

B	04-09-2026	Cliente	SEDIMA	C.Pedraza	O.Escorcia
Rev	Fecha	Emitido Para	Elaboró	Revisó	Aprobó

INGENIERÍA DETALLADA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN AUTÓNOMO PARA LA LÍNEA TEMPORAL SAMORÉ: CRUCE “LA CHINA”



ESPECIFICACIÓN DE ALINEACIÓN Y SOLDADURA DE TUBERÍA (1749-SP-T-525)

CLIENTE:



+57 3507268200



info@sedima.com.co



www.sedima.com.co

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO	3
2. ALCANCE.....	3
3. NORMAS Y ESTÁNDARES APLICABLES	3
4. CONTENIDO.....	3

ESPECIFICACIÓN DE ALINEACIÓN Y SOLDADURA DE TUBERÍA

1. OBJETO

El objetivo de este documento es establecer los requisitos mínimos para el doblado, la alineación y soldadura de tubería de acero a tener en cuenta dentro del proyecto de implementar un sistema de protección autónomo para la línea temporal Samoré: Cruce “la china”.

2. ALCANCE

Este documento se aplicará a todos los procesos de doblado y soldadura que se ejecuten sobre la tubería del sistema de transporte o distribución involucradas en el proyecto.

3. NORMAS Y ESTÁNDARES APLICABLES

API 1104	Welding of Pipeline and Related Facilities
ASME B31.8	Gas Transmission and distribution piping systems

4. CONTENIDO

4.1 Doblado

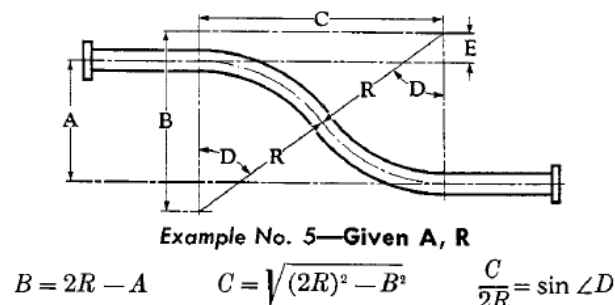
1. El doblado de tubos se debe hacer en frío, debiendo tener cuidado que el tubo no se deforme o se formen arrugas en el doblez, debiendo conservar sus dimensiones de sección después de ser doblado. Los dobleces deben ser distribuidos hasta donde sea posible en la mayor longitud del tubo, y en ningún caso debe ser el radio del doblez tan corto que no cumpla las especificaciones de doblado.
2. El número de dobleces de una tubería debe llevarse al mínimo, procurando conformar el derecho de vía y consecuentemente el fondo de la zanja para eliminar en lo posible los cambios de pendiente que obliguen a doblar la tubería. Los dobleces de los tubos deben hacerse sin alterar las dimensiones de la sección transversal del tubo recto y debe quedar libre de arrugas, grietas u otras evidencias de daño mecánico.

3. Los dobleces de tubos deben hacerse por medio de máquinas dobladoras especiales apropiadas para el diámetro del tubo. No se permite el calentamiento de los tubos para ser doblados.
4. Los cambios de dirección requeridos para acomodarse al contorno de la zanja pueden realizarse doblando el tubo de acuerdo a los radios mínimos indicados en la Tabla 1.
5. Los extremos de los tubos que se doblan deben tener un tramo recto de 1.8 m como mínimo.
6. La soldadura longitudinal del tubo que se dobla, debe quedar en o cerca del plano neutro del tubo, no debe doblarse un tubo en la soldadura circunferencial
7. La tubería deberá colocarse siguiendo el perfil del terreno del fondo de la zanja
8. Para efectos de definir el grado de doblado de la tubería lado, deberá realizarse, con una cuadrilla de topografía, un replanteo que permita definir la distribución de los tubos a doblar, la magnitud de las curvas y la localización del vértice y la disposición de los “golpes” para obtener los grados requeridos por tubos.

