



Oferta de acero inoxidable ferrítico KARA: calidad **K44**

Composición química

| Elementos | C | Si | Mn | Cr | Mo | Ti+Nb |
|-----------|-------|------|-----|------|------|-------|
| % | 0,015 | 0,55 | 0,3 | 17,7 | 1,85 | 0,45 |

Valores típicos

| Designación europea | Designación americana |
|---------------------|-------------------------|
| X2CrMoTi18-2 | Type 444 ⁽²⁾ |

(1) Según EN 10088-2

(2) Según ASTM A 240

Esta oferta esta conforme con :

- ▶ Ficha de seguridad Stainless Europe nº1: aceros inoxidables (directiva europea 2001/58/EC).
- ▶ Directiva de la Comisión Europea 2000/53/EC para los vehículos al final de su vida útil, y el Anexo II del 27 de junio de 2002.
- ▶ Estándares NFA 36 711 para acero inoxidable en contacto con alimentos, productos y bebidas destinados al consumo humano y animal" (excluye el acero de embalaje).
- ▶ Requerimientos del NSF/ANSI 51 – edición 2007 Estándar internacional de los "Materiales de Equipamientos del sector de la Restauración" y de la F.D.A (United States Food and Drug Administration) en lo que se refiere a los materiales que entran en contacto con alimentos.
- ▶ El decreto francés No.92-631 en fecha del 8 de julio de 1992 y el Reglamento No.1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de octubre de 2004 sobre los materiales y artículos destinados a entrar en contacto con alimentos (y derogando las Directivas 80/590/EEC y 89/109/EEC).
- ▶ La orden gubernamental francesa de fecha del 13 de enero de 1976 en relación con los materiales y artículos fabricados en acero inoxidable que entra en contacto con alimentos.
- ▶ La norma EN 10028-7 "Productos planos en aceros para aparatos a presión".

Descripción general

El **K44** se caracteriza por :

- ▶ Una buena resistencia a la corrosión por picaduras en entorno clorurado, superior al 18-9L (1.4301, Tipo 304L) y 18-11ML (1.4404, Tipo 316L).
- ▶ Una buena resistencia a la corrosión por tensiones e intergranular.
- ▶ Una baja temperatura de transición incluido en zona soldada.
- ▶ Un buen comportamiento al embutido.
- ▶ Una buena soldabilidad.
- ▶ Una buena conductividad térmica superior a los austeníticos y un coeficiente de dilatación dos veces menor.

Aplicaciones

- ▶ Industria agro-alimentaria.
- ▶ Calentadores de agua caliente.
- ▶ Calderas.
- ▶ Conductos de humo.
- ▶ Intercambiadores.
- ▶ Tubos: azucareras y sanitarios.
- ▶ Paneles solares.
- ▶ Cocción y equipos de la restauración colectiva.
- ▶ Depósitos de agua.

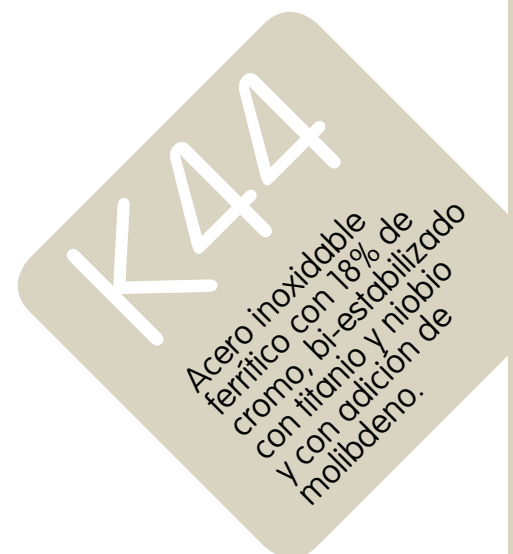
Gama de productos

Formas : chapas, formatos, bobinas, tiras, discos.

Espesores : 0.3 a 4.0 mm (otros espesores: consultar).

Ancho : según espesor, a consultar.

Acabado : laminado en frío, recocido brillante y "Skin-pass"
(Otros acabados, consultarnos).



