

Material didáctico para docentes en Arquitectura e Ingeniería Civil

Capítulo 3

¿Por qué emplear aceros inoxidables?

Introducción

Principales materiales empleados en
la arquitectura, edificación y
construcción

Comparativa de uso de los principales materiales de construcción en la actualidad

Materiales	Producción mundial 2013*	Densidad media	Observaciones
Tierra comprimida, <i>pisé</i>	nd		Empleado en viviendas tradicionales Africanas. Interes renovado por sus propiedades ambientales
Ladrillos ²	4050	2,0	El 87% se emplea en Asia
Cemento ³	4000	2,4**	(Para obtener la cifra de hormigón multiplicar por 3-4) **Densidad del hormigón
Acero ^{4a}	1582	7,8	(Producción acero crudo) 14% se destina a infraestructura – 50% como corugado ¹⁰ 42% se destina a la edificación ¹²
Fundición Hierro y acero ^{4b}	82	7,8	Datos del 2011 De los cuales 46 Hierro gris, 25 hierro ductil, 1 hierro maleable, 10 acero
Madera ⁵	1000	0,55	Datos del 2011 Excluida la madera para papel (cerca de 440 MT) Excluida la madera para combustión (cerca de 1000MT)
Polimeros artificiales ⁶	299	1,1	Algunos polimeros naturales :Celulosa, Caucho, Seda
Vidrio artificial ⁷	60	2,6	Vidrio plano cifras del 2010, crecimiento del 2,5% Para la producción total de vidrio multiplicar por 3
Aluminio ⁸	51	2,7	(Produccion de aluminio primario) El 24% se destina a construcción ¹⁰
Acero inoxidable ⁹	38	7,8	El 17% se destina a construcción ¹¹