DIÁMETRO (INCHES)	RADIO MÍNIMO (INCHES)
12 Y MENORES DE 12	18 D
14	21 D
16	24 D
18	27 D
MAYORES A 18	30 D

Tabla #1. Radio mínimo de doblado

9. Para todas las transiciones aire-tierra consideradas en el proyecto, en diámetros nominales de 12" y 6", la geometría de transición aplicable estaría dada por:



Considerando un valor estimado de Separación entre ejes de tubería de 160 cm (63 inches), 80 cm bajo tierra y 80 cm sobre el nivel del terreno, las dimensiones de la geometría aplicable, estaría dada por los valores señalados en la tabla 2.

TUBERÍA 12"	TUBERÍA 6"
A= 63"	A= 63"
B= 369"	B= 153"
C= 225"	C= 152"
D= 31°	D= 45°
R=216"	R=108"

Tabla #2. Doblado en transiciones Aire-Tierra

10. Todos los tubos levantados por topografía de doblado, serán anotados en libretas de campo y la curvatura se deberá anotar sobre el tubo para su posterior doblado. Se deberá conservar las carteras topográficas de pre-doblado, conjuntamente con la información técnica exigida para ser anexada a los libros de terminación mecánica del proyecto.
11. Las curvas se deberán hacer de acuerdo con lo establecido por el código ASME B31.8, última edición. En cualquier sección doblada el diámetro no será reducido en más del 5% del diámetro nominal del tubo.
12. No se permite la coincidencia de la costura de soldadura longitudinal con el lado de la curva. La vena de la costura del tubo deberá localizarse en el eje neutro de la curva (Franja neutra).
13. En dos tubos adyacentes el desplazamiento mínimo de las costuras deberá ser de 15°, pero no menos de 4" y por ningún motivo quedarán enfrentados. Las dos costuras longitudinales se deberán localizar sobre los dos cuadrantes superiores.
14. La distancia mínima entre una curva y una junta circunferencial soldada (tramo recto) no podrá ser inferior a un (1.0) metro
15. El método de cálculo, el procedimiento de doblado y la maquinaria que se usará para la elaboración de las curvas deberá ser previamente aprobado por el cliente.
16. Los dados o zapatas de las dobladoras deberán estar cubiertos adecuadamente con bandas de caucho u otro material suave que evite el deterioro del recubrimiento.

17. No se permitirá el manejo de tubería con eslingas o cables de acero colocadas directamente sobre el revestimiento, deberán usarse bandas suaves con resistencia suficiente para garantizar un manejo seguro de la tubería, éstas deberán reemplazarse cuando por su estado no puedan cumplir con esta condición

4.2 Limpieza Interna

Se deberán tomar las precauciones necesarias para que el interior de los tubos se mantenga libre de materias extrañas. Antes de proceder a alinear cada tramo, los extremos biselados de cada unión deberán ser limpiados completamente de pintura, óxido, escamas, polvo, mugre u otro material extraño, incluyendo como mínimo una pulgada (1") de la superficie interna y externa del tubo. La limpieza se deberá efectuar con pulidoras, biseladoras automáticas o cepillos circulares previa autorización de LA INTERVENTORIA o quien ejerza tal función en obra. Se deberá evitar que la superficie quede expuesta al aire más de una hora, en caso contrario se deberá limpiar nuevamente.

Los extremos biselados deberán ser uniformemente circulares, sin indicaciones de ovalamiento o abolladuras, deberán estar libres de ralladuras y cortes, la unión será efectuada de acuerdo con lo indicado en el procedimiento aprobado por el cliente.

Los extremos de las tuberías achatadas, con abolladuras o con rayones deberán ser reparados por medios mecánicos abrasivos y deberán dejarse dentro de las tolerancias indicadas en la Norma API 5L. Si el defecto es profundo y el espesor de pared remanente no satisface la norma API 5L, los extremos deberán ser cortados y biselados nuevamente.

4.3 Alineación

Esta operación debe efectuarse, aproximando los tubos, extremo a extremo, dejándolos alineados y constituida la junta con la separación y alineamiento entre tubos indicado en los procedimientos de soldadura, y manteniendo fijos los tubos mientras se deposita el primer cordón de soldadura.

La lingada que se va construyendo se debe colocar sobre apoyos, generalmente sobre polines de madera, dejando un claro de 40 cm mínimo entre la parte inferior del tubo y el terreno con el propósito de tener espacio para finalizar la soldadura, así como para ejecutar después las fases de prueba y las operaciones de protección mecánica.

