

Simplificar la Selección de Materiales

Su Guía de Opciones para Reducir la Corrosión



Swagelok®

Índice

Elija con Confianza	3		
Qué es la Corrosión	4		
Medidas para Controlar la Corrosión	5		
Identificar los Tipos de Corrosión y Seleccionar los Materiales	6		
Encontrar Materiales Adecuados	6	Aleaciones 6-Moly	17
Corrosión General (o Uniforme)	7	Aleación Acero Inoxidable 2507 Súper Dúplex	18
Corrosión Localizada: Corrosión por Picaduras y Corrosión Intersticial	8	Aleación 825	19
Corrosión por Picaduras	9	Aleación 625	20
Corrosión Intersticial	10	Aleación C -276	21
Rotura por Corrosión bajo Tensión, (SCC)	11	Aleación 400	22
Corrosión bajo Tensión de Gases Sulfurosos o Sulfuros (SCC)	12	Aleaciones de Titanio	23
Debilitamiento por Hidrógeno	13	Combinaciones Diseñadas	24
Corrosión Intergranular (IGC)	14	Entender los Requisitos y Normas	25
Corrosión Galvánica	15	Requisitos de NACE®	26
Acero inoxidable 316	16	NACE MR0175/ISO 15156 Descripción General	27
		Requisitos de NACE para los Racores para Tubo de Aleación Súper Dúplex	28
		Requisitos de NACE para la Aleación 625 y los Accesorios de Media Presión	29
		Requisitos de NACE para Tubo, Tubería y Accesorios para Soldar de 6-Moly	30
		Normativas de NORSOK	31
		Más información	33
		Formación en Ciencias de los Materiales	33
		Más Recursos	34
		Calidad y Fiabilidad	34
		Formación en Producto y en Sistemas	35
		Servicios de Evaluación y Asesoramiento	35
		Custom Solutions	35
		Encuentre a su Asesor Técnico	35
		Artículos	36
		Guía de Referencia	36
		Informes de Ensayos de Producto	36
		NACE	36
		Selección Fiable de un Componente	37

Una plataforma marítima puede tener cerca de 15.000 metros de tubo, más de 20.000 componentes para sistemas de fluidos, no menos de 10.000 racores, y unas 8.000 conexiones mecánicas.

No es de extrañar que elegir un material no sea fácil.

En realidad, hay mucho en qué pensar al especificar materiales para líneas de instrumentación, energía hidráulica, inyección química, sistemas contra incendios, y otras muchas áreas.

Aquí es donde Swagelok puede ayudar. Llevamos combatiendo la corrosión desde 1947. Nosotros simplificamos la selección gracias a nuestro profundo conocimiento de los factores que favorecen la corrosión, y también a las propiedades de los materiales que ayudan a afrontarla. Utilizamos materiales que contienen aleaciones, metales que contienen dos o más elementos que permiten a nuestros productos funcionar mejor. Por ejemplo:

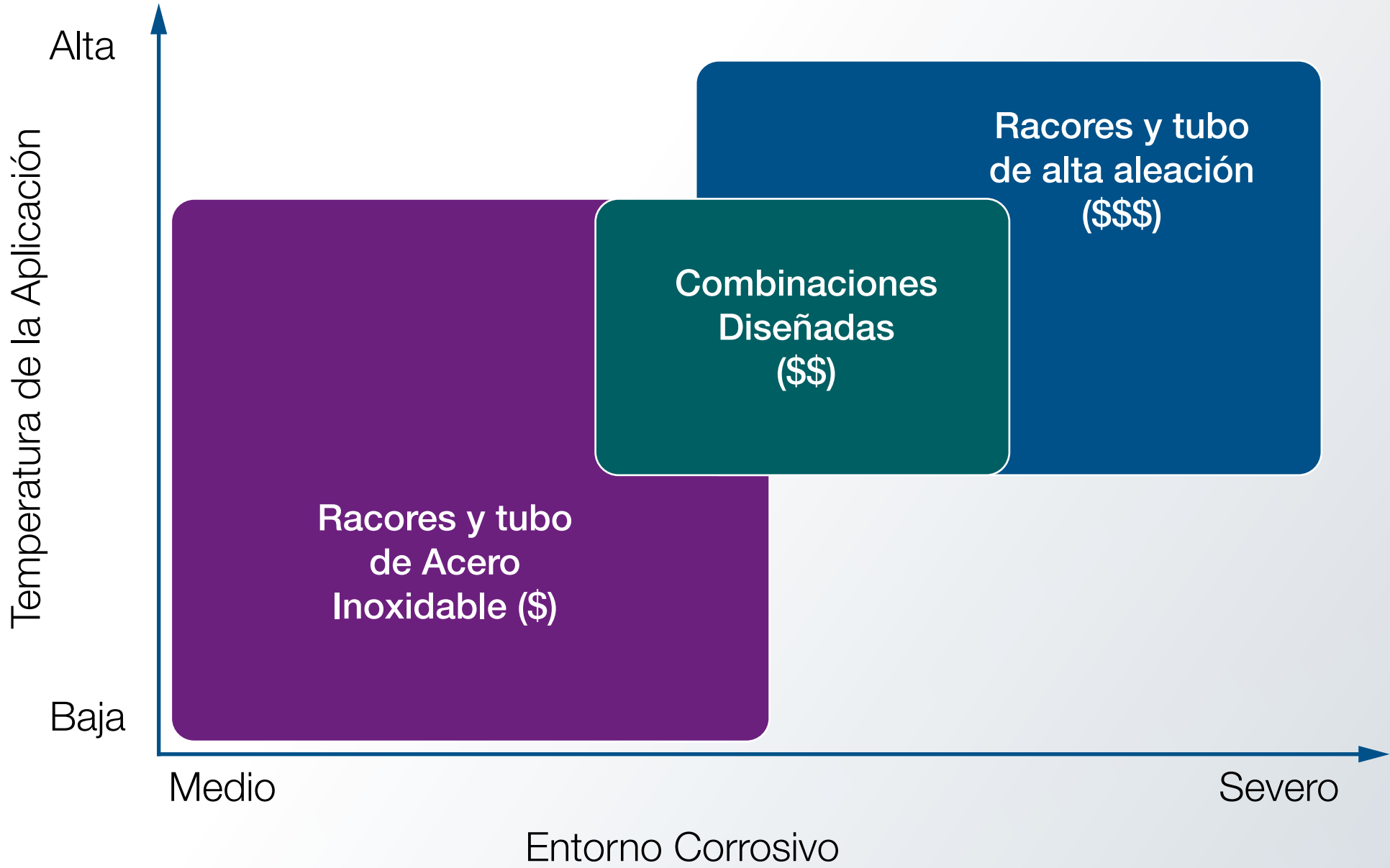
Hierro [Fe] + Carbono [C] = Acero al carbono

Hierro [Fe] + Cromo [Cr] = Acero inoxidable

Gracias a las estrictas medidas de control de calidad, a la formación dirigida por expertos y al apoyo de los centros autorizados de ventas y servicio, Swagelok ofrece una inigualable experiencia en los entornos más duros del mundo. Hacemos de la selección de los materiales, una cuestión de confianza para nuestros clientes. Swagelok puede ser la diferencia material en su operación.

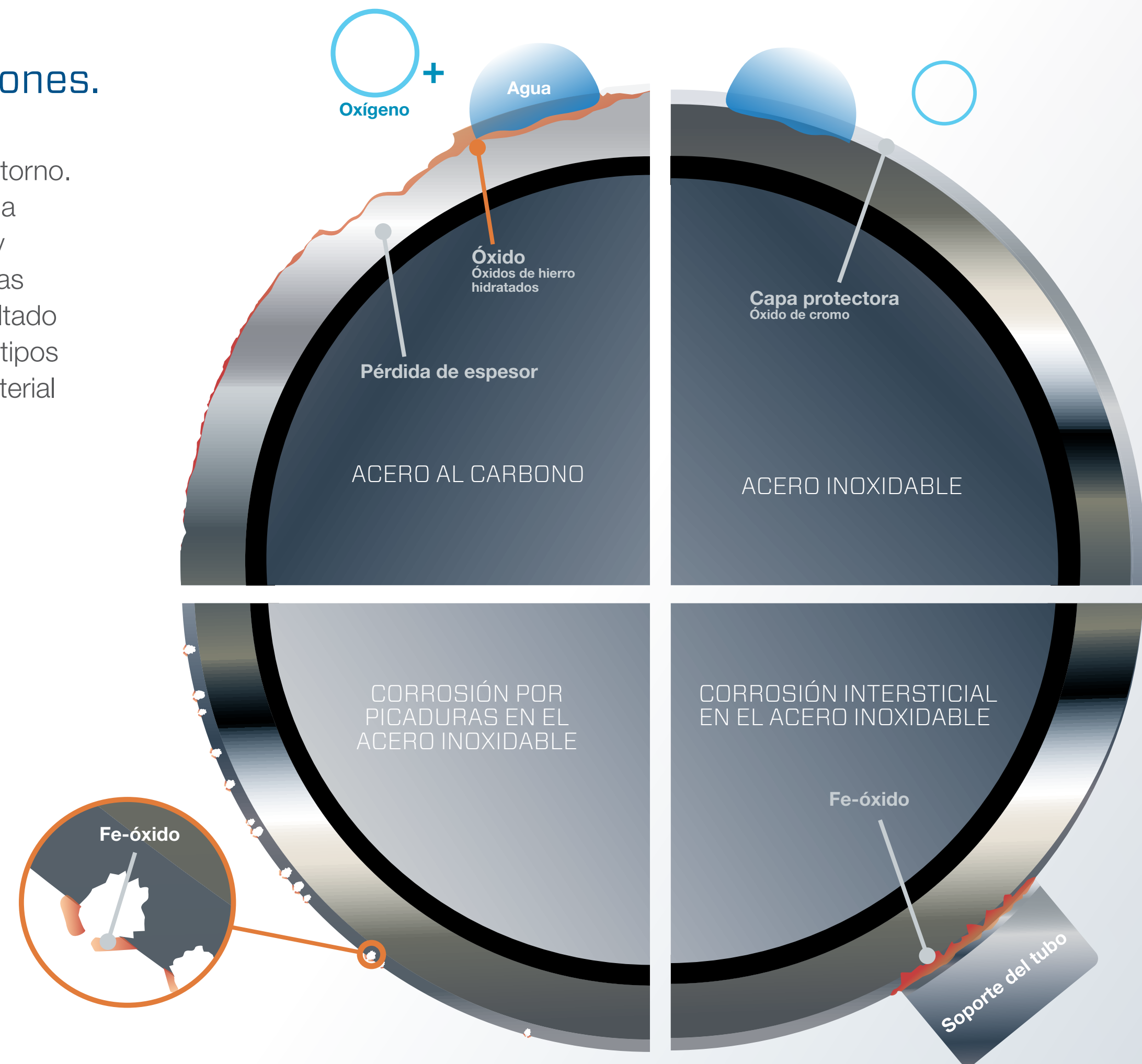
Selección de Aleaciones para los Racores y el Tubo

Consideraciones de Aplicación y Costes



Casi todos los metales se corroen bajo ciertas condiciones.

La corrosión es la degradación física de un material debido a la interacción con su entorno. La corrosión se da cuando un átomo metálico es oxidado por un fluido, provocando la pérdida de material en la superficie del metal. Eso reduce el espesor de la superficie y lo hace más propenso al fallo mecánico. Casi todos los metales se corroen bajo ciertas condiciones. Por ejemplo, el óxido es un frecuente subproducto de la corrosión, resultado de la corrosión del hierro que forma óxido de hierro. Sin embargo, hay muchos otros tipos de corrosión. Cada uno supone un riesgo que debe ser valorado al seleccionar el material óptimo para su aplicación.



Los costes totales anuales de la corrosión se estiman en 1.150 millones de euros para toda la industria de producción de petróleo y gas.

Para los productores de petróleo y gas, el problema puede ser especialmente caro. La National Association of Corrosion Engineers (NACE) estima unos costes anuales por corrosión de 1.150 millones de euros para toda la industria de producción de petróleo y gas. Pero si el personal puede identificar visualmente y saber dónde buscar la corrosión, puede minimizar el riesgo. Mejor aún, si los ingenieros pueden prever la corrosión y elegir las mejores opciones, mejoran la integridad del sistema, la longevidad de los bienes, el rendimiento y la seguridad.

Siga estos pasos para reducir el impacto de la corrosión en sus aplicaciones:

- Identificar los Tipos de Corrosión—qué aspecto tiene, dónde se produce y por qué
- Seleccione materiales resistentes a la corrosión
- Minimice las áreas donde la corrosión intersticial pueda darse y reduzca el contacto entre materiales no compatibles
- Especifíquelo todo, desde los soportes y abrazaderas hasta el tubo, para reducir el potencial de corrosión
- Entender los requisitos y normas
- Más información sobre formación y otros recursos



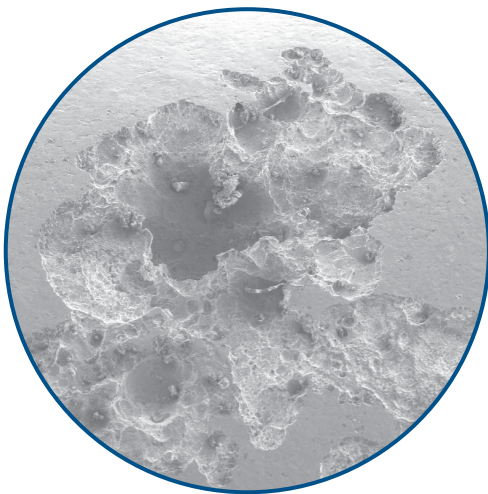
Para encontrar una solución sobre los materiales adecuados hay que empezar por el origen del problema.

Clique para saber más acerca de los muchos tipos de corrosión, así como de los materiales que ayudan a controlarla.



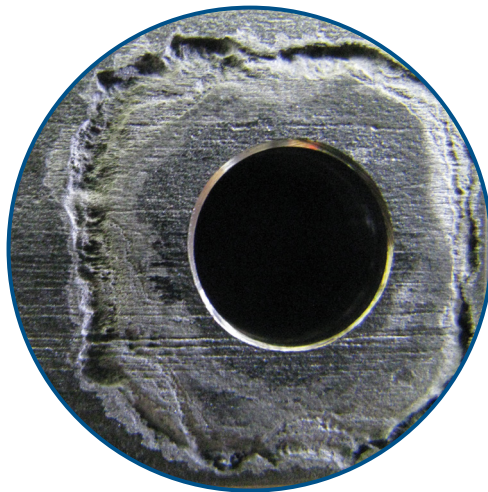
Corrosión General (o Uniforme)

Acero inoxidable 316/316L



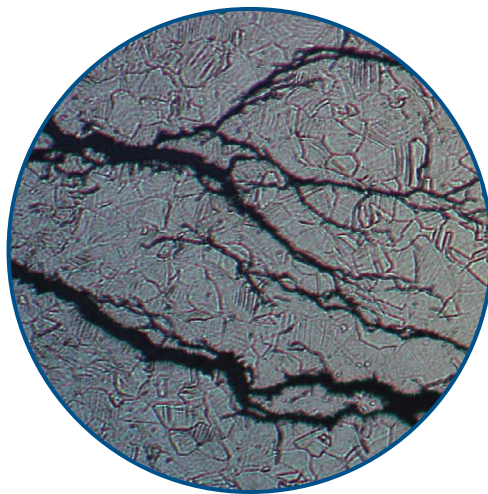
Corrosión por Picaduras Localizada

Aleación de Acero Inoxidable 2507 Súper Dúplex
6-Moly
Combinaciones Diseñadas



Corrosión Intersticial Localizada

Aleación de Acero Inoxidable 2507 Súper Dúplex
6-Moly
Combinaciones Diseñadas



Agrietamiento por Corrosión bajo Tensión

6-Moly
Aleación 825
Aleación de Acero Inoxidable 2507 Súper Dúplex
Aleación 400
Aleación C-276
Combinaciones Diseñadas



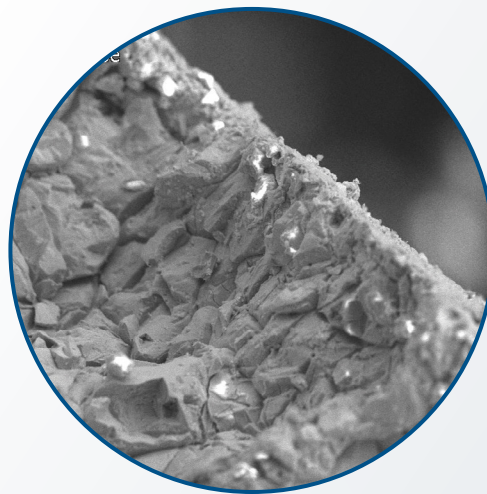
Corrosión bajo Tensión de Gases Sulfurosos o Sulfuros

6-Moly
Aleación 825
Aleación de Acero Inoxidable 2507 Súper Dúplex
Aleación 625
Aleación C-276



Debilitamiento por Hidrógeno

Acero inoxidable 316/316L
6-Moly
Aleación 625



Corrosión Intergranular

Calidades de acero inoxidable con bajo contenido de carbono
Acero inoxidable estabilizado con titanio o con niobio



Corrosión Galvánica

Materiales con diferencial de tensión inferior a 0,2V

Corrosión General (o Uniforme)

Fácilmente reconocible, adelgazamiento uniforme de la superficie expuesta

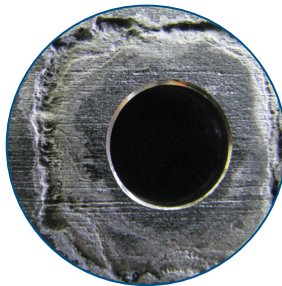
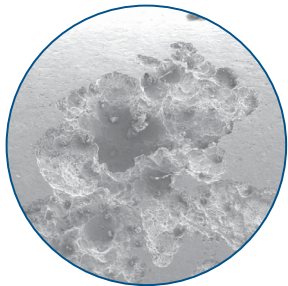
Qué es: El tipo de corrosión más conocido y también el más fácil de detectar y prever. Es inusual—aunque no inaudito—que la corrosión general produzca fallos desastrosos. Por esa razón, la corrosión general se ve más como una cuestión estética que como un problema serio. La corrosión general se produce de forma relativamente uniforme en toda la superficie metálica, y se mide normalmente en miligramos por centímetro cuadrado de material expuesto por día.