nd: no disponible

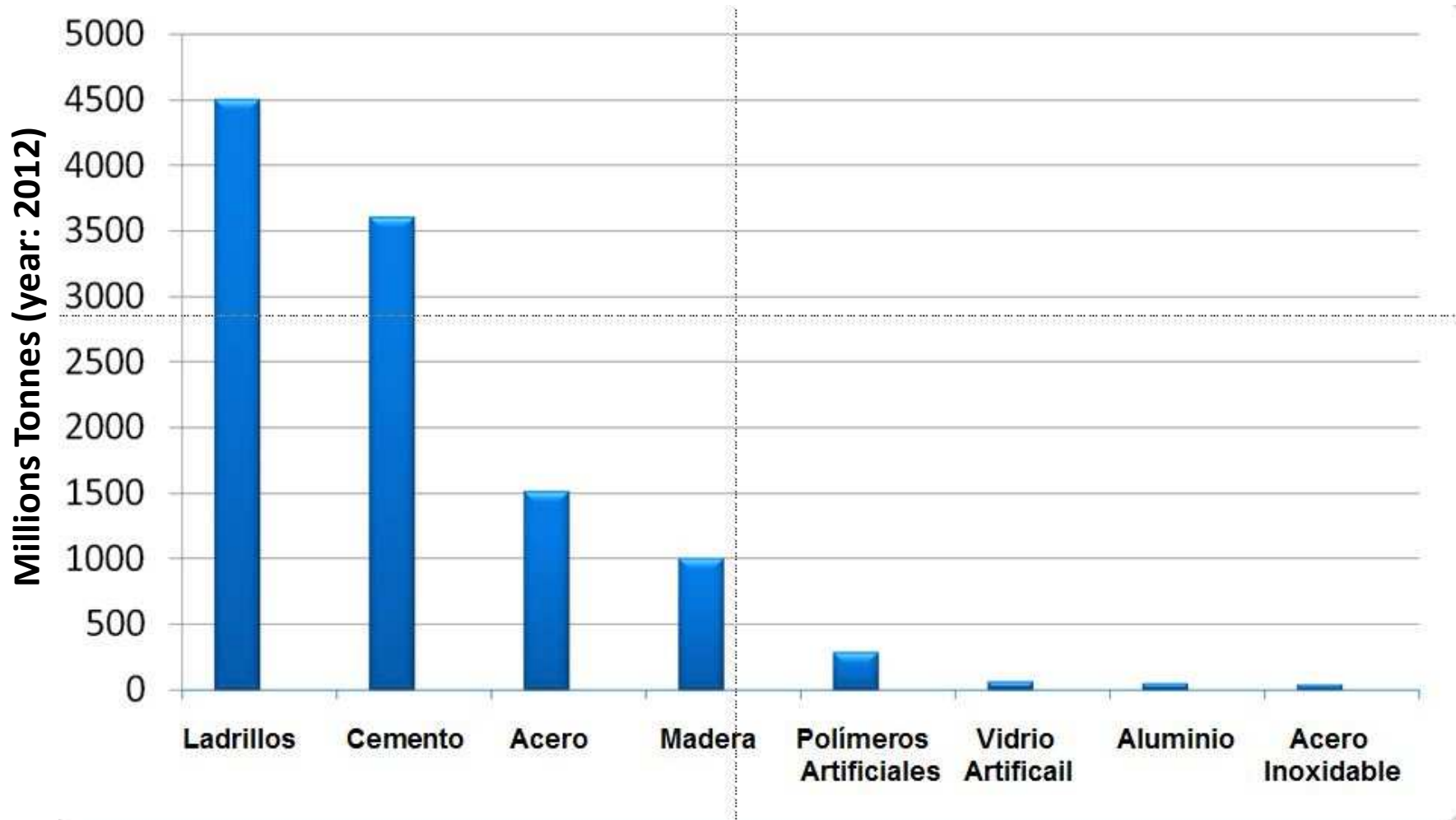
* en Millions Metric Tons

Actualizado !

Comparativa de uso de los principales materiales de construcción en la actualidad

Actualizado !

Why stainless steels?

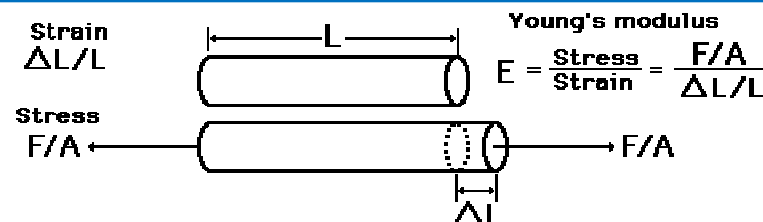


Modulo de Young's (E) de algunos materiales¹² (rigidez)

Nuevo !

Material	Modulo de Young's E (GPa)
Aceros	~210
Aceros inoxidables	~210
Aleaciones de Cobre	~130
Aleaciones Titanio	~100
Aleaciones Aluminio	~70
Hormigon	~40
Madera	~10
Plasticos	~4

El acero inoxidable es tan rígido como el acero



Ratio resistencia/peso¹³ de metales empleados en arquitectura

Nuevo !

El acero inoxidable ofrece un ratio resistencia/peso comparable al acero y al aluminio

Material	Ratio resistencia / peso especifico	Limite elastico, Mpa	Resistencia a traccion, Mpa	Peso especifico (Kg/dm ³)	Elongación mínima, %
Inoxidable 304 o 316, recocido	26	205	515	7,8	35
Inoxidable 304 o 316, procesado en frio CP 350	45	350	-	7,8	-
Inoxidable 304 o 316, procesado en frio CP 500	62	480	-	7,8	-
Inoxidable Duplex 2205	64	500	700/950	7,8	20
Inoxidable 630, envejecido	103	800	950/1150	7,8	10
Acero al carbono convencional en chapa caliente	30	234	317	7,8	35
Acero al carbono estructural (chapon y barra)	32	250	400/550	7,8	23
Aceros de alto limite elastico	49	380	460	7,8	25
Aceros de ingenieria 4140 recocido y templado	96	750	930/1080	7,8	12
Aleación de aluminio 3003- H14	37	145	150	3,9	40
Aleación de aluminio 3105- H14	38	150	170	3,9	5
Aleación de aluminio 5005- H16	44	170	180	3,9	5
Aleación de aluminio 6061- T6	71	275	310	3,9	12
Aleación de aluminio 6063- T5	37	145	185	3,9	12
Cobre	23	195	250	8,3	30

Comparativa simplificada de varios materiales 14

Nuevo !