Se debe verificar que al ir alineando las costuras longitudinales, se traslapen dentro del espacio superior de un ángulo de 30° a cada lado del eje vertical, pero no menos de 4" y ensamblarse alternadamente. En los tramos con doble junta soldados en planta las costuras longitudinales deberán estar desplazadas un mínimo de 45 grados. Toda costura deberá ser colocada siempre en los cuadrantes superiores a menos que LA INTERVENTORÍA determine lo contrario.

El espacio entre biseles debe ser conforme al procedimiento de soldadura.

El alineamiento de los tubos de diámetro de 304.8 mm (12 pulg) y mayores, debe realizarse mediante alineadores interiores y mantenido durante el fondeo. En el alineamiento de tubería de diámetro menores a 12" y en los empalmes de todos los diámetros se debe utilizar alineadores exteriores tipo canasta, los cuales deben mantenerse hasta aplicar el fondeo en el 50% distribuido en toda la circunferencia del tubo. Se deberá verificar el correcto enfrentamiento de los biseles y las paredes de los tubos a soldar para reducir al mínimo la posibilidad de defectos en la soldadura por este motivo.

El extremo del tubo empalmado será alineado de tal forma que el desalineamiento no sea en ningún caso mayor de 1/16".

La separación mínima entre dos soldaduras diametrales es deberá ser de 1.5 metros.

En el proceso de alineamiento de tubería no se permitirá golpear el tubo y en ningún caso se permitirá el uso de calor para lograr alinear el tubo en ningún sentido.

En el caso de alinear espesores de tubería diferentes, si las condiciones de diseño y la calidad de los materiales lo permiten, se elaborará una transición con disco abrasivo en la parte interna de la tubería de mayor espesor, hasta conseguir que los talones de la junta en el momento del armado coincidan perfectamente, este procedimiento será previamente aprobado por LA INTERVENTORÍA.

4.4 Calificación de los procedimientos de soldadura.

Antes de iniciar la operación de soldadura, se debe calificar la especificación del procedimiento de soldadura para asegurar que las soldaduras tengan las propiedades mecánicas apropiadas de acuerdo a la especificación de la tubería.

La calidad de la soldadura se debe determinar por pruebas destructivas y no destructivas.

La calificación del procedimiento de soldadura debe ser certificada por un organismo reconocido y aceptado por el cliente. Todo procedimiento de soldadura especificado en el proyecto debe ser calificado y debe incluir los diferentes parámetros que se enuncian en la Tabla 3.

Los procedimientos de soldadura deben comprender uniones de tubo con tubo o tubo con accesorio, válvula o conexión, del mismo espesor o de espesores diferentes.

La información de cada procedimiento calificado debe ser anotada en registros que muestren los resultados completos de las pruebas del procedimiento. Los formatos deben ser iguales a los señalados en la API 1104.

La calificación del procedimiento es responsabilidad del Contratista y debe efectuarla un inspector de soldadura acreditado conforme a los criterios de aceptación establecidos en la API 1104

4.5 Inspección Radiográfica.

Personal técnico

El personal técnico encargado de la inspección radiografía, deberá estar capacitado, calificado y certificado, debiendo acreditar los siguientes niveles:

- Técnico nivel I en la técnica radiográfica
- Técnico nivel II en la técnica radiográfica

Por cada unidad radiográfica se deben tener como mínimo dos técnicos responsables de la inspección, como sigue:

- Un técnico nivel I en la técnica radiográfica
- Un técnico nivel II en la técnica radiográfica

Niveles básicos de calificación

Nivel I

Efectuar correctamente la calibración y ajuste de un equipo de inspección; realizar una inspección específica; aplicar los criterios de aceptación o rechazo definidos en un procedimiento o instrucción de inspección; informar o realizar los registros de estas actividades. El inspector con nivel I debe ser entrenado y supervisado por personal certificado como nivel II ó III.

