

Material didactico para docentes en Arquitectura o Ingenieria Civil

Capítulo 4

Qué son los aceros inoxidables?

Videos



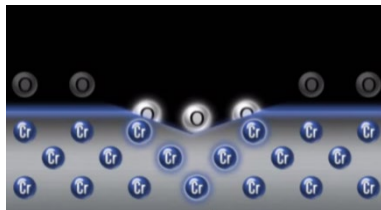
100 Años del acero Inoxidable

<http://worldstainless.org/publications/videos>



Aleados para una larga durabilidad

<http://worldstainless.org/publications/videos>

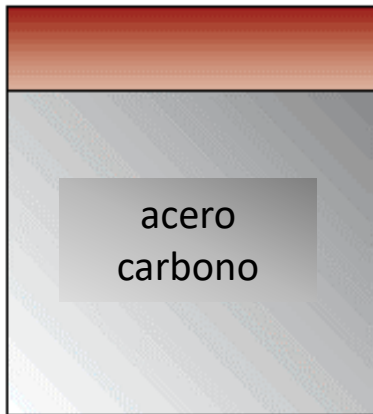


Autoreparación para una larga duración

<http://worldstainless.org/publications/videos>

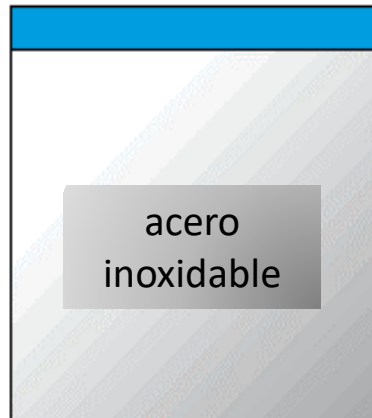
Los aceros inoxidable son aleaciones férricas que contienen al menos un 10,5% de Cromo