		Aceros Inoxidable			Cobre	Aluminio	Acero Carbono	Plasticos
Propiedades		EN 1.4521 AISI 444	EN 1.4301 AISI 304	EN 1.4401 AISI 316				
Físicas	Densidad	-	-	-	--	+	-	+++
	Expansion lineal	++	0	0	0	-	+	--
	Conductividad Eléctrica	--	-	-	+++	++	0	---
	Magnetismo	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Mecánicas	Modulo de Young	+++	+++	+++	+	-	+++	---
	Resistencia	+	++	++	0	-	+ / +++	--
	Elongación	+	+++	+++	+++	++	0	-- / +++ +
Otras	Fabricación	++	++	++	+	0	++	-
	Altas Temperaturas	++	++	+++	0	-	+	---
	Bajas Temperaturas	-	+++	+++	+	0	-	-
	Resistencia Corrosión	+++	+++	++++	++	+	--	+

Símbolos **+** Ventaja **-** Limitación (en relación con los otros materiales)

Why stainless steels?

El acero inoxidable sigue siendo
un material « Joven »

De los nuevos materiales empleados a los largo de la historia el acero inoxidable es el más reciente*

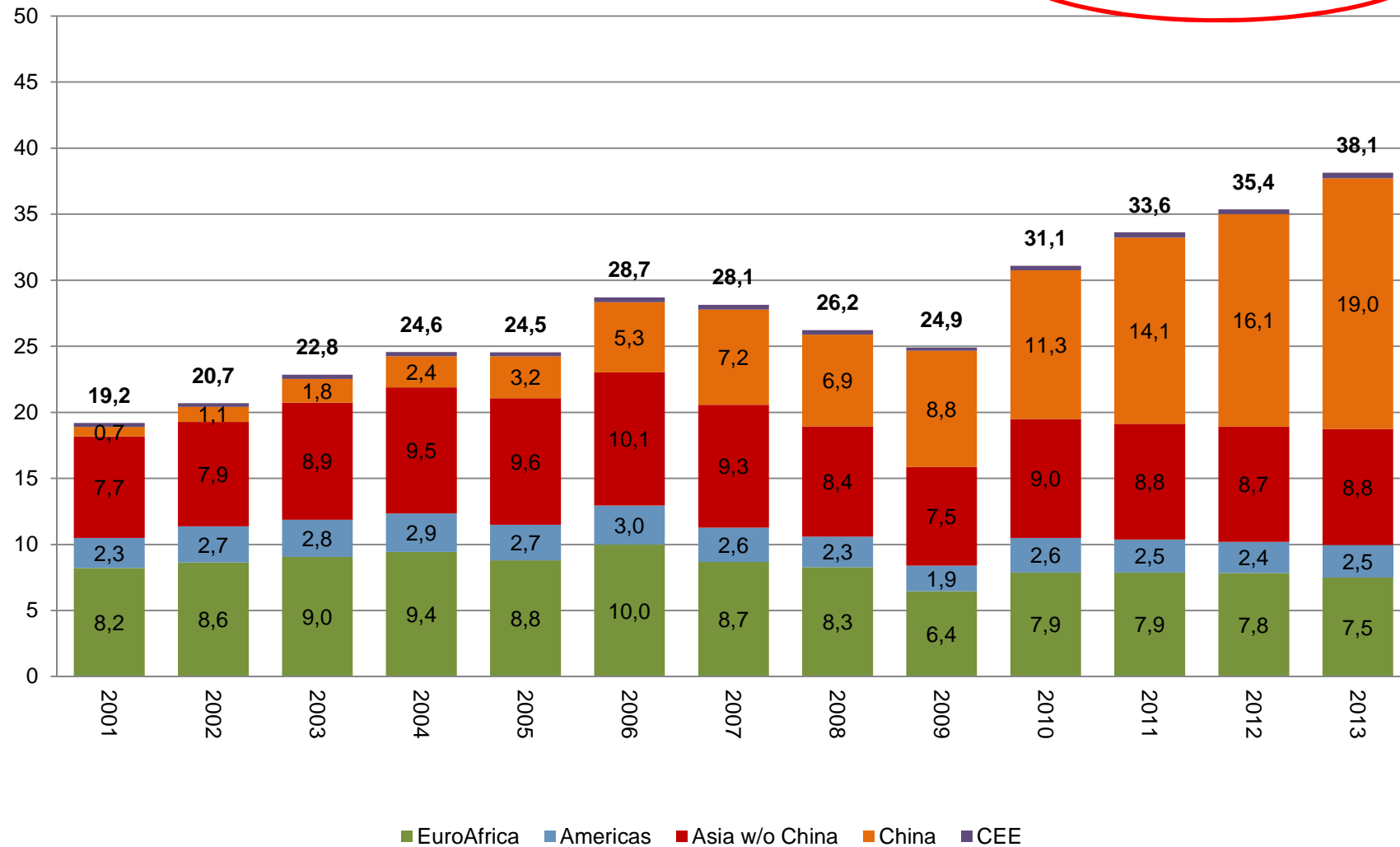
Materiales	Periodo de tiempo	
Tierra comprimida, pisé		Empleada desde los albores de la humanidad!
Madera ¹⁵		Empleada desde los albores de la humanidad!
Ladrillo ¹⁵	7500 AC 4500 AC	Barro cocido/cerámicas
Acero ¹⁵	4000 BC 1858	Herrerías Proceso Bessemer
Vidrio artificial ¹⁵	3500 BC 100 BC 1950	Primeros cristales fabricados Vidrio transparente Proceso Pilkington
Aluminio ¹⁵	1825 1886	Oersted descubre el Aluminio Proceso Hall –Heroult
Hormigón armado ¹⁵	1850 1885	Pero el cemento es mas antiguo Proceso Rotary Kiln
Polimeros artificiales ¹⁵	1846 1907 1939	Celulosa Bakelita Nylon
Acero Inoxidable ²	1912-1913 1954 1955	Primeras aleaciones Proceso AOD Laminación en caliente