Nivel II

Efectuar correctamente las actividades para un nivel I; conocer las técnicas para realizar o verificar el ajuste cuando el equipo de inspección presenta cambios en sus condiciones normales de funcionamiento; interpretar los resultados obtenidos durante una prueba, evaluándolos conforme a un código, norma o especificación aplicable. Además, debe estar familiarizado con los alcances y limitaciones de su técnica y puede ser responsable de la capacitación práctica y supervisión de los individuos de nivel I y aprendices. Debe ser responsable de preparar instrucciones de inspección, de organizar, revisar y emitir los dictámenes de los resultados de las pruebas efectuadas por él o bajo su supervisión.

Tabla No. 3

ASPECTO	DESCRIPCION
Proceso	El proceso específico de soldadura de arco o el proceso de soldadura con gas, manual, semiautomático, automático o combinado
Material	Materiales, tubos y conexiones de tuberías especificación API 5L ó equivalente y otros materiales de especificación ASTM, aceros al carbono agrupados según el límite mínimo especificado a la cedencia de 42 000 Psi (2 950 kg/cm²) y menor, mayor de 42 000 Psi (2 950 kg/cm²) y menor de 65 000 Psi (24 570 kg/cm²) ; mayor de 65 000 Psi (24 570 kg/cm²) ; además de comprobar la compatibilidad de las propiedades metalúrgicas de los metales base y relleno, tratamientos térmicos y propiedades mecánicas.
Diámetro y espesor	Diámetro exterior (pulg.) Espesor de pared (pulg.) Menores de 2 3/8 Menores de 3/16 2 3/8 a 12 3/4 3/16 a 3/4 Mayores de 12 3/4 Mayores de 3/4
Diseño de junta	Forma de la ranura y ángulo del bisel, tamaño de la cara de la raíz y abertura de la raíz o espacio entre miembros a tope. Forma y tamaño del cordón de soldadura. (numeral sobre tipos de soldadura, diseño de junta y transición) Tipo de respaldo si se usa. En caso de que el tipo de bisel difiera del exigido por PROMIGAS se debe solicitar su aprobación
Metal de aporte y número de cordones	Tamaño y número de clasificación del metal de aporte, número mínimo y <i>secuencia</i> de cordones.
Características eléctricas o de llama	Corriente y polaridad, voltaje y corriente para cada electrodo, varilla o alambre. Neutral, carburante, oxidante, tamaño del orificio en antorcha tipo, para cada tamaño de varilla o alambre.
Posición	Rolado o soldadura de posición fija.
Dirección de la soldadura	Vertical ascendente o descendente.
Tiempo entre pasos	Tiempo máximo entre terminación del cordón de fondeo y principio del segundo cordón; tiempo máximo entre la terminación del segundo cordón y el principio de otros cordones.
Tipo de alineador	Interno, externo, no se requiere
Alineador	
Remoción de alineador	Después de completar 100% del fondeo
Limpieza.	Herramientas motrices, herramientas de mano
Pre y post-calentamiento	Alivio de esfuerzos, métodos, temperatura, métodos de control de temperatura, fluctuación de temperatura ambiente.
Fundente y protector	Tamaño y tipo
Velocidad de recorrido	Pulgadas por minuto, centímetros por minuto
Dibujos y tablas	Dibujos por láminas separadas, mostrando la ranura y secuencia de los cordones de soldadura. Junto con los datos tabulados según el diámetro y espesor de pared del tubo, el diseño de la junta. El metal de aporte, número de cordones y las características de la corriente eléctrica o de la llama Así como se indica en el código API STD 1104 o equivalente, además todos los registros de o los procedimientos, deben ser iguales o semejantes a lo señalado en dicho código.
Número de soldadores	Número de soldadores por junta.
Temperatura entre pasos	Temperatura máxima entre el cordón anterior y el subsiguiente.

Pruebas destructivas de soldadura.

Las pruebas destructivas de la soldadura se deben realizar en especímenes que deben ser cortados y preparados de acuerdo a API-1104 sección 6.5 o equivalente

Reparación y eliminación de defectos de soldadura.

Los defectos de soldadura, a excepción de las grietas en el cordón de raíz o en los cordones de relleno, pueden ser reparados.

Los defectos en el último cordón, excepto las grietas, pueden repararse conforme al procedimiento de reparación aceptado o autorizado.