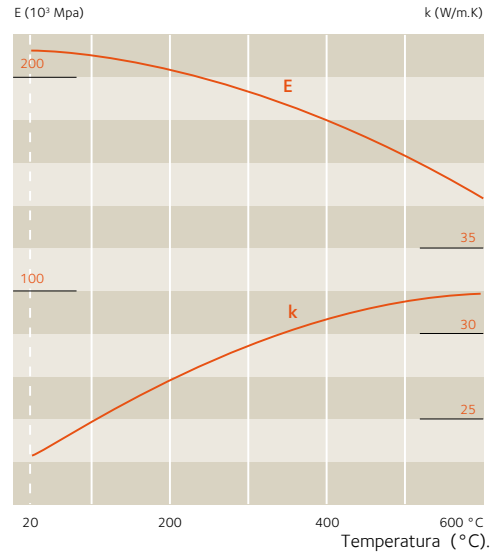
Propiedades físicas

Chapa laminada en frío. Recocido.

(Valores típicos)

| | | | | |
|-------------------------------------------|----------|-----------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|
| Densidad | d | kg/dm ³ | 20 °C | 7,7 |
| Temperatura de fusión | | °C | | 1495 |
| Calor específico | c | J/kg.K | 20 °C | 430 |
| Conductividad térmica | k | W/m.K | 20 °C | 23 |
| Coefficiente medio de dilatación térmica* | α | 10 ⁻⁶ /K | 20-200 °C 20-400 °C 20-600 °C 20-800 °C | 10,8 11,6 12,0 12,5 |
| Resistividad eléctrica | ρ | Ω mm ² /m | 20 °C | 0,8 |
| Permeabilidad magnética | μ | à 0,8 kA/m DC ou AC | 20 °C | 800 |
| Módulo de Young | E | MPa.10 ³ | 20 °C | 220 |

Temperatura de Curie: 650°C
Observación: La conductividad térmica del K44 es superior a la de los austeníticos de tipo 304L-316L ($k=15W/m^{\circ}C$) y el coeficiente medio de dilatación es menor ($\alpha=17 \times 10^{-6}$ desde 20°C hasta 200°C para un 304L o un 316L)



Propiedades mecánicas

Condición de recocido

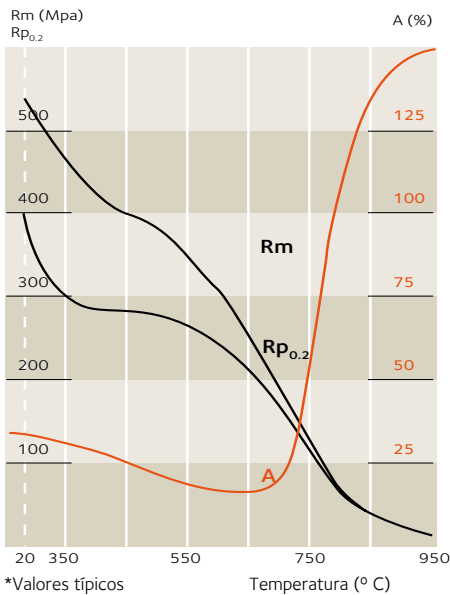
Según la NF EN 10002 - 1 (julio 2001), probeta perpendicular a la dirección de laminado.

Probeta

Lo= 80mm (espesor < 3 mm)

Lo=5,65mm √ So (espesor ≥ 3 mm)

A altas temperaturas*



*Valores típicos

| Condición | R _m ⁽¹⁾ (Mpa) | R _{p0.2} ⁽²⁾ (Mpa) | A ⁽³⁾ (%) | HRB |
|-------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----|
| Laminado en frío* | 520 | 380 | 28 | 84 |

1 Mpa = 1 N/mm².

* Valores Típicos

(1) Resistencia máxima a la tracción (Ultimate Tensile Strenght UTS) (2) Carga de rotura (YS) (3) Elongación

A 100°C el Rp0,2 del K44 es > a 300Mpa

| Designación comercial | R _{p0.2} à 20 °C (Mpa) | R _{p0.2} à 100 °C (Mpa) |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| K44/444 | 380 | 330 |
| 304L | 320 | 260 |
| 316L | 320 | 170 |

* Valores típicos

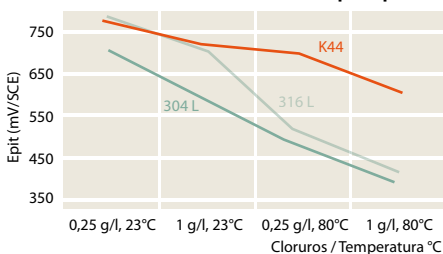
El límite de elasticidad de los aceros ferríticos es superior al de los austeníticos. Es importante tomar en cuenta esta característica del K44 durante ciertos cálculos de estructura como para los calentadores de agua caliente. En efecto, este límite de elasticidad superior a temperatura ambiente subsiste a temperaturas de funcionamiento típicas de esta aplicación, lo que permite, de cara a la prevención de riesgos de explosión, limitar los espesores para niveles de tensión idénticos. Los códigos de construcción de los aparatos a presión que regulan las dimensiones a aplicar para estos aparatos son: EN13445, el CODAP 2005, el ASME.

