



Tendencias de usos y demanda de productos de cobre

DEPP 24/2017

Registro Propiedad Intelectual N° 285490



Resumen ejecutivo

El consumo mundial de cobre refinado pasó desde 15.185 mil toneladas en el año 2000 a alcanzar las 22.523 mil toneladas en el año 2016, lo que representa un crecimiento anual de 11,6%. Los países con mayor participación en el consumo mundial de cobre refinado son China (48%), Estados Unidos (8%) y Alemania (6%).

En el año 2016 el cobre utilizado en construcción, a nivel mundial, fue 8.595 mil toneladas (31%). El uso de cobre para consumo general en el año 2016 fue de 6.782 mil toneladas (23,99%), cifra levemente superior al consumo de cobre en red eléctrica (23,97%).

El uso que se le da al cobre depende de la combinación de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Dichas propiedades lo han transformado en un metal esencial en nuestro diario vivir, presente en un sinnúmero de aplicaciones con distinto grado de sofisticación.

En el año 2016 se utilizaron 16.952 mil toneladas de cobre debido a su propiedad de buen conductor eléctrico, uso que entre el año 2000 y 2016 creció 3,5%. Por su característica de maleable, en el año 2016 se utilizaron 7.769 mil toneladas de cobre, sin embargo, la tasa de crecimiento del cobre usado debido a esta propiedad solo ha aumentado 0,3%, en el periodo.

Respecto a las nuevas aplicaciones de cobre, de acuerdo a información de Internacional Copper Association (International Copper Association - Copper Alliance s.f.), los nuevos vehículos eléctricos que se desarrollan en los mercados usan considerablemente más cobre que los vehículos convencionales.

Otro nuevo mercado para el cobre se desarrolló luego de que en el año 2008 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US Environmental Protection Agency, EPA) registrara alrededor de 300 aleaciones que contienen el mineral como agentes antimicrobianos, que combaten la proliferación de bacterias que amenazan la vida, este se comenzó a utilizar en aplicaciones para evitar infecciones (Vincent, Hartemann y Engels-Deutsch 2016).

Respecto a los sustitutos del cobre, el grafeno a pesar de los avances en el desarrollo de este producto, su producción aún se encuentra a nivel de laboratorio, por lo que no existen estimaciones de sus costos de producción a gran escala, en este sentido, sería poco probable que en el corto o mediano plazo comenzará a utilizarse. Mientras que el aluminio posee una desventaja frente al, esta es que no es fuerte en su estado puro, por lo que debe ser aleado con cobre, manganeso, magnesio y/o silicio para adquirir dicha característica (Royal Society of Chemistry 2017).



Contenido

Resumen ejecutivo	ii
1 Introducción.....	4
2 Tendencias del consumo de cobre	5
2.1 Consumo de cobre	5
2.2 Consumo de cobre por sector del mercado	8
3 Propiedades y usos del cobre en productos.....	10
3.1 Propiedades del cobre	10
3.2 Consumo de cobre según propiedad	17
3.3 Usos del cobre.....	18
3.3.1 <i>Demanda de cobre para el mercado de vehículos eléctricos</i>	20
4 Beneficios del producto minero para la humanidad, enfoque desde la salud.....	21
4.1 Antecedentes de infecciones intra hospitalarias en Chile	24
4.2 Aplicaciones de cobre antimicrobiano en salud en Chile	25
4.3 Aplicaciones de cobre antimicrobiano en el mundo	25
5 Posibles sustitutos del cobre	28
5.1 Grafeno	28
5.2 Aluminio	29
6 Comentarios finales	31
7 Referencias	32
8 Anexos.....	34
8.1 Aplicaciones de cobre antimicrobiano en centros de salud a nivel mundial	34

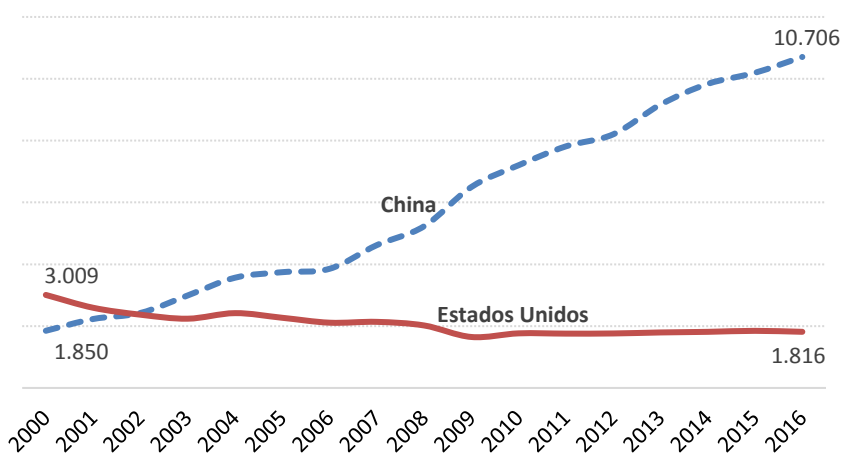


1 Introducción

Este estudio surge de la constante necesidad de identificar y monitorear la evolución de las variables que tienen efecto en la demanda de cobre, lo que contempla analizar cuáles son los países que actualmente tienen un uso intensivo del mineral, considerar los actuales y potenciales usos, e identificar a los posibles sustitutos.

Sobre esta motivación se desarrolló este informe, teniendo conciencia respecto al dinamismo del mercado, por lo cual resulta imprescindible contar con información actualizada. Evidencia de esto se ve en la transición de China de segundo consumidor mundial de cobre al primer lugar, pasando de un consumo del orden de las 2.000 toneladas anuales a 10.706 en el año 2016 (ver figura).

Figura 1-1 Consumo de cobre refinado de China y Estados Unidos en miles de toneladas



Fuente: Wood Mackenzie

El presente informe pretende ser una herramienta útil a fin de que los tomadores de decisión se formen una visión del escenario en que se desenvuelve el panorama del cobre.



2 Tendencias del consumo de cobre

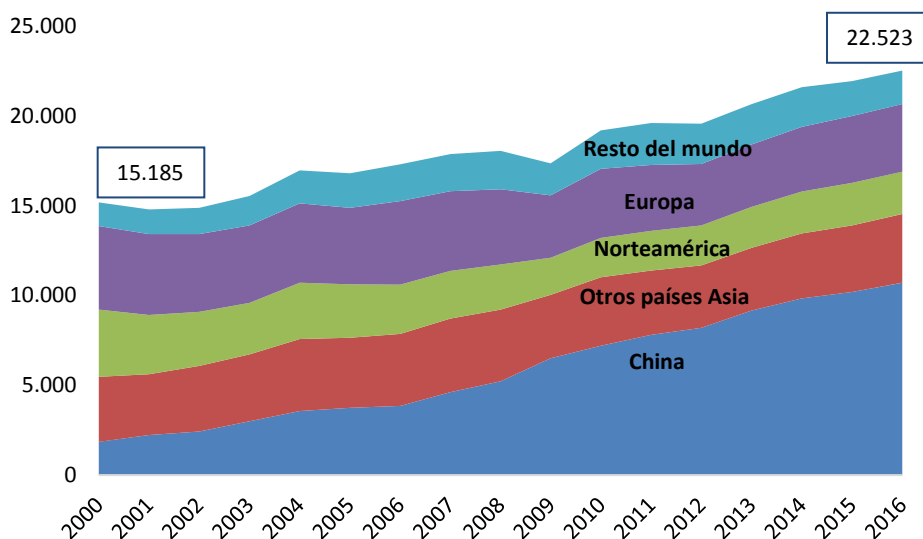
2.1 Consumo de cobre

El consumo mundial de cobre refinado pasó desde 15.185 mil toneladas en el año 2000 a alcanzar las 22.523 mil toneladas en el año 2016, lo que representa un crecimiento anual de 11,6%.

En la figura 2-1 se presenta la evolución mundial del consumo de cobre refinado. Es posible apreciar que el crecimiento, en general, ha permanecido constante, sin embargo, en año 2009 ocurrió una marcada disminución en el consumo, lo que posiblemente tuvo su origen la crisis subprime, la cual se desencadenó el año 2008, sin embargo sus consecuencias económicas comenzaron a visualizarse en el año 2009.

China tiene un consumo de cobre superior al de cada uno de los continentes, representando casi el triple de lo que consume solo Europa. El consumo de los otros países de Asia, que tienen la segunda participación en consumo de cobre, solo creció 0,4% en el periodo analizado. Por su parte, Norteamérica y Europa registraron disminuciones en el consumo de cobre en el periodo, de 2,8% y 1,3%, respectivamente. El resto del mundo, que solo representa el 8% del consumo mundial de cobre, creció a una tasa anual de 2,2% en el periodo señalado.

Figura 2-1 Consumo mundial de cobre refinado por zona en miles de toneladas



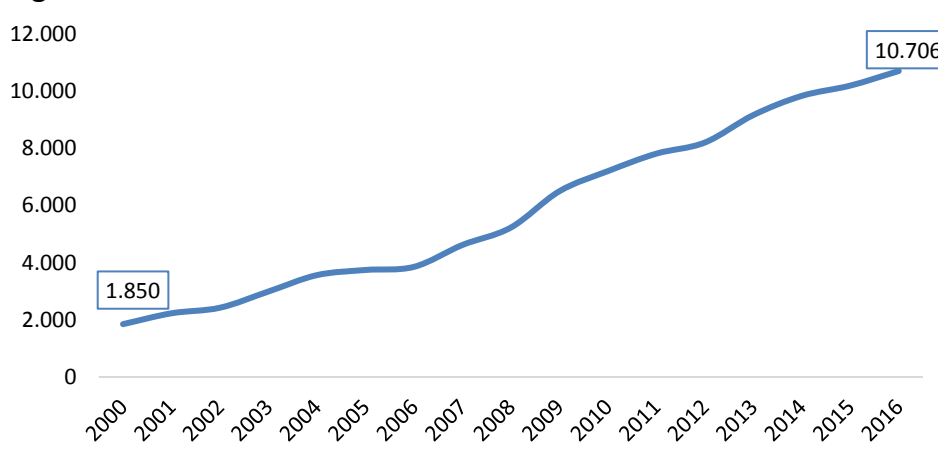
Fuente: Wood Mackenzie

El consumo de cobre refinado por parte de China en el año 2016 fue 10.706 mil toneladas, lo que representó un 48% del consumo mundial. En el año 2000 el consumo de cobre de



China solo representaba un 12% del consumo mundial, sin embargo, con una tasa de crecimiento anual de 11,6% llegó a ser el principal demandante (ver figura 2-2).

