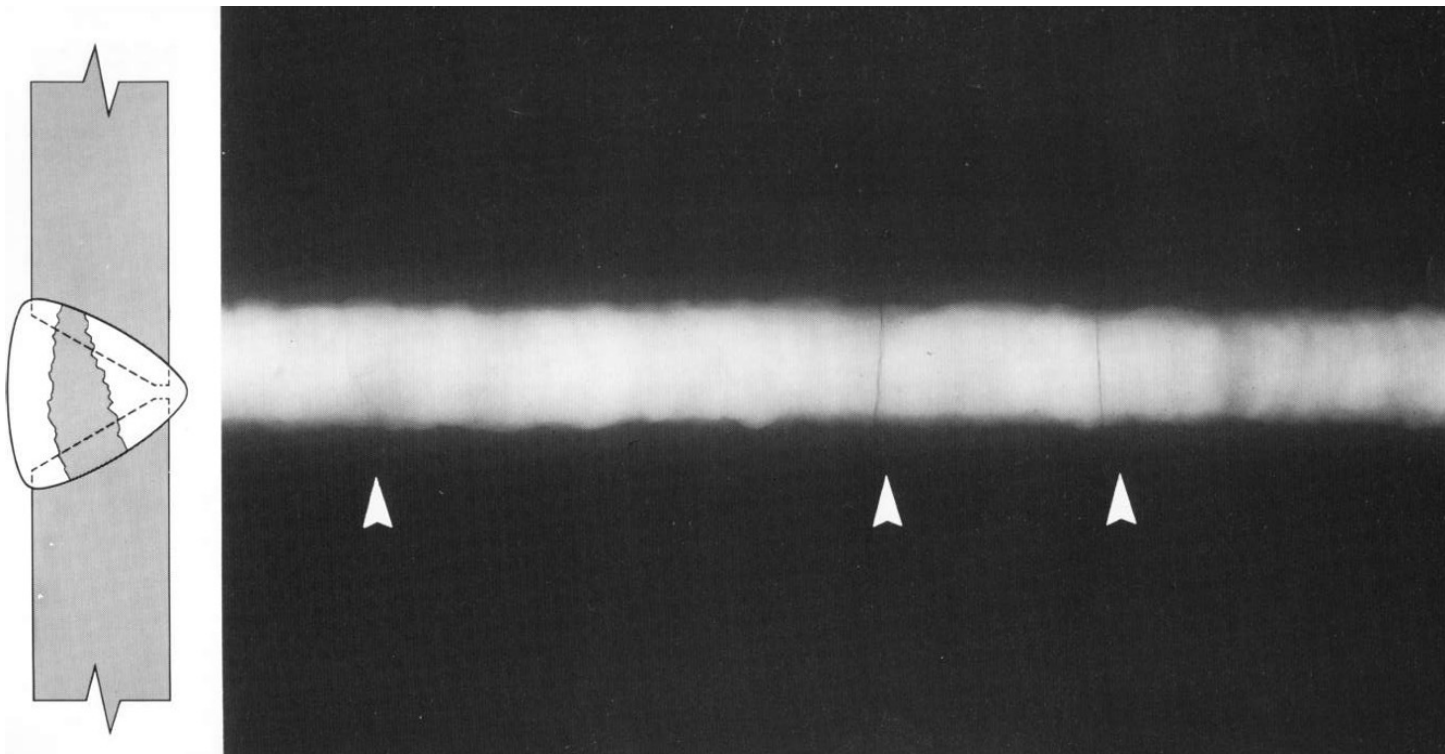
# Muestras de placas radiográficas

Fisura longitudinal en el centro del cordón



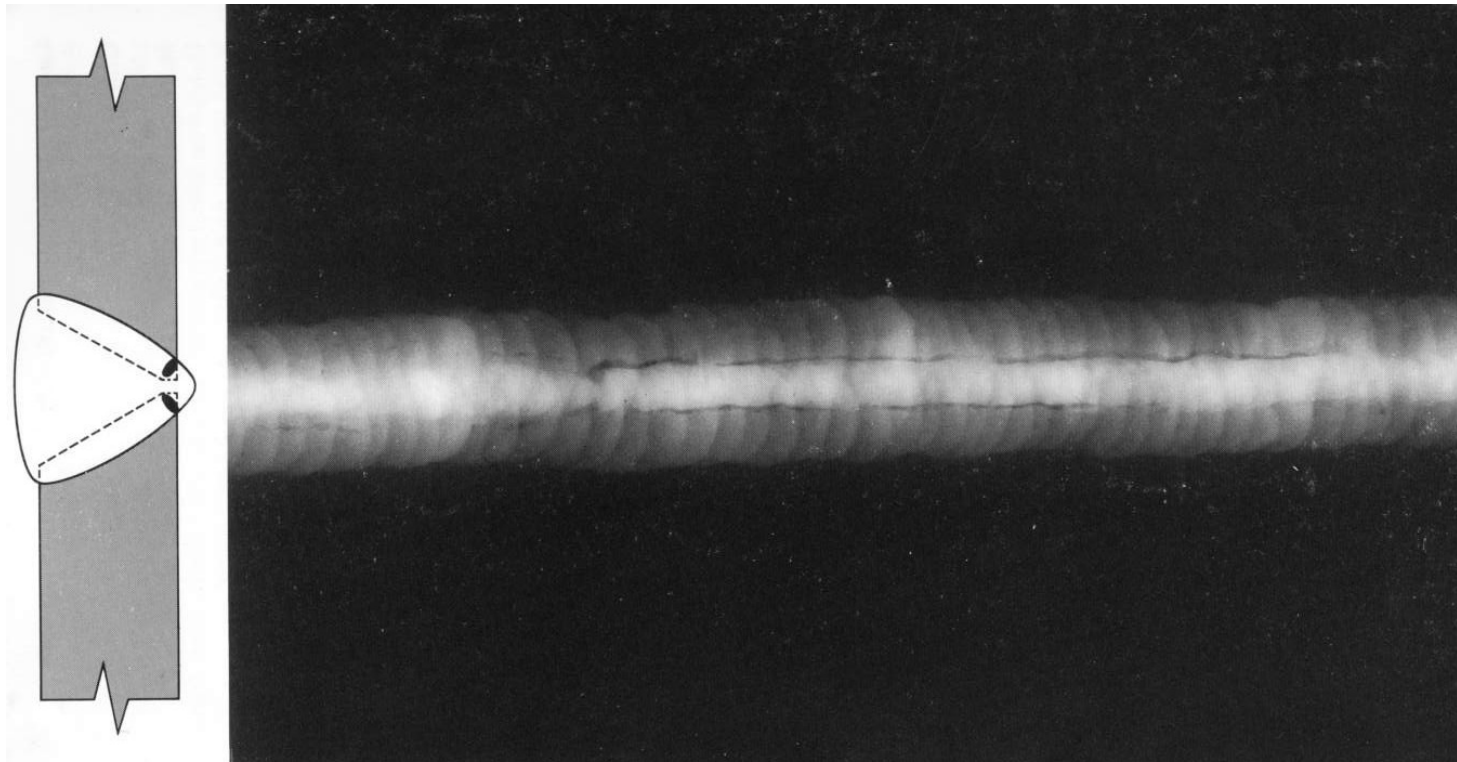
# Muestras de placas radiográficas

## Fisuras transversales



# Muestras de placas radiográficas

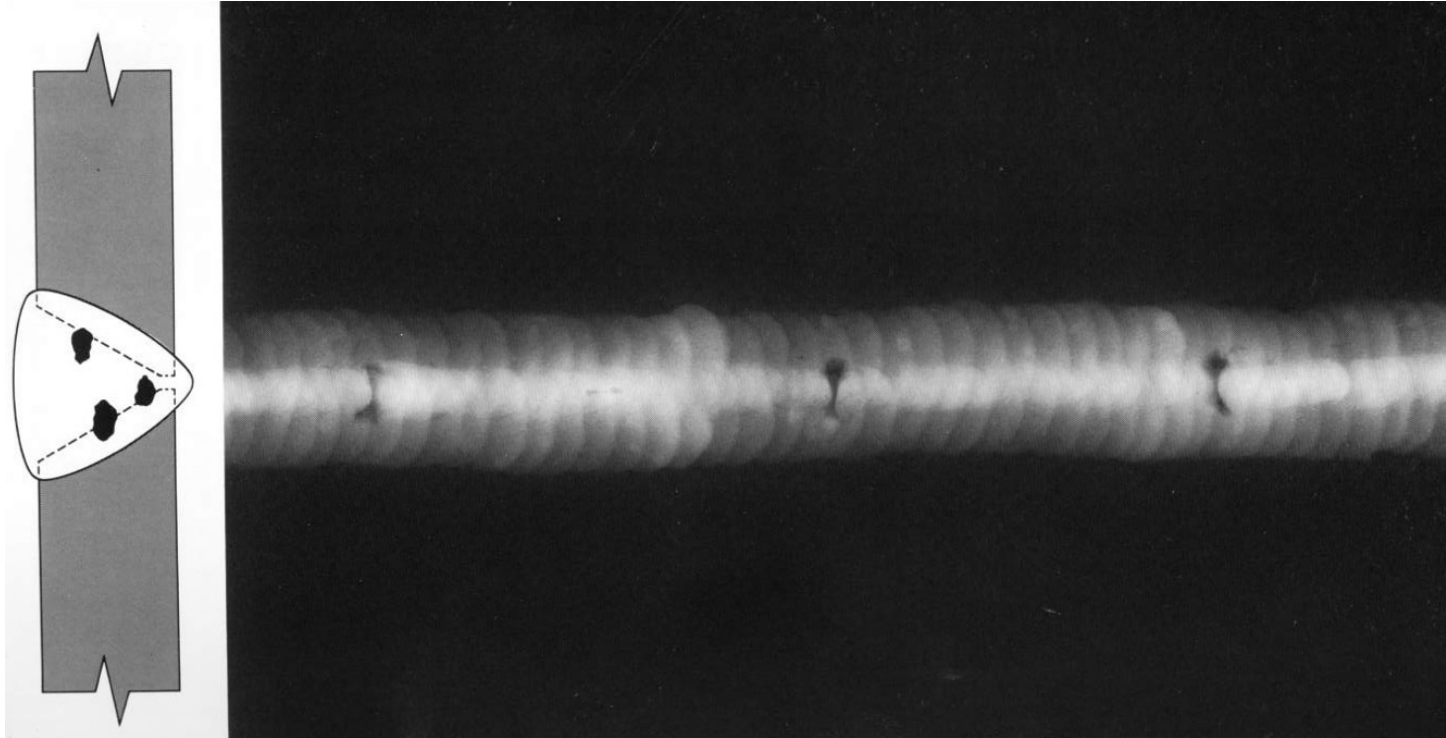