Óxido superficial
> 20 μ m espesor



< 11 % cromo

Capa pasiva superficial
~ 2nm espesor

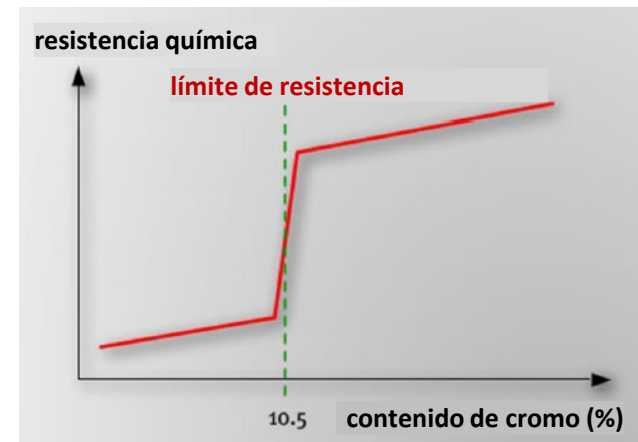


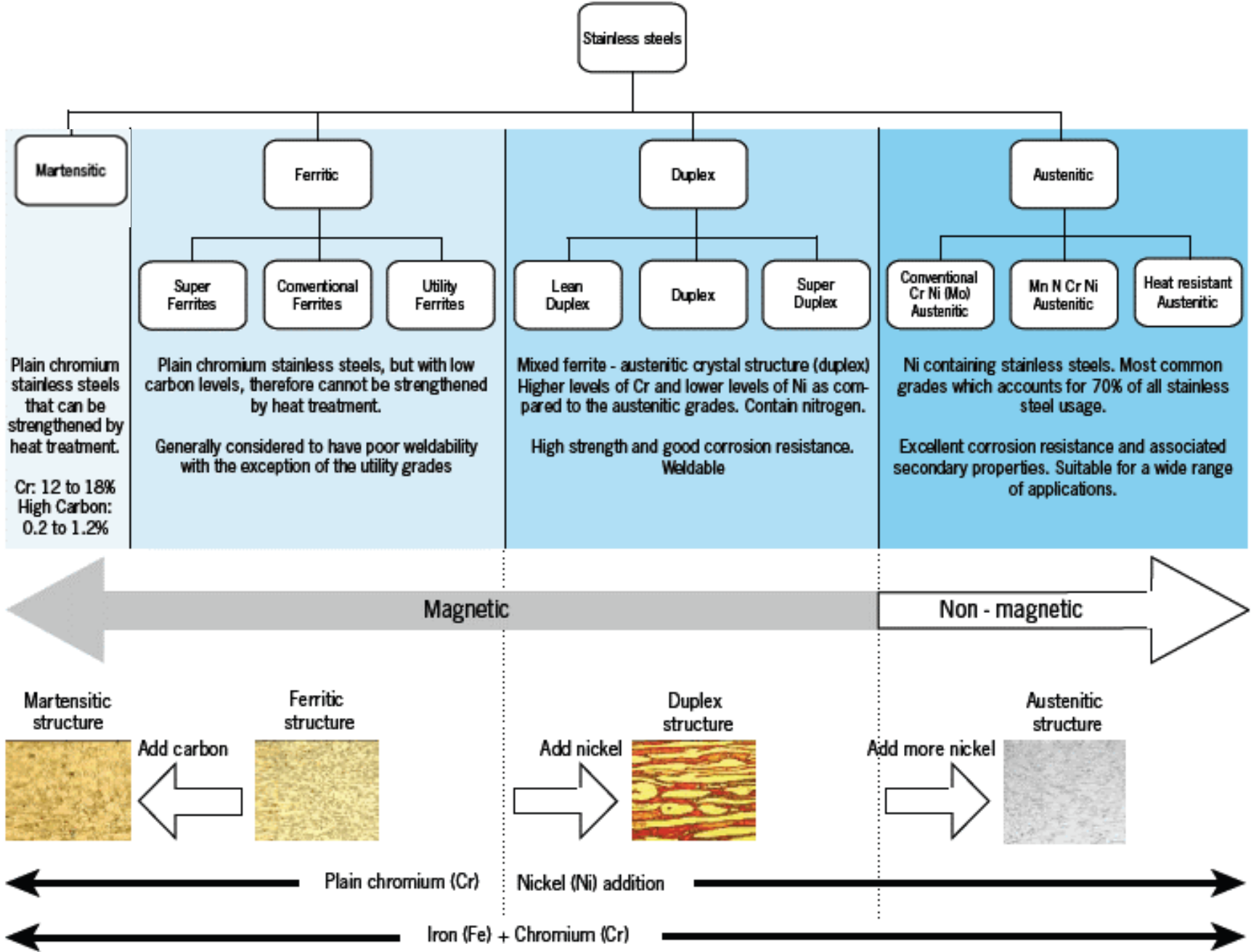
> 11 % cromo

Resistencia a corrosión

La capa pasiva se forma en pocos minutos

El incremento en Cromo aumenta la efectividad de la capa pasiva... Pero hay otros importantes factores que tienen influencia en la resistencia a corrosión (ver capítulo 5)





Aceros Cr-Ni (Austeniticos)⁴

Subgrupos:

| | | | | |
|------------|--------------------|--------|---------------|----------------|
| ▪ Cr-Ni | EN 1.4301/AISI 304 | Cr: 18 | Ni: 9 | Fe: Balanceado |
| ▪ Cr-Ni-Mo | EN 1.4401/AISI 316 | Cr: 18 | Ni 10 Mo: 2.5 | Fe: Balanceado |

Propiedades intrínsecas:

- Muy buena resistencia a corrosión, aumenta en función del contenido en aleantes
- ... Pero pueden ser susceptibles de sufrir corrosión bajo tensiones (SCC) en ambientes con temperaturas elevadas y cloruros (piscinas por ejemplo)
- Alta ductilidad y resistencia al impacto a cualquier (incluyendo las muy bajas) temperatura
- La resistencia del material puede ser incrementada por deformación en frío
- Muy buena resistencia al fuego
- Muy buena capacidad para la deformación tanto en frío como caliente (ductilidad, elongación)
- Facilmente soldable (TIG, MIG)

Código de color:

▪ Resistencia a corrosión

▪ Propiedades mecánicas

▪ Fabricación

Los más conocidos y empleados en la actualidad

Aceros Cr-Mn (Austeniticos al Manganeso)⁵

Tipo Acero más común:

| | | | | | | |
|--------------|--------------------|--------|-------|-------|--------|-------------------|
| ▪ Cr-Mn-Ni-N | EN 1.4372/AISI 201 | Cr: 17 | Mn: 7 | Ni: 4 | N:0.15 | Fe: Balanceado |
|--------------|--------------------|--------|-------|-------|--------|-------------------|

Propiedades intrínsecas:

- Menor resistencia a corrosión
- ... Y mucho más susceptibles a la corrosión bajo tensiones (SCC) y a las picaduras, especialmente cuando los niveles de Ni y Cr son bajos
- Mayores resistencias
- Pobre comportamiento frente a la deformación en frío
- Pobre maquinabilidad
- Más difíciles de soldar
- Coste inferior a los austeniticos Cr-Ni ... pero superior a los ferriticos