Cómo se forma: En un entorno corrosivo marino o de otro tipo, cuando la superficie del acero al carbono o de baja aleación queda expuesta a sustancias ácidas, empieza a descomponerse.

La corrosión general se puede medir según:

- La velocidad anual de retroceso del material. Por ejemplo, un acero al carbono desprotegido puede desaparecer en un entorno marino cerca de 1 mm al año.
- La pérdida de peso sufrida por una aleación en contacto con fluidos corrosivos, normalmente medida en miligramos por centímetro cuadrado de material expuesto por día.





Corrosión Localizada: Corrosión por Picaduras y Corrosión Intersticial

Habitual en entornos ácidos, o en instalaciones con espacios estrechos

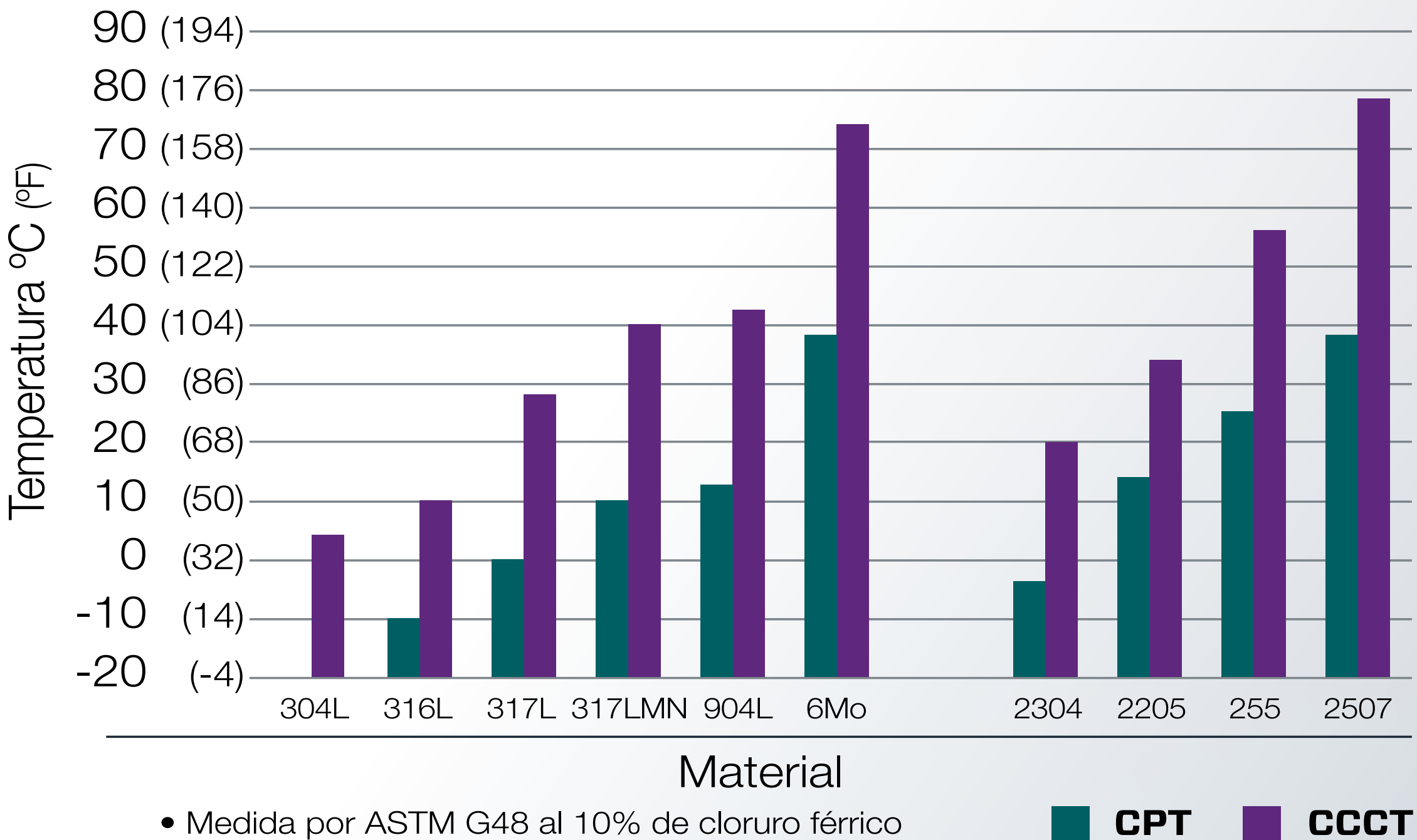
Qué es: La corrosión por picaduras y la corrosión intersticial son más difíciles de detectar que la corrosión general, y por tanto suponen un mayor desafío a la hora de identificarlas, preverlas y de diseñar en base a éstas.

Cómo se forma: La capa protectora del material puede romperse al quedar expuesta a fluidos ácidos. Un material es más resistente a la corrosión localizada cuanto más alta es su Temperatura Crítica de Picadura (CPT según sus siglas en Inglés, de «Critical Pitting Temperature»), y su Temperatura Crítica de Corrosión Intersticial (CCCT según sus siglas en Inglés, de «Critical Crevice Corrosion Temperature»). Estas son las temperaturas mínimas a las cuales se pueden observar la corrosión por picaduras y la corrosión intersticial. Los métodos para medir la CPT y la CCCT están descritos en la normativa ASTM G48.

➤ Conozca mejor la corrosión por picaduras

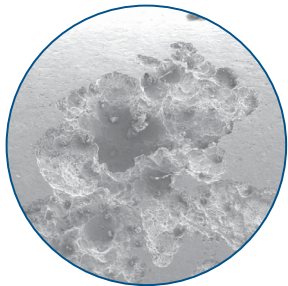
➤ Conozca mejor la corrosión intersticial

El Material importa: Para ampliar la información, consulte [“Prevenir la Corrosión por Picaduras y la Corrosión Intersticial”](#) publicado en World Oil.



La corrosión intersticial se produce a temperaturas inferiores que la corrosión por picaduras. Por ejemplo, en el acero inoxidable 316L en un entorno del 10% de cloruro férrico, la corrosión por picaduras puede iniciarse a 10°C (50°F), mientras que la corrosión intersticial puede hacerlo a -10°C (14°F).

Fuente: Directrices Prácticas para la Fabricación de Aceros Inoxidables Dúplex, Int. Molybdenum Assoc., 2001



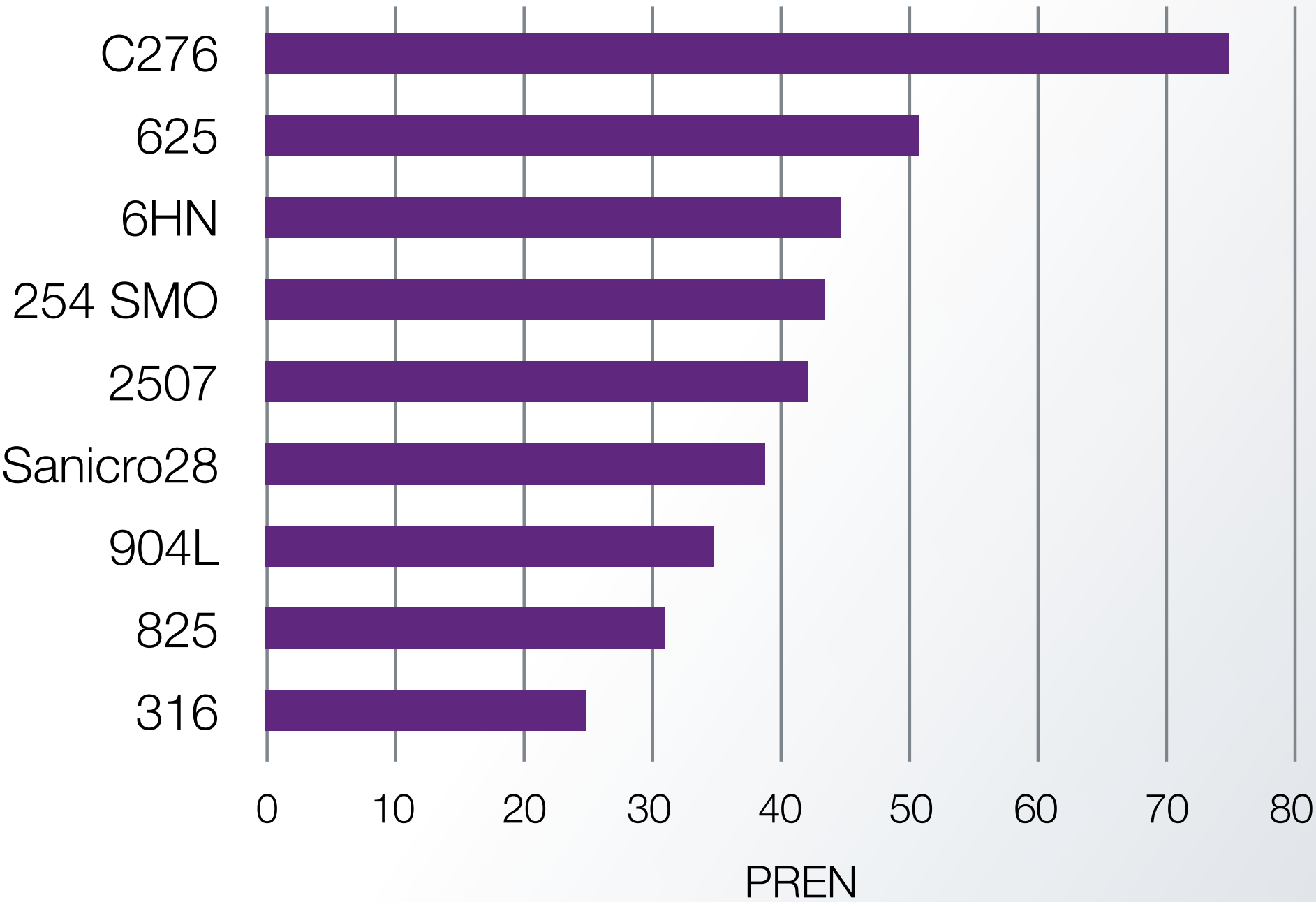
Corrosión por Picaduras

Común en entornos altos en cloruros a elevadas temperaturas

Qué es: La corrosión por picaduras produce la formación de pequeñas cavidades o fisuras en la superficie del material.

Aunque hace falta una minuciosa inspección visual para detectarlas, las fisuras pueden crecer hacia dentro lo suficiente como para perforar la pared del tubo. La corrosión por picaduras se observa más frecuentemente en entornos altos en cloruros a elevadas temperaturas.

Cómo se forma: Cuando la capa protectora de óxido (o capa de óxido pasiva) de la superficie del material se degrada, el metal se hace propenso a perder electrones. Eso hace que el hierro del metal se convierta en una solución en el fondo más anódico de la fisura, se difunda hacia la parte superior y se oxide dando lugar al óxido de hierro u oxidación. La concentración de la solución de cloruro de hierro en una fisura puede aumentar y acidificarse a medida que la fisura se hace más profunda. Eso produce una aceleración del crecimiento de la fisura, perforación de las paredes del tubo, y fugas.



$$PREN = \%Cr + 3.3 \times (\%Mo + 0.5W) + 16 \times \%N$$

Altos valores PREN indican una mayor resistencia a la corrosión por picaduras.

La mejor prevención de la corrosión por picaduras es una buena selección de la aleación. Se pueden comparar diferentes metales o aleaciones a través de su Número Equivalente de Resistencia a Picaduras (PREN, de «Pitting Resistance Equivalence Number»), calculado en base a la composición química del material. El PREN aumenta con niveles más altos de cromo, molibdeno y nitrógeno.



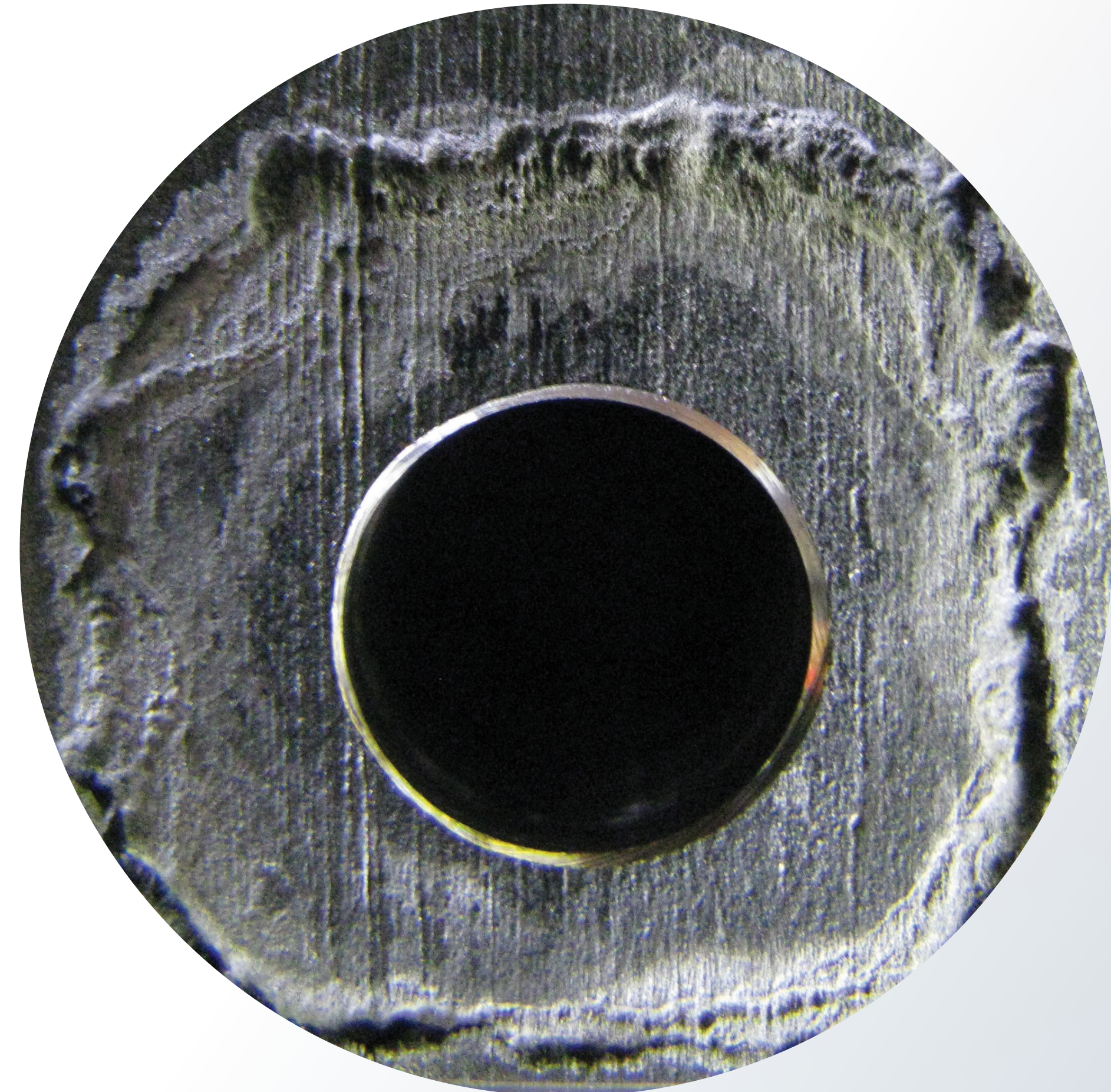
Corrosión Intersticial

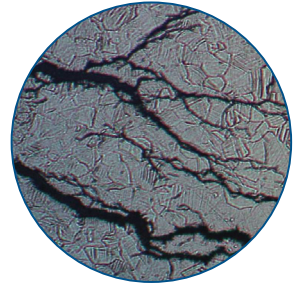
Corrosión localizada asociada a espacios estrechos o estancados

Qué es: En un sistema de fluidos común, existen intersticios entre el tubo y los soportes o bridas del tubo, entre tiradas de tubo adyacentes o bajo restos y depósitos acumulados en las superficies. Los intersticios son prácticamente imposibles de evitar en instalaciones de tubo, y cuando son muy estrechos suponen el mayor riesgo de corrosión.