Ninguna grieta puede repararse, en caso de presentarse debe cortar la junta cortando el carrete. Todas las reparaciones deben cumplir los criterios de aceptación para pruebas no destructivas señaladas en esta norma. Antes de hacer la reparación, los defectos deben ser completamente removidos hasta el metal limpio. Las escorias deben ser removidas con cepillo de alambre y/o disco abrasivo.

Las soldaduras rechazadas deben ser reparadas o eliminadas conforme al procedimiento de reparación aprobado. Las soldaduras reparadas deben inspeccionarse radiográficamente y adicionalmente se podrán hacer otras pruebas no destructivas.

Una soldadura podrá repararse como máximo dos veces.

Recalificación del procedimiento de soldadura.

Cuando cambie cualquiera de las variables indicadas seguidamente, el procedimiento de soldadura establecido debe ser recalificado:

- a) Cambio en el proceso de soldadura. De gas a arco protegido (proceso de gas o soldadura de arco a otro proceso de gas u otra soldadura de arco), de manual a semiautomático o automático o combinación de éstos.
- b) Cambio en el material de la tubería. Grupos de ASTM o API soldados a al carbono, con límite elástico mínimo especificado de 42 000 Psi (22 950 kg/cm²) y menor, más de 42 000 Psi (22 950 kg/cm²) y menor de 65 000 Psi (4 570 kg/cm²), más de 65 000 Psi (4 570 kg/cm²); además de comprobar la compatibilidad de las propiedades metalúrgicas del metal base y el de relleno, así como tratamientos térmicos y propiedades mecánicas.
- c) Cambio en el diseño de la junta. De ranura en "V" a ranura en "U", etc. El cambio en el ángulo del bisel o borde de la ranura, no es variable esencial del procedimiento especificado.
- d) Cambio en la posición. Para soldadura a tope solamente, un cambio de fija a rolada o viceversa.
- e) Cambio en el espesor de pared del tubo. Un cambio de grupo de espesor de pared a otro grupo.
- f) Cambio en el metal de aporte. De un grupo clasificado a otro.
- g) Cambio de polaridad de corriente positiva a negativa.

- h) Cambio en el lapso de tiempo entre el cordón de fondeo y el segundo cordón.
- i) Cambio de sentido (de vertical ascendente a vertical descendente o viceversa).
- j) Cambio en el gas de protección y proporción
- k) Cambio en el fundente de protección.
- l) Cambio en la velocidad de avance.

4.6 Tipos de soldadura, diseño de junta y transición.

Soldadura a tope.

Las juntas soldadas a tope pueden ser con ranura tipo V sencilla, doble V, o de otro tipo apropiado. Los diseños de juntas ilustradas en la Figura 1, o las combinaciones aplicables de éstos se deben utilizar para extremos de igual espesor. Se puede lograr la transición entre extremos de espesor diferente biselando el espesor mediante un medio mecánico con equipo de corte, o por medio de un carrete de transición prefabricado de una longitud no inferior a la mitad del diámetro del tubo, con diseño de junta aceptables (Figura 2). El carrete debe tener por lo menos la resistencia mínima especificada a la cedencia del tubo con la más alta resistencia.

Los croquis de las Figuras. 1 y 2 ilustran las preparaciones aceptables para unir extremos de tubería con soldadura a tope que tienen diferente espesor de pared, materiales o resistencia mínima especificada a la cedencia.

Cuando la resistencia mínima especificada a la cedencia de la tubería a unir es diferente, el metal de soldadura depositado debe tener propiedades mecánicas, por lo menos iguales a las del tubo que tenga la resistencia más alta.

Diámetros interiores diferentes, Figura 1.

- a) Si los espesores de pared nominales de los extremos de los tubos no varían en más de 2.38 mm (3/32"), no es necesario tratamiento especial alguno, siempre y cuando se logre penetración completa de la soldadura, ver croquis (a).
- b) Cuando la diferencia nominal interior sea mayor de 2.38 mm (3/32") y no haya acceso al interior del tubo para soldar, la transición debe hacerse con un corte cónico en el interior del extremo del tubo más grueso o bien utilizar piezas de transición de fábrica, ver croquis (b). El ángulo de conicidad no debe ser mayor de 30° ni menor de 14°.
- c) Para esfuerzos circunferenciales no superiores al 20% de la resistencia mínima especificada a la cedencia del tubo, cuando la diferencia nominal interior sea mayor de 2.38 mm (3/32 pulg) pero no exceda de la mitad del espesor de la pared del tubo más delgado y haya acceso al interior del tubo para soldar, la transición puede hacerse con una soldadura cónica, ver croquis (c).
- d) Cuando la diferencia nominal interior entre caras sea mayor del espesor de pared del tubo más delgado y haya acceso al interior del tubo para soldar, la transición puede efectuarse con un corte cónico por el interior del extremo del tubo más grueso, ver croquis (b) o mediante una combinación de soldadura cónica hasta 0.5 veces el espesor de pared del tubo más delgado y luego un corte cónico a partir de ese punto, ver croquis (d).