Mayormente
empleados en
India y China

Código de
color:

▪ Resistencia a
corrosión

▪ Propiedades
mecánicas

▪ Fabricación

Aceros con Cr (Ferriticos)⁶

Subgrupos:

| | | | |
|---------|--------------------|-------------------------|----------------|
| ▪ Cr | EN 1.4016/AISI 430 | Cr: 17 | Fe: Balanceado |
| ▪ Cr-Mo | EN1.4521/AISI 444 | Cr: 18 Mo: 2 Ti+Ni: 0.4 | Fe: Balanceado |

Propiedades intrínsecas:

- No afectado por la corrosión bajo tensiones (SCC)
- Buena ductilidad (aunque menor que la de los austeníticos)
- No son válidos para su empleo a bajas temperaturas
- Se puede incrementar algo la resistencia por deformación en frío (pero no por tratamiento térmico)
- Muy buenas propiedades para la deformación en frío. (menor efecto muelle, menor desgaste de herramientas, pero requiere una operativa diferente de la de los austeníticos)
- Los tipos estabilizados (con Nb y/o Ti) son fácilmente soldables(TIG, MIG)

Ofrecen un óptimo funcionamiento/coste en múltiples aplicaciones y son cada vez más empleados

Código de color:

▪ Resistencia a corrosión

▪ Propiedades mecánicas

▪ Fabricación

Aceros Cr (Martensíticos)⁷

Subgrupos:

| | | | |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------|
| ▪ C-Cr | EN1.4021/AISI 420 | Cr: 13 C:0.2 | Fe: Balanceado |
| ▪ C-Cr-Ni | EN1.4057/AISI431 | Cr: 16 Ni: 2 C: 0.2 | Fe: Balanceado |
| ▪ Endurecidos por precipitación | Typically EN1.4542/AISI630 | Cr: 17 Ni: 4 Cu:4 | Fe: Balanceado |

Propiedades intrínsecas:

- **Aceptable a buena resistencia a corrosión, dependiendo de la cantidad de aleantes.**
- **Alta resistencia** obtenida por tratamiento térmico (no por deformación en frío). Limitada elongación.
- **No recomendable para su uso a muy bajas temperaturas**
- **No recomendable para su conformado, generalmente procesados por mecanizado**
- **Pueden ser soldados (TIG, MIG), pero requieren generalmente de tratamiento posterior**

Son usados como aceros de ingeniería con resistencia a corrosión

Código de color:

▪ **Resistencia a corrosión**

▪ **Propiedades mecánicas**

▪ **Fabricación**

Duplex (Austenitico-Ferritico)⁸

Subgrupos:

| | | | |
|------------|----------|--------------------|----------------|
| ▪ Cr-Ni | EN1.4362 | Cr: 23 Ni: 4 | Fe: Balanceado |
| ▪ Cr-Ni-Mo | EN1.4462 | Cr: 22 Ni: 5 Mo: 3 | Fe: Balanceado |

Propiedades intrínsecas:

- Excelente resistencia a corrosión, se incrementa en función del contenido de aleantes
- No afectado por la corrosión bajo tensiones (SCC)
- Alta resistencia, buena ductilidad
- Resistencia puede incrementarse mediante deformación en frío (pero no por tratamiento térmico)
- Buenas propiedades para conformado en frío y en caliente(ductilidad, elongación)
- Soldable (TIG, MIG)

Codigo de color:

▪ Resistencia a corrosión

▪ Propiedades mecánicas

▪ Fabricación

Ofrecen la mejor combinación de resistencia a corrosión y propiedades mecánicas

Propiedades Físicas^{9, 10}

| Materiales | Modulo de Elasticidad Gpa | Coefficiente de Expansión Térmica 10^{-6}K^{-1} | Conductividad Térmica $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ | Magnetismo | Densidad Kg/dm^3 |
|---------------------|---------------------------|---|---|--------------|---------------------------|
| Cr-Ni Austeniticos | 210 | 18 | 15 | No | 7.8 |
| Cr-Mn Austeniticos | 210 | 17 | 15 | No | 7.8 |
| Cr Ferriticos | 220 | 11 | 23 | Yes | 7.7 |
| Cr-Ni (Mo)-N Duplex | 210 | 14 | 15 | Intermediate | 7.8 |
| Cr-C Martensiticos | 215 | 11 | 30 | Yes | 7.7 |
| Acero al Carbono | 210 | 12 | 18 | Yes | 7.8 |
| Cobre | 135 | 17 | 380 | No | 8.3 |
| Aluminio | 70 | 22 | 230 | No | 2.7 |
| Vidrio | 65 | 9 | 1,7 | No | 2.5 |
| Hormigón | 48 | 10 | 1 | No | 2.5 |

Normativa de Aceros inoxidables

Principales entidades normativas:

ISO



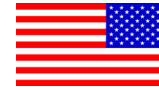
EN



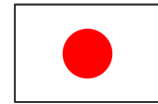
ASTM/AISI



UNS



JIS



Nota:

Muchos países referencian a las normas anteriores, que son ampliamente aceptadas.
 Muchos de los aceros son muy similares en todas las normas.