Cómo se forma: Dentro de los intersticios se inicia la formación de pequeñas fisuras y con el tiempo, la capa pasiva de óxido que protege el metal se descompone. Las fisuras crecen en tamaño y profundidad hasta que cubren toda la superficie intersticial. En algunos puntos, el tubo puede perforarse. La corrosión intersticial se produce a temperaturas muy inferiores que la corrosión por picaduras.

El Material importa: Cuando el agua marina se dispersa hacia un intersticio, algunos iones de Fe^{++} se disuelven y quedan atrapados sin poder salir rápidamente de ese estrecho espacio. En agua salada, cargada negativamente, los iones de cloro (Cl^-) son atraídos por los iones de Fe^{++} cargados positivamente y comienzan a dispersarse hacia el intersticio. A medida que la concentración de cloruro aumenta, la solución en el intersticio se hace más corrosiva provocando una mayor disolución de hierro, que a su vez atrae más iones de cloro que se dispersan hacia el intersticio. Finalmente la solución en el intersticio se convierte en una solución ácida con alta concentración de cloruro, que es muy corrosiva.





Agrietamiento por Corrosión bajo Tensión (SCC)

Común en aceros inoxidable (inducida por cloro), acero templado (inducida por alcalinos) y latón (inducida por amoníaco)

Qué es: El agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC según sus siglas en inglés de “stress corrosion cracking”) es peligroso porque puede destruir un componente a niveles de tensión inferiores a la resistencia a la tracción de una aleación. En presencia de iones de cloruro, los aceros inoxidable austeníticos son propensos al SCC. Los iones interactúan con el material en el extremo de una grieta, donde el esfuerzo de tracción es el máximo, facilitando el crecimiento de la grieta. Durante el proceso, puede ser difícil de detectar y el fallo definitivo puede producirse repentinamente.

Cómo se forma: Para que ocurra el SCC, deben darse tres condiciones simultáneamente:

- El metal debe ser susceptible de SCC
- Debe haber condiciones medioambientales (fluido o temperatura) favorables al SCC
- El esfuerzo de tracción (aplicado + residual) debe estar por encima del nivel crítico

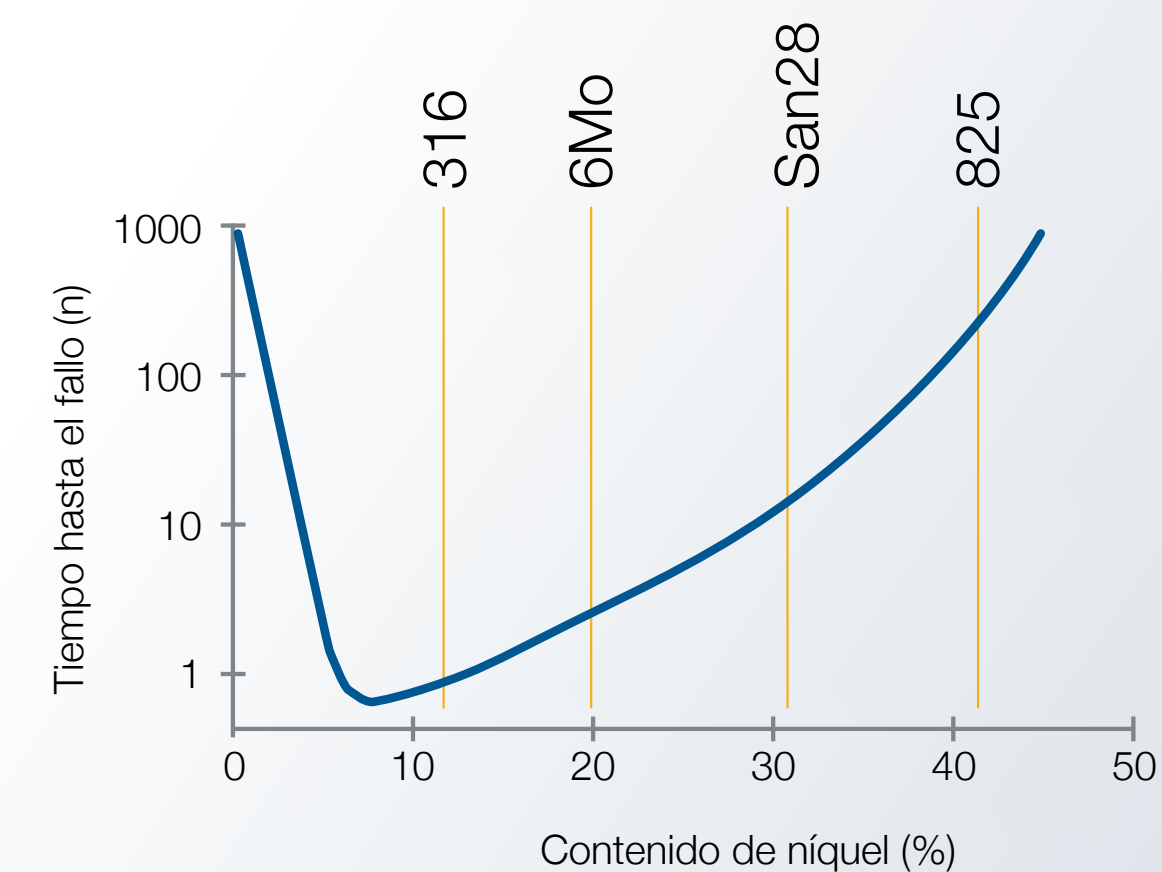
Los materiales resistentes al SCC, incluyen:

- Aceros al carbono
- Aleaciones con base de níquel
- Aceros inoxidable Dúplex

El Material importa: Mas información sobre la selección de componentes para sistemas de fluidos para yacimientos con entornos sulfurosos con Swagelok. Lea los consejos publicados por nuestro experto líder para los suscriptores de [Offshore Magazine](#).



Contenidos mayores de níquel muestran una mayor resistencia al SCC inducido por cloro.



Agrietamiento por Corrosión bajo Tensión de Gases Sulfurosos o Sulfuros (SCC)

Común en depósitos antiguos en los que se ha inyectado agua marina para aumentar la recuperación de petróleo, aplicaciones de gases sulfurosos y entornos ricos en compuestos de sulfuros

Qué es: La Corrosión bajo tensión de gases sulfurosos, también conocida como Agrietamiento por Corrosión bajo Tensión de Sulfuros (SSC en sus siglas en inglés de "sulfide stress cracking"), es el deterioro del metal debido al contacto con sulfuro de hidrógeno (H_2S) y humedad. El H_2S es muy corrosivo en presencia de agua. Esta condición puede provocar el debilitamiento del material, produciendo agrietamiento bajo la acción combinada del esfuerzo de tracción y la corrosión.

Cómo se forma: Para que ocurra el SSC, deben darse tres condiciones simultáneamente:

- El metal debe ser susceptible de SSC
- El medioambiente debe ser suficientemente sulfuroso (alto en H_2S)
- El esfuerzo de tracción (aplicado + residual) debe estar por encima del nivel crítico

Existe un mayor riesgo de SCC cuando se combinan mayores niveles de los siguientes factores, comparado con materiales menos propensos a sufrir SCC:

- Dureza/resistencia a la tracción del material
- Resistencia total a la tracción (aplicada + residual)
- Concentración de iones de hidrógeno (menor pH)
- Tiempo de exposición
- Presión parcial de H_2S
- Entornos con temperaturas más bajas

El Material importa: La Normativa Internacional MR0175/ISO 15156: Industrias del Petróleo y Gas Natural, describe los materiales adecuados para entornos sulfurosos en la producción de petróleo y gas. Y para obtener ayuda en la selección de componentes para yacimientos en entornos sulfurosos, consulte [este artículo](#) del director científico de Swagelok, Gerhard Schiroky, publicado en *Offshore Magazine*.



Reproducido de Science Direct, Volumen 1, Edición 3, S.M.R. Ziaei, A.H. Kokabi, M. Nasr-Esehani, Caso Práctico de Agrietamiento por Corrosión bajo Tensión inducida por Sulfuros, y Rotura del Cuerpo de la Válvula de Control de la Cabeza de Pozo A216-WCC inducida por Hidrógeno, Páginas 223-224, Julio de 2013 con permiso de Elsevier.



Debilitamiento por Hidrógeno¹

Sucede cuando los materiales están sometidos a esfuerzo por tracción

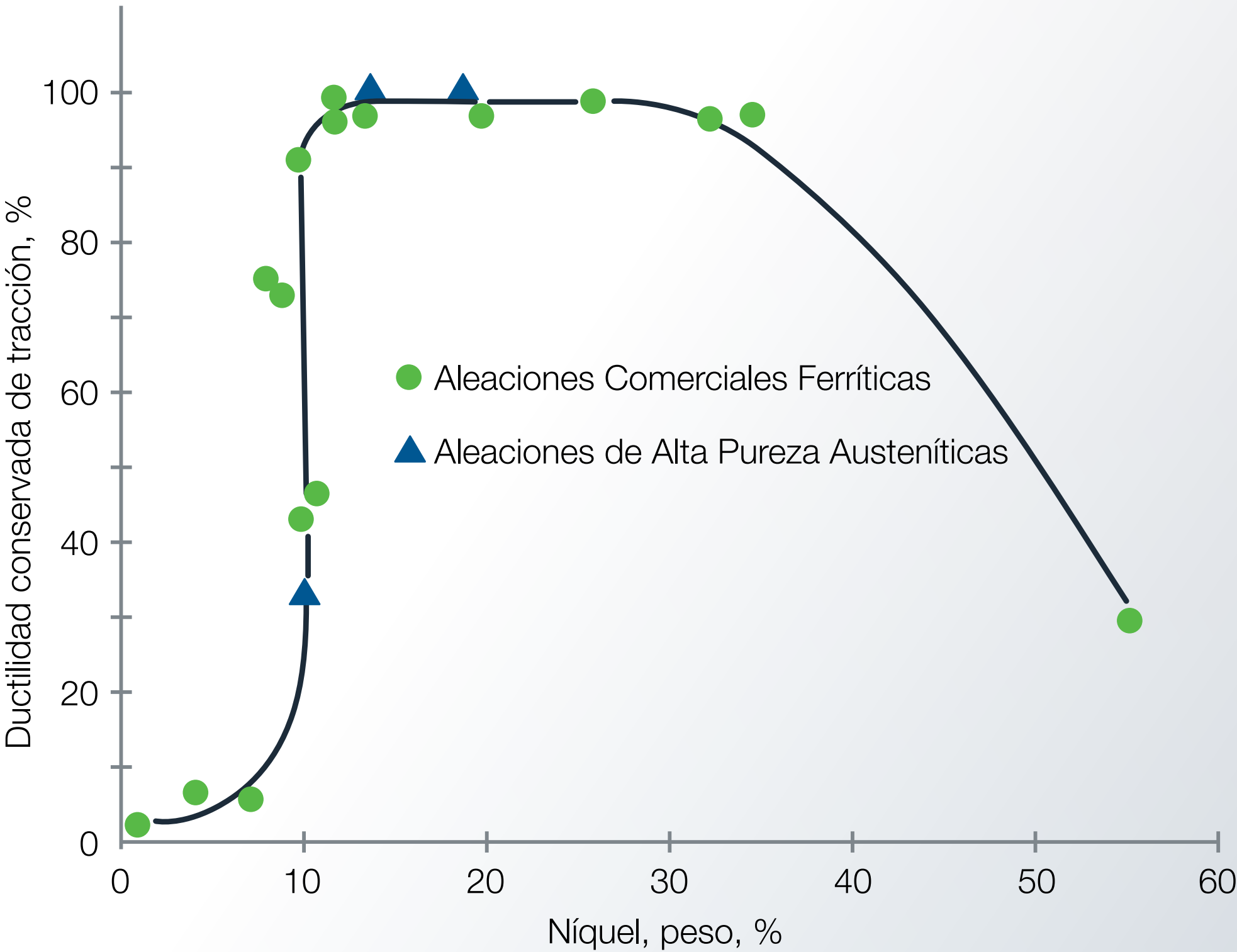
Qué es: Los átomos de hidrógeno pueden dispersarse hacia el interior de los metales, debilitándolos. Todos los materiales susceptibles de debilitamiento por hidrógeno son también muy propensos al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

Cómo se forma: El agrietamiento inducido por hidrógeno puede ocurrir si el metal está sujeto a esfuerzo de tracción estático o cíclico.

El hidrógeno puede provocar cambios en las propiedades mecánicas y en el comportamiento del metal, incluyendo:

- Reducción de la ductilidad (elongación y reducción del área)
- Reducción de la resistencia a los impactos y las fracturas
- Aumento del fallo de fisuración por fatiga

El debilitamiento por hidrógeno se puede evitar seleccionando materiales resistentes al hidrógeno, como las aleaciones con contenido de níquel entre el 10% y el 30%, o evitando entornos ricos en hidrógeno.



Las aleaciones ferríticas con muy bajo contenido de níquel (como las aleaciones comerciales del gráfico) se debilitan significativamente, mientras que las aleaciones con contenidos de níquel entre el 10% y el 30% (como las aleaciones de alta pureza del gráfico) se debilitan relativamente poco.