## Inclusiones de escoria alargadas





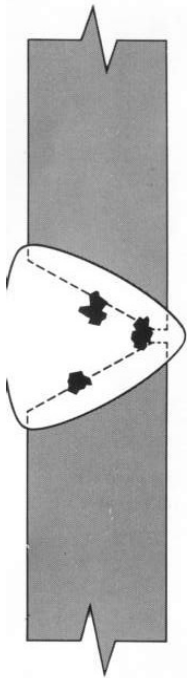
# Muestras de placas radiográficas

Inclusiones de escoria entre pasadas



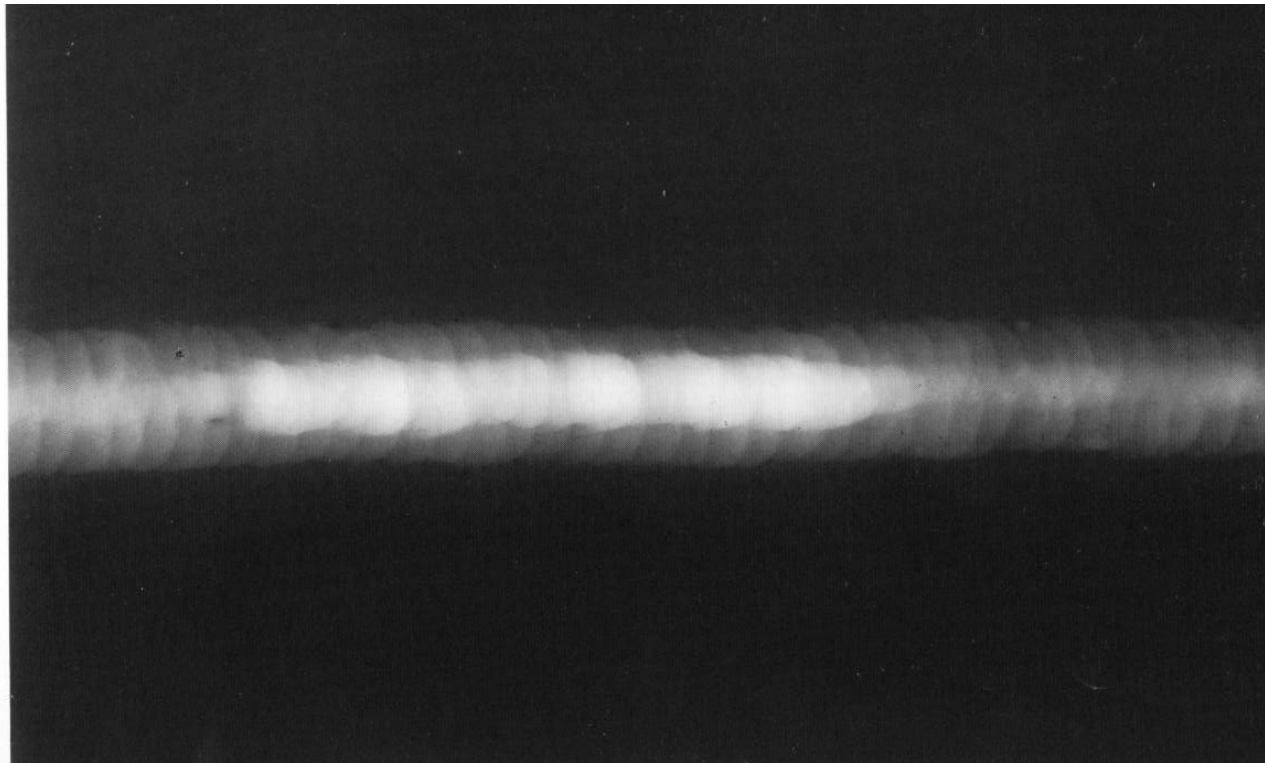
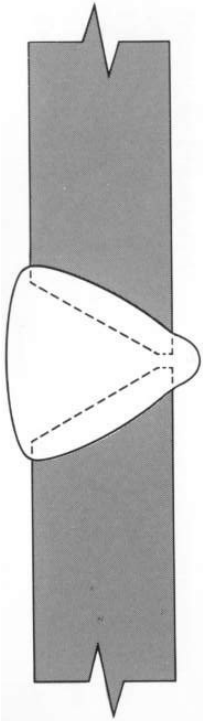
# Muestras de placas radiográficas