Listado de normativa Americana: ref 11

Listado de normativa Europea: ref 12

Existen tablas de correspondencia entre ambas: refs 13 – 15

Principales tipos de Acero inoxidable utilizados en Arquitectura y Construcción: EN 10088-4 (chapa/plate/fleje)^{16, 17}

| Tipo | ASTM UNS | C Wt% | Cr Wt% | Ni Wt% | Mo Wt% | Otros Wt% | Uso principal ^{3,4} |
|------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|---|
| 4003 | S40977 | 0,02 | 11,5 | 0,5 | - | - | Interiores (calidos o no) |
| 4016 | 430 | 0,04 | 16,5 | - | - | - | Revestimientos decorativos en interior |
| 4509 | S43932 | 0,02 | 18 | - | - | Nb Ti | Tejados en zonas de interior y canalones de agua |
| 4510 | 439 | 0,02 | 17 | - | - | Ti | |
| 4521 | 444 | 0,02 | 17,8 | - | 2,1 | Ti | Mercado de tubería doméstica |
| 4301 | 304 | 0,04 | 18,1 | 8,1 | - | - | Interiores y exteriores de edificios en ambiente industrial normales alejadas de la costa |
| 4307 | 304L | 0,02 | 18,1 | 8,1 | - | - | |
| 4306 | 304L | 0,02 | 18,2 | 10,1 | - | - | |
| 4401 | 316 | 0,04 | 17,2 | 10,1 | 2,1 | - | Aplicaciones permanentemente húmedas, localizaciones en ambiente costero, ambientes industriales contaminados o cerca de carreteras con sales de deshielo |
| 4404 | 316L | 0,02 | 17,2 | 10,1 | 2,1 | - | |
| 4571 | 316Ti | 0,04 | 16,8 | 10,9 | 2,1 | Ti | |
| 4529 | N08926 | 0,01 | 20,5 | 24,8 | 6,5 | N, Cu | Túneles de carretera y piscinas cubiertas |
| 4547 | | 0,01 | 20,0 | 18,0 | 6,1 | N, Cu | |
| | S31254 | | | | | | |

Principales tipos de Acero inoxidable utilizados en Arquitectura y Construcción: EN 10088-5(barra/alambre/perfiles)¹⁸