* Hay materiales mas modernos, por supuesto,pero no empleados en cantidades significativas.

Producción mundial de acero inoxidable por áreas²

Nueva!

La demanda sigue creciendo



Why stainless steels?

¿Por qué usar el acero
inoxidable?

Actualizado !

Debido a sus excelentes propiedades

1. **Resistencia a corrosión**
 - En todos los ambientes: De tropical a polar, mar o desierto, contaminado o no..
 - Se auto repara a diferencia de los tratamientos superficiales
2. **Gran durabilidad** con poco o nulo mantenimiento
3. **Gran abanico de propiedades mecanicas** consecuencia de las multiples familias de aceros inoxidables (Cr-Ni Austeniticos – Cr-Mn Austeniticos – Cr Ferriticos – Duplex – Cr C Martensiticos) ahora incluidos en los principales códigos de edificación. Además presentan una excelente resistencia al fuego.
4. **Estéticas**: Amplia selección de acabados y colores disponibles. Asimismo presenta una resistencia al vandalismo en lugares publicos.
5. **Facil fabricacion y unión**
6. **Sostenibilidad excelente**
 - Permite una larga vida en servicio con poco o nulo mantenimiento.
 - 100% reciclable (y más del 85% reciclado) al final de su vida util como nuevo acero inoxidable sin perdida de sus propiedades.
7. **Seguro e Higienico**: Inerte, no se contamina, facil de limpiar y desinfectar
8. **Propiedades Especificas**: magneticas/no magneticas

Qué limita a los aceros inoxidable: El precio

Actualizado !

¿Es caro el acero inoxidable?

Respuesta: Si y No

Si:

Si el coste inicial es lo unico que interesa (generalmente relacionado con una financiación escasa)

Pero hay que tener en cuenta que una mala elección puede ser más costosa:

- El acero inoxidable generalmente representa una pequeña parte del proyecto
- Reparaciones imprevistas y mantenimientos pueden suponer un elevados coste adicional tanto directa como indirectamente.

No:

Si

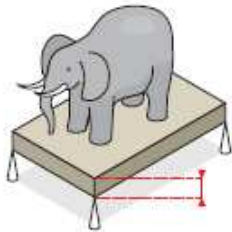
- El coste del ciclo de vida del proyecto (el coste real) es tenido en cuenta. Por ejemplo si el mantenimiento, el coste de operatividad y los temas relacionados con el reciclaje son tenidos en cuenta.
- El diseño es optimizado: chapas de bajo espesor, perfiles de formas complejas pueden revertir en estructuras resistentes con poca necesidad de material.

*El principal interes de la propiedad siempre consiste en hacer la correcta elección en función del analisis del ciclo de vida.