## Inclusiones de tungsteno



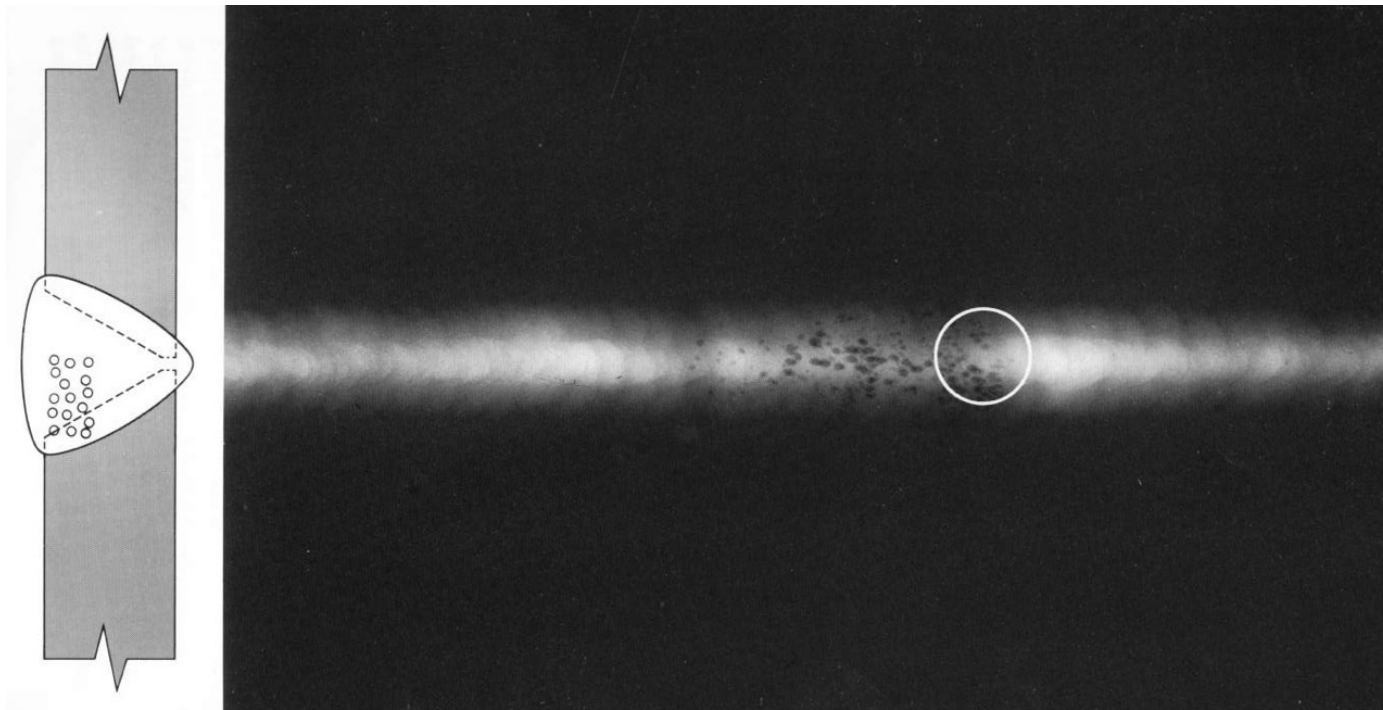
# Muestras de placas radiográficas

Penetración excesiva



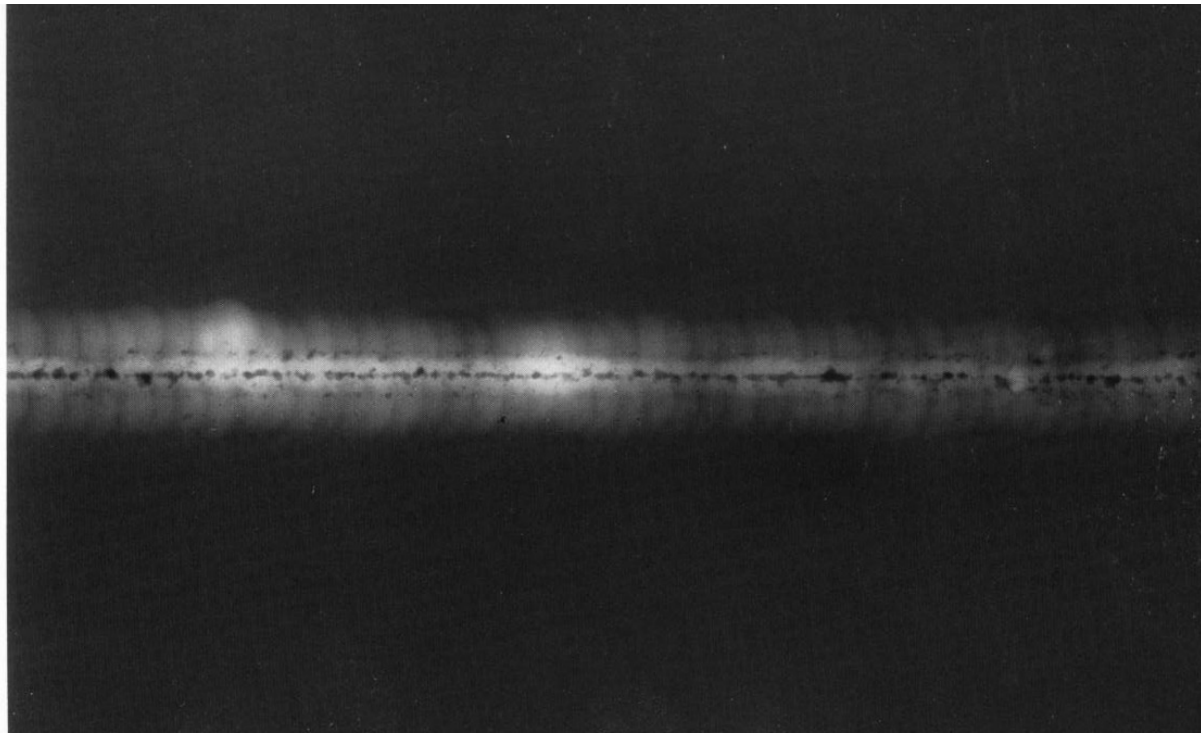
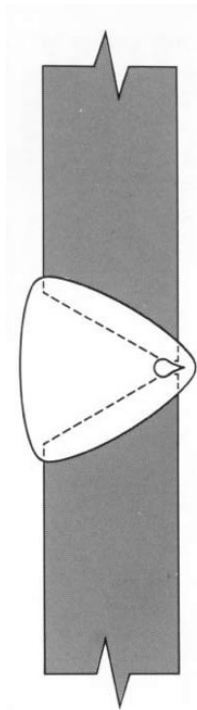
# Muestras de placas radiográficas