Resistencia a la corrosión

Resistencia a la corrosión localizada

K44 presenta una muy buena resistencia a todos los tipos de corrosión gracias a su contenido en Cr, en Mo y a su bi-estabilización con Nb y Ti. Su PREN* es de 24/25 lo que se traduce por una muy buena resistencia a la corrosión por picaduras, mejor que la de los aceros austeníticos del tipo 304 L, 316 L y 316 Ti.

Efecto de la temperatura y de la concentración en Cl sobre la resistencia a la corrosión por picaduras.



En niebla salina

No presenta ningún signo de corrosión después de 2000h de NS según NFX 41002, K44 en acabado 2B o 2R.

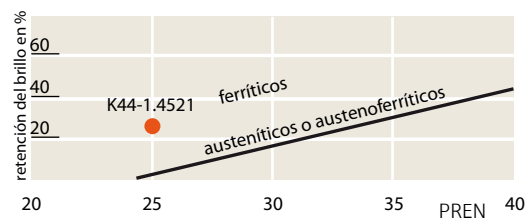
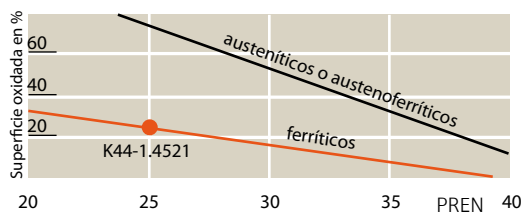
Corrosión intergranular

K44 presenta una muy buena resistencia a la corrosión intergranular (test de Strauss) en razón de su estabilización con carbono y nitrógeno por su contenido de titanio y niobio. Debido a la presencia del molibdeno y a un nivel alto de cromo, pueden aparecer precipitaciones (fases de Laves) después de un calentamiento entre 600 y 900 °C. Estas precipitaciones alteran la resistencia a la corrosión intergranular en medios muy oxidantes (prueba de Huey) pero no modifica su comportamiento en el habitual ensayo de Strauss. En caso de utilización en condiciones severas se debe evitar tal tratamiento térmico.

*PREN = %Cr+3.3%Mo+16%N.