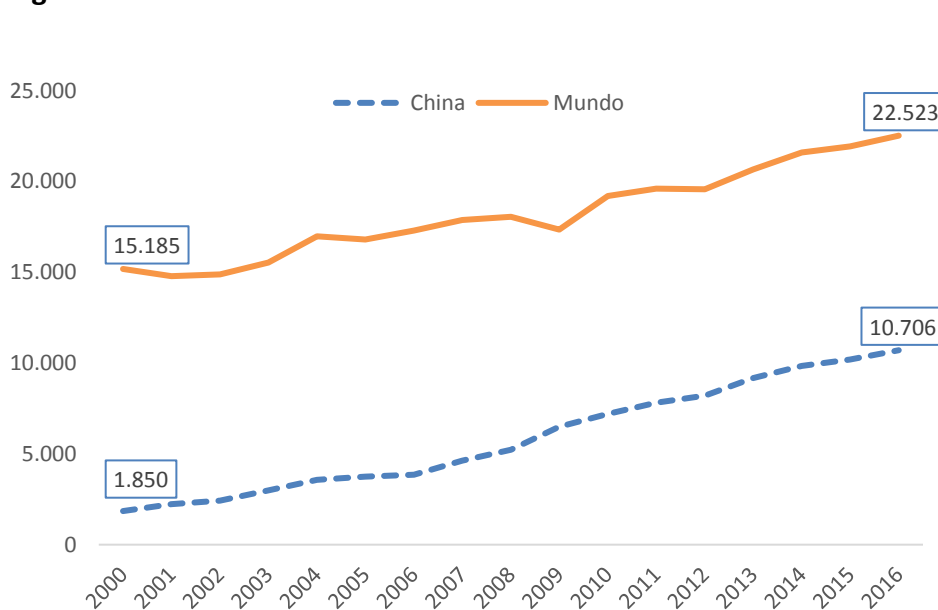
Figura 2-2 Consumo de cobre refinado de China en miles de toneladas



Fuente: Wood Mackenzie

En la figura 2-3 se muestra la trayectoria que ha tenido el consumo de cobre refinado del mundo y de China, a modo de dimensionar la magnitud del consumo del país.

Figura 2-3 Consumo de cobre refinado de China en miles de toneladas



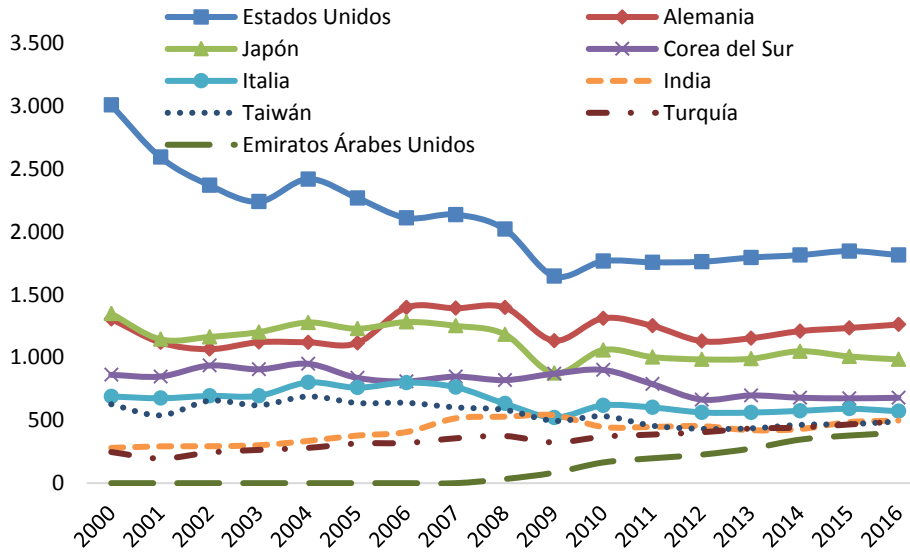
Fuente: Wood Mackenzie

En la figura 2-4 se muestran los principales países consumidores de cobre refinado, excluyendo a China. En general, la tendencia de estos países ha sido a mantenerse o aumentar levemente. Sin embargo, destaca Estados Unidos, país que entre los años 2000



y 2009 redujo su consumo de cobre refinado, comenzando a aumentar levemente desde ese año.

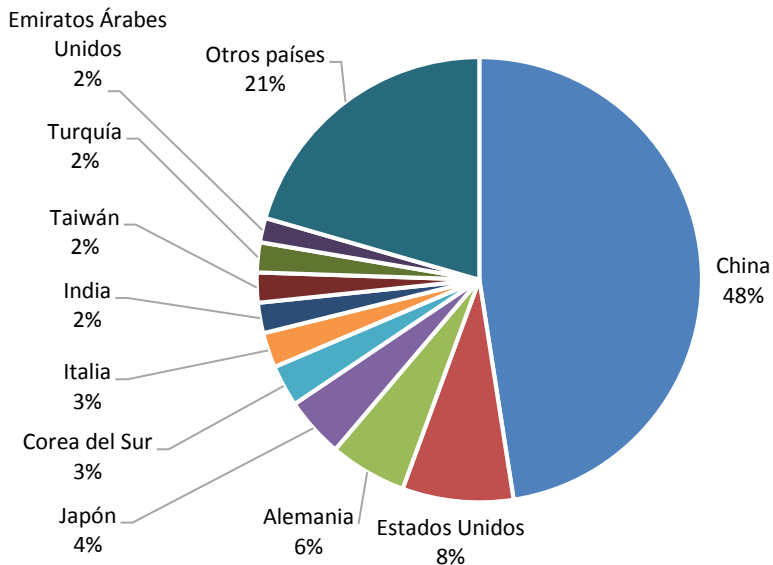
Figura 2-4 Consumo de cobre refinado de los principales países, en miles de toneladas



Fuente: Wood Mackenzie

Los países con mayor participación en el consumo mundial de cobre refinado son China (48%), Estados Unidos (8%) y Alemania (6%). La participación por país se muestra en la figura 2-5, en la cual se han agrupado en la categoría “Otros países” a aquellos países que no representan más del 2% en el consumo de cobre refinado.

Figura 2-5 Principales países consumidores de cobre refinado, año 2016

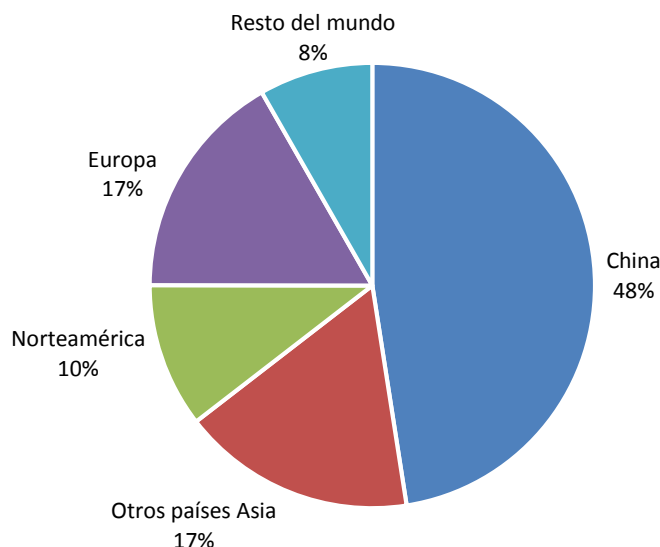


Fuente: Wood Mackenzie



En la siguiente figura se presenta la distribución por continente del consumo de cobre refinado. Como se expuso en la figura 2-5, China representa un 48% del consumo mundial. Asia, sin considerar a China, representó un 17% del consumo mundial, al igual que Europa. Norteamérica representó un 10% del consumo mundial.

Figura 2-6 Distribución consumo de cobre refinado por región, 2016



Fuente: Wood Mackenzie

2.2 Consumo de cobre por sector del mercado

En esta sección se presentara el consumo de cobre a nivel mundial de acuerdo al mercado en el cual se usa¹, estos contemplan; construcción, consumo general, red eléctrica, maquinaria industrial y transporte.

En el mundo los sectores que demandan un mayor uso de cobre son:

- **Construcción:** Los principales productos de cobre que se consumen en la industria de la construcción incluyen alambres de construcción, cables de alimentación, tuberías y tubos de aire acondicionado, chapas de cobre y productos aleados.
- **Consumo general:** Accesorios; conjuntos de cordones; artillería militar y comercial; electrónica de consumo; sujetadores y cierres; monedas; utensilios y cubiertos; entre otros.

¹ Cabe señalar que si se suma el cobre utilizado por sector del mercado, el resultado será mayor que el cobre consumido mundialmente, esta diferencia radica en que el cobre puede ser simultáneamente utilizado y contabilizado en dos sectores, como por ejemplo, red eléctrica y construcción.



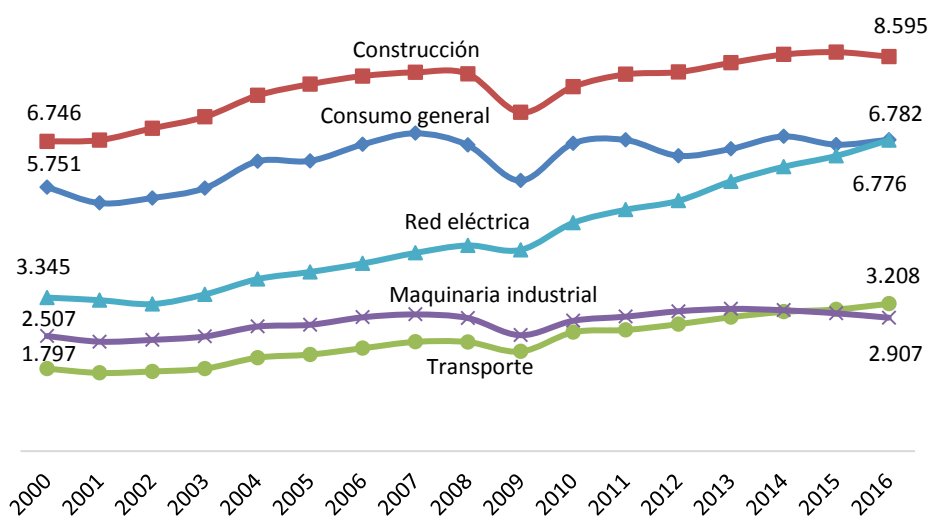
- Red eléctrica: Considera red eléctrica general.
- Maquinaria industrial: Incluye equipos y maquinaria, válvulas y accesorios industriales, vehículos todo terreno e intercambiadores de calor.
- Transporte: Incluye los sectores automotriz, marítimo, ferroviario y aeronáutico / aeroespacial.