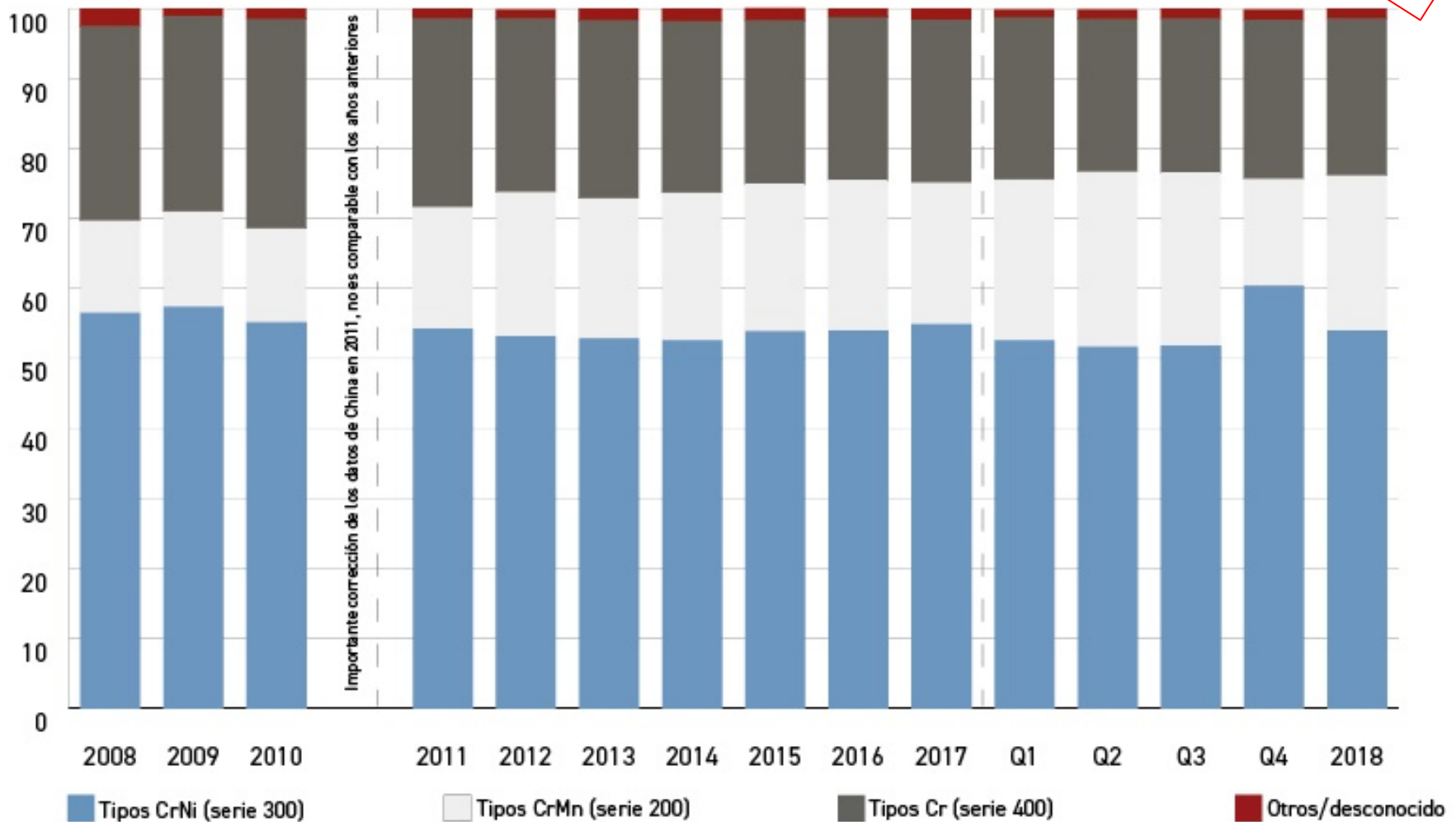
| Tipo | ASTM UNS | C Wt% | Cr Wt% | Ni Wt% | Mo Wt% | Otros Wt% | Uso principal ⁶ |
|------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|---|
| 4003 | S40977 | 0,02 | 11,5 | 0,5 | - | - | |
| 4016 | 430 | 0,04 | 16,5 | - | - | - | Ganchos para pizarra |
| 4542 | 630 | 0,04 | 16,0 | 4,0 | | Cu,Nb | Barras de anclaje |
| 4301 | 304 | 0,04 | 18,1 | 8,1 | - | - | Corrugado Tornillería tipo A2 |
| 4307 | 304L | 0,02 | 18,1 | 8,1 | - | - | |
| 4311 | 304N | 0,02 | 18,1 | 8,6 | - | N | |
| 4567 | 304Cu | 0,02 | 17,1 | 8,6 | - | Cu | |
| 4401 | 316 | 0,05 | 16,6 | 10,1 | 2,1 | - | Interior y exterior de edificios en ambiente industrial normal, lejos de la costa, Corrugado |
| 4404 | 316L | 0,02 | 16,6 | 10,1 | 2,1 | - | |
| 4429 | « 316LN » | 0,02 | 16,6 | 11,1 | 2,6 | N | |
| 4529 | « 926 » | 0,01 | 20,5 | 24,8 | 6,5 | N, Cu | Tuneles de carreteras y piscinas cubiertas. |
| 4547 | S31254 | 0,01 | 20,0 | 18,0 | 6,1 | N, Cu | |
| 4362 | S32304 | 0,02 | 22,5 | 3,6 | 0,3 | N, Cu | Corrugado y componentes mecánicos |
| 4462 | S32205 | 0,02 | 21,5 | 4,6 | 2,8 | N | Corrugado y componentes mecánicos |