Diámetros exteriores diferentes, Figura 1.

- a) Cuando la diferencia exterior entre caras no exceda de la mitad del espesor de pared del tubo más delgado, la transición puede efectuarse mediante soldadura, ver croquis (e), siempre y cuando el ángulo de elevación de superficie de la soldadura no exceda de 30° y ambos bordes biselados tengan una fusión adecuada.
- b) Cuando haya una diferencia exterior entre caras que exceda la mitad del espesor de pared del tubo más delgado, esa parte de la diferencia entre caras, en exceso de la mitad del espesor de pared del tubo más delgado, debe cortarse cónicamente, ver croquis (f).

Diámetros interiores y exteriores diferentes, Figura 1.

Cuando haya una diferencia tanto por el interior como por el exterior, el diseño de la junta debe ser una combinación de los croquis (a) a (f), ver croquis (g). En estas condiciones, se debe prestar atención particular al alineamiento apropiado.

Soldaduras de filete.

Las soldaduras de filete pueden ser desde cóncavas hasta ligeramente convexas. Para fines de resistencia el tamaño de una soldadura de filete se mide como la longitud del cateto del mayor triángulo rectángulo de catetos iguales inscrito en la sección transversal de la soldadura, como se ilustra en la Figura 3 que cubre los detalles recomendados para las conexiones de bridas.

4.7 Alivio de esfuerzos.

Las soldaduras en todos los aceros al carbono deben aliviarse de esfuerzos cuando el espesor nominal de pared sea igual o mayor de 1.25".

4.8 Calificación de soldadores.

Para toda obra de construcción de tuberías a presión, los soldadores deben calificarse de acuerdo con los procedimientos calificados, los cuales debieron cumplir lo establecido en API 1104.

Los soldadores deben ser calificados cada vez que cambien las condiciones o parámetros que sirvieron de base para la calificación. La calificación de los soldadores se efectuará por medio de: inspección visual, inspección radiográfica y pruebas destructivas, de acuerdo con la sección 6 del API-1104 o equivalente. Los criterios de aceptación en la inspección visual y radiográfica de las pruebas son los indicados en API 1104.

La interpretación de las radiografías debe ser realizada por un técnico nivel II en radiografía debidamente calificado.

4.9 Soldaduras de campo.

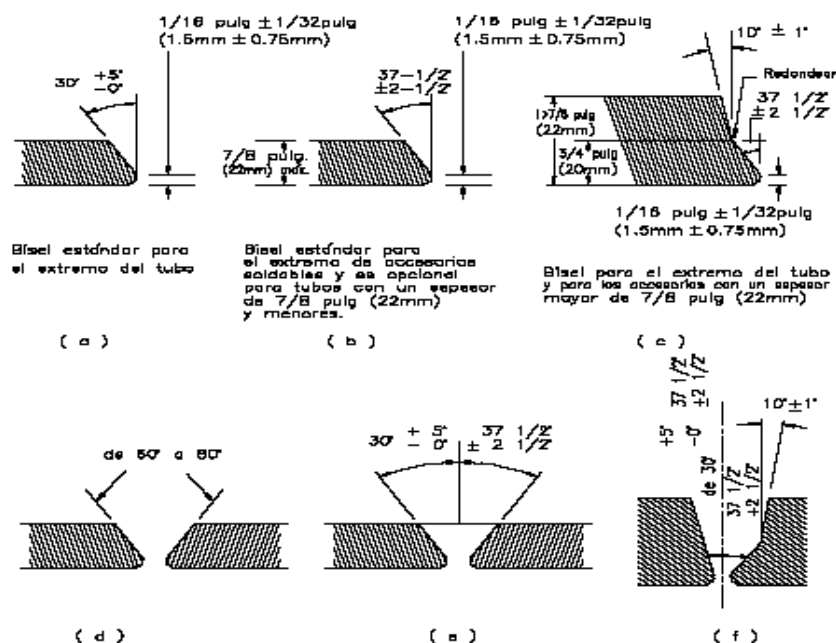
Los electrodos deben ser seleccionados para producir soldaduras con una resistencia igual o mayor a la de la tubería que se va a soldar y debe tener una composición química similar a la del metal base.