En la figura 2-7 se muestra la evolución del uso del cobre en construcción en miles de toneladas para el periodo 2000 a 2016. En el año 2016 el cobre utilizado en construcción, a nivel mundial, fue 8.595 mil toneladas, equivalente al 31% de la demanda de cobre de ese año.

Respecto al uso de cobre para consumo general, este en el año 2016 fue de 6.782 mil toneladas, cifra levemente superior al consumo de cobre en red eléctrica. En este último mercado destaca el incremento del consumo de cobre en el periodo considerado, el cual registró una tasa de crecimiento anual de 4,5%, superando al resto de los sectores.

El segundo sector que registró el mayor crecimiento en el periodo fue transporte, con un crecimiento de 3,7% entre los años 2000 a 2016.

Figura 2-7 Consumo de cobre por sector del mercado en miles de toneladas

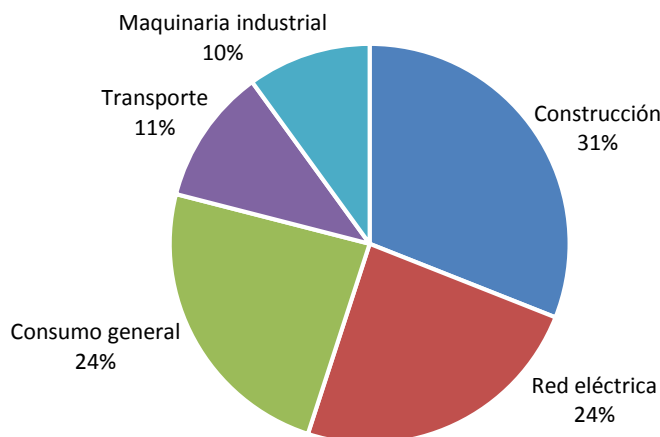


Fuente: Wood Mackenzie

En la figura 2-8 se muestra la distribución del consumo de cobre según mercado en el que se consume para el año 2016. El sector construcción representa el 31% del consumo de cobre, seguido por consumo general y red eléctrica, ambos sectores representan un 24%, transporte registra un 11% del consumo de cobre, mientras que maquinaria industrial representa un 10%.



Figura 2-8 Consumo de cobre por sector del mercado año 2016 en porcentaje



Fuente: Wood Mackenzie

3 Propiedades y usos del cobre en productos

3.1 Propiedades del cobre

El uso que se le da al cobre depende de la combinación de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Dichas propiedades lo han transformado en un actor esencial en nuestro diario vivir, presente en un sinnúmero de aplicaciones con distinto grado de sofisticación. A continuación se describen las propiedades más destacadas²:

I. Buenas conductividades eléctrica y térmica

Las conductividades eléctrica y térmica son propiedades fisicoquímicas. El cobre posee altas tasas de conductividad eléctrica y térmica. La conductividad eléctrica de un metal es la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de los electrones, los mismos que forman a su paso una corriente eléctrica (es lo contrario de resistencia eléctrica).

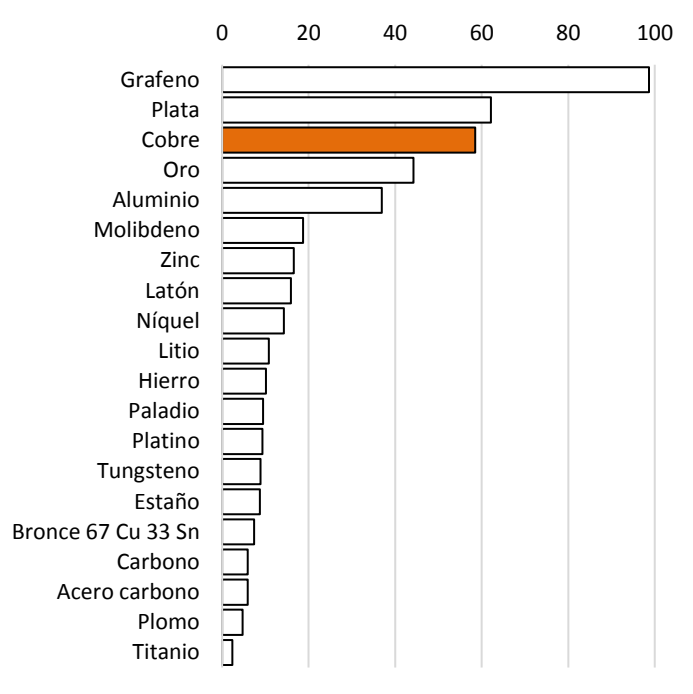
Por otro lado, la conductividad térmica de un metal es la capacidad de una sustancia para transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que está en contacto. Es una propiedad de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.

En las siguientes figuras (3-1 y 3-2) se aprecia la conductividad eléctrica y térmica del cobre en relación a otros metales:

² Según documento "A Guide to Working With Copper and Copper Alloys" y del sitio web de la Copper Development Association.

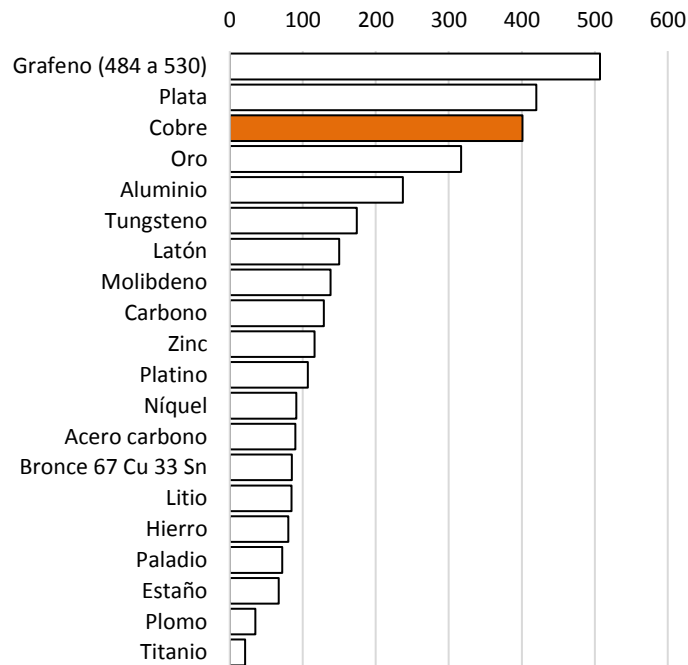


Figura 3-1: Conductividad eléctrica (10E6 Siemens/m)



Fuente: TIBTECH innovations

Figura 3-2: Conductividad térmica (watt/(m*kelvin))



Fuente: TIBTECH innovations



II. Fácil de unir

El cobre y las aleaciones de cobre se pueden unir fácilmente mediante los métodos comunes: soldaduras, unión adhesiva, atornillado, remachado y crimpado. En relación a las dos primeras se tiene lo siguiente:

- Soldaduras y soldaduras fuertes

Hay dos métodos de soldaduras rápidas y eficientes: soldadura y soldadura fuerte. Según la American Welding Society (AWS), la diferencia entre ambos procesos se basa en el punto de fusión del material de relleno. Si el metal de relleno se funde por debajo de los 450°C, el proceso que se realiza es de soldadura, si se derrite por encima de esa temperatura, el proceso es una soldadura fuerte.

Los metales de relleno de soldadura suelen ser aleaciones de estaño. Su bajo punto de fusión y afinidad por el cobre garantiza la adhesión a los componentes de aleación de cobre. Antes de 1986, el metal de aportación de soldadura más común era 50% estaño (Sn) y 50% plomo (Pb). Sin embargo, las legislaciones han prohibido el uso de soldaduras que contienen plomo en los sistemas de agua potable. Las nuevas aleaciones utilizadas son de estaño con níquel, bismuto, antimonio, plata e incluso cobre.

Por otro lado, las uniones en base a soldadura fuerte utilizan metales de relleno a base de cobre o plata para proporcionar mayor resistencia a la junta y a la fatiga de las soldaduras en base a estaño. Hay dos grupos de metal de aporte a la soldadura fuerte. Uno es BCuP, principalmente un grupo de aleación de cobre y fósforo que puede contener entre 0% y 15,5% de plata con un rango de fusión de 760-927 °C. El otro es BAg, que son aleaciones con un contenido de plata que varía entre 34% y 57% y un rango de fusión de 619-877 °C.