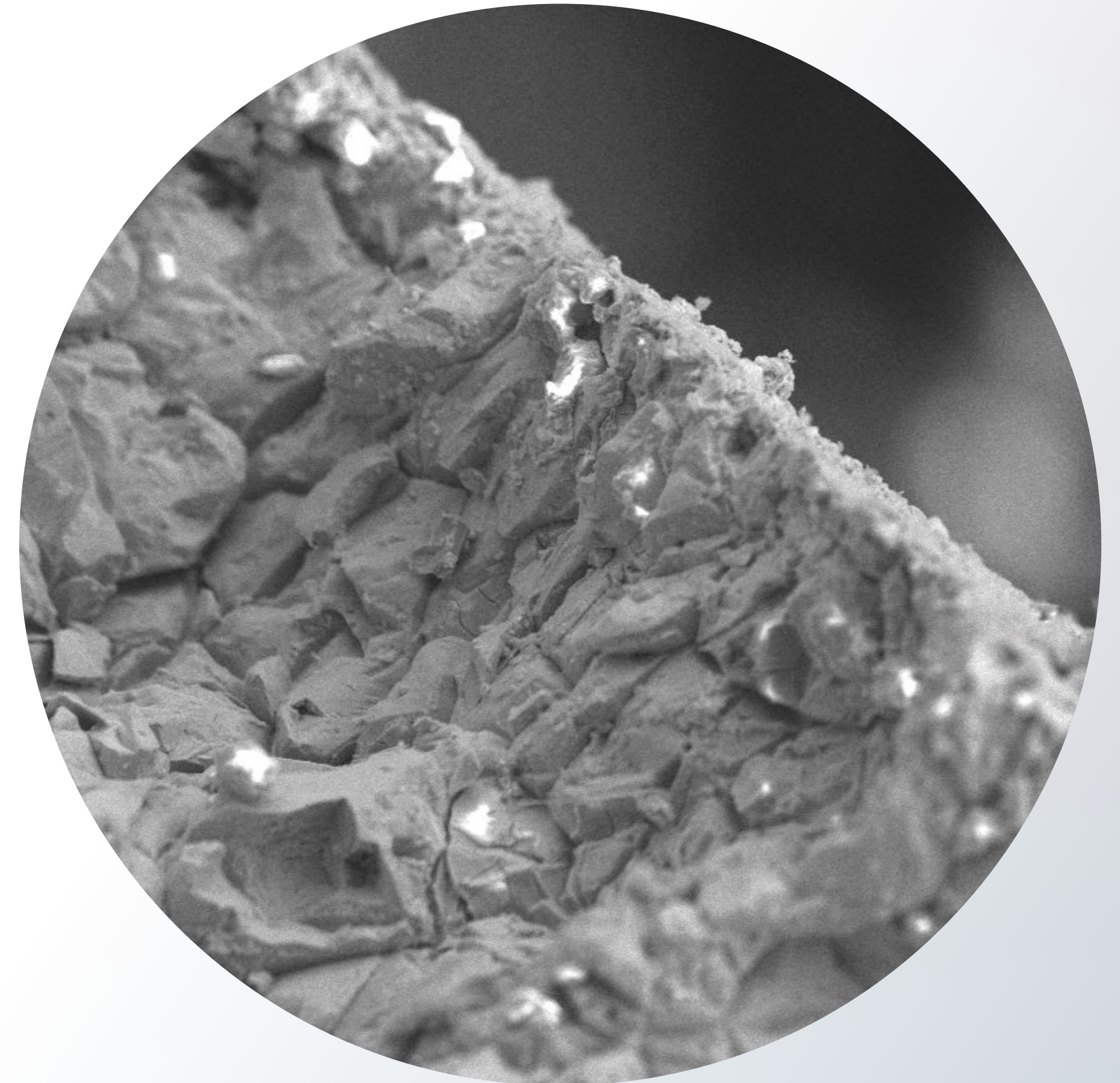
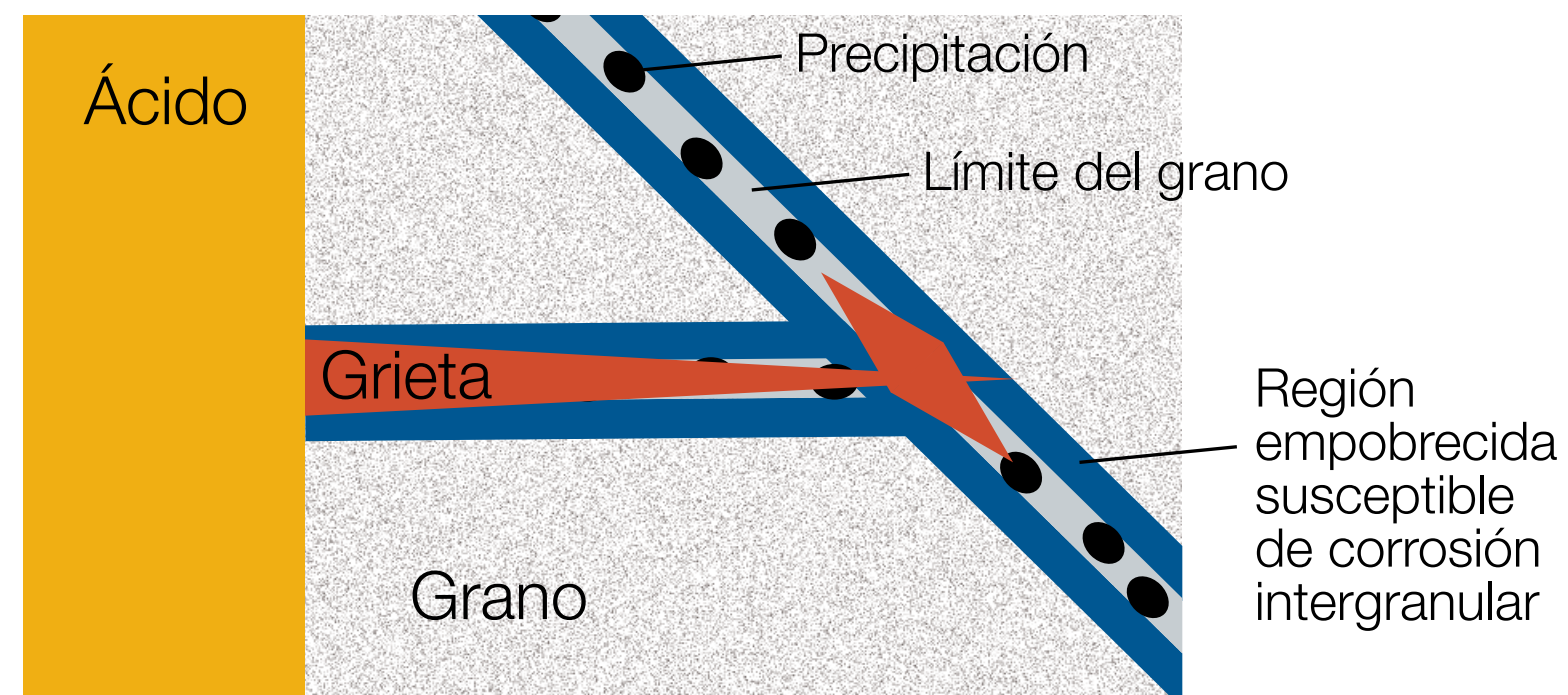
Fuente: G.R. Caskey, Manual de Compatibilidad de los Acero inoxidable con el Hidrógeno (1983)

Corrosión Intergranular (IGC)

Común en operaciones de soldadura, tratamiento térmico y aplicaciones de alta temperatura

Qué es: Para entender la corrosión intergranular (IGC según sus siglas en inglés), piense en que todos los metales están formados de granos sueltos. En cada grano, los átomos están ordenados sistemáticamente formando un entramado de tres dimensiones. La IGC ataca al material a lo largo de los límites de los granos (donde se unen los granos que forman el metal).

Cómo se forma: Durante la soldadura, los tratamientos térmicos o la exposición a altas temperaturas, unos compuestos llamados carburos pueden acumularse a lo largo de esos límites, formando precipitados. La formación de carburos afecta a la uniforme distribución de los elementos que componen el metal, robando el material adyacente a los límites de los granos de elementos importantes como el cromo. Cuando fluidos corrosivos (como los ácidos) atacan a regiones empobrecidas en cromo, se pueden formar grietas intergranulares. Esas grietas pueden propagarse por todo el material y permanecer ocultas, haciendo de la IGC una forma peligrosa de corrosión.





Corrosión Galvánica

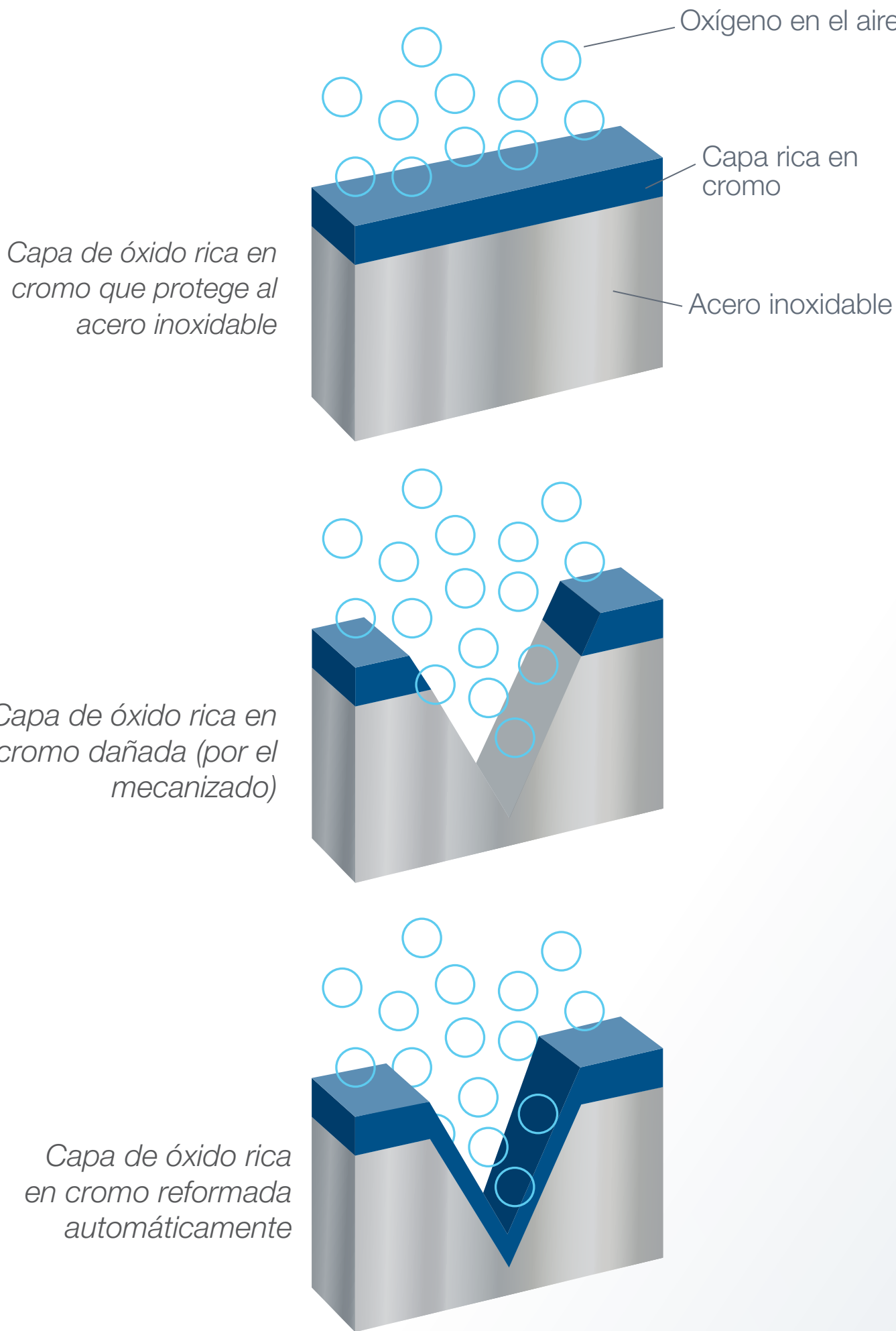
Puede darse cuando la diferencia de potencial eléctrico entre dos materiales es demasiado alta

Qué es: La corrosión galvánica se produce cuando materiales con potencial de electrodo desigual están en contacto en presencia de un electrolito. Una superficie o capa pasiva en el acero inoxidable, es una capa de óxido rica en cromo que se forma automáticamente en la superficie en contacto con el aire y lo protege de la corrosión. La capa pasiva hace al material más noble y menos propenso a la corrosión. La compatibilidad de los metales se puede medir por el Índice Anódico, que describe la diferencia de potencial o voltaje de los metales medida en agua de mar frente a un electrodo estándar.

Cómo se forma: Cuando la diferencia de potencial entre dos metales distintos en presencia de un electrolito es demasiado grande, la capa pasiva del material comienza a descomponerse.

Para evitar la corrosión galvánica, seleccione materiales con una diferencia de potencial no superior a 0,2V. Por ejemplo, un racor de acero inoxidable 316 (-0,05V) con tubo de 6-Moly (0,00V) resultaría en un voltaje de 0,05V entre las dos aleaciones. Este voltaje es significativamente inferior a 0,2V, lo que significa que el riesgo de corrosión galvánica es bajo.

[Vea el Gráfico de Compatibilidad Galvánica](#)



Voltios vs ECS		Material
-1.60	Activo	Magnesio
-1.00		Zinc
-0.95		Aluminio
-0.70		Cadmio
-0.60		Acero al carbono
-0.50		Tipo 304 (activo)
-0.40		Tipo 316 (activo)
-0.35		Latón Naval
-0.30		Metal Muntz
-0.30		Cobre
-0.30		Bronce Manganese
-0.25		Cu-Ni 90-10
-0.20		Cu-Ni 70-30
-0.20		Plomo
-0.15		Níquel
-0.10	Noble	Tipo 304 (pasivo)
-0.05		Tipo 316 (pasivo)
0.00		Aleación E-BRITE(r)
0.00		Aleación AL 29-4C(r)
0.00		Aleación AL-6XN(r)
0.05		Aleación 625, Aleación 276
.010		Titanio
.025		Grafito

ECS se refiere a Electrodo de Calomel Estándar.

Índice Anódico
Los materiales nobles con “superficies pasivas” no son tan susceptibles de corrosión galvánica como los materiales menos nobles, o los materiales nobles con “superficies activas”. En este gráfico, el magnesio es el material menos noble, y el grafito el más noble.



Acero inoxidable

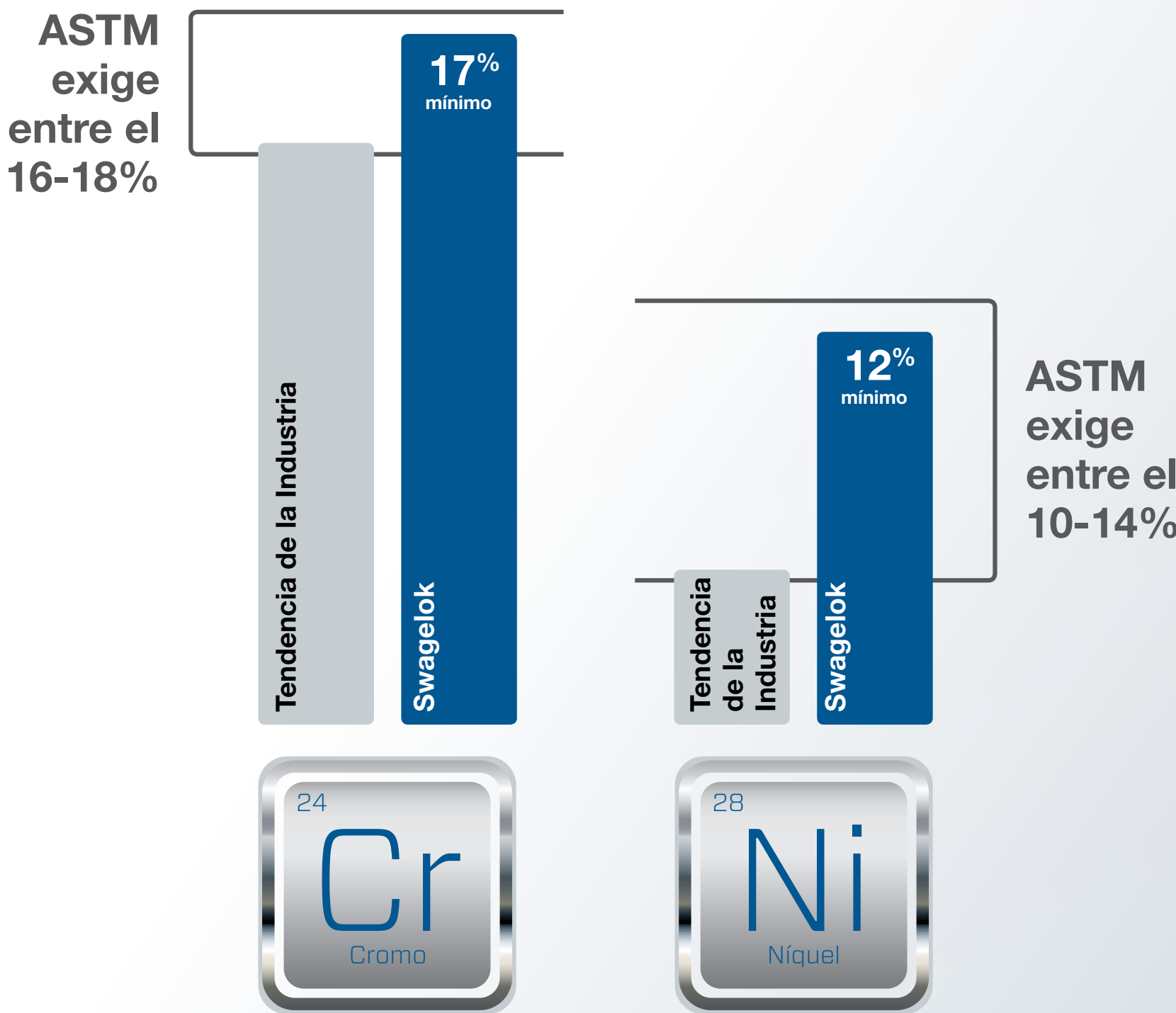
Acero inoxidable 316

En todos los aceros inoxidables, el cromo y el níquel son críticos para la resistencia a la corrosión y la ductilidad. La incorporación de >10% de cromo transforma el acero en acero inoxidable, creando una capa de óxido invisible y adherida rica en cromo. Esta capa de óxido se forma cuando el cromo de la aleación reacciona con el oxígeno del aire. Esta capa da al acero su carácter inoxidable. La incorporación de níquel da una buena ductilidad y facilidad de modelado y soldadura.

Pero no todo el material de barra es el mismo. El material de Swagelok contiene más que los requerimientos mínimos, y en algunos casos más que las tendencias industriales de cromo y níquel.

Tenga en cuenta que aunque los aceros inoxidables no sufren corrosión general, pueden verse afectados por corrosión localizada.