Nidos de poros redondeados y algunos ligeramente alargados



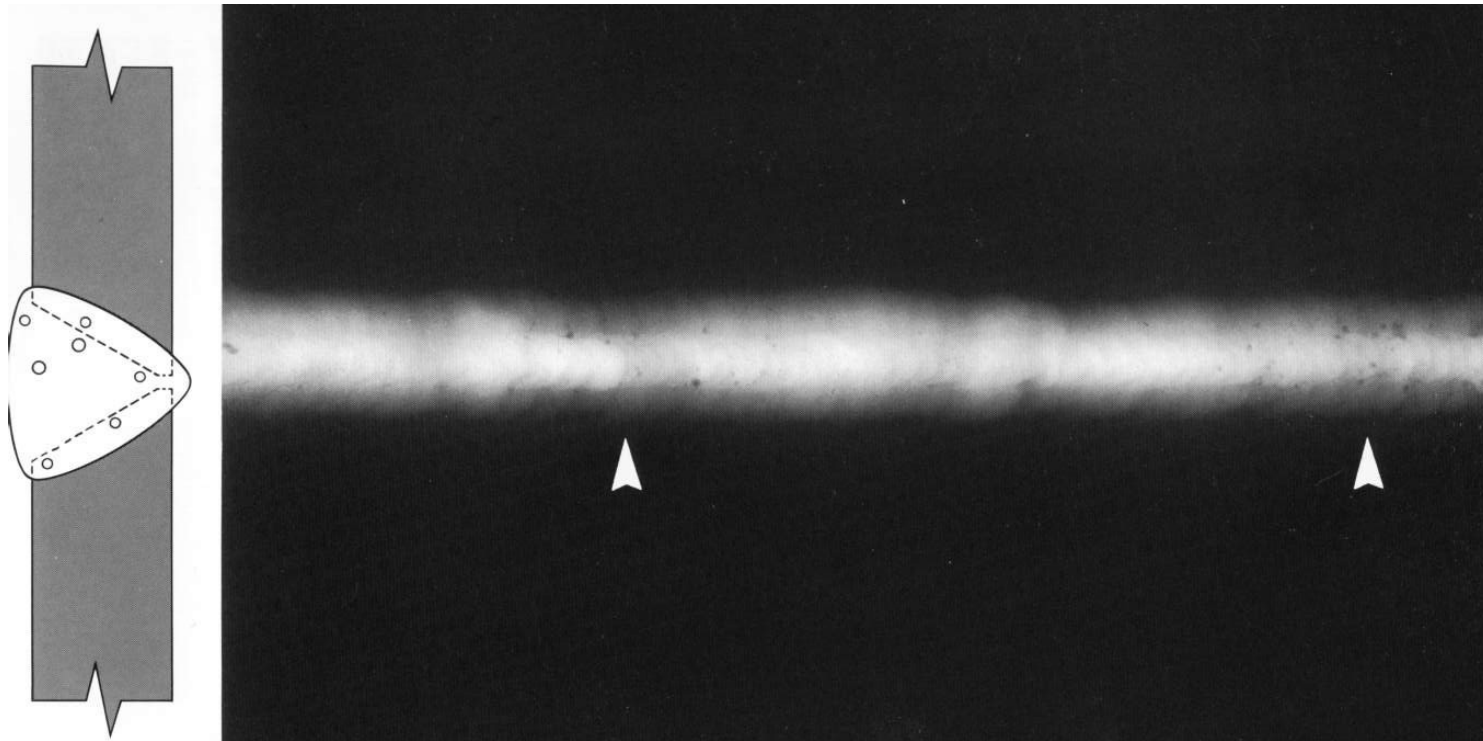
# Muestras de placas radiográficas

Poros alineados en la raíz



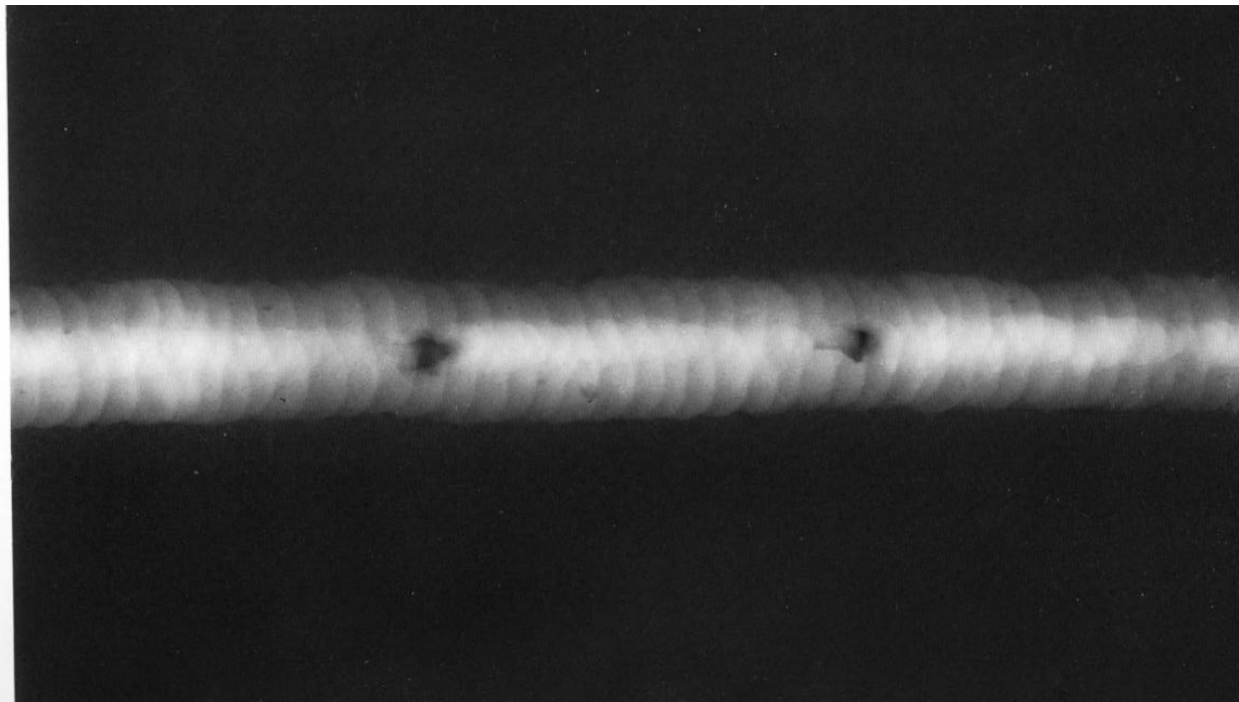
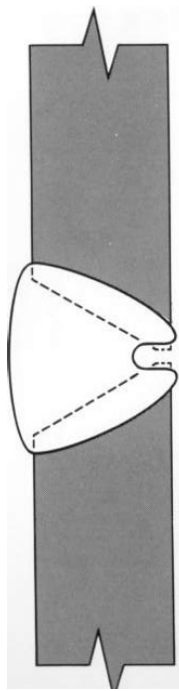
# Muestras de placas radiográficas