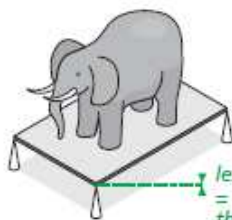
El acero inoxidable (y otros materiales) requieren de menor cantidad de material¹⁶

DOING MORE WITH LESS

Due to their high strength, metals can bear high loads with less material or be used to reinforce other materials.



non-metallic material

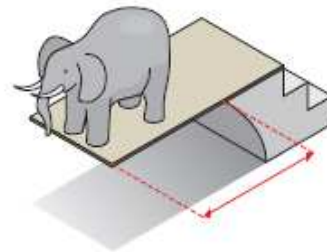


*less material
= reduced
thickness*

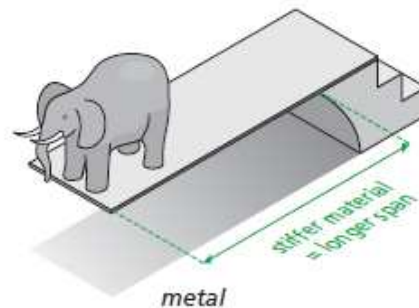
metal

FREEDOM FOR DESIGNERS

Thanks to their high stiffness, metals can span greater distances, allowing more design freedom.



non-metallic material



*stiffer material
= longer span*

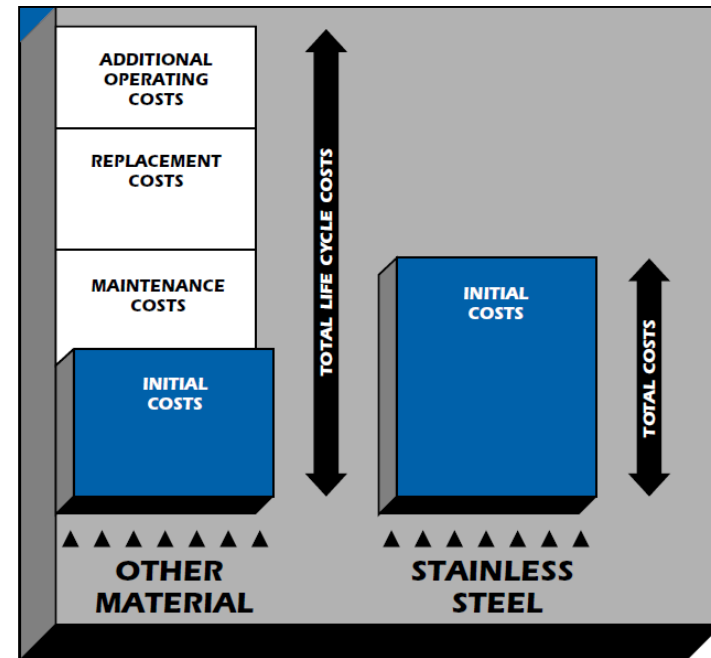
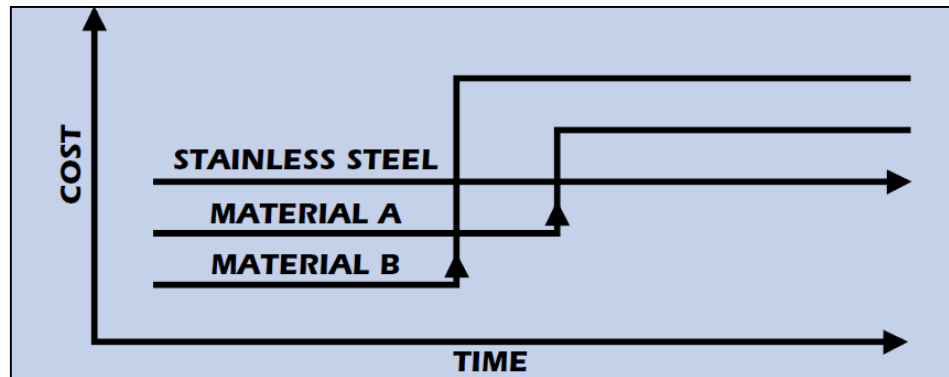
metal

Espesores finos de 0,4mm y 0,6mm en chapa son ampliamente empleados en inoxidable.

Peso: solo 3,12Kg y 4,68Kg respectivamente por m² !





Razones por las que el acero inoxidable no es caro si se tiene en cuenta el ciclo de vida

El coste de las estructuras realizadas con otros materiales se incrementa sustancialmente a lo largo del tiempo, mientras que las realizadas con acero inoxidable se mantienen constantes..