El Material importa: El riesgo de Agrietamiento por Corrosión bajo Tensión (SCC) aumenta cuando las concentraciones de cloruros, las temperaturas y los esfuerzos de tracción son altos. Ningún acero inoxidable es completamente inmune al SCC. Hemos realizado amplias pruebas SCC a los racores Swagelok con excelentes resultados. [Vea los resultados de las pruebas.](#)



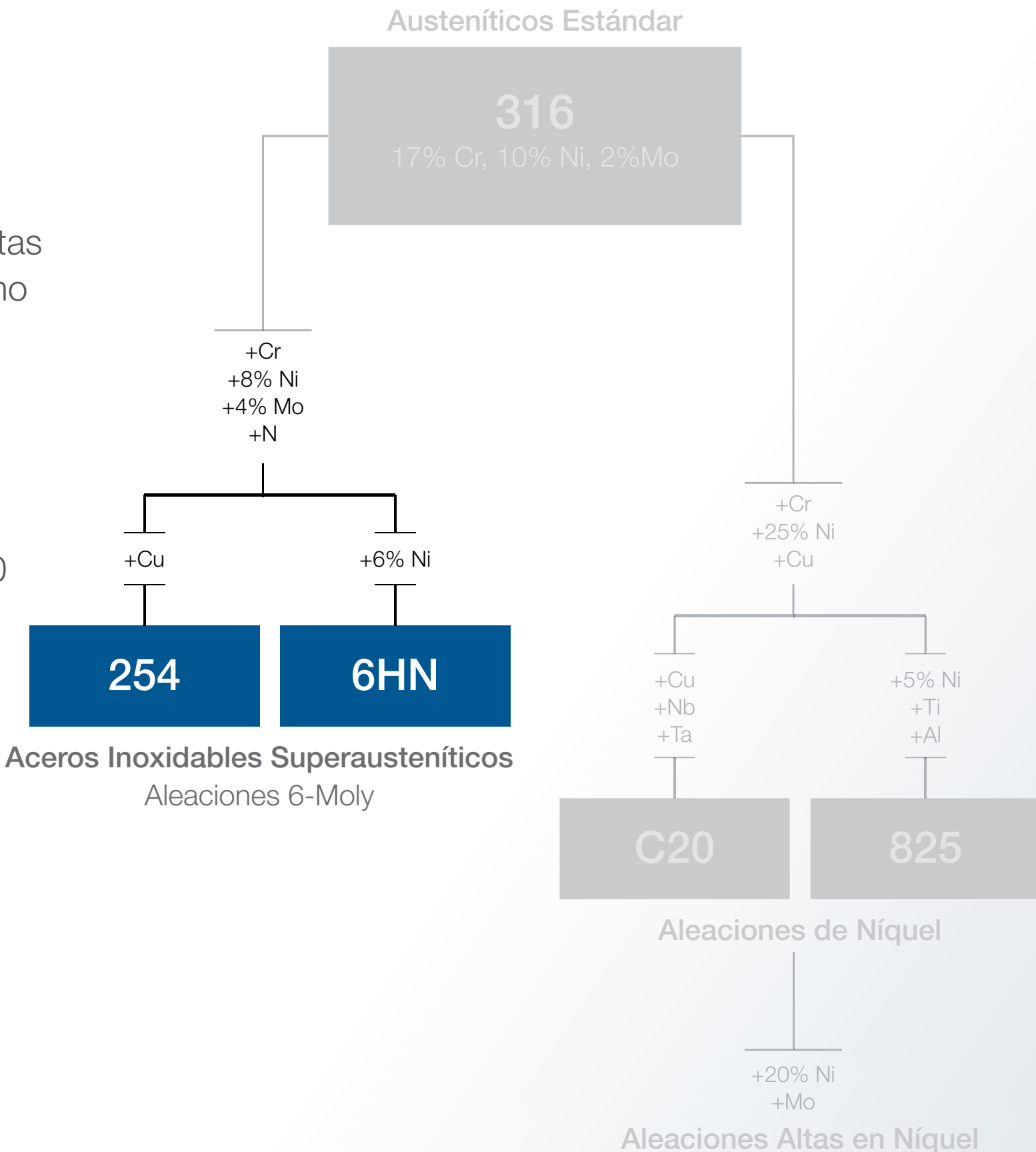
El acero inoxidable 316 Swagelok supera las especificaciones mínimas de ASTM.

Acero inoxidable

Aleaciones 6-Moly

En las aleaciones 6-Moly (6Mo) como la 6HN y la 254, con la incorporación de niveles mejorados de cromo, molibdeno y nitrógeno se consigue una muy mejorada resistencia a la corrosión por picaduras e intersticial en entornos ricos en cloro. La aleación 6HN tiene un contenido más alto de níquel (Ni) que la 254, lo que aumenta la resistencia a la corrosión. Estas aleaciones son llamadas aceros inoxidables superausteníticos porque contienen como mínimo un 6% de molibdeno.

- Resistente a la corrosión por picaduras e intersticial
- Resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión de cloruros (CSCC)
- Resistencia del material un 50% superior a los aceros inoxidables austeníticos serie 300
- Resistente a los impactos, moldeabilidad, soldabilidad
- Idoneidad para aplicaciones de gases sulfurosos (NACE MR0175/ISO 15156)
- Disponibilidad bajo la normativa de calificación de la cadena de suministro M-650 aprobada por NORSOK



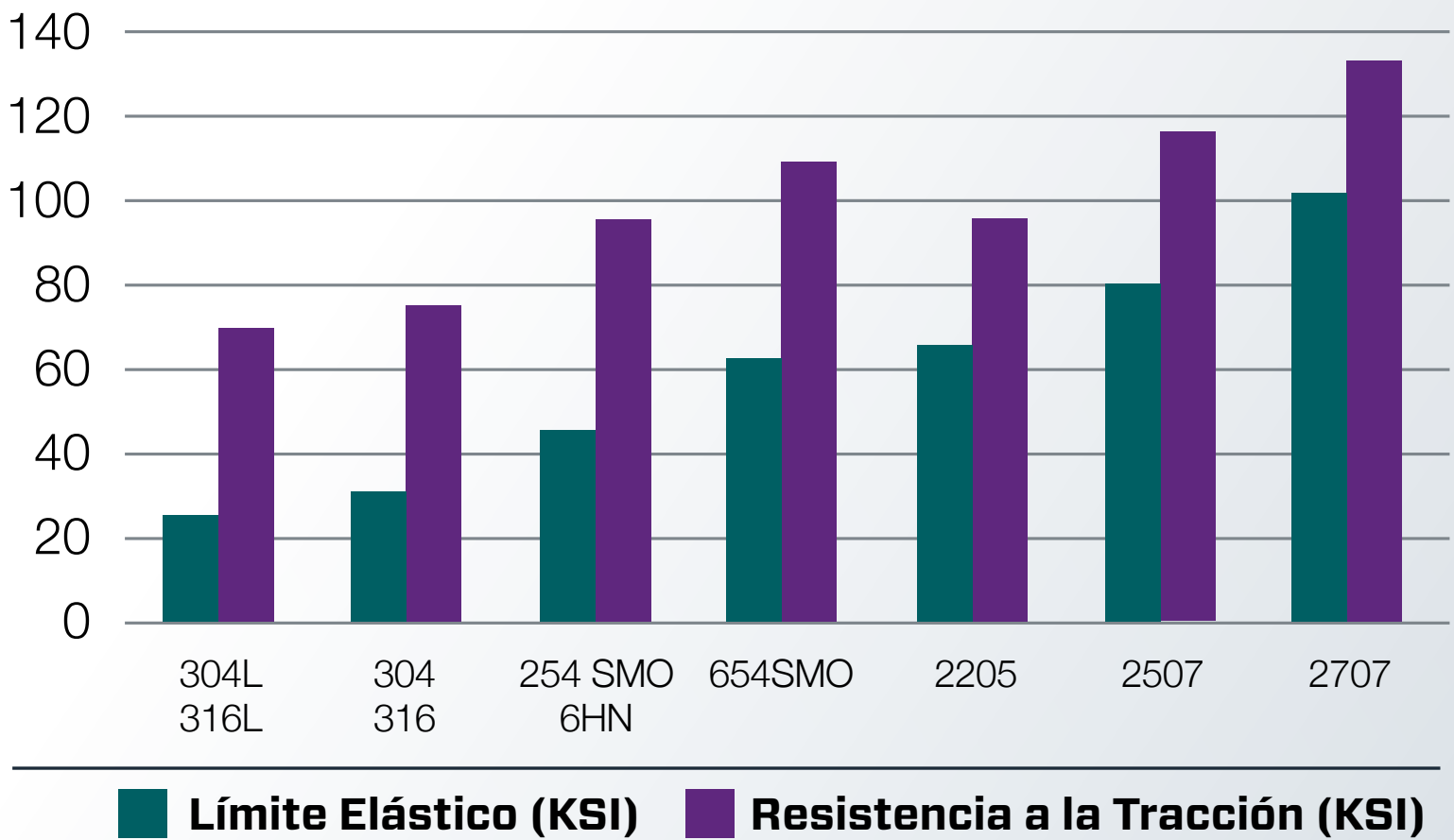
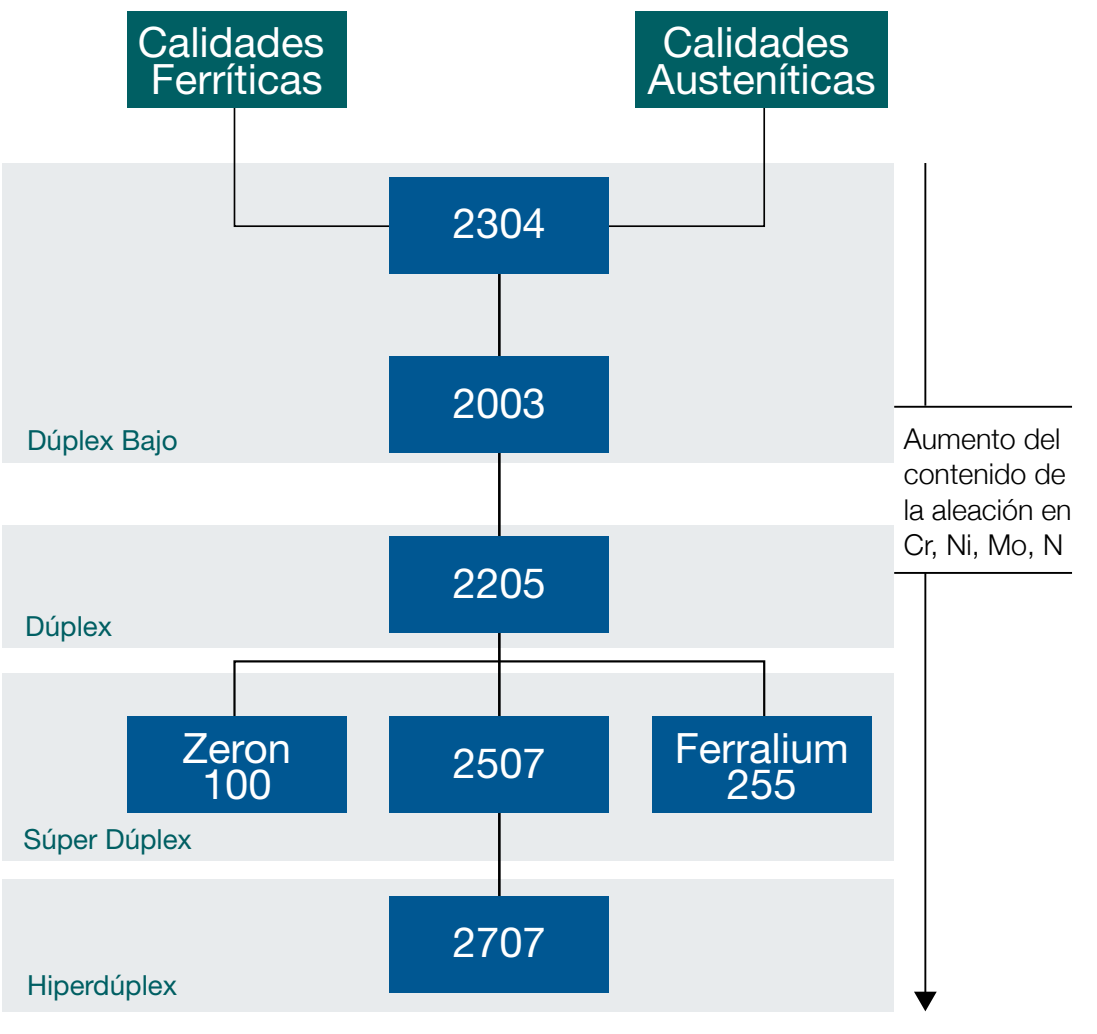
Acero inoxidable

Aleación de Acero Inoxidable 2507 Súper Dúplex

Los aceros inoxidables dúplex tienen una microestructura de grano de austenita y ferrita en dos fases. Esta estructura da a estos materiales una combinación de propiedades interesantes, como la resistencia, ductilidad y resistencia a la corrosión.

La aleación de Acero Inoxidable 2507 ferrítico-austenítico Súper Dúplex es muy adecuada para servicio en condiciones altamente corrosivas. Su composición incluye níquel, molibdeno, cromo, nitrógeno y manganeso, que ofrecen una excelente resistencia a la corrosión general, a la corrosión por picaduras e intersticial y al agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC por sus siglas en inglés "stress corrosion cracking"), manteniendo además la soldabilidad.

- Resistencia mecánica para rangos superiores de presión
- Menor espesor de pared y mayor caudal para el mismo rango de presión
- Soldabilidad
- Aplicaciones hasta 250°C (482°F)
- Conductividad térmica superior/coeficiente de dilatación inferior al acero inoxidable 316
- Idoneidad para aplicaciones de gases sulfurosos (NACE MR0175/ISO 15156)
- Disponibilidad bajo la normativa de calificación de la cadena de suministro M-650 aprobada por NORSOK



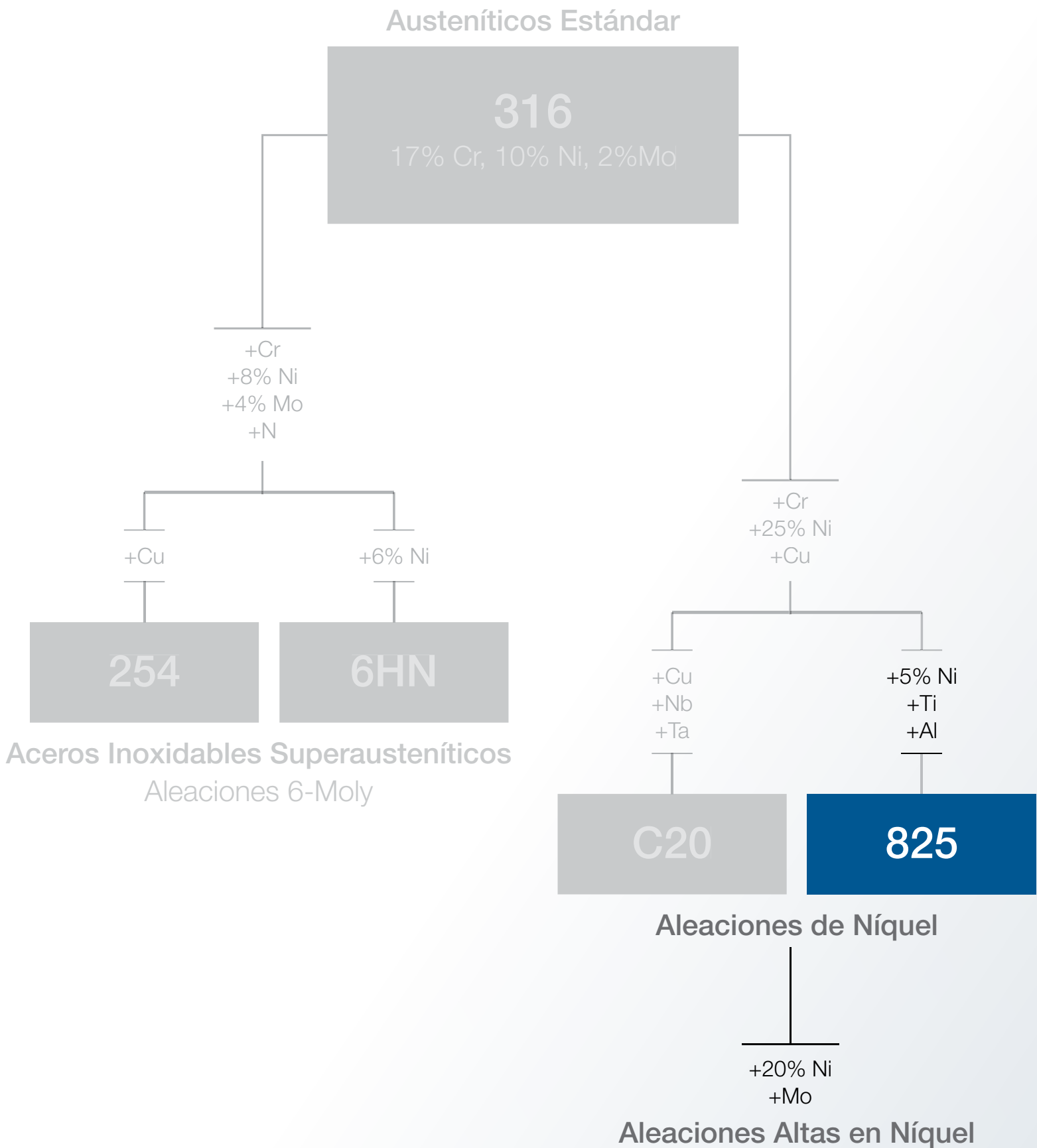
La resistencia mecánica hace a la aleación 2507 ideal para aplicaciones marítimas a alta presión, y para sistemas submarinos donde la corrosión, el caudal y el peso son motivo de preocupación.