La operación de soldado se debe proteger de las condiciones meteorológicas (lluvia, viento, polvo, humedad, etc.) que puedan ser perjudiciales para la soldadura.

La conexión eléctrica de tierra no debe soldarse a la tubería, así como tampoco debe realizarse sobre equipos de proceso instalados como medio de continuidad eléctrica para cerrar el circuito con la pieza que se va a soldar.

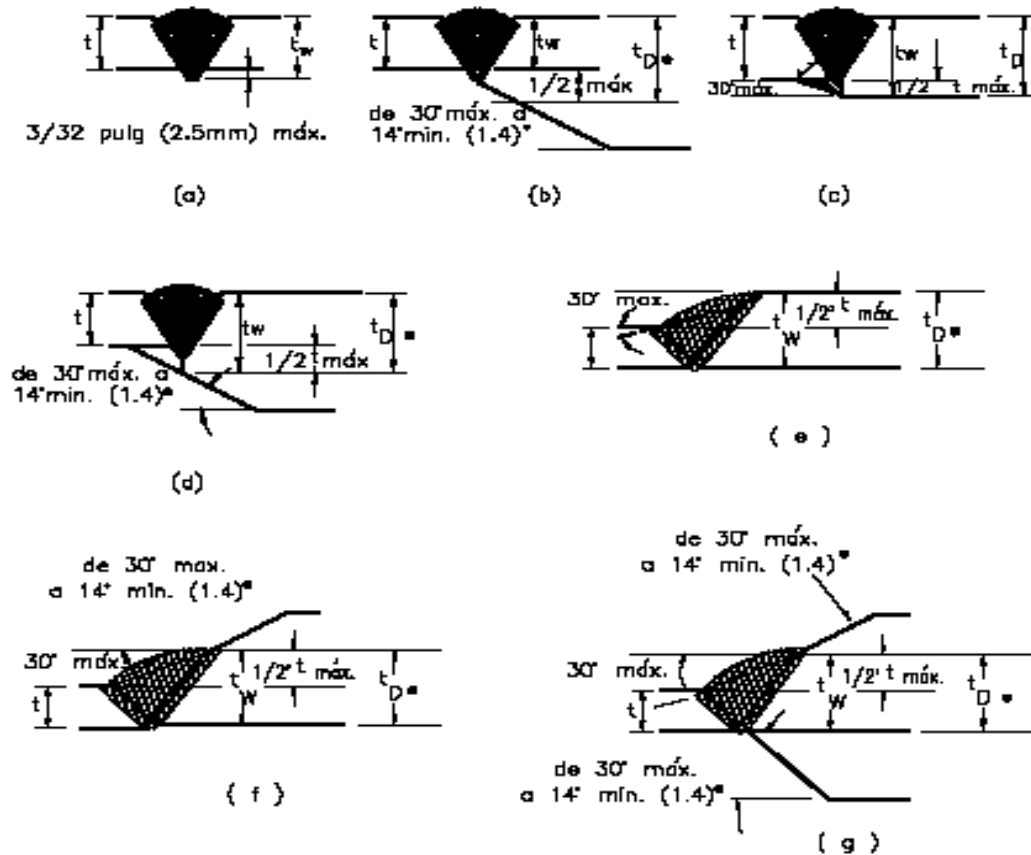
Todas las soldaduras de campo en ductos tanto en línea regular, como en obras especiales y empates, se deben radiografiar al 100% con la fuente de radiación apropiada a su espesor y con la técnica de inspección de pared sencilla, en ductos de 12" a 60" de diámetro, y la de doble pared sólo cuando no sea posible aplicar la de pared sencilla, para obtener radiografías que cumplan con la sensibilidad establecida en el API 1104 o equivalente, de acuerdo al espesor en acero y conforme se indica en API 1104