Desglose de la producción mundial de aceros inoxidables por familias



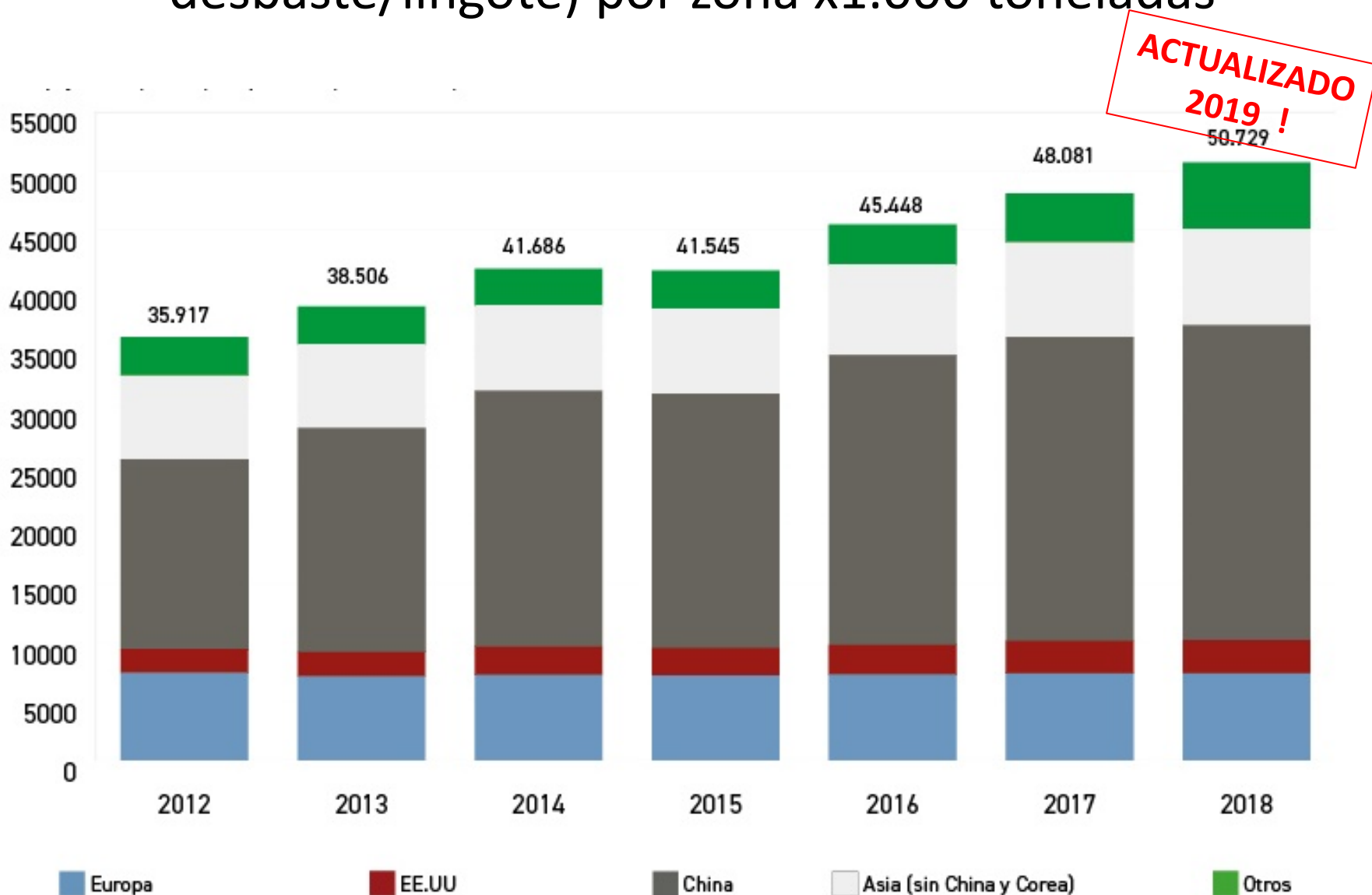
Desglose de la producción mundial por familia¹⁹