Aleaciones de Níquel

Aleación 825

La Aleación 825 (Incoloy® 825) es una aleación de níquel-hierro-cromo-molibdeno diseñada para resistir la corrosión general y la corrosión por picaduras e intersticial, así como el agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC por sus siglas en inglés "stress corrosion cracking") en un amplio rango de entornos.

- Resistencia a la corrosión intergranular gracias a la estabilización con titanio
- Idoneidad para aplicaciones de gases sulfurosos (NACE MR0175/ISO 15156)
- Resistente en entornos reductores (por ejemplo, ácido sulfúrico o fosfórico)

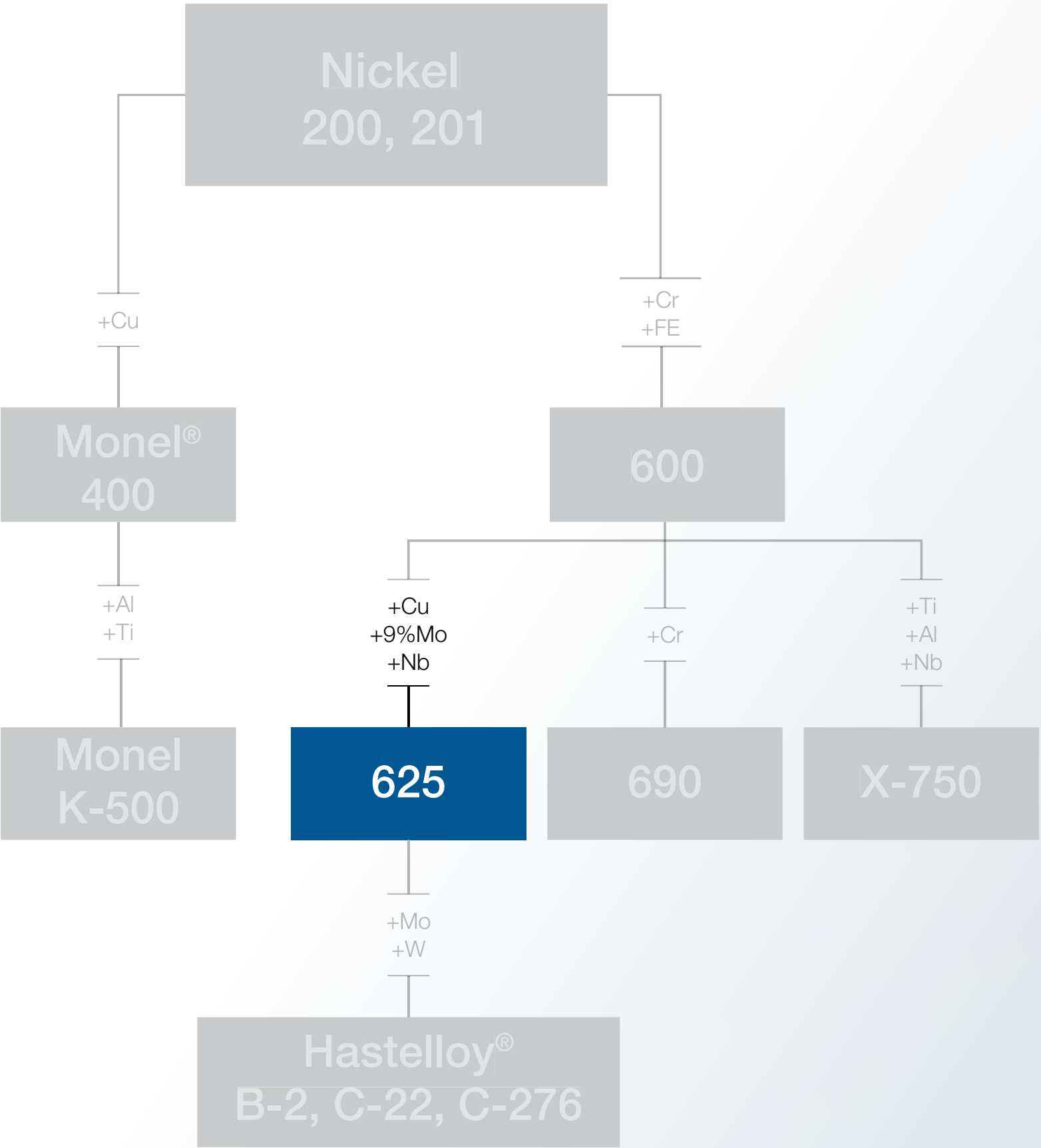


Aleaciones de Níquel

Aleación 625

La Aleación 625 (Inconel® 625) es una aleación de níquel-cromo-molibdeno con una pequeña cantidad de niobio que reduce el riesgo de corrosión intergranular en una gran variedad de entornos severamente corrosivos.

- Resistencia a los ácidos clorhídrico y nítrico
- Resistencia y Ductilidad
- Resistencia a la corrosión intersticial y por picaduras en aplicaciones a alta temperatura
- Idoneidad para aplicaciones de gases sulfurosos (NACE MR0175/ISO 15156)



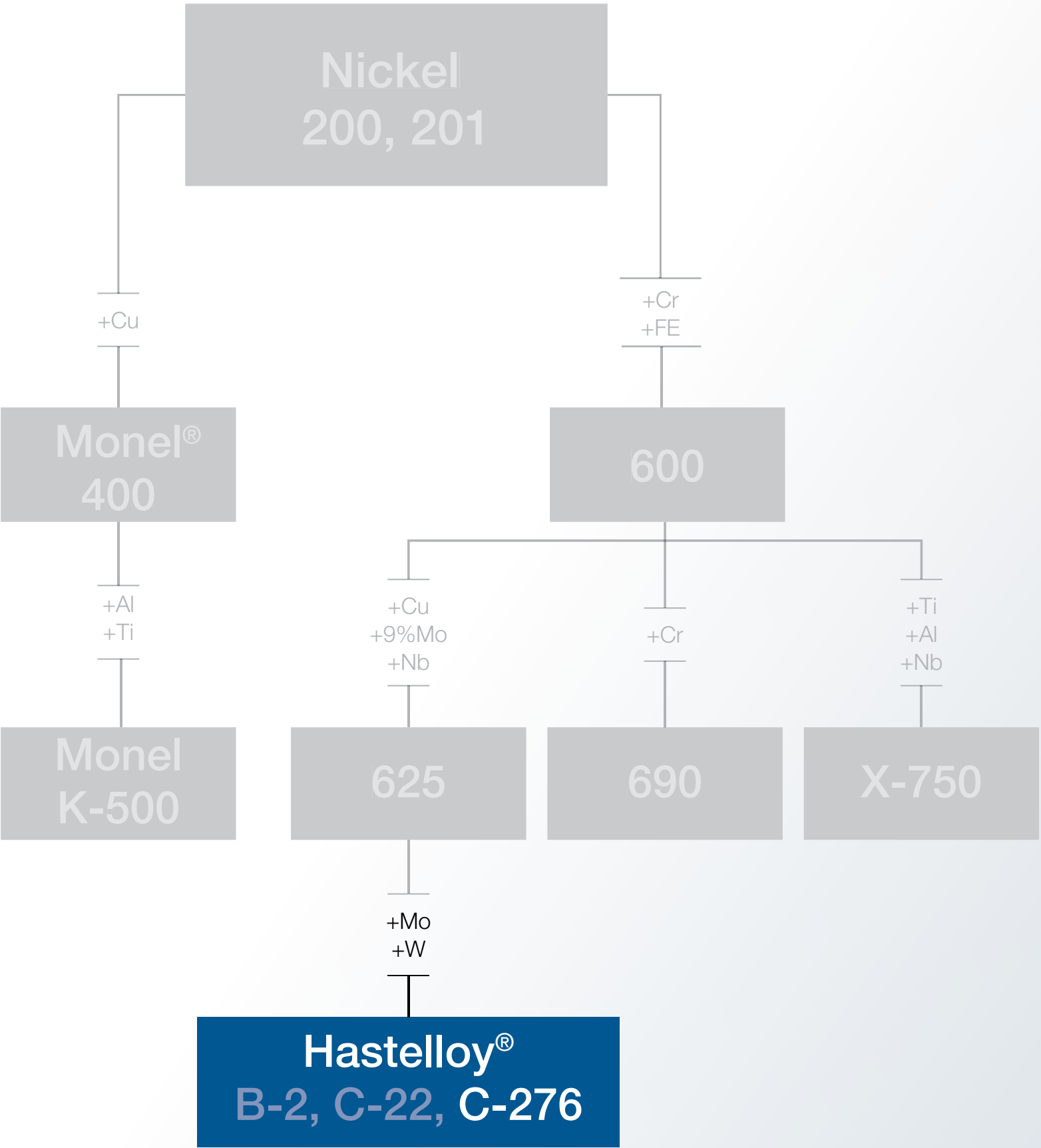
Aleaciones de Níquel

Aleación C-276

La Aleación C-276 (Hastelloy® C-276) contiene níquel, molibdeno y cromo. Su alto contenido en molibdeno la hace excepcionalmente resistente a la corrosión por picaduras e intersticial, y es uno de los pocos materiales que puede soportar los efectos corrosivos del gas de cloro húmedo, del hipoclorito y del dióxido de cloro.

- Resistencia a los entornos oxidantes y reductores
- Ductilidad, dureza y resistencia a altas temperaturas
- Resistencia a la corrosión intersticial y por picaduras, al agrietamiento por corrosión bajo tensión de sulfuros (SSC por sus siglas en inglés “sulfide stress cracking”) y a la corrosión intergranular (IGC)
- Idoneidad para aplicaciones de gases sulfurosos (NACE MR0175/ISO 15156)

Tenga en cuenta que esta aleación NO es recomendada para entornos altamente oxidantes como el ácido nítrico caliente y concentrado.



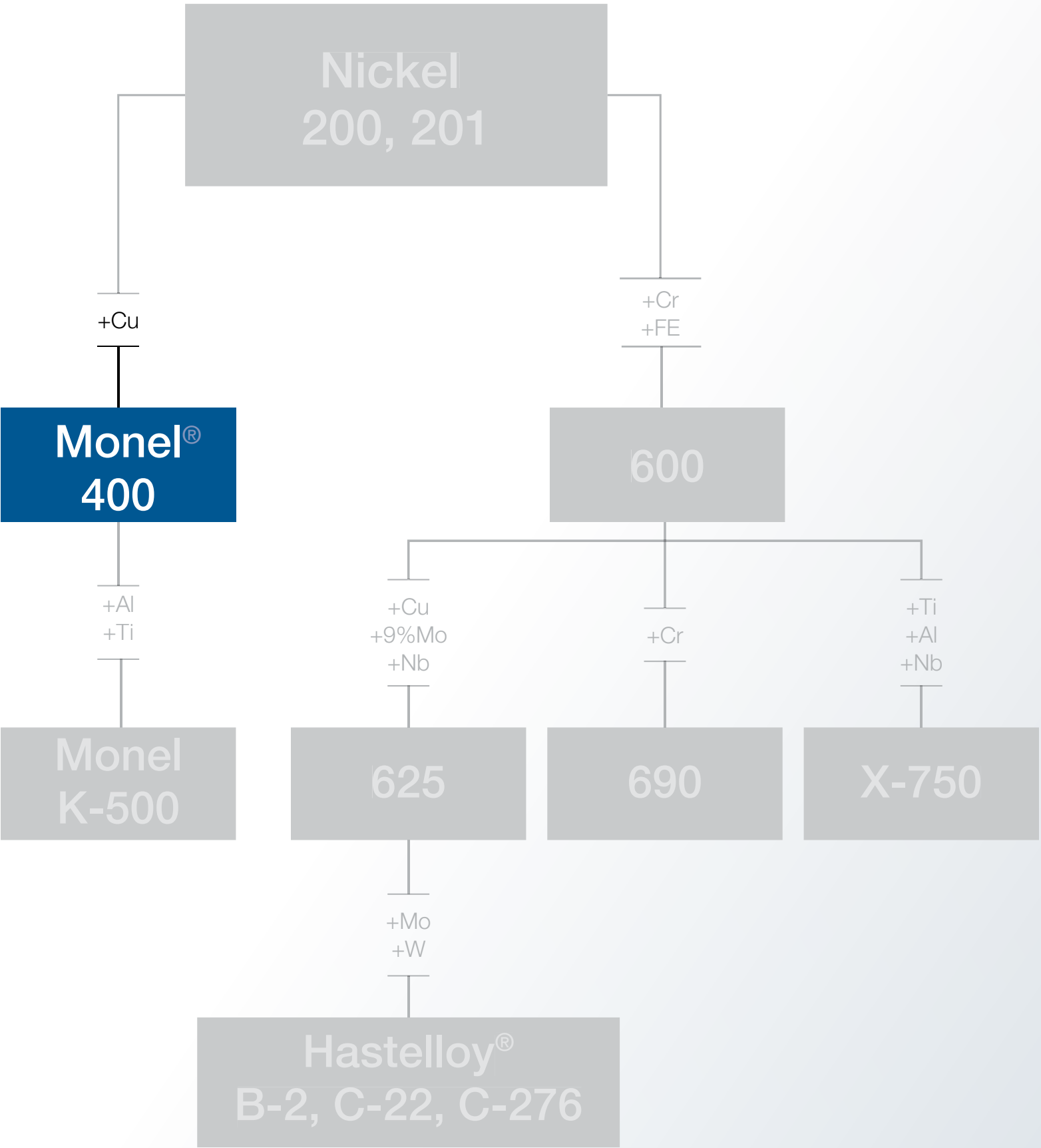
Aleaciones de Níquel

Aleación 400

La Aleación 400 (Monel® 400) es una aleación de níquel-cobre conocida por su excepcional resistencia al ácido fluorhídrico, así como por su resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión y a la corrosión por picaduras en la mayoría de aguas dulces e industriales.

- Resistencia a los esfuerzos y a la corrosión en un amplio rango de temperaturas y entornos
- Mantiene las propiedades mecánicas a temperaturas bajo cero

Tenga en cuenta que el agua de mar estancada se ha identificado como inductora de corrosión intersticial y por picaduras en esta aleación.