- Unión Adhesiva

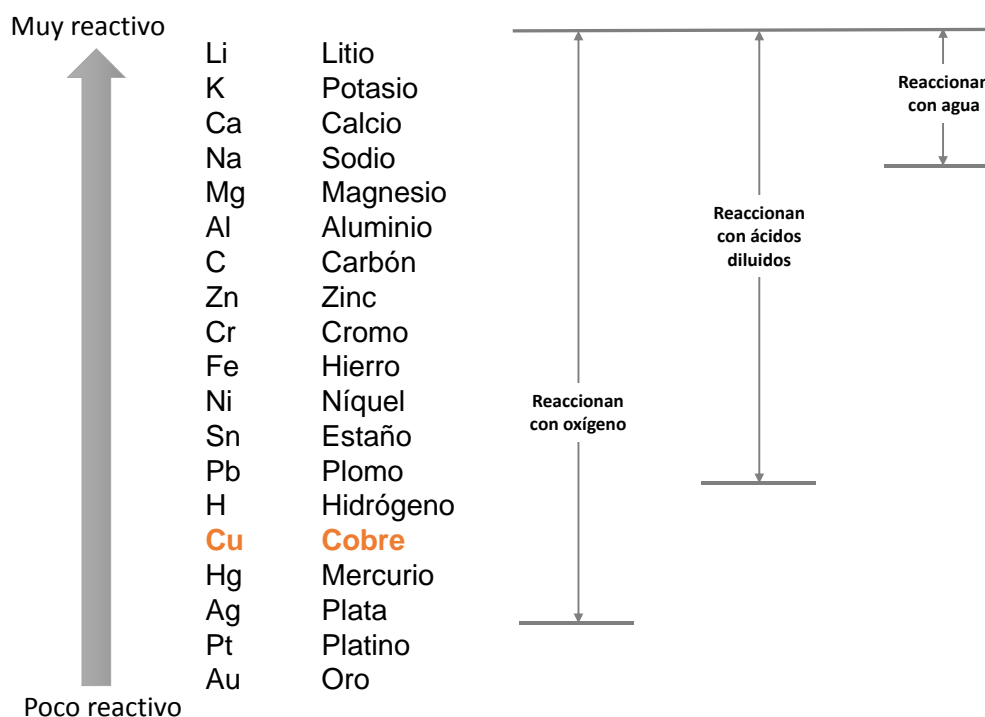
La unión adhesiva se utiliza en la unión de láminas relativamente delgadas de material de aleación de cobre a otros sustratos de material (por ejemplo, acero, aluminio, madera, espuma y plásticos). La integridad de la unión depende de la preparación de la superficie, la selección del adhesivo, el procedimiento de unión y el diseño de la junta. Se utilizan adhesivos termoestables y adhesivos termoplásticos de alta calidad.

III. Resistencia a la corrosión

Es una propiedad físico química y es la desintegración de un material en sus átomos constitutivos, debido a reacciones de productos químicos. En otras palabras, la corrosión es el desgaste de los metales debido a una reacción química, producida por agentes químicos. El cobre tiene baja reactividad, lo que significa que no se tiende a corroer.



Figura 3-3: Serie de actividad de los metales



Fuente: TIBTECH innovations

IV. Maleable y dúctil

La maleabilidad es la propiedad de un material de adquirir una deformación mediante una compresión sin romperse, favoreciendo la obtención de láminas finas. En cambio, la ductilidad es la propiedad de un material de deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse ante la acción de una fuerza, permitiendo obtener alambres o hilos.

Según Codelco (Codelco Educa 2017), el cobre ocupa el cuarto lugar entre los metales más maleables, después del oro, plata y platino, y antes que el estaño, plomo, zinc, hierro y níquel.

V. Fácil de aliar con otros metales

El cobre se puede combinar fácilmente con otros metales para formar aleaciones. Según la Copper Development Association (C. D. Association, A Guide to Working With Copper and Copper Alloys s.f.) hay más de 400 aleaciones de cobre, cada una con una combinación única de propiedades, para adaptarse a muchas aplicaciones, procesos de

fabricación y entornos. Algunas de las clasificaciones genéricas de las aleaciones de cobre junto a sus principales propiedades son:

Tabla 3-1: Principales propiedades de las aleaciones de cobre

Aleación	Principales propiedades
Latones (cobre con zinc)	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a la tracción - Maquinabilidad - Ductilidad - Resistencia al desgaste - Dureza - Color - Antimicrobiana - Buena conductividad eléctrica y térmica - Resistencia a la corrosión
Bronce (Cobre con estaño)	<ul style="list-style-type: none"> - Dureza - Rigidez - Alto límite elástico - Resistencia a la corrosión
Gunmetal (cobre con estaño y zinc)	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de fundir - Resistencia a la tracción - Resistencia a la corrosión
Cobre - Níquel	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a la tracción - Ductilidad - Resistencia a la corrosión - Resistencia al biofouling
Cobre - Plata	<ul style="list-style-type: none"> - Alta dureza - Soporta altas temperaturas (hasta 226°C) - Buena conductividad eléctrica
Cobre - Berilio	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor dureza que otras aleaciones - Mayor resistencia a la tracción que otras aleaciones - Buenas conductividades eléctricas y térmicas
Cobre - Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementa propiedades mecánicas - Resistencia a la corrosión
Cobre - Cromo	<ul style="list-style-type: none"> - Buena conductividad eléctrica y térmica
Cobre - Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> - Alta resistencia a la tracción - Buena conductividad eléctrica - Mayor resistencia al ablandamiento a temperaturas elevadas

Fuente: Cochilco

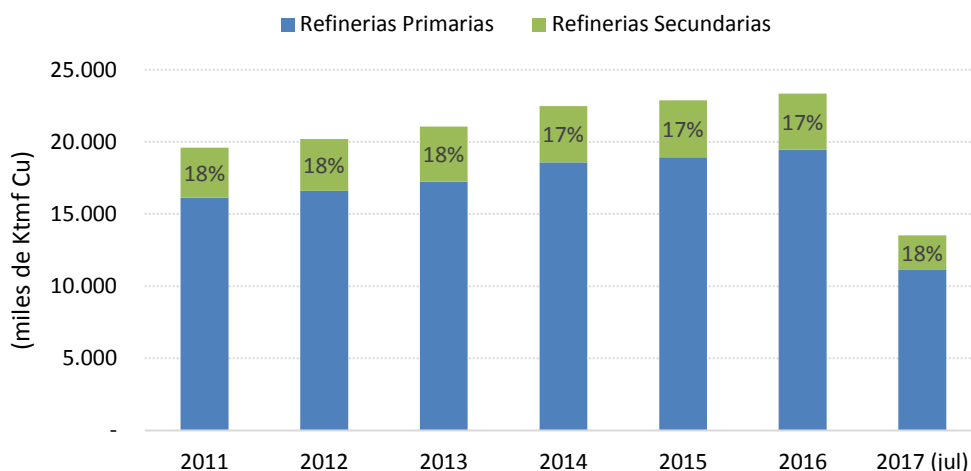
VI. Reciclable o secundario

El cobre es un metal que se puede reciclar indefinidas veces manteniendo todas sus propiedades físicas y químicas.



La producción mundial de cobre refinado es, en su mayor parte, de origen primario, es decir, se produce a partir de material extraído de las minas de cobre, sin embargo un importante porcentaje de la producción total usa como materia prima la chatarra de cobre. Según el International Copper Study Group (ICSG), en el periodo 2011-2017 (julio), las refinерías de cobre secundario han producido entre 17 y 18% de la producción total mundial de cobre refinado.

Figura 3-4: Serie de actividad de los metales



Fuente: Cochilco en base a información de ICSG (2017)

VII. Propiedades decorativas

El cobre y sus aleaciones ofrecen una amplia gama de colores atractivos. Dichos colores se pueden aprovechar con fines decorativos, siempre y cuando dicho atributo se combine con alguna propiedad mecánica o física deseable.

Tabla 3-2: Color de aleaciones de cobre comunes

Aleación	Término común	Composición	Color	
			Natural	Cambio con el paso del tiempo
C11000 /C12500	Cobre	99,9% Cobre	Rojo anaranjado	Marrón rojizo a gris verdoso patinado
C12200	Cobre	99,9% Cobre 0,02% Fósforo	Rojo anaranjado	Marrón rojizo a gris verdoso patinado
C22000	Bronce Comercial	90% Cobre 10% Zinc	Oro rojo	Marrón a gris-verde patinado en seis años
C23000	Latón rojo	85% Cobre		



		15% Zinc	Amarillo rojizo	Marrón chocolate a gris-verde patinado
C26000	Cartucho de latón	70% Cobre	Amarillo	Amarillento, Gris-Verde
		30% Zinc		
C28000	Metal Muntz	60% Cobre	Amarillo rojizo	Rojo-Marrón a Gris-Marrón
		40% Zinc		
C38500	Bronce arquitectónico	57% Cobre	Amarillo rojizo	Marrón rojizo a marrón oscuro
		3% Plomo		
		40% Zinc		
C65500	Bronce Silicio	97% Cobre	Oro viejo rojizo	Marrón rojizo a gris-marrón finamente moteado
		3% Silicio		
C74500	Plata níquel	65% Cobre	Plata cálido	Gris-Marrón a gris-verde finamente moteado
		25% Zinc		
		10% Níquel		
C79600	Plata níquel aplomado	45% Cobre	Plata cálido	Gris-Marrón a gris-verde finamente moteado
		42% Zinc		
		10% Níquel		
		2% Manganeso		
		1% Plomo		

Fuente: Cochilco basado en Copper Development Association

VIII. Antimicrobiano

El cobre y las aleaciones de cobre han ganado atención en las mediciones de control de infecciones debido a sus propiedades antimicrobianas. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos identificó aleaciones de cobre como antimicrobianos, indicando que reducen la carga bacteriana en 99,9% dentro de las primeras 2 horas de exposición³. Este ítem se profundizará en la sección 4 debido a la relevancia que ha tomado el cobre en beneficiar a la humanidad desde el ámbito de la salud.

IX. No magnético

El magnetismo es un fenómeno físico por el que los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales. El cobre es considerado un material diamagnético, que

³ "Reduction of bacterial burden by copper alloys on high-touch Athletic center surfaces", 2017.



en palabras simples son aquellos elementos que se ven repelidos ligeramente por los campos magnéticos.

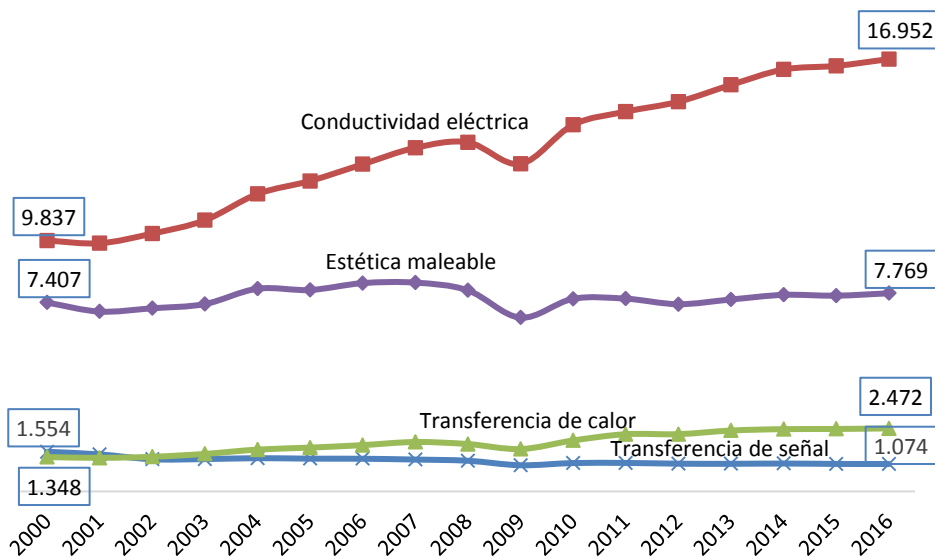
3.2 Consumo de cobre según propiedad

En el año 2016 se utilizaron 16.952 mil toneladas de cobre debido a su propiedad de buen conductor eléctrico, uso que entre el año 2000 y 2016 creció 3,5%. Por su característica de maleable, en el año 2016 se utilizaron 7.769 mil toneladas de cobre, sin embargo, la tasa de crecimiento del cobre usado debido a esta propiedad solo ha aumentado 0,3%, en el periodo.