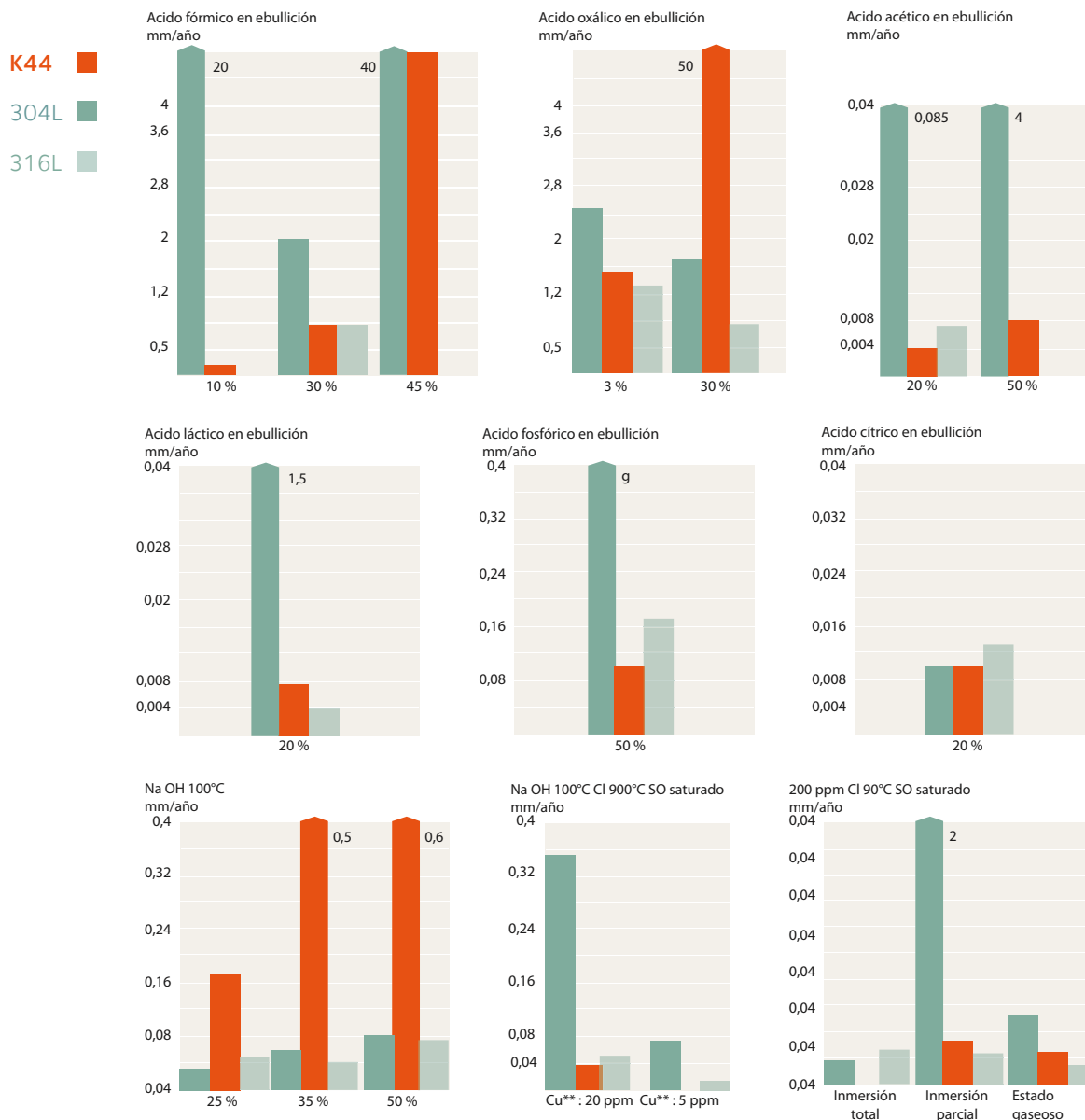
Corrosión atmosférica

Varios estudios internacionales⁽¹⁾ indican que después de 3 años de exposición en entorno marino/industrial los aceros ferríticos son más resistentes a la corrosión atmosférica que los aceros austeníticos o austenoferríticos con igual PREN. Más particularmente en lo que se refiere a la oxidación y permanencia del brillo.



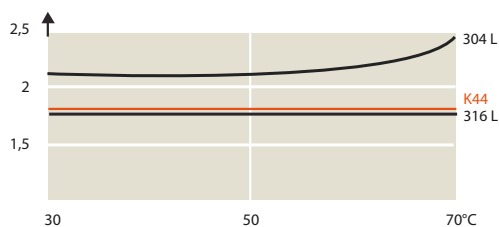
Corrosión ácida

Aunque, de manera general, la velocidad de corrosión es más elevada para los aceros inoxidables ferríticos que para los aceros inoxidables austeníticos con mismo contenido en molibdeno, **K44** es resistente a numerosos ácidos minerales u orgánicos, ver a continuación. Además, es muy resistente a los condensados de humos de gas (gas de condensación) y está homologado por el Centro Científico de la Construcción (CSTB-Francia) para aplicación en calderas domésticas de fuel de alto rendimiento



Corrosión cavernosa

Gracias al Mo, **K44** presenta una muy buena resistencia a la corrosión cavernosa, similar a la del acero 316L. Se evalúa mediante el pH de depasivación en una solución NaCl 2M. Este pH es de alrededor 1,8 y poco sensible al efecto de la temperatura.



Corrosión por tensiones

Como todas las calidades ferríticas, **K44** es insensible a la corrosión por tensiones. En agua de mar caliente, muestra mantenida a 95% de su límite elástico: ninguna rotura después de 3000h

| | 304 | 316 | K44 |
|---------------------------------|------|------|-----------------------|
| 42% MgCl ₂ hirviendo | < 2 | < 16 | > 1700 ninguna fisura |
| 42 % CaCl ₂ a 100 °C | < 25 | < 75 | > 1700 ninguna fisura |

Conformado

La calidad **K44** puede ser conformada en frío utilizando los procesos tradicionales (plegado, perfilado, curvado, embutición etc.). Recomendamos la embutición de los ferríticos, incluido el K44, favoreciendo el modo de embutición profunda o "deep drawing" (rendimiento reflejado por el LDR), es decir, permitiendo que el metal fluya y minimizando la sujeción para evitar la aparición de pliegues.