Otras Aleaciones

Aleaciones de Titanio

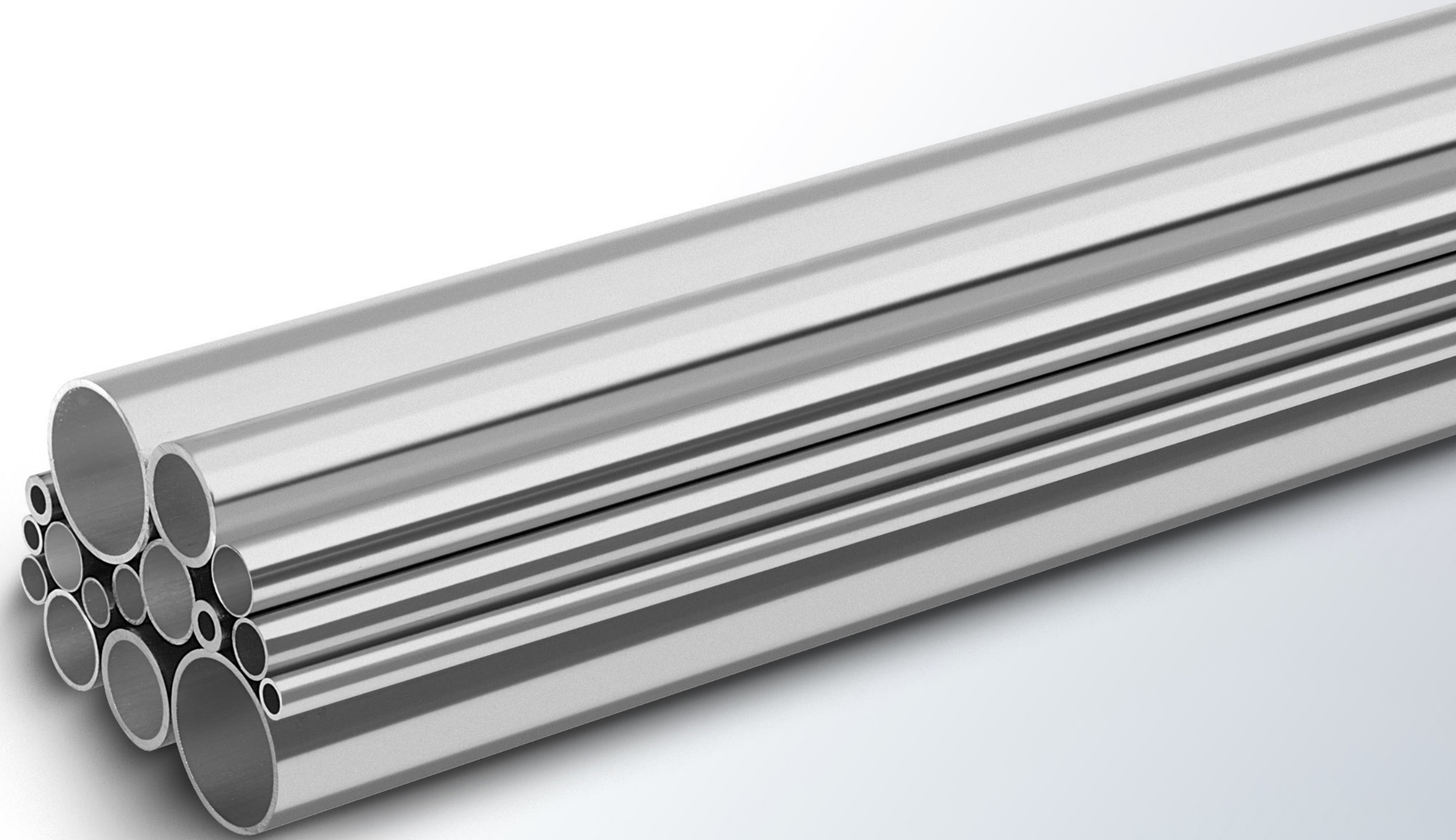
Las aleaciones de titanio tienen una excelente resistencia a la corrosión en una gran variedad de entornos, incluyendo el agua de mar, las salmueras, las sales inorgánicas, las lejías, el cloro húmedo, las soluciones alcalinas, los ácidos oxidantes y los ácidos orgánicos, entornos en los que generalmente superan a los aceros inoxidable.

El titanio es especialmente resistente a lo siguiente:

- Corrosión intersticial
- Fatiga y agrietamiento a temperatura moderada
- Fluencia (la tendencia de un material sólido a moverse lentamente o deformarse permanentemente bajo la influencia del esfuerzo mecánico)

Tenga en cuenta que el titanio (Calidades 1, 2, 3 y 4) normalmente no es resistente a la corrosión intersticial a temperaturas inferiores a 80°C (175°F).

Debido a su combustibilidad, el titanio NO es adecuado para servicio de oxígeno. También es incompatible con los fluoruros, los ácidos reductores fuertes, las soluciones cáusticas muy fuertes y el cloro anhidro.



Combinaciones Diseñadas

Combinaciones Diseñadas

Las combinaciones diseñadas consisten en racores para tubo Swagelok estándar de acero inoxidable 316 con una variedad de opciones de tubo de diferentes aleaciones. Los niveles elevados de cromo y níquel en los racores Swagelok, más el exclusivo proceso de carburización a baja temperatura utilizado para hacer nuestras férulas, implican que para algunas aplicaciones podemos ofrecer combinaciones diseñadas como una alternativa probada frente a soluciones de una sola aleación exótica. Esta puede ser una solución rentable y resistente a la corrosión para instalaciones expuestas al agua de mar, que además ofrece las siguientes ventajas:

- Los racores Swagelok estándar de acero inoxidable 316 con contenido de Níquel y Cromo superior al requerido por ASTM A479, tienen un número PREN superior
- Resistencia a la corrosión por picaduras e intersticial con el uso de tubo de aleación
- Exclusivo proceso de carburización a baja temperatura SAT 12 que mejora la sujeción del tubo de cualquier aleación
- Bajo riesgo de corrosión galvánica basado en el Índice Anódico

Como en cualquier instalación con mezclas de materiales, la presión de servicio de los racores y accesorios de diferentes aleaciones será la del material con menor rango de presión.

Cómo se Calcula la Resistencia a la Corrosión

$$\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3,3 \times \% \text{Mo} + 16 \times \% \text{N}$$

$$\text{ASTM 316} = 16 + 3,3 \times 2 + 16 \times 0,03 = 23,1 \text{ PREN}$$

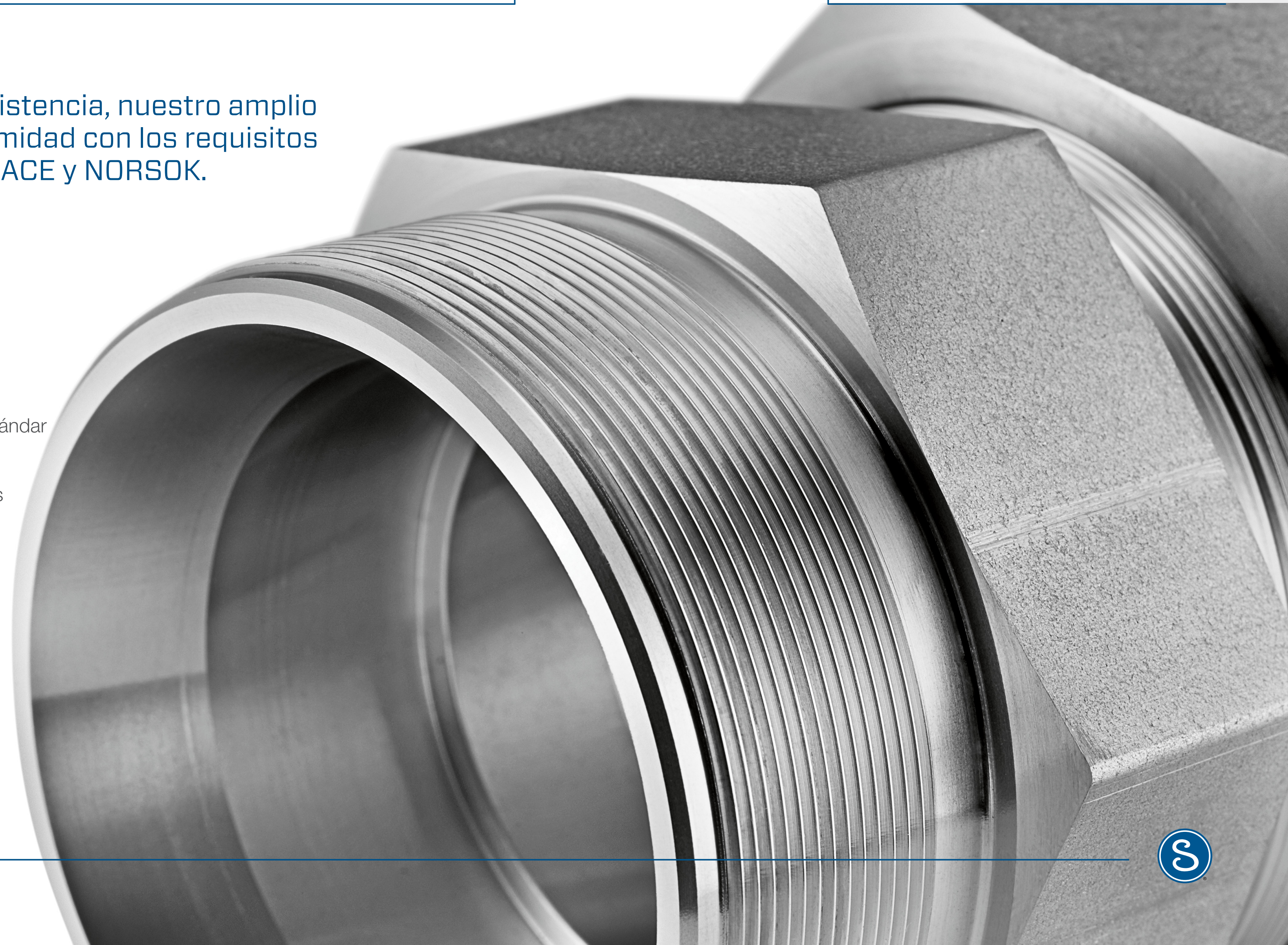
$$\text{Swagelok 316} = 17,5 + 3,3 \times 2 + 16 \times 0,03 = 24,6 \text{ PREN}$$

El Número Equivalente de Resistencia a Picaduras (PREN) es la medida de resistencia a la corrosión por picaduras localizada. Altos valores PREN indican una mayor resistencia a la corrosión por picaduras.

Para asegurar la calidad y la consistencia, nuestro amplio rango de materiales es de conformidad con los requisitos metalúrgicos de las normativas NACE y Norsok.

Más información:

- › Requisitos de NACE
- › NACE MR0175/ISO 15156 Descripción General
- › Requisitos de NACE para los Racores para Tubo de Aleación Súper Dúplex 2507
- › Requisitos de NACE para los Racores para Tubo Estándar y Accesorios de Media Presión de Aleación 625
- › Requisitos de NACE para Tubo, Tubería y Accesorios para Soldar de 6-Moly
- › Normativas de Norsok



Requisitos de NACE

La normativa NACE MR0175/ISO 15156 detalla los materiales precalificados para utilizar en los equipos "upstream" de los yacimientos petrolíferos, donde el agrietamiento por corrosión bajo tensión inducida por sulfuros es un riesgo en entornos sulfurosos, por ejemplo, en mezclas de petróleo/gas/agua marina donde el sulfuro de hidrógeno (H_2S) está presente.

La normativa permite el uso de racores para tubo fabricados de acero inoxidable 316 estirado en frío y 6-Moly, en sistemas de instrumentación y de control respectivamente. Las aleaciones de níquel endurecidas en frío también se pueden utilizar para sistemas de instrumentación y control y para conducir fluidos de proceso.

El documento incluye:

- Requisitos sobre condiciones y propiedades de los materiales
- Condiciones medioambientales para el uso de los materiales
- Calificaciones sobre el uso del material bajo condiciones específicas de gases sulfurosos

> **Conozca mejor NACE**

El Material importa: Amplíe la información acerca de la selección de componentes para sistemas de fluidos en yacimientos con entornos sulfurosos en *[Offshore Magazine](#)*.

NACE MR0175/ISO 15156 Descripción General

Aleación	Condición de la Aleación	Tabla NACE Aplicable	Aplicación	Máxima temperatura, °C (°F)	Máxima Presión Parcial del H2S ^① , kPa (psi)
6Mo (254, 6HN)	Recocido por disolución y estirado en frío	A.11	Tubo de instrumentación, tubo para líneas de control y racores de compresión	Sin restricciones; Consulte NACE MR0175/ISO 15156 para observaciones de advertencia.	
	Recocido por disolución	A.8	Cualquier equipo o componente	140 (60)	15 (100)
625	Recocido y estirado en frío	A.14		450 (232)	30 (200)
				425 (218)	300 (2000)
	Recocido por disolución o recocido	A.13		300 (149)	cualquiera
				Sin restricciones; Consulte NACE MR0175/ISO 15156 para observaciones de advertencia.	
2507	Recocida por disolución y estirada en frío	No de conformidad con NACE		N/A	
	Recocida por disolución	A.24		450 (232)	3 (20)

① La presión parcial de H₂S es la contribución de la presión del sulfuro de hidrógeno gas a la presión total. Ejemplo de presión parcial: El aire contiene un 21% de oxígeno; si la presión total es 1,00 atm, entonces la presión parcial del oxígeno es 0,21 atm. Consulte ANSI/NACE MR0175/ISO 15156 para ampliar la información sobre los límites medioambientales de las aleaciones.

> Conozca mejor NACE



Requisitos de NACE para los Racores para Tubo de Aleación Súper Dúplex 2507

Para que un racor Swagelok de Aleación 2507 funcione correctamente, la tuerca y las férulas deben estar fabricadas de material de barra estirado en frío. Este material tiene la fuerza necesaria para sujetar el tubo de 2507 (de alta dureza superficial) y para contener las altas presiones de servicio listadas en la *Hoja de datos de tubo Swagelok*, MS-01-107.

Los racores para tubo Swagelok 2507 con el indicador -SG2 en la referencia cumplen los requisitos de NACE MR0175/ISO 15156 para utilizar en cualquier equipo según la Tabla A.24 de la normativa, si en presencia de gases sulfurosos son parte húmeda interna pero no externa.

Requisitos de la normativa NACE MR0175/ISO 15156 para la aleación 2507:

- Los cuerpos de los racores rectos para tubo están fabricados de material de aleación 2507 recocida por disolución
- Los cuerpos de los racores para tubo con forma están fabricados de forjados de Aleación 2507 recocida por disolución
- Las roscas externas de los cuerpos de los racores para tubo que no sean parte húmeda del fluido del sistema pueden ser mecanizadas por laminación
- Las roscas internas que son parte húmeda son cortadas
- Las tuercas de los racores para tubo que no son parte húmeda del fluido del sistema son fabricadas de material de barra 2507 estirado en frío
- Las férulas traseras que no son parte húmeda del fluido del sistema son fabricadas de material de barra de 6-Moly estirado en frío
- Las férulas delanteras son fabricadas de material de barra 2507 estirado en frío
- La parte frontal de la férula delantera comprime una parte húmeda; al estar bajo compresión, no es susceptible de agrietamiento por corrosión bajo SCC o agrietamiento por gases sulfurosos, ya que la normativa afirma que es necesario un esfuerzo de tracción que favorezca estas modalidades de agrietamiento
- Las partes frontales de los tubos manguitos conectores y de los tapones para racor están fabricadas de material de barra de aleación 2507 recocida por disolución



El Material importa: Para ampliar la información, consulte el catálogo Swagelok Racores para Tubo y Accesorios Roscados y para Soldar 2507 Súper Dúplex de Conformidad con NACE MR0175, [MS-06-115](#).

> **Conozca mejor NACE**



Requisitos de NACE para los Racores para Tubo Estándar y Accesorios de Media Presión de Aleación 625

Para que un racor o un accesorio de media presión Swagelok de Aleación 625 funcione correctamente, la tuerca y las férulas deben estar fabricadas de material de barra estirado en frío.

Este material tiene la fuerza necesaria para sujetar el tubo de aleación 625 y contener las presiones de servicio publicadas en la [Hoja de datos de Tubo Swagelok, MS-01-107](#) y en [Accesorios y Adaptadores Swagelok de Media y Alta Presión—Materiales de Aleaciones Especiales, MS-02-474](#).