El coste relacionado con la corrosion excede los 137 Billions \$ en Estados Unidos ¹⁷

Comparativa del ciclo de vida de dos estructuras antiguas^{18,19}

Structuras	Finalizadas	Material	Altura	Mantenimiento
Torre Eiffel en Paris * 	1889 	Acero al carbono	324m	Cada 7 años. Cada campaña de pintura dura al menos año y medio (15 meses). Se usan entre 50 y 60 tons de pintura, 25 pintores, 1500 brochas, 5000 discos de lijado y 1500 sets de ropas de trabajo.
Edificio Chrysler (Tejado y Hall) – New York 	1930 (Tejado 1929) 	Acero inoxidable austenitico (tipo: 302)	319m	Dos veces en 1951, 1961, 1995. La solución empleada en 1961 se desconoce. Un detergente neutro, desengrasante y abrasivo fue empleado en 1995.

* La torre Eiffel se construyó antes de que el acero inoxidable se inventase...y se suponía que sería una obra temporal, pero a la gente la encantó !

Ejemplo:

Comparativa de mantenimiento de dos puentes importantes.^{20, 21}

- Puente Golden Gate en San Francisco
- Puente Stonecutter's en Hong Kong

En las siguientes 2 diapositivas

Puente Golden Gate (1937), San Francisco

<- Mantenimiento



“Un robusto grupo de **13 trabajadores del metal trabajan** junto con **28 pintores** y un **jefe de pintura de puente** batallan contra el viento, el aire marino y la niebla, generalmente suspendidos sobre el agua, para reparar el acero corroido. Los trabajadores reemplazan las partes de acero corroidas y los remaches con tornillos de acero de alta resistencia, a la par que fabrican pequeños componentes para empelar en el puente y asisten a los pintores con sus equipos de trabajo en altura. Los trabajadores ademas retiran barras y chapas para proveer el acceso al interior de las columnas y otros componentes a los pintores interiores. Los pintores preparan todas las superficies del puente y reparan todas las areas corroidas.” ²⁰

Puente Stonecutter's (2009), Hong Kong

<- Mantenimiento



Detalles del proyecto : 1,596m longitud. 2 carriles 3 pilares atirantados. Vano central de 1,018m. Resistente a tifones.

Material : Acero inoxidable EN1.4462 (Duplex) plate con 450MPa de límite elástico empleado para las torres de mas de 175m de altura y para el forrado de las mismas.

Porqué se seleccionó inoxidable frente al acero al carbono: por los requisitos de vida útil de 120 años en un ambiente cálido y contaminado por agua de mar. Diseñado con la idea de nulo mantenimiento. ²¹

Principales referencias

1. www.worldstainless.org
2. (a) http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/2012_ladrilleras_pon_s1_ebaum_eng.pdf (b)
[http://wiki.answers.com/Q/What is the weight of a red clay brick in Kilograms](http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_weight_of_a_red_clay_brick_in_Kilograms) (c)
<http://www.hablakilns.com/industry.htm>
3. <http://www.cembureau.eu/about-cement/key-facts-figures>
4. (a) <http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/monthly-steel-archive.html> (b)
<http://www.afsinc.org/files/25-28censusdec12.pdf>
5. (a) <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/> (b) <http://www.franceboisforet.fr>
6. <http://www.plasticseurope.org/information-centre/press-releases/press-releases-2014/china-leads-global-plastics-production-while-europe-ranks-second.aspx>
7. (a) <http://www.glassforeurope.com/en/industry/global-market-structure.php> (b)
http://www.nsg.co.jp/~media/NSG/Site%20Content/Temporary%20Downloads/Japanese/NSGFGI_2011%20EN2.ashx
8. <http://www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-production/>
9. [http://worldstainless.org/statistics/crude steel production](http://worldstainless.org/statistics/crude_steel_production)
10. <http://www.withbotheyesopen.com/>
11. <http://www.ssina.com/overview/markets.html>
12. <http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf>
13. http://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistancel_14057a_.pdf
14. [Source: Aperam](#)
15. [Wikipedia](#)
16. <http://www.nickelinstitute.org/en/MediaCentre/Publications/MetalsforBuildings.aspx>

Principales referencias (Cont.)

17. <http://www.nace.org/Publications/Cost-of-Corrosion-Study/>
18. a) <http://www.tour-eiffel.net/> b) <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
19. c) http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building d) Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
20. <http://goldengatebridge.org/research/facts.php#IronworkersPainters>
21. <http://www.nickelinstitute.org/~media/Files/NickelUseInSociety/Architecture/Construction%20Case%20Studies/CS-1%20Stonecutters%20Bridge%20HK%20low%20res.ashx>

Gracias