En el caso de transferencia de calor, en el año 2016 se utilizaron 2.472 mil toneladas, siendo esta propiedad fisicoquímica la que le da el tercer lugar en uso del cobre. Cabe señalar que el uso del cobre por transferencia de calor registró el mayor crecimiento en el periodo, de 3,9%.

Por la capacidad de transferencia de señal del cobre, en el año 2016 se utilizaron 1.074 mil toneladas. Esta categoría registró una tasa de crecimiento negativa de -2,3% en el periodo señalado.

Figura 3-5 Consumo de cobre por propiedad en miles de toneladas

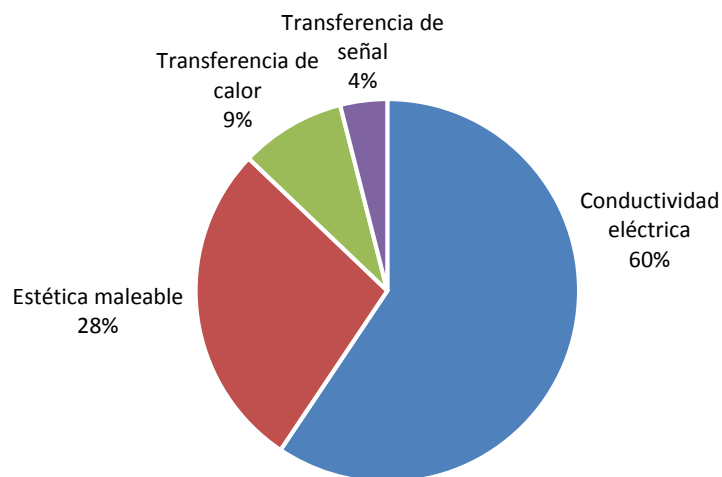


Fuente: Wood Mackenzie

En la figura 3-6 se muestra la distribución porcentual del uso del cobre según su propiedad en el año 2016. El principal consumo se explica por su buena conductividad eléctrica y representa un 60%. Por su maleabilidad, este representa un 28%, por transferencia de calor un 9% y finalmente, por transferir señal se utiliza un 4%.



Figura 3-6 Consumo de cobre por propiedad año 2016 en miles de toneladas



Fuente: Wood Mackenzie

3.3 Usos del cobre

A continuación se presenta un resumen de los principales usos del cobre y sus aleaciones, obtenido de diversas fuentes:

Tabla 3-3: Usos del cobre

Área	Aplicación
Construcción de edificios	<ul style="list-style-type: none"> - Alambres y cables para el cableado eléctrico. - Plomería, calefacción, gas y tubería de riego contra incendios. - Aire acondicionado y refrigeración. - Arquitectura (ej. Techos de cobre, canaletas, recubrimientos de muros, perfiles, etc.).
Productos eléctricos y electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> - Distribución eléctrica. - Telecomunicaciones (ej. Uso de fibra óptica, HDSL (High Digital Subscriber Line), ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Lines), xDSL (x Digital Subscriber Line)). - Negocios electrónicos. - Dispositivos para iluminación y cableado.
Maquinaria industrial y equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo en planta. - Válvulas industriales y fitting. - Instrumentos no eléctricos. - Vehículos fuera de la carretera (OTR). - Intercambiadores de calor.
Equipo de transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Automóvil. - Camiones y autobuses. - Ferrocarril.



	- Aeronaves y aeroespacial.
Aplicaciones marinas	- Componentes de sistemas expuestos al agua de mar (ej. Plataformas petroleras, plantas de salinización, transporte naval y comercial).
Cuidado de la salud	- Cobre antimicrobiano (ej. implementos clínicos).
Agricultura	- Tratamientos para suelos y nutrientes. - Desinfectante.
Acuicultura	- Mallas de aleación de cobre.
Arte y diseño	- Creaciones artísticas. - Diseño interior (ej. lámparas, electrodomésticos, radiadores, ollas y sartenes, camas, sillas, mesas, joyas, etc.).
Energías renovables	- Calefacción solar. - Energía eólica (estator y rotor del generador, cableado, bobinas y puesta a tierra). - Energía solar (células solares fotovoltaicas, cableado, puesta a tierra, inversor y transformadores).
Consumo y productos generales	- Electrodomésticos (línea blanca). - Aplicaciones IT (ej: teléfonos celulares). - Tarjetas de circuitos impresos. - Armas. - Instrumentos musicales. - Electrónica de consumo (ej. Microchips y aplicaciones como semi conductor). - Sujetadores y Cierres. - Acuñación de Monedas. - Utensilios de cocina.

Fuente: Cochilco

Algunas tasas de consumo de cobre, según aplicación son las siguientes:

Tabla 3-4: Factores de uso

Uso	Factor de uso	Fuente
Tren de alta velocidad	2- 4 toneladas Cu	The World Copper Factbook 2017
Tren eléctrico tradicional	1- 2 toneladas Cu	The World Copper Factbook 2017
Vehículos Híbridos (HEV)	40 -60 kg por automóvil	International Copper Association
Vehículos convencionales	23 kilos de Cu por automóvil	International Copper Association
Bus eléctrico	224-369 kilos (dependiendo del tamaño de la batería)	International Copper Association
Computador	2,5 Kilos de Cu por computador	Codelco Educa
Casa moderna (Estados Unidos)	200 kilos Cu por casa	Codelco Educa



Hogar promedio	33,3 kilos	International Copper Association
Construcción tradicional (Canadá)	2,7 kilos por metro cuadrado	Web Codelco
Construcción “verde” (Canadá)	3,5 - 6 kilos por metro cuadrado	Web Codelco
Celular	16,6 gramos por equipo	International Copper Association
Monedas de 1 y 5 centavos	Contienen entre un 2,5% y un 75% de cobre, respectivamente.	U.S. Department of the Treasury.
Otras monedas de Estados Unidos	75% de cobre	

Fuente: Cochilco

3.3.1 Demanda de cobre para el mercado de vehículos eléctricos

De acuerdo a información de Internacional Copper Association (International Copper Association - Copper Alliance s.f.), los nuevos vehículos eléctricos que se desarrollan en los mercados usan considerablemente más cobre que los vehículos convencionales. Los vehículos eléctricos requieren una gran cantidad de cobre específicamente para baterías, motores eléctricos, cableado, barras e infraestructura de carga.

En la tabla 3-5 se presenta la cantidad de cobre que utilizaría cada tipo de vehículo.

Tabla 3-5: Uso de cobre por tipo de vehículo eléctrico

Tipo de vehículo	Uso de cobre (kilos de cobre)
Motor de combustión interna	23
Vehículo eléctrico híbrido	40
Vehículo eléctrico híbrido enchufable	60
Vehículo eléctrico de batería	83
Bus eléctrico híbrido	89
Bus eléctrico a batería	224 – 369*

*Depende del tamaño de la batería

Fuente: Internacional Copper Association

Internacional Copper Association espera que los vehículos eléctricos aumenten de los actuales 3 millones que existen en circulación a 27 millones, aumentando la demanda de



cobre de vehículos eléctricos desde las actuales 185.000 toneladas a 1,74 millones en 2027.

Un elemento adicional que contendrá cobre serán los cargadores de los vehículos eléctricos, aumentando desde 0,7 kilos en un cargador normal, hasta 8 kilos en cargadores rápidos.

4 Beneficios del producto minero para la humanidad, enfoque desde la salud

Luego de que en el año 2008 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US Environmental Protection Agency, EPA) registrara alrededor de 300 aleaciones que contienen cobre como agentes antimicrobianos, que combaten la proliferación de bacterias que amenazan la vida, éste se comenzó a utilizar en aplicaciones para evitar infecciones (Vincent, Hartemann y Engels-Deutsch 2016). Las aleaciones en las que se ha demostrado que se mantiene el efecto microbiano son: latones, bronces, cuproníqueles y aleaciones de cobre-níquel-zinc (Antimicrobial Copper 2017).

Existen algunas condiciones que potencian la propiedad antimicrobial del cobre, estas se presentan en la tabla 4-1:

Tabla 4-1: Condiciones que potencian la propiedad antimicrobiana del cobre.

Temperatura y humedad ambiental	Las aleaciones de cobre antimicrobiano son más efectivas a 37° y a un 100% de humedad relativa (Ojeil, y otros 2013).
Aplicación húmeda o seca	Las aleaciones de cobre antimicrobiano secas tienen efectividad en pocos minutos, mientras que las condiciones húmedas tardan varias horas (Grass, Rensing y Solioz 2011).
Concentración de cobre	Estudios muestran una mejor eficacia antimicrobiana del cobre en concentraciones mayores o iguales al 55%. Para concentraciones de 99,9% se demuestra una mejor acción antimicrobiana de cobre con inactivación completa de los microorganismos en pocos minutos. Cuanto mayor es la concentración de cobre, más rápida y eficiente es la acción antimicrobiana (Wilks, Michels y Keevil 2005) (Pandiyarajan, Udayabhaskar y Vignesh 2013).
Tamaño del elemento antimicrobiano	Las nano partículas de cobre más pequeñas tienen una mejor actividad antimicrobiana debido a su mayor capacidad para penetrar en las células (Applerot, y otros 2012).