Embutición en expansión (ensayo de Erichsen)

| Designación comercial | Designación | ASTM A 240 | Flecha* (mm) |
|-----------------------|-------------|------------|--------------|
| K44 | 1.4521 | Tipo 444 | 8.6 |

* chapa de 0,8mm de espesor .

Soldadura

El **K44** es soldable por resistencia tanto por puntos como en continuo sin necesidad de realizar un tratamiento posterior si el forjado de la soldadura es el suficiente.

| Proceso de soldadura | Sin metal de aportación | Con metal de aportación | | Gas de protección* |
|---------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Espesores típicos | Espesores | Metal de aportación | |
| | | | Alambrón | Hilo |
| Resistencia: Continua, Por puntos | ≤ 2 mm | | | * Hidrógeno y nitrógeno prohibidos |
| TIG | < 1,5 mm | > 0,5 mm | G 19 12 3L (1) ER 316L (2) n° 1.4430 (5) | Argon Argon + Helio |
| PLASMA | < 1,5 mm | > 0,5 mm | G 19 12 3L Si (1) ER 316L Si (2) n° 1.4430 (5) | Argon Argon + Helio |
| MIG | | > 0,8 mm | G 19 12 3L Si (1) ER 316L Si (2) n° 1.4430 (5) | Argon + 2% CO ₂ Argon + 2% O ₂ Argon + 2% CO ₂ + Helio |
| Electrodo | | Reparación | E 19 12 3L (3) E 316L (4) | |
| Laser | < 5 mm | | | Helio Argon en algunas condiciones |

(1) Según EN ISO 14343, (2) Según AWS A5.9, (3) Según EN 1600, (4) Según AWS A5.4, (5) Según VDEH

Se tiene que evitar añadir hidrogeno o nitrógeno al argon puesto que estos gases disminuyen la ductilidad de la soldadura. Por las mismas razones, la protección con nitrógeno no debe utilizarse, y la adición de CO₂ debe limitarse a 3%. Con el fin de limitar el crecimiento del grano en la zona termo-afectada, se tiene que evitar una potencia de soldadura excesiva. Por ejemplo, en la soldadura TIG automática, la potencia no tiene que superar 2.5 kJ/cm para una chapa con espesor de 1.5 mm. El MIG/MAG pulsado permite un mejor control de la geometría de la unión y del tamaño del grano (la carga de potencia es inferior a la utilizada en MIG convencional). En general, no es necesario ningún tratamiento térmico después de la soldadura. Las soldaduras tienen que ser decapadas de manera mecánica o química, pasivadas y decontaminados. Se tendrá que evitar soldar con soplete de oxiacetileno.

Tratamiento del calor y acabado

Pulido

Los aceros inoxidables ferríticos estabilizados y el **K44** en particular son aptos al esmerilado en seco: pulidos n° 3 a 6. Sin embargo, en razón de su contenido en Ti, Nb... estas calidades no permiten obtener un pulido espejo de buena calidad. El esmerilado con abrasivos que contienen sales de hierro esta prohibido. Si el acero inoxidable esta contaminado por hierro o sales ferrosos, se tendrá que realizar un tratamiento final de decontaminación. Las piezas tienen que ser desengrasadas antes de cualquier operación de tratamiento térmico.

Recocido

A 925 °C seguido de un enfriamiento al aire. Nunca superar los 1000° C durante trabajos de larga duración (> 5 minutos).

Decapado

Baño nítrico / fluorhídrico (20% HNO₃ + 1% HF). Pastas de descascarillado para las zonas soldadas.

Pasivación / Decontaminación

Baño en frío de ácido nítrico (20 à 25 %).

Pastas de pasivación para las zonas soldadas.

Embutición profunda (ensayo de Swift)

| Designación comercial | Designación | ASTM A 240 | LDR* (mm) |
|-----------------------|-------------|------------|-----------|
| K44 | 1.4521 | Tipo 444 | 2,10-2,15 |

* ratio limite de embutición

Plegado

Los espesores inferiores a 0,8 mm pueden ser plegados a 180°C mientras que para los espesores superiores, el radio mínimo de plegado r se obtiene en función del espesor e por $r \geq 0,5 e$