Porosidad dispersa



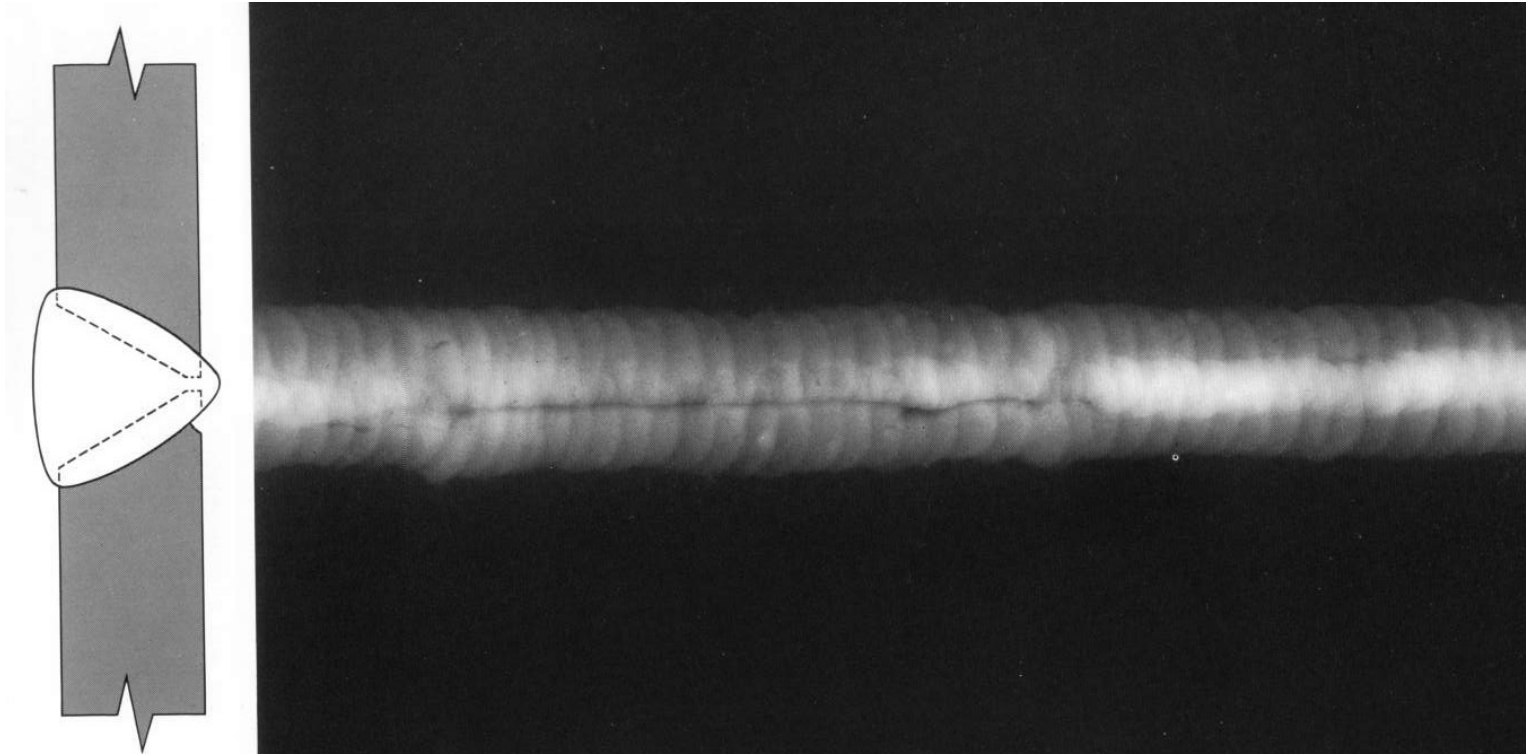
# Muestras de placas radiográficas

Quemón (Burn Through)