Tipo de contacto	El contacto directo de las bacterias con la superficie del cobre causa un daño significativo de su membrana celular (Matthews, y otros 2013).
Forma del cobre	El efecto antimicrobiano del cobre está directamente relacionado con sus formas de oxidación. Cuanto mayor sea el estado de oxidación del cobre, mayor será su potencial antimicrobiano (Maniprasad y Santra 2012) (Hans, Erbe y Mathews 2013) (Karlsson, Cronholm y Hedberg 2013) (Giannousi, Lafazanis y Arvanitidis 2014).
Método de preparación	La superficie de cobre debe estar lo más limpia posible para evitar la alteración de los iones de cobre liberados y evitar la posible quelación de estos iones por los contaminantes, reduciendo así la eficacia antimicrobiana (Warnes y Keevil 2011).
Entorno químico	La calidad del entorno químico en aplicaciones líquidas desempeña un papel importante.

Fuente: (Vincent, Hartemann y Engels-Deutsch 2016)

En ensayos hospitalarios se ha demostrado que las superficies de cobre presentan entre un 83% a un 100% menos de contaminación bacteriana que las superficies convencionales (Antimicrobial Copper 2017).

Mediante la realización de un estudio cuasi-experimental, utilizando un grupo de control, durante 25,5 meses, se evaluó el desarrollo de infecciones en un hospital comunitario. En este se habilitó una nueva torre que fue equipada con superficies duras y blandas compuestas de cobre auto desinfectante, tales como:

- Encimeras
- Fregaderos
- Tocadores
- Estaciones de trabajo
- Escritorios en las habitaciones de los pacientes
- Rieles de las camas
- Mesas de las habitaciones
- Ropa de cama
- Batas



- Ropa de baño

Los resultados de este estudio arrojaron que la torre habilitada tuvo un 78% menos de infecciones intrahospitalarias en relación al periodo de referencia, mientras que no se observaron cambios en las tasas de infecciones asociadas a la asistencia sanitaria en el ala hospitalaria no modificada (Sifri, Enfield y Burke 2016).

En el Hospital Selly Oak, uno de los Hospitales Universitarios de NHS Trust de Birmingham, Reino Unido, se realizaron pruebas enfocadas en la prevención de infecciones, obteniéndose como resultado que el cobre es un material antimicrobiano, por lo que las superficies de cobre presentaban una reducción de más de un 90% de la contaminación bacteriana en comparación con las superficies de materiales convencionales (Antimicrobial Copper 2017).

El Departamento de Defensa de Estados Unidos también financió la realización de ensayos para determinar la eficacia del cobre antimicrobiano. Estos fueron realizados en la unidad de cuidados intensivos (UCI) de tres hospitales, donde se reemplazaron objetos manipulados con mayor frecuencia, como barras de camas, mesas de las habitaciones, botones de llamada y los porta suero, por objetos hechos de cobre antimicrobiano. Como resultado, en las habitaciones donde se realizaron las aplicaciones de cobre se observó una reducción del 83% en la biocarga microbiana respecto con las superficies de control, mejorando incluso el nivel que se alcanza cuando se realizan limpiezas intensivas. Los resultados también demostraron que el uso de superficies de cobre antimicrobiano en las habitaciones de las UCIs redujo el riesgo de adquirir una infección intrahospitalaria en un 58% (Antimicrobial Copper 2017).

Según datos publicados por la Organización Mundial de la Salud (Organización Mundial de la Salud s.f.), las infecciones contraídas en centros hospitalarios tienen los siguientes alcances:

Tabla 4-2: Alcances de las infecciones contraídas durante la atención hospitalaria.

1,4 millones	En el mundo, más de 1,4 millones de personas contraen una infección hospitalaria en cada momento.
5% a 10%	Entre el 5% al 10% de los pacientes atendidos en hospitales modernos en el mundo desarrollado contraerá una o más infecciones.
2 a 20	En los países en desarrollo el riesgo es de 2 a 20 veces mayor que en los países desarrollados.
25%	En algunos países en desarrollo las infecciones hospitalarias alcanzan el 25%.



1 de cada 136	En Estados Unidos, 1 de cada 136 pacientes se enferma gravemente como consecuencia de una infección hospitalaria, lo que corresponde a 2 millones de casos anuales, implicando aproximadamente 80.000 muertes.
----------------------	--

Fuente: Organización Mundial de la Salud

En la tabla 4-3 se muestran datos de la Organización mundial de la Salud respecto a las muertes y costos asociados en Estados Unidos, Inglaterra y México.

Tabla 4-3: Cifras de infecciones contraídas durante la atención hospitalaria en Estados Unidos, Inglaterra y México.

Estados Unidos	Inglaterra	México
Uno de cada 136 pacientes hospitalarios se enferman gravemente a causa de una infección contraída en el hospital, esto equivale a 2 millones de casos y aproximadamente 80.000 muertes al año.	Más de 100.000 casos de infección relacionada con la atención sanitaria provocan cada año más de 5.000 muertes directamente relacionadas con la infección.	Se calcula que 450.000 casos de infección relacionada con la atención sanitaria causan 32 muertes por cada 100.000 habitantes por año.

Fuente: Organización Mundial de la Salud

4.1 Antecedentes de infecciones intra hospitalarias en Chile

En Chile, el concepto de infecciones intra hospitalarias comprende a (Servicio de Salud Metropolitano Norte 2017):

- Procesos infecciosos generales o localizados, adquiridos durante la permanencia o concurrencia de un paciente al hospital.
- Infecciones adquiridas durante la hospitalización y que se manifiestan después del alta.

No se consideran infecciones intra hospitalarias a aquellas que se encuentran presentes o en incubación al momento del ingreso.

La importancia de considerar las infecciones intrahospitalarias como un problema de salud pública radica en que estas:

- Aumentan la morbilidad.
- Aumentan la mortalidad asociada.
- Elevan los costos que afectan a pacientes, familia, hospital y comunidad.
- Son prevenibles: indicador de calidad de atención.
- Son un problema de enfoque multidisciplinario.



En Chile se estiman en aproximadamente 70.000 infecciones intra hospitalarias al año, con lo que se estima que la hospitalización se prolonga en promedio 10 días, esto significa 700.000 días camas utilizadas por infecciones intra hospitalarias (Servicio de Salud Metropolitano Norte 2017).

4.2 Aplicaciones de cobre antimicrobiano en salud en Chile

En el año 2009 en Chile se comenzaron a realizar las primeras aplicaciones de cobre, en la salud pública, en el Hospital Del Cobre Dr. Salvador Allende G. de Calama, apuntando a evitar infecciones intrahospitalarias. En el hospital, que cuenta con seis salas de Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), tres se acondicionaron con aplicaciones de cobre en las superficies de mayor contacto y se tomaron muestras diarias por 30 semanas. Los resultados obtenidos evidenciaron que en las superficies con cobre desaparecían hasta el 92% de las bacterias, dentro de las cuales se encontraron aquellas agresivas, resistentes a antibióticos y causantes infecciones intrahospitalarias (International Copper Association Latin America s.f.).

El Hospital Clínico Universidad de Chile implementó aplicaciones de cobre en algunos dispensadores de jabones, porta suero y carro de transporte de alimentos, en una de las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), con el objeto de aprovechar las propiedades bactericidas del cobre (International Copper Association Latin America s.f.).

En el año 2012 el Hospital Roberto del Rio inauguró la sala “cobreizada”, de la Unidad de Pacientes Críticos, la que cuenta con objetos y superficies de contacto de cobre bactericida, tales como, barandas de la camas y la palanca que las acciona, porta sueros, llaves de agua, lavamanos, soporte de notas del personal y las superficies de los mesones de trabajo de las enfermeras (CODELCO 2017).

4.3 Aplicaciones de cobre antimicrobiano en el mundo

En esta sección se presentan por continente, país y ciudad los diversos centros de atención de salud que han implementado aplicaciones de cobre antimicrobiano con el objetivo de eliminar las infecciones intra hospitalarias. En el anexo se presenta el detalle de las aplicaciones de cobre en cada lugar.

Como se muestra en la tabla 4-4 en seis países de África, Asia y Oceanía existen aplicaciones de cobre antimicrobiano, donde destacan Australia y Japón por tener tres y cuatro centros de asistencia de salud con aplicaciones, respectivamente.



Tabla 4-4: Centros de salud en África, Asia y Oceanía con aplicaciones de cobre antimicrobiano

País	Ciudad	Lugar
Sudáfrica	Phalaborwa	Hospital Maphutha Malatji, Clínica Masishimale
Australia	Melbourne	Centro de Innovación para la Salud
	Queensland	Clínica de Salud Ernest Henry Mining
	Victoria	Hospital Sandringham
China	Shanghai	Hospital Hua Dong
Corea del Sur	Seodaemun	Centro de cáncer de Yonsei
India	Mumbai	Hospital Medicare
Japón	Ibaraki	Centro Médico Hitachi
	Chiba	Clínica Ochiai
	Kyushu	Hospital Chiyoda
	Saitama	Hospital Kitosato

Fuente: Instalaciones antimicrobianas de cobre en el mundo, cuidado de la salud, International Copper Association Latin America, Copper Alliance.

En el caso de Europa doce países poseen centros de salud con aplicaciones de cobre antimicrobiano (tabla 4-5). Destacan Reino Unido, Grecia y Francia por ser los países que poseen más centros implementados con cobre.

Tabla 4-5: Centros de salud en Europa con aplicaciones de cobre antimicrobiano

País	Ciudad/país	Lugar
Alemania	Hagen	Hospital General Hagen
	Harburg	Clínica Asklepios
Bulgaria	Sofia	Hospital Tokuda
	Plovdiv	Hospital Medline
Chipre	Nicosia	Hospital general y Clínica Apolonio de Nicosia
España	Barcelona	Hospital Vall d'Hebron
Finlandia	Lahti	Centro Médico Isku
	Helsinki	Hospital Jorvi
Francia	Sarcelle	Hospital Paris North
	París	Hospital de Rambouillet y Universidad de Amiens

Grecia	Atenas	Hospital Infantil Aghia Sofía
	Atenas	Hospital Attikon
	Pirineos	Clínica Paraikon
Holanda	Groningen	Centro Médico del Cáncer (UMCG)
Irlanda	Mullingar	Hospital St. Francis y Casa de Salud St. Clair
Polonia	Wroclaw	Hospital WSSK
Reino Unido	Lincolnshire	Clínica del Sueño The Bostonian
	Londres	Hospital Universitario Homerton
	Birmingham	Hospital Selly Oak
	Irlanda del Norte	Hospital de Área de Craigavon
	Harrogate	Centro del Cáncer Sir Robert Ogden Macmillan
	Manchester	Hospital General Trafford
	Sheffield	Hospital General
	Inglaterra	Campus de Salud Willmott Dixon

Fuente: Instalaciones antimicrobianas de cobre en el mundo, cuidado de la salud, International Copper Association Latin America, Copper Alliance.