NUEVA

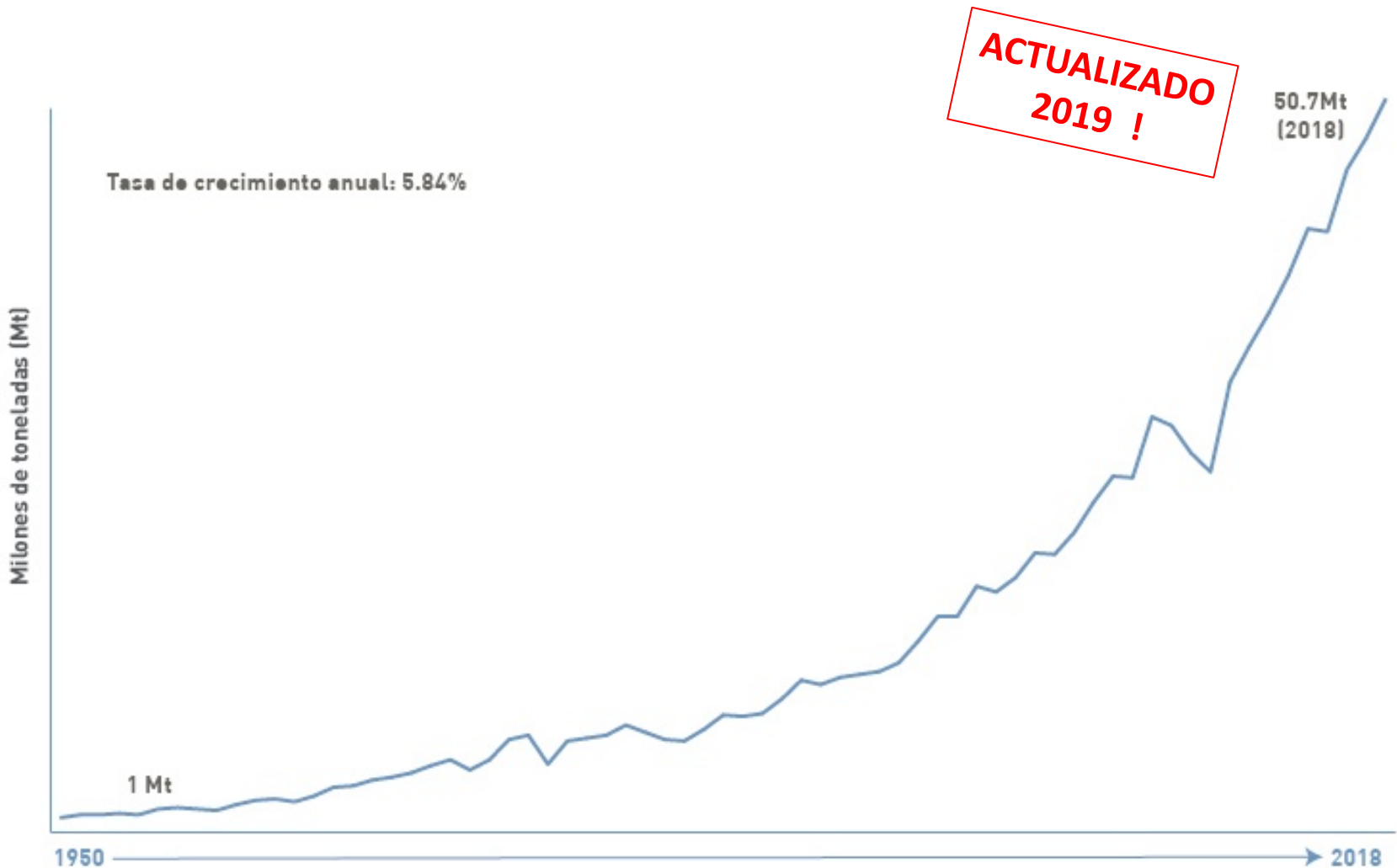


Altos valores del Ni favorecen el reemplazo de tipos CrNi por tipos como Cr-Mn o Cr
Los tipos Duplex, irrelevantes hoy en día, se espera que crezcan enormemente en el futuro.

Producción de acería de acero inoxidable (equivalente en desbaste/lingote) por zona x1.000 toneladas