Requisitos de la normativa NACE MR0175/ISO 15156 para la aleación 2507:

- Los cuerpos de los racores rectos están fabricados de material de barra recocida
- Los cuerpos de racores con forma están fabricados de forjados recocidos o barra recocida
- Las tuercas están fabricadas de barra recocida por disolución y estirada en frío, pero no son parte húmeda del fluido del sistema
- Las férulas traseras están fabricadas de barra recocida por disolución y estirada en frío, pero no son parte húmeda del fluido del sistema
- Las férulas delanteras están fabricadas de barra recocida por disolución y estirada en frío
- La parte frontal de la férula delantera comprime una parte húmeda; al estar bajo compresión, no es susceptible de agrietamiento por corrosión SCC o agrietamiento por gases sulfurosos, ya que la normativa afirma que es necesario un esfuerzo de tracción que favorezca estas modalidades de agrietamiento
- Los tapones para racor, tubos manguitos conectores y adaptadores a tubo están fabricados de barra recocida

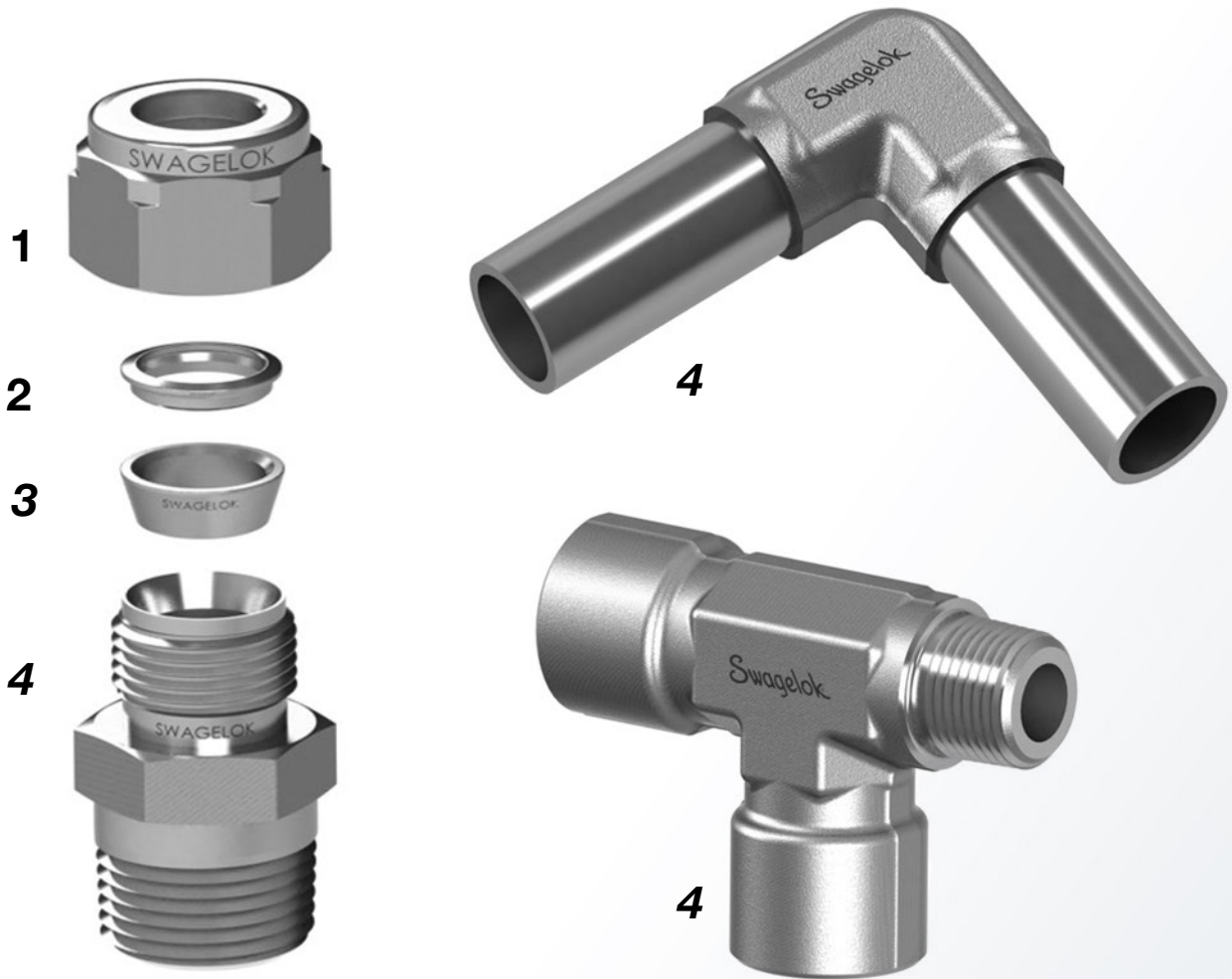


Requisitos de NACE para Tubo, Tubería y Accesorios para Soldar de Aleación 6-Moly

La normativa NACE MR0175/ISO 15156 contiene las tablas que describen los requisitos y límites medioambientales para varios de los materiales que se utilizan en esas aplicaciones. Las tablas de NACE MR0175/ISO 15156 que definen los requisitos de las aleaciones 6-Moly son las Tablas A.8 y A.11.

La Tabla A.8 especifica los límites medioambientales y materiales para aceros inoxidables austeníticos de alta aleación, utilizados en cualquier equipo o componentes de cualquier tipo de instalación con gases sulfurosos.

La Tabla A.11 define los límites medioambientales y materiales para aceros inoxidables de alta aleación utilizados como tubo de instrumentación, tubo de línea de control, racores de compresión y pantallas en superficie y fondo de pozo.



Componente	Material	Especificación ASTM	fleje
1 Tuerca	Aleación 254 (UNS S31254) o Aleación 6HN (UNS N08367)	A479 ^①	254 o 6HN en la cara frontal
2 Férula trasera	6HN (UNS N08367)	A479 ^②	6HN en el borde externo
3 Férula delantera	Aleación 254 (UNS S31254) o Aleación 6HN (UNS N08367)	A479 ^①	254 o 6HN en el borde externo
4 Cuerpo	Aleación 254 (UNS S31254) o Aleación 6HN (UNS N08367)	Cuerpo recto—A479 ^① Cuerpo con forma—A182	Racores para tubo y Accesorios roscados— 254 o 6HN en el cuello Accesorio para soldar— 254 o 6HN en el cuerpo Accesorios roscados y para soldar—SG en el cuerpo

El Material importa: [Para ampliar la información, consulte la hoja de datos Swagelok completa, Tubo, Tubería y Accesorios para Soldar de Aleación 6-Moly de Conformidad con NACE MR0175/ISO 15156.](#)

Componentes húmedos mostrados en *cursiva*
^① A479 (excepto la elongación, área de reducción y dureza, cuando es material de barra estirado en frío)
^② A479 (excepto la elongación y dureza)

Normativas de Norsok

Las normativas Norsok (desarrolladas por la industria petrolera de Noruega) definen los requisitos del material y de la cadena de distribución con un enfoque en:

- Garantizar la seguridad y la rentabilidad de las operaciones
- Sustituir las especificaciones de las compañías petroleras
- Ofrecer una base al proceso de normalización internacional
- Revocar una normativa tras la publicación de una normativa internacional

En respuesta al creciente interés por los productos aprobados por Norsok, Swagelok se complace en cotizar pedidos de racores para tubo, accesorios roscados y algunos tipos de válvulas industriales fabricados de material aprobado por Norsok.

Tenemos disponibles productos fabricados de barra y forjados de aleaciones 2507, 254 y 6HN que cumplen los requisitos de calificación de la normativa sobre la cadena de distribución Norsok M-650.

> Conozca mejor Norsok



Normativas de Norsok

La tabla ofrece información detallada sobre las normativas.

Estándar	Descripción
M-650: Calificación de los Fabricantes de Materiales Especiales	Abarca un conjunto de requisitos de calificación para verificar que el fabricante tiene: • Buena competencia y experiencia con las calidades de los materiales importantes • Las instalaciones y equipo necesarios para fabricar esas calidades en las formas y tamaños con propiedades aceptables También abarca hojas de datos de diferentes formas de productos, incluyendo tubería sin soldadura, tubería soldada, racores, forjados, placas, fundiciones, barras y tubo.
M-001: Selección de Materiales	Ofrece una guía, en conjunto con ISO 21457 para la selección de materiales para la producción de petróleo y gas en instalaciones costeras, incluyendo: • Control y Protección contra la corrosión • Limitaciones de diseño para materiales específicos • Requisitos de calificación para nuevos materiales y aplicaciones
M-630: Hojas de Datos de Materiales e Información de Elementos de Tubería	Ofrece hojas de datos de los siguientes materiales: Aceros al carbono: Tipo 235, Tipo 235LT, Tipo 360LT Aceros inoxidables Austeníticos/Ferríticos: Tipo 22Cr, Tipo 25Cr • Cobre/Níquel 90/10 y otras aleaciones de cobre • Aleaciones con base níquel: Tipo 625 • Polímeros, incluyendo los reforzados con fibra • Aceros inoxidables Austeníticos: Tipo 6Mo • Aceros inoxidables Austeníticos: Tipo 316 • Titanio • Aceros de Alta resistencia, baja aleación



Formación en Ciencias de los Materiales

Haga las mejores elecciones para su aplicación

Swagelok tiene disponible *Formación en Ciencias de los Materiales*. Aprenda más acerca de la selección de los materiales adecuados y resistentes a la corrosión según la presión y temperatura de servicio, posibilidades de corrosión y conformidad, así como estructuras moleculares y propiedades de los materiales.

- Seleccione los materiales adecuados para mantener la integridad sin fugas y eficiencia operativa de sus sistemas de fluidos
- Descubra cómo aleaciones específicas resisten la corrosión, cómo se comportan los materiales y cómo las normativas industriales afectan a sus opciones de materiales

Programa del curso

- Principios de la ciencia de los materiales, la corrosión y otros factores que afectan a las propiedades de los materiales
- Diferentes tipos de corrosión y cómo aleaciones específicas resisten la corrosión
- Cómo seleccionar los materiales de construcción óptimos para aplicaciones exigentes según la presión y temperatura, posibilidades de corrosión y conformidad
- Cómo seleccionar los componentes adecuados para la corrosión por gases sulfurosos y la normativa NACE
- Conceptos críticos sobre la naturaleza y comportamiento de los materiales, incluyendo vistas a nivel atómico de los metales, así como las características microestructurales y propiedades mecánicas de los materiales



Más Recursos

Calidad y Fiabilidad

En cualquier solución para sistema de fluidos con rendimiento de primera clase y larga duración, el diseño y el material deben trabajar juntos. Por eso Swagelok no tiene un departamento específico de calidad—es toda la compañía la que está comprometida con la excelencia, incluyendo la calificación de productos y los informes de ensayos sobre aleaciones especiales.

Nosotros no compramos material de stock; más bien aplicamos un control estricto de calidad del material:

- Imponiendo a las fundiciones especificaciones más estrictas sobre aleaciones y calidad
- Identificando el material inequívocamente
- Haciendo nuestras propias herramientas
- Utilizando métodos tecnológicos de pruebas no destructivas
- Contratando ingenieros especializados que trabajan a tiempo total en la cadena de distribución

Estas medidas mejoran la consistencia del material y ayudan a prevenir defectos que afecten al producto acabado. Una vez instalado en su sistema, todo lo que vendemos está respaldado por nuestra Garantía Limitada Vitalicia.

> **Amplíe la Información sobre Otros Recursos**



Más Recursos

Formación en Producto y en Sistemas

Conozca mejor los sistemas de fluidos y mejore las habilidades de su equipo con nuestro completo conjunto de programas de formación.

Servicios de Evaluación y Asesoramiento

Cuando necesite apoyo, podemos estudiar sus instalaciones para evaluar, detectar y solucionar problemas en los sistemas de toma de muestras, con las mangueras, sistemas de vapor, y más.

Soluciones Personalizadas

Podemos ayudarle a diseñar, especificar y construir ensamblajes de sistemas de fluidos. Le daremos una solución profesional y consistente, probada, inspeccionada y embalada – todo con la Garantía limitada vitalicia Swagelok.

Encuentre a su Asesor Técnico

¿Necesita más asesoramiento sobre requisitos de materiales? Contacte con su Centro autorizado de ventas y servicio Swagelok.

➤ **Amplíe la Información sobre Otros Recursos**



Más Recursos

Utilice los siguientes enlaces para acceder a otros materiales útiles de referencia:

Artículos

[World Oil](#): Prevenir la corrosión por picaduras y la corrosión intersticial en el tubo de acero inoxidable en aplicaciones marítimas

[Offshore Magazine](#): Seleccionar componentes para sistemas de fluidos para utilizar en yacimientos con sulfuros

Guía de Referencia

[Hoja de Datos de Tubo](#) MS-01-107

[Datos de Tubo - Combinaciones Diseñadas](#) MS-06-117

[Tabla de Compatibilidad Galvánica](#)

Informes de ensayos de producto

Ensayo de Agrietamiento por Corrosión bajo Tensión de Cloruros (CSCC), sobre Combinaciones Diseñadas con Racores para Tubo Swagelok® de Acero Inoxidable 316

[PTR-4183](#) - Ensayo de Agrietamiento por Corrosión bajo Tensión de Cloruros

Tubo Superaustenítico de Acero Inoxidable 254 SMO® (6-moly) con Racores para Tubo Swagelok® de Acero Inoxidable

[PTR-2834](#) - Ensayo de resistencia a la tracción

[PTR-2835](#) - Ensayo de Ciclos Térmicos a Alta Temperatura y Prueba Hidrostática

[PTR-2836](#) - Ensayo de Ciclos Térmicos a Baja temperatura y Prueba Hidrostática

[PTR-2841](#) - Ensayo de rotación y Flexión

[PTR-2849](#) - Ensayo de Pulsos Hidráulicos y Prueba Hidrostática

[PTR-2852](#) - Ensayo de Presión Hidrostática

[PTR-2853](#) - Ensayo de Cierre con Gas Nitrógeno y Reutilizaciones Repetidas

Ensayo de Presión Hidrostática sobre Racores para Tubo de 316 en:

[PTR-385](#) - Tubo de Acero Inoxidable Duro a muy Duro

[PTR-390](#) - Tubo de Acero Inoxidable de Dureza Normal a muy Duro

[PTR-394](#) - Tubo de Acero Inoxidable Duro a muy Duro

NACE y Norsok

Válvulas de Conformidad con NACE y Norsok [SCS-00193](#)



SELECCIÓN FIABLE DE UN COMPONENTE

Al seleccionar un componente, habrá que tener en cuenta el diseño global del sistema para conseguir un servicio seguro y sin problemas. El diseñador de la instalación y el usuario son los responsables de la función del componente, de la compatibilidad de los materiales, de los rangos de operación apropiados, así como de la operación y mantenimiento del mismo.

Todas las marcas de servicio y marcas registradas mostradas son propiedad de Swagelok Company excepto mención expresa. © 2019 Swagelok Company. www.swagelok.com, CORP-0171

HASTELLOY® & HAYNES® son nombres de marcas registradas de Haynes International, Inc.

MONEL®, INCOLOY® & INCONEL® nombres de marcas registradas de Huntington Alloys Corporation.

Offshore Magazine es una publicación de PennWell Corporation © 2007-2018

World Oil es una publicacion de Gulf Publishing Company © 2017-2018

NACE® - National Association of Corrosion Engineers. © 2018 Reservados todos los derechos.



Compatibilidad de Corrosión Galvánica entre Materiales Comunes de Swagelok																												
	Platino	Titanio pasivo	Incoloy 825	2205 / 2507 / 254SMO / 6HN	Aleación 20 de Acero Inoxidable	A286 pasivo	316 pasivo	Inconel 625 pasivo	Plata	Hastelloy C y C276 pasivos	Acero Inoxidable 304 pasivo	17-4OH	Inconel 600 pasivo	Monel 400	Titanio activo	Inconel 600 activo	Hastelloy C e Inconel 625 activos	Hastelloy C276 activo	Latón	Acero Inoxidable 316 activo	Acero Inoxidable 304 activo	Acero de Baja Aleación	Fundición, Hierro Forjado	Aluminio	Zinc			
Platino		O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Titanio pasivo			E	E	E	E	E	E	E	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Incoloy 825				E	E	E	E	E	E	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
2205 / 2507 / 254SMO / 6HN					E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Aleación 20 de Acero Inoxidable						E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
A286 pasivo							E	E	E	E	E	E	E	E	E	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X			
316 pasivo								E	E	E	E	E	E	E	E	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X			
Inconel 625 pasivo									E	E	E	E	E	E	E	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X			
Plata										E	E	E	E	E	E	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X			
Hastelloy C y C276 pasivos											E	E	E	E	E	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X			
Acero Inoxidable 304 pasivo												E	E	E	E	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X			
17-4OH													E	E	E	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X			
Inconel 600 pasivo	Ratio de acoplamiento galvánico													E	E	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X			
Monel 400	Bueno a Excelente					E										E	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X		
Titanio activo	Aceptable					O										O	O	E	O	X	X	X	X	X	X	X		
Inconel 600 activo	No adecuado					X											E	E	E	X	X	X	X	X	X	X		
Hastelloy C e Inconel 625 activos																			E	E	X	X	X	X	X	X	X	
Hastelloy C276 activo																				E	X	X	X	X	X	X	X	X
Latón																					X	X	X	X	X	X	X	X
Acero Inoxidable 316 activo																						E	E	O	X	X		
Acero Inoxidable 304 activo	Notas																					E	E	X	X			
Acero de Baja Aleación	Algunos metales y aleaciones en áreas mal ventiladas o protegidas pueden volverse "activos" (perder su capa protectora de óxido)																						E	O	X			
Fundición, Hierro Forjado	La corrosión Galvánica también se ve afectada por la sección de área superficial de ánodo / cátodo																										O	X
Aluminio	Esta serie galvánica está determinada por el potencial eléctrico de los materiales al 3,5% de NaCl vs ECS																									X		
Zinc	El término "Pasivo" alude a la capa protectora natural de óxido de los materiales																											

[Volver a la Página Tipos de Corrosión](#)

[Volver a la Página Corrosión Galvánica](#)

[Volver a la Página Otros Recursos](#)