En América se encuentran los casos ya mencionados en Chile y destaca Estados Unidos por contar con cuatro centros de salud con aplicaciones de cobre antimicrobiano.

Tabla 4-6: Centros de salud en América con aplicaciones de cobre antimicrobiano

País	Ciudad	Lugar
Chile	Santiago	Hospital Infantil Roberto del Río
	Santiago	Hospital de Urgencia de Asistencia Pública (HUAP)
	Santiago	Hospital Clínico Universidad de Chile
	Calama	Hospital del Cobre Dr. Salvador Allende Gossens
México	Ciudad de México	IMSS – Hospital de Traumatología y Ortopedia
Perú	Arequipa	Hospital San Juan de Dios
Estados Unidos	Carolina del Sur	Universidad Médica de Carolina del Sur (MUSC)
	Carolina del Sur	Centro Médico Ralph H. Johnson
	Iowa	Centro Médico Regional Grinnell (GRMC)
	Washington	Hospital Regional Pullman

Fuente: Instalaciones antimicrobianas de cobre en el mundo, cuidado de la salud, International Copper Association Latin America, Copper Alliance.

5 Posibles sustitutos del cobre

En esta sección se analizan el grafeno y al aluminio como posibles sustitutos del cobre, desde el punto de vista de sus propiedades. Como se señaló antes, la plata también posee propiedades que podrían sustituir las aplicaciones de cobre en algunos elementos, sin embargo, no se considera como tal, debido a que su precio es mucho más alto.

5.1 Grafeno

El grafeno fue descubierto (aislado) en el año 2004 por los científicos rusos investigadores de la Universidad de Manchester, Andre Geim y Konstantin Novoselov, producto de lo cual en el año 2010 recibieron el premio nobel de física.

De acuerdo a la información publicada por Graphene Flagship (Graphene Flagship 2017), entidad perteneciente a la Unión Europea, el grafeno es un cristal atómico bidimensional, formado por átomos de carbono dispuestos en una red hexagonal. El grafeno es obtenido del grafito y en palabras simples, son muchas capas de grafito apiladas.

En términos generales, el grafeno es el compuesto más delgado conocido, con un espesor de un átomo (un millón de veces más delgado que un pelo humano). Además, es el compuesto más fuerte descubierto (entre 100 a 300 veces más fuerte que el acero).

Corresponde al material más ligero conocido (con un peso de alrededor de 0,77 miligramos por metro cuadrado) y también es altamente flexible (Graphene Flagship 2017).

El grafeno también es un excelente conductor eléctrico y térmico, debido a que permite que los electrones fluyan mucho más rápido que el silicio. El grafeno puede ser pensado como una molécula gigante que está disponible para la modificación química, con potencial para una amplia variedad de aplicaciones, que van desde la electrónica a los materiales compuestos (Graphene Flagship 2017).

Tabla 5-1: Propiedades del grafeno

Propiedad	Descripción
Conductor	Puede conducir la electricidad incluso mejor que el cobre, otorgándole una infinidad de aplicaciones, tales como pinturas y tintas conductoras, electrónica de próxima generación y baterías más eficientes.



Flexible	Podría ser utilizado en tecnologías emergentes tales como computadoras rollerball, ropa sensible al calor y teléfonos flexibles.
Transparente	Debido a su transparencia, en el futuro podríamos hacer cosas tales como ver la televisión integrada en las ventanas y los navegadores de satélite integrados en los parabrisas de los automóviles.
Fuerte	La resistencia del grafeno podría utilizarse en revestimientos para aplicaciones en la industria aeroespacial y automotriz.
Delgado	El grafeno posee el grosor de un átomo, es decir, es un millón de veces más delgado que un cabello humano, lo que le permite ser flexible, conduciendo muy bien el calor y la electricidad.
Térmico	Tiene la conductividad térmica más alta conocida.

Fuente: Graphene Flagship

A pesar de los avances en el desarrollo de este producto, su producción aún se encuentra a nivel de laboratorio, por lo que tampoco existen estimaciones de sus costos de producción a gran escala, en este sentido, sería poco probable que en el corto o mediano plazo comenzará a utilizarse como sustituto del cobre en diversas aplicaciones.

5.2 Aluminio

El aluminio es el metal más abundante en la tierra (8,1%), sin embargo es muy poco común encontrarlo en su estado puro, generalmente se encuentra en minerales como la bauxita y la criolita.

Por las propiedades que se presentan en la tabla 5-2, bastante similares a las del cobre, el aluminio es empleado en determinadas ocasiones en aplicaciones que también podrían ser realizadas con cobre (cables y aire acondicionado), principalmente en periodos que este alcanza altos precios. Sin embargo, en la mayoría de las propiedades es superior el cobre.

Tabla 5-2: Propiedades del aluminio

Propiedad	Descripción
Liviano	Posee una densidad de un tercio que la del acero, 2.700 kg / m ³ , sin embargo esto no afecta su resistencia.
Suave	
Maleable	Esta propiedad se explota en el laminado de tiras, láminas, doblado, entre otras.
Baja densidad	
No es tóxico	



Alta conductividad térmica y de electricidad	Excelente conductor de calor y electricidad, sin embargo esta es menor a la del cobre.
Unión	Posee características que facilitan la unión por medio de soldadura por fusión, por fricción y por agitación.
Reflectividad	Buen reflector tanto de la luz visible como del calor irradiado.
Resistencia a la corrosión	El aluminio reacciona con el oxígeno en el aire para formar una capa de óxido extremadamente delgada y densa, la cual proporciona protección contra la corrosión. La capa es auto reparadora si está dañada. El aluminio es extremadamente duradero en ambientes neutros y ligeramente ácidos. En ambientes caracterizados por alta acidez o alta basicidad, la corrosión es rápida.
No magnético	

Fuente: Royal Society of Chemistry y Aluminium Design

Los usos más comunes del aluminio son latas, láminas, utensilios de cocina, marcos de ventanas, barriles de cerveza y partes de aviones.

Su principal desventaja frente al cobre es que el aluminio no es fuerte en su estado puro, por lo que debe ser aleado con cobre, manganeso, magnesio y/o silicio para adquirir dicha característica (Royal Society of Chemistry 2017).



6 Comentarios finales

La demanda mundial continúa aumentando, y sus usos y aplicaciones se incrementan a diario, es así que mercados nuevos como la salud y transporte (vehículos eléctricos) se han incorporado como nuevos sectores usuarios del mineral.

El cobre que se está usando actualmente como antimicrobiano, principalmente en aplicaciones hospitalarias, pero que también ocupa lugar en espacios de uso público, es un mercado incipiente, que podría desarrollarse enormemente en los próximos años, debido a que soluciona un problema a nivel mundial, como son las infecciones intra hospitalarias. Su característica antimicrobiana lo hace único, por lo que existe un mercado potencial que por el momento no posee siquiera un sustituto cercano.

Respecto a su uso en automóviles eléctricos, con las proyecciones de estos, se espera que la demanda de cobre también aumente, la transición de vehículos convencionales a eléctricos podría ser más rápido de lo esperado, en línea con los avances tecnológicos que son realizados cada vez más rápido. El desarrollo de los vehículos eléctricos también entrega solución a un problema de muchas ciudades, la contaminación del aire.

De este modo, con el desarrollo de los nuevos mercados, y con el constante aumento de la demanda de cobre para uso tradicional, el foco debe apuntar a potenciar las nuevas áreas y a contar con un suministro seguro del mineral.



7 Referencias

- America, International Copper Association Latin. *Procobre*. 2017. <http://procobre.org>.
- Antimicrobial Copper. 2017. <http://www.antimicrobialcopper.org>.
- Applerot, G., y otros. «Understanding the antibacterial mechanism of CuO nanoparticles: revealing the route of induced oxidative stress.» 2012.
- Association, Copper Development. «A Guide to Working With Copper and Copper Alloys.» s.f.
- Association, Copper Development. «Copper Supply & Consumption - 1996 - 2016, Annual data 2017.» 2017.
- CODELCO. *CODELCO*. 2017. www.codelco.com.
- Codelco Educa. *Codelco Educa*. 2017. www.codelcoeduca.cl.
- Giannousi, K., K. Lafazanis, y J. Arvanitidis. «Hydrothermal synthesis of copper based nanoparticles: antimicrobial screening and interaction with DNA.» 2014.
- Graphene Flagship. *Graphene Flagship*. 2017. <https://graphene-flagship.eu>.
- Grass, G., C. Rensing, y M. Solioz. «Metallic copper as an antimicrobial surface.» *Applied and Environmental Microbiology*, 2011.
- Hans, M., A. Erbe, y S. Mathews. «Role of copper oxides in contact killing of bacteria.» 2013.
- International Copper Association - Copper Alliance. *Copper Alliance*. s.f. www.copperalliance.org.
- International Copper Association Latin America. *procobre.org*. s.f. (último acceso: 2017).
- International Copper Study Group. *International Copper Study Group*. 2017. www.icsg.org.
- Karlsson, H.L., P. Cronholm, y Y. Hedberg. «Cell membrane damage and protein interaction induced by copper containing nanoparticles—importance of the metal release process.» 2013.
- Maniprasad, P., y S. Santra. «Novel copper (Cu) loaded core-shell silica nanoparticles with improved Cu bioavailability: synthesis, characterization and study of antibacterial properties.» 2012.