Figura 1 Diseños de bisel en la junta para tubos de igual espesor



COMBINACIONES ACEPTABLES EN EL BISEL DE LOS EXTREMOS DEL TUBO

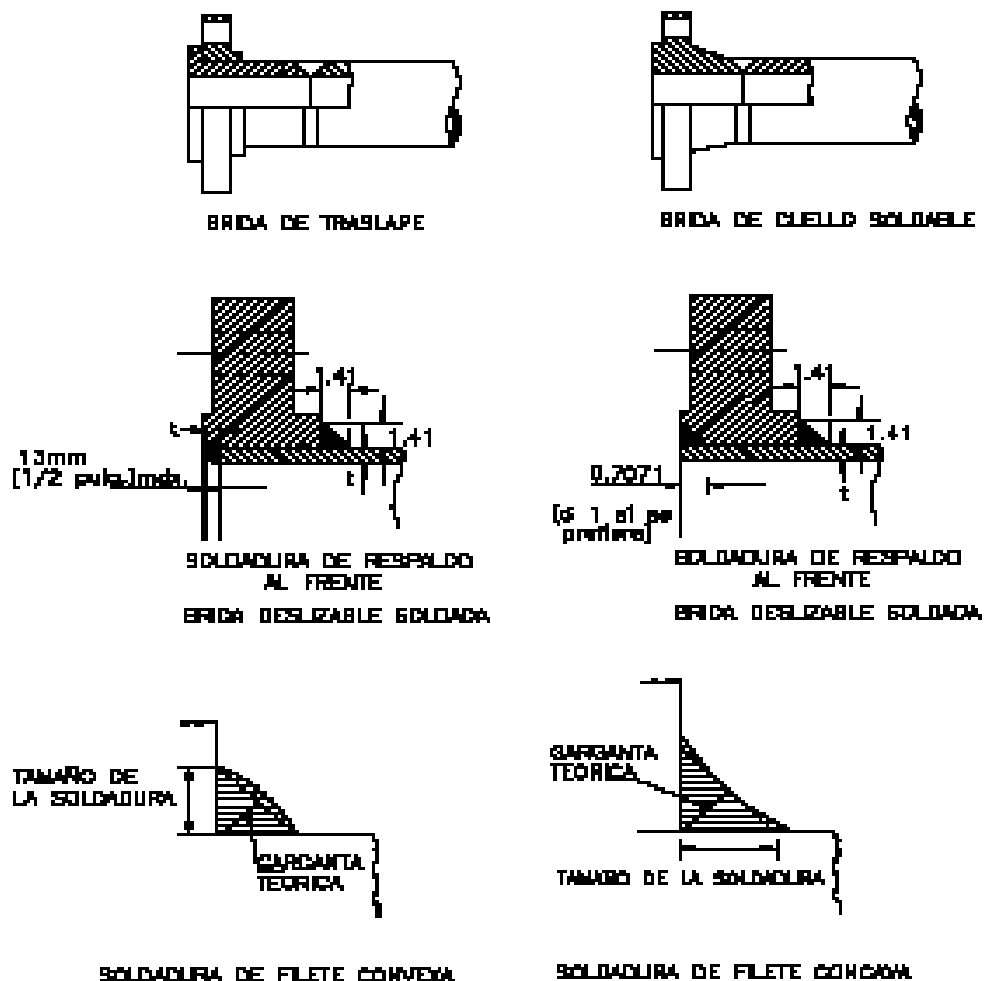
Figura 2 Detalles recomendados para la conexión de bridas



NOTA:

- (*) No hay mínimo cuando el material a unir tenga la misma resistencia a la cedencia
- (*) El máximo espesor "tD" para propósitos de diseño, no deberá ser mayor a 1.5t.

Figura 3 Detalle recomendados para la conexión de bridas



4. CONTROL DE CAMBIOS.

REVISIÓN	FECHA	EMITIDO PARA
Rev A.	14/08/2026	Revisión interna
Rev B.	04/09/2026	Revisión cliente