# Muestras de placas radiográficas

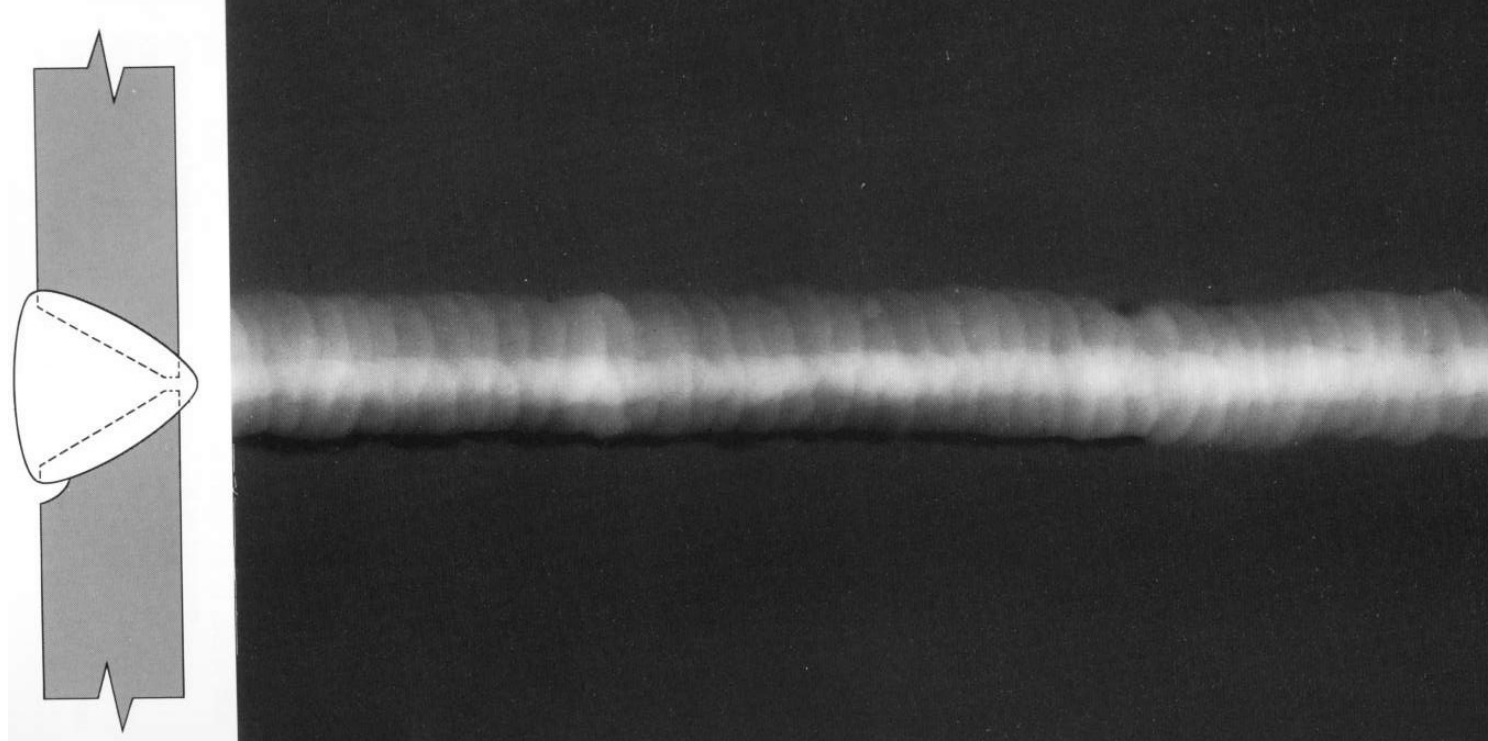
Socavadura de raíz





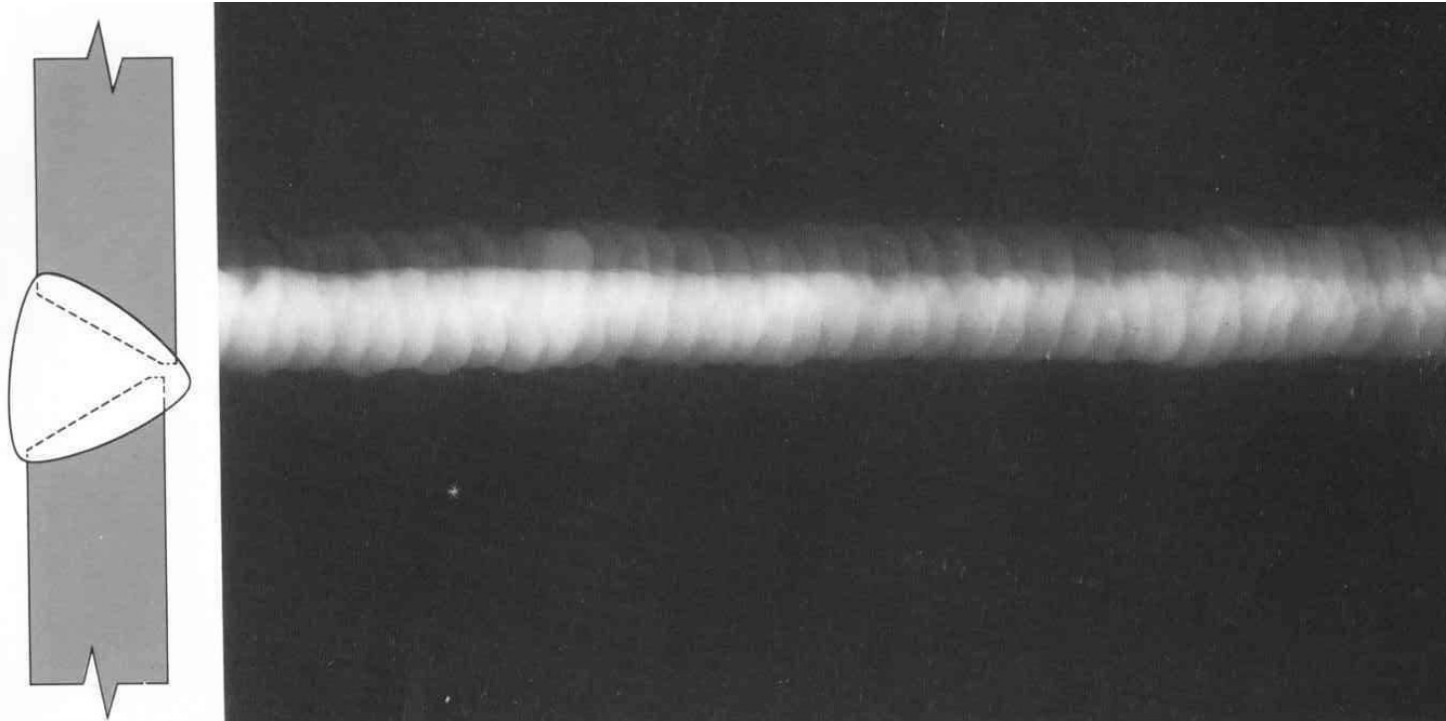
# Muestras de placas radiográficas

Socavadura en la cara exterior



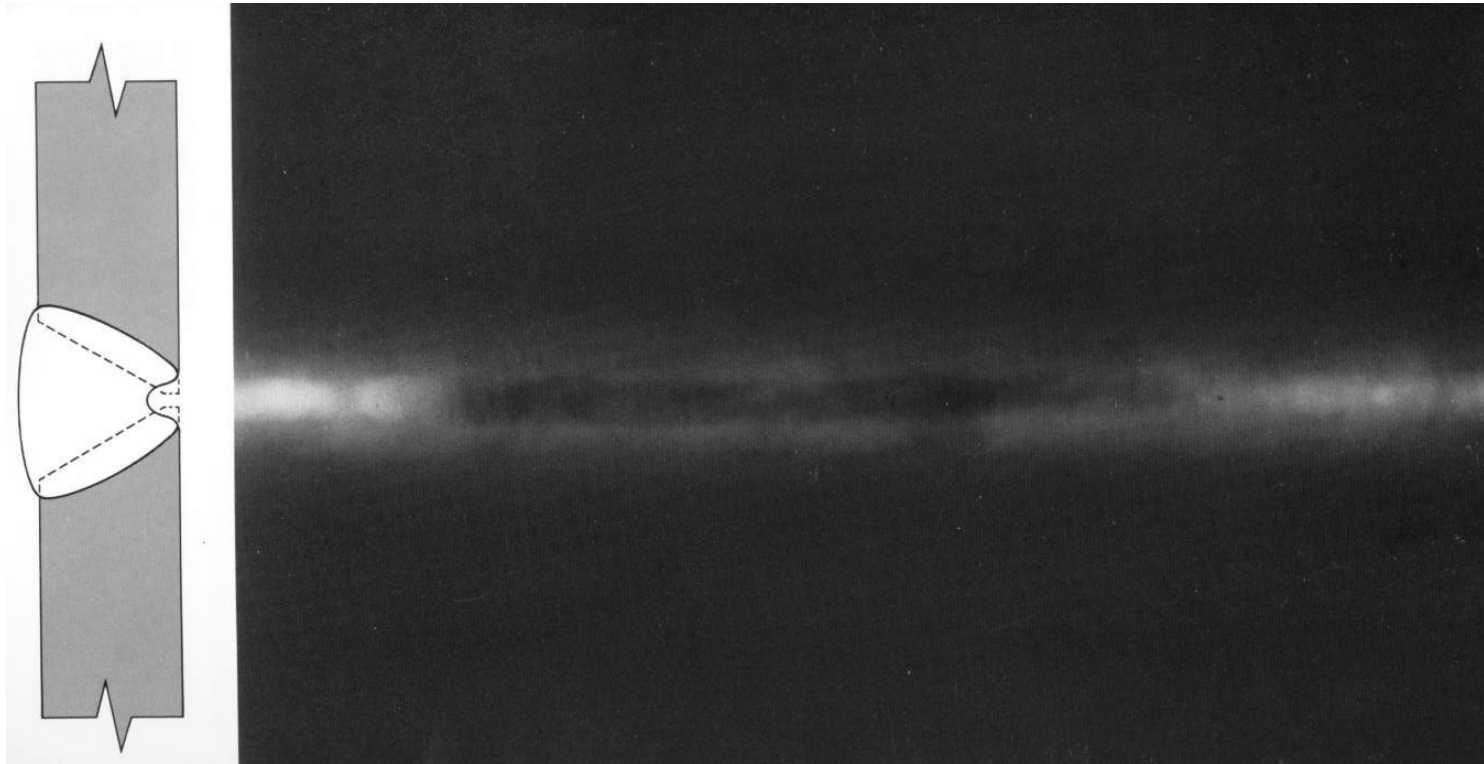
# Muestras de placas radiográficas

Desalineación



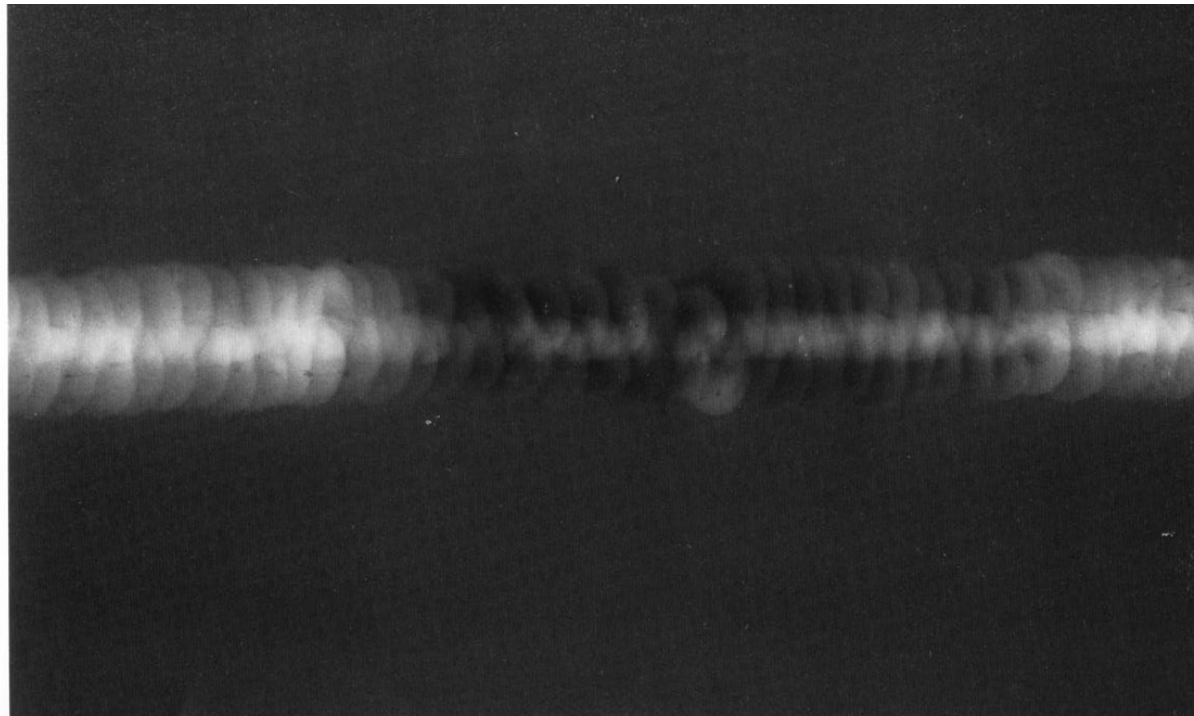
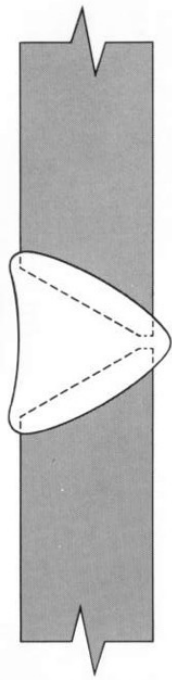
# Muestras de placas radiográficas

Concavidad en la raíz



# Muestras de placas radiográficas

Concavidad en la cara



# Ultrasonido. ASME Sección I

## Criterios de aceptación

**PW-52.3** : Las imperfecciones que causan una indicación que excede los niveles de evaluación especificados en la Sección V, deben ser investigados por personal calificado que pueda determinar su forma, características y ubicación y evaluarlos en función de PW-52.3.1 and PW-52.3.2

**PW-52.3.1:** Cualquier fisura, falta de fusión o incompleta penetración no son aceptables independientemente de su longitud.

**PW-52.3.2:** Otras imperfecciones son inaceptables si la indicación excede el nivel de referencia y su longitud supera lo siguiente:

- a) 6 mm, para t hasta 19 mm
- b)  $1/3 t$ , para t desde 19 mm a 57 mm
- c) 19 mm, para t mayor de 57 mm

t es el espesor de la soldadura examinada. Para espesores disimiles t es el más fino.

# Ensayo Hidrostático. ASME Sección I

**PG-99.** La prueba hidrostática de caldera terminada se debe realizar de acuerdo con los siguientes requisitos: Después de que se haya completado la construcción, se debe someter a pruebas de presión utilizando agua a una temperatura no inferior a la temperatura ambiente, en ningún caso menor a 20°C (NBIC 16°C). Los ensayos se realizan en dos etapas en la siguiente secuencia:

**PG-99.1.** En la primera etapa de la prueba se eleva gradualmente la presión hasta no menos de 1 1/2 veces MPWA (presión de trabajo máxima permitida), como figura en los datos de la estampa de la caldera. Ninguna parte de la caldera, durante la prueba, estará sujeta a una tensión general de membrana superior al 90% de la tensión de fluencia del material.