- Matthews, S, M. Hans, F Mucklich, y M. Solioz. «Contact killing of bacteria on copper is suppressed if bacterial-metal contact is prevented and is induced on iron by copper ions.» *Applied and Environmental Microbiology*, 2013.
- Ojeil, M., C. Jermann, J. Holah, S.P. Denyer, y J. Y. Maillard. «Evaluation of new in vitro efficacy test for antimicrobial surface activity reflecting UK hospital conditions.» *The Journal of Hospital Infection*, 2013: 274 - 281.
- Organización Mundial de la Salud. *www.who.int*. s.f. (último acceso: 2017).
- Pandiyarajan, T., R. Udayabhaskar, y S Vignesh. «Synthesis and concentration dependent antibacterial activities of CuO nanoflakes.» *Elsevier*, 2013.
- Royal Society of Chemistry. *Royal Society of Chemistry*. 2017. *www.rsc.org*.
- Servicio de Salud Metropolitano Norte. «Servicio de Salud Metropolitano Norte.» 2017. *www.ssmn.cl*.
- Sifri, Costi D., Kyle Enfield, y Gene Burke. «Reduced Healthcare-Associated Infections in an Acute Care Community Hospital Using a Combination of Self-Disinfecting Copper-Impregnated Composite Hard Surfaces and Linens.» *Open Forum Infectious Diseases*, 2016.
- The Copper Development Association. *The Copper Development Association*. 2017. *www.copper.org*.
- TIBTECH innovations. *TIBTECH innovations*. 2017. *www.tibtech.com/conductivity.php*.
- United States Environmental Protection Agency. *EPA United States Environmental Protection Agency*. s.f. <https://www.epa.gov> (último acceso: 2017).
- Vincent, Marin, Philippe Hartemann, y Marc Engels-Deutsch. «International Journal of Hygiene and Environmental Health.» *ELSEVIER*, 2016: 7.
- Warnes, S.L., y C.W. Keevil. «Mechanism of copper surface toxicity in vancomycin-resistant enterococci following wet or dry surface contact.» 2011.
- Wilks, S.A., H. Michels, y C.W. Keevil. «The survival of Escherichia coli O157 on a range of metal surfaces.» 2005.
- Zina Ibrahim BA, A.J, L. «Reduction of bacterial burden by copper alloys on high-touch athletic center surfaces.» *American Journal of Infection Control*, 2017.



8 Anexos

8.1 Aplicaciones de cobre antimicrobiano en centros de salud a nivel mundial

Tabla 8-1: Centros de salud por ciudad y país con aplicaciones de cobre antimicrobiano

País	Ciudad	Lugar	Instalaciones
Sudáfrica	Phalaborwa	- Hospital Maphutha Malatji, Clínica Masishimale	- Manillas de puertas - Estantes - Encimeras de trabajo - Fregadero - Llaves de agua - Asientos de inodoros - Sillas
Australia	Melbourne	Centro de Innovación para la Salud	- Barandas
	Queensland	Clínica de Salud Ernest Henry Mining	- Encimeras de trabajo
	Victoria	Hospital Sandringham	- Barandas de camas - Manillas de armarios - Carros médicos - Pasamanos - Accesorios de puertas - Barras de apoyo - Interruptores de luz
China	Shanghai	Hospital Hua Dong	- Barandas de camas - Soportes para aplicaciones intravenosas - Mesas de comer en cama - Mesas de noche - Llaves de agua - Barras de toallas - Carros médicos



Corea del Sur	Seodaemun	Centro de cáncer de Yonsei	- Barandas de camas - Fregaderos - Llaves de agua
India	Mumbai	Hospital Medicare	- Manillas de puertas - Placas de apertura de puertas
Japón	Ibaraki	Centro Médico Hitachi	- Barandas de camas - Manillas de puertas
	Chiba	Clínica Ochiai	- Encimeras - Paredes recubiertas con bronce - Manillas de puertas
	Kyushu	Hospital Chiyoda	- Manillas de puertas - Aplicaciones en las puertas
	Saitama	Hospital Kitosato	- Manillas de puertas
Alemania	Hagen	Hospital General Hagen	- Manillas de puertas - Interruptores de luz - Espejos de instalaciones eléctricas - Manillas de ventanas
	Harburg	Clínica Asklepios	- Manillas de puertas
Bulgaria	Sofia	Hospital Tokuda	- Barandas de camas - Manillas de puertas - Soportes para aplicaciones intravenosas - Mesas de comer en cama
	Plovdiv	Hospital Medline	- Barandas de camas - Manillas de puertas - Manillas de cajones - Reposabrazos de sillas de rueda
Chipre	Nicosia	Hospital general y Clínica Apolonio de Nicosia	- Barandas de camas - Polos IV de goteo - Manillas de puertas - Aplicaciones en las puertas



			<ul style="list-style-type: none"> - Tablas de potencia - Placas de apertura de puertas - Carros médicos
España	Barcelona	Hospital Vall d'Hebron	<ul style="list-style-type: none"> - Revestimiento de puertas y paredes de los pasillos - Manillas de puertas
Finlandia	Lahti	Centro Médico Isku	<ul style="list-style-type: none"> - Reposabrazos de las sillas - Superficies de trabajo de laboratorio - Manillas de cajones - Fregaderos - Aplicaciones en puertas - Mesa de recepción
	Helsinki	Hospital Jorvi	<ul style="list-style-type: none"> - Estación de trabajo con escritorio y teclado - Baño con diversos artículos
Francia	Sarcelle	Hospital Paris North	<ul style="list-style-type: none"> - Manillas de puertas - Interruptores de luz - Llaves de agua - Barandas
	París	Hospital de Rambouillet y Universidad de Amiens	<ul style="list-style-type: none"> - Manillas de puertas - Placas de apertura de puertas - Barandas
Grecia	Atenas	Hospital Infantil Aghia Sofía	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicaciones en puertas - Manillas de cajones - Carros médicos - Superficies de trabajo
	Atenas	Hospital Attikon	<ul style="list-style-type: none"> - Barandas de camas - Placas de apertura de puertas - Manillas de armarios
	Pirineos	Clínica Paraikon	<ul style="list-style-type: none"> - Manillas de puertas - Manillas de cajones y armarios - Carros médicos



			- Superficies de trabajo
Holanda	Groningen	Centro Médico del Cáncer (UMCG)	- Manillas de puertas
Irlanda	Mullingar	Hospital St. Francis y Casa de Salud St. Clair	- Placas de apertura de puertas - Manillas de puertas
Polonia	Wroclaw	Hospital WSSK	- Barandas de camas - Interruptores de luz - Manilla de cadena de inodoro - Soportes para aplicaciones intravenosas - Carros médicos - Manillas de puertas - Sillas de ducha - Asientos de inodoro - Barras de apoyo
Reino Unido	Lincolnshire	Clínica del Sueño The Bostonian	- Barandas de camas - Sillones - Pasamanos de pasillos - Interruptores eléctricos - Soportes para aplicaciones intravenosas - Mesas para comer en la cama - Manillas de puertas - Llaves de agua - Perchas para ropa - Manilla de cadena de inodoro - Placas de apertura de puertas - Interruptores de luz - Manillas de armarios
	Londres	Hospital Universitario Homerton	- Sillas giratorias de discapacitados - Manillas de puertas - Palancas varias



	Birmingham	Hospital Selly Oak	<ul style="list-style-type: none"> - Manillas de puertas y armarios - Sillones - Pasamanos de pasillos - Carros médicos - Soportes para aplicaciones intravenosas - Sillas de ducha - Llaves de agua - Manilla de cadena de inodoro - Placas de apertura de puertas - Asientos de inodoro - Barandas de camas
	Irlanda del Norte	Hospital de Área de Craigavon	<ul style="list-style-type: none"> - Manillas de puertas
	Harrogate	Centro del Cáncer Sir Robert Ogden Macmillan	<ul style="list-style-type: none"> - Manillas de puertas
	Manchester	Hospital General Trafford	<ul style="list-style-type: none"> - Superficies de trabajo - Manillas de puertas
	Sheffield	Hospital General	<ul style="list-style-type: none"> - Manillas de puertas
	Inglaterra	Campus de Salud Willmott Dixon	<ul style="list-style-type: none"> - Llaves de agua - Pasamanos - Manillas de armarios
Chile	Santiago	Hospital Infantil Roberto del Río	<ul style="list-style-type: none"> - Barandas de las camas - Accesorios en las puertas - Soportes de aplicaciones intravenosas - Barras de las cunas - Pasamanos - Fregaderos y llaves de agua - Superficies de trabajo
	Santiago	Hospital de Urgencia de Asistencia Pública (HUAP)	<ul style="list-style-type: none"> - Barandas de las camas - Reposabrazos en los sillones - Fregaderos y llaves de agua



			- Mesas para comer en la cama
	Santiago	Hospital Clínico Universidad de Chile.	- Dispensadores de jabón - Porta suero - Carro de transporte de alimentos
	Calama	Hospital del Cobre Dr. Salvador Allende Gossens	- Barandas de las camas - Sillas - Mesas para comer en la cama
México	Ciudad de México	IMSS – Hospital de Traumatología y Ortopedia	- Barandas de las camas - Carros médicos
Perú	Arequipa	Hospital San Juan de Dios	- Pasamanos - Mesas de alimentación - Polo IV de goteo
Estados Unidos	Carolina del Sur	Universidad Médica de Carolina del Sur (MUSC)	- Barandas de las camas - Mesas de alimentación - Polo IV de goteo - Manillas de las puertas - Campanas de emergencia
	Carolina del Sur	Centro Médico Ralph H. Johnson	- Barandas de las camas - Botón para llamar a enfermeras
	Iowa	Centro Médico Regional Grinnell (GRMC)	- Manillas de los cajones - Manillas de las puertas - Camas jaula - Polo IV de goteo
			- Fregaderos y llave de gua - Perillas varias - Teclado de computadores - Manillas cajones - Interruptores eléctricos - Barandas de los baños
	Washington	Hospital Regional Pullman	- Manillas de armarios



			<ul style="list-style-type: none">- Soportes para aplicaciones intravenosas- Espejos de enchufes eléctricos- Válvula de los grifos
--	--	--	--

Fuente: Instalaciones antimicrobianas de cobre en el mundo, cuidado de la salud, International Copper Association Latin America, Copper Alliance.



Este trabajo fue elaborado en la
Dirección de Estudios y Políticas Públicas por

Daniela Rojas Seguel

Analista de Mercado Minero

Ronald Monsalve Helfant

Analista de Mercado Minero

Jorge Cantallopts Araya

Director de Estudios y Políticas Públicas

Noviembre 2017