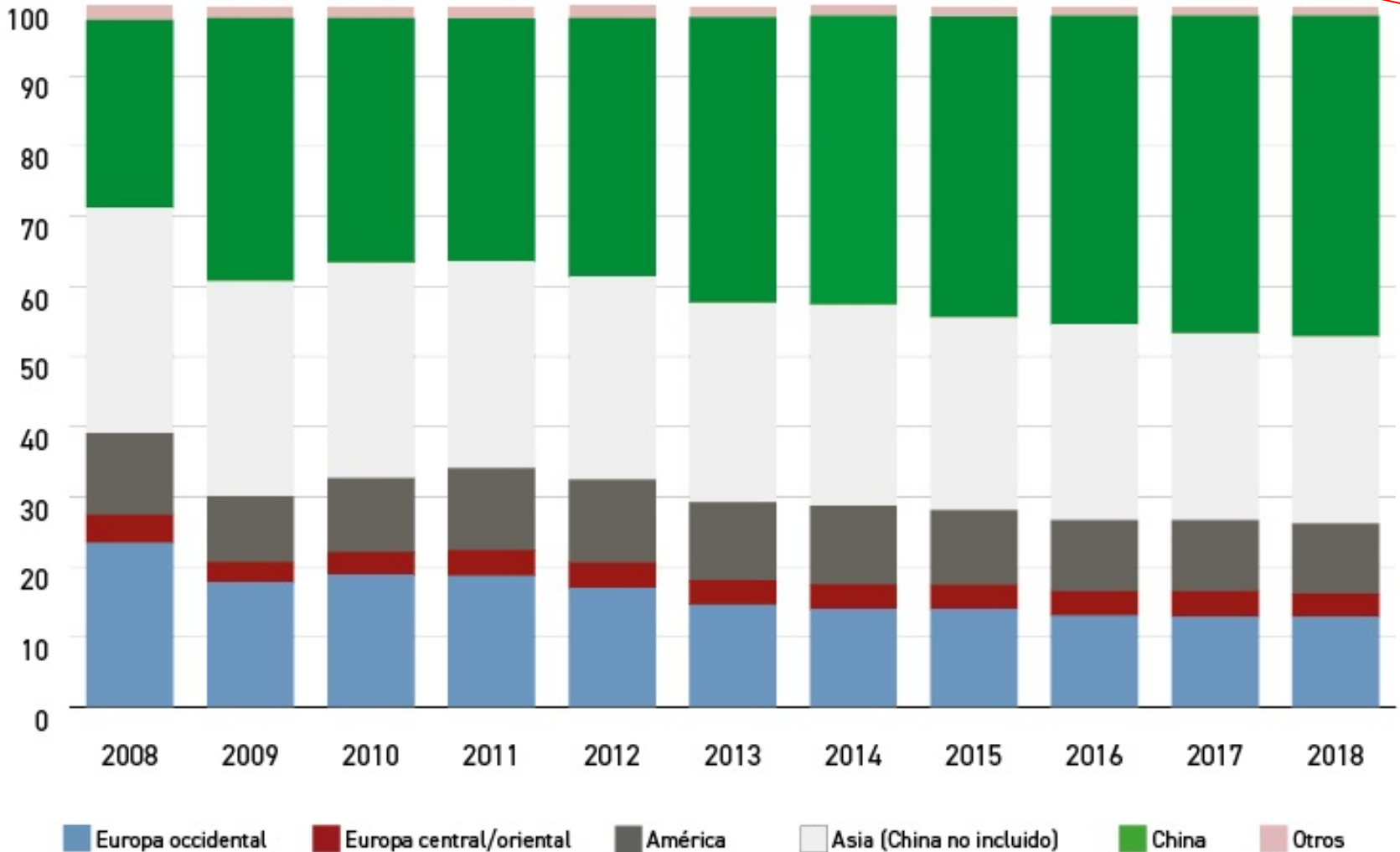


Tasa de crecimiento anual de producción de acería de acero inoxidable²² (millones de toneladas)



Consumo aparente del acero inoxidable por zonas

**ACTUALIZADO
2019 !**



Referencias bibliográficas (1/2)

1. <https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/TheStainlessSteelFamily.pdf>
2. D. Peckner Handbook of Stainless Steels Hardcover – June, 1977 ISBN-13: 978-0070491472 ISBN-10: 007049147X
3. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Austenitics.pdf
4. New « 200 series steels »: An opportunity or a threat to the image of stainless steel?
http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSFNew200seriessteelsAnopportunityorathreat_EN.pdf
5. <http://www.outokumpu.com/en/stainless-steel/about-stainless-steel/stainless-steel-types/pages/default.aspx>
6. The ferritic solution http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_The_Ferritic_Solution_Spanish.pdf
7. Martensitic stainless steels http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Martensitic_Stainless_Steels.pdf
8. Duplex stainless steels: <https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/structural-duplex-stainless.php?d=1>
9. https://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistancel_14057a_.pdf
10. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Tables_TechnicalProperties_EN.pdf
11. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/2014-8-Specification-and-Guideline-list.pdf
12. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=370&featured=1>
13. <https://www.worldstainless.org/about-stainless/what-is-stainless-steel/standards/>

Referencias bibliográficas (2/2)

14. Chemical composition of stainless steel flat products for general purposes to EN 10088-2: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=44>
15. Chemical composition of stainless steel long products for general purposes to EN 10088-3: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=46>
16. EN 10088-4:2009 Stainless steels. Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for construction purposes [www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/EN10088-4 EN.pdf](http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/EN10088-4%20EN.pdf)
17. Stainless steel flat products for building – the grades in EN 10088-4 explained: [https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/EN10088-4 EN.pdf](https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/EN10088-4%20EN.pdf)
18. EN 10088-5: 2009 Stainless steels. Technical delivery conditions for bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for construction purposes.
19. ISSF publication « Stainless Steel in Figures »: [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF Stainless Steel in Figures 2019 English public version.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF%20Stainless%20Steel%20in%20Figures%202019%20English%20public%20version.pdf)

Gracias