No se debe superar además, el 90% de la carga para cualquiera de los accesorios de la caldera, incluyendo las válvulas de seguridad.

**PG-99.2.** La presión de la prueba puede entonces reducirse a la MPWA y mantenida a esta presión mientras se examina cuidadosamente la caldera. La temperatura del metal no debe exceder los 50°C (NBIC 49 °C) durante este examen minucioso.

# Pre calentamiento en ejecución de soldaduras ASME Sección I

## Requerimiento para pre calentamiento al ejecutar las soldaduras

**PW-38** : La necesidad y la temperatura de pre calentamiento dependen de una serie de factores, como la composición química, el grado de restricción de las piezas que se unen, las propiedades mecánicas a temperatura elevada y el espesor del material de la unión.

Algunas prácticas utilizadas para pre calentamiento se describen en A-100 (apéndice A, **no mandatorio**) como una guía general para los materiales enumerados por Números P de la Sección IX.

Tener en cuenta que los pre calentamientos sugeridos en A-100 no garantizan necesariamente la finalización satisfactoria de la unión soldada y que los requisitos para materiales individuales dentro de la lista de números P pueden tener un pre calentamiento más o menos restrictivo que esta guía general.

La especificación del procedimiento de soldadura para el material que se está soldando deberá especificar los requisitos mínimos de pre calentamiento descritos en los requisitos de calificación del procedimiento de soldadura como se especifica en la Sección IX.

# Tratamientos térmicos ASME Sección I

## Requerimientos mandatorios para PWHT de partes de presión y accesorios

**PW-39** : Las tablas indican las condiciones por las cuales se definen los tratamientos post-soldadura (PWHT) en función del material (Nº P y CE), del espesor y de las condiciones en que se realiza la soldadura.

**Nº P:** ASME Sección IX – QW/QB-422 Listado de materiales con designación y Nº P

**CE:** ASME IX; QW-403.26

TABLE PW-39  
MANDATORY REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT OF PRESSURE PARTS AND ATTACHMENTS

Material	Minimum Holding Temperature, °F (°C)	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Weld Thickness (Nominal)		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. (50 mm) to 5 in. (125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 1 Group No. 1,2,3	1,100 (595)	1 hr/in. (1 hr/25 mm), 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)

GENERAL NOTES:

- (a) Postweld heat treatment is not mandatory for P-No. 1 materials under the following conditions:  
 (1) when the nominal thickness of a groove weld or combination groove and fillet weld does not exceed  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm), and a minimum preheat of 200°F (95°C) is applied when the nominal material thickness of any of the base metals in the weld joint exceeds 1 in. (25 mm).  
 (2) when the nominal thickness of a groove weld, or combination groove and fillet weld is greater than  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) but does not exceed  $1\frac{1}{2}$  in. (38 mm), and:  
 (a) the calculated carbon equivalent, CE, of any of the base metals in the weld joint is less than or equal to 0.45, using the formula  

$$CE = C + (Mn + Si)/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$
  
 Note: The maximum chemical composition limit from the material specification or the actual values from a chemical analysis or material test report shall be used in computing CE. If the chemistry values required for the last two terms are not available, 0.15% shall be substituted for those two terms as follows:  

$$CE = C + (Mn + Si)/6 + 0.15$$
  
 (b) a minimum preheat of 250°F (120°C) is applied  
 (c) no individual weld pass thickness exceeds  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm)  
 (3) for fillet welds used on slip-on and socket welding flanges and fittings conforming to the rules of PW-41, when the following conditions are met:  
 (a) a fillet weld throat thickness of  $\frac{1}{2}$  in. (13 mm) or less, regardless of base metal thickness  
 (b) a minimum preheat of 200°F (95°C) when the thickness of a pressure part at the weld exceeds  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm)  
 (4) for fillet welds attaching nonpressure parts to pressure parts that have a throat thickness of  $\frac{1}{2}$  in. (13 mm) or less, provided preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is applied when the thickness of the pressure part exceeds  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm)  
 (5) for welds used to attach extended heat absorbing surface to tubes and insulation attachment pins to pressure parts  
 (6) for tubes or pressure retaining handhole and inspection plugs or fittings that are secured by physical means (rolling, shoulder construction, machine threads, etc.) and seal welded, provided the seal weld has a throat thickness of  $\frac{1}{8}$  in. (10 mm) or less, and preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is applied when the thickness of either part exceeds  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm)





# ASME Sección V

## **Apéndice A, no-mandatorio: Discontinuidades Vs tipo de método de END**

**A-110 : Listado de discontinuidades comunes y métodos de END que generalmente las pueden detectar.**

Se dividen en 3 grupos:

- 1) Discontinuidades inducidas por el servicio
- 2) Discontinuidades en piezas soldadas
- 3) Discontinuidades debidas a la conformación de los productos

# NDE para soldaduras según AWS B1.10

## Métodos comunes de inspección en relación a discontinuidades

### Examination Methods

Discontinuities	Examination Methods						
	RT	UT	PT <sup>a</sup>	MT <sup>b,d</sup>	VT <sup>a</sup>	ET <sup>b</sup>	LT <sup>c</sup>
Porosity	A	O	A	O	A	O	O
Slag inclusions	A	A	A	O	A	O	U
Incomplete fusion	O	A	A	O	O	O	O
Incomplete joint penetration	A	A	A	O	O	O	U
Undercut	A	U	A	O	A	O	U
Overlap	U	U	A	A	O	O	U
Cracks	O	A	A	A	A	A	O
Laminations	U	A	A <sup>c</sup>	A <sup>c</sup>	A <sup>c</sup>	U	U

**A:** Aplicable; **O:** marginalmente aplicable depende de otros factores tales como espesor, orientación, tamaño y localización); **U:** usualmente no usada

a) Superficial, b) superficial o próximo a ésta, c) preparación del bisel o bordes de soldadura, d) aplicable sólo a materiales ferromagnéticos, e) aplicable a estructuras cerradas o cerradas en forma localizada.

# NDE para soldaduras según AWS B1.10

## Métodos comunes de inspección en relación a tipo de juntas

Joints	Examination Methods							
	RT	UT	PT	MT	VT	ET	LT	
Butt	A	A	A	A	A	A	A	
Corner	O	A	A	A	A	O	A	
T-	O	A	A	A	A	O	A	
Lap	O	O	A	A	A	O	A	
Edge	O	O	A	A	A	O	A	

**A:** Aplicable;

**O:** marginalmente aplicable depende de otros factores tales como espesor, orientación, tamaño y localización)

# Bibliografía

- **ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección I: Rules for Construction of Power Boilers**
- **ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección V: Nondestructive Examination**
- **ASME Code for Pressure Piping, B31: Power Piping**
- **NBIC National Board Inspection Code, Part 2**

# ¡Muchas gracias!

