

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA FABRICACIÓN DE  
ELEMENTOS DE COBRE ANTIMICROBIANO Y SU  
COMERCIALIZACIÓN EN EL SECTOR SALUD**

Tesis para optar el Título de **INGENIERO DE MINAS**, que presentan los bachilleres:

**Geancarlo Martin Gutierrez Soto  
José Adrián Cornejo Jorge**

**ASESOR: Dr. Ing. Adolfo Pillihuamán Zambrano**

Lima, agosto de 2017

## RESUMEN

Luego de numerosas investigaciones previas es que en febrero de 2008, la *Environmental Protection Agency (EPA)*, organización en los Estados Unidos encargada de proteger la salud humana y el ambiente, aprueba el registro de aleaciones de cobre al comprobar su propiedad antimicrobiana, para su uso en superficies de contacto sólidas. Particularmente en el sector salud, se ha obtenido como resultado la reducción de infecciones adquiridas por bacterias alojadas en la superficie de contacto al reemplazar elementos de acero inoxidable por aleaciones de cobre antimicrobiano.

En el presente trabajo se realizará el análisis técnico económico de la obtención de cobre antimicrobiano a partir de la aleación de cobre-níquel, debido a que en el mercado nacional no se fabrica este tipo de material y de ser el caso es a muy pequeña escala y a un costo muy elevado. Para el análisis se realizaron pruebas experimentales metalúrgicas y bacteriológicas, para encontrar la proporción adecuada que preserve las propiedades antimicrobianas del cobre y que estéticamente se encuentre en muy buenas condiciones para su comercialización, teniendo siempre en cuenta el factor del costo del producto.

Para el ensayo metalúrgico utilizaremos cobre electrolítico y níquel metálico, que formarán una aleación en un horno de inducción a una temperatura aproximada de 1450°C, mientras que para el ensayo bacteriológico se realizará el ensayo de aniquilamiento por contacto con superficie de metal con las cepas de *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 para medir la carga bacteriana luego de un periodo de tiempo establecido.

A partir de los datos obtenidos en las pruebas metalúrgicas, como proporciones, costos unitarios y materiales, personal, etc.; se analizará todo el proceso desde un punto de vista económico, lo cual incluye el Opex y el Capex de los procesos, así como la obtención del VAN, el TIR y la Rentabilidad Económica del negocio.



## TEMA DE TESIS

PARA OPTAR	Título de Ingeniero de Minas
ALUMNO	Geancarlo Martín Gutierrez Soto José Adrian Cornejo Jorge
CÓDIGO	20062080 20060255
PROPUESTO POR	Dr. Adolfo Pillihuaman Zambrano
ASESOR	Dr. Adolfo Pillihuaman Zambrano
TEMA	Análisis técnico-económico para la fabricación de elementos de cobre antimicrobiano y su comercialización en el sector salud
No. TEMA	# 148
FECHA	10/04/2017



### OBJETIVOS

Objetivo general:

- Fabricación de la aleación antimicrobiana de cobre y análisis económico para su posterior comercialización en el sector salud.

Objetivos Específicos:

- Obtener la proporción ideal de cobre-níquel que cumpla con las características antibacterianas requeridas.
- Determinar el proceso de fundición adecuado para la obtención de la aleación.
- Definir los costos unitarios presentes en el proceso productivo.
- Obtener la rentabilidad económica del proceso.

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

La presente tesis tiene como propósito el análisis económico de la puesta en marcha de una planta de fabricación de láminas de cobre antimicrobiano. La base del estudio se centra en la identificación de los componentes de una muestra comercial de cobre antimicrobiano, con esa información realizar la ingeniería inversa para obtener el proceso de fabricación de esa aleación, experimentando diferentes composiciones de aleación, escoria y atmosfera neutra, para después realizar el escalamiento a nivel planta piloto.

L

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
Av. Universitaria 1801, San Miguel  
Lima 32 - Perú  
T: 626 2000 anexos 5000, 5001  
F: 626 2852

[www.pucp.edu.pe/secc/minas](http://www.pucp.edu.pe/secc/minas)

## PLAN DE TRABAJO:

El presente trabajo tiene como finalidad realizar un análisis técnico económico sobre la obtención de cobre antimicrobiano a partir de la aleación de cobre-níquel, y su posterior comercialización. El análisis nace a partir de la identificación de un nicho de mercado, ya que en el mercado nacional no hay empresas que fabriquen o importen este material, y si las hay, lo hacen a muy pequeña escala. Para el análisis utilizaremos cobre electrolítico y níquel metálico, los cuales formarán una aleación en un horno de inducción a una temperatura aproximada de 1450°C. Se realizaron varias pruebas experimentales, hasta encontrar la proporción ideal para la obtención de cobre antimicrobiano, a manera de poder optimizar costos. A partir de los datos obtenidos en las pruebas metalúrgicas, como proporciones, costos unitarios y materiales, EPP's, personal, etc.; se analizará todo el proceso desde un punto de vista económico, lo cual incluye el Opex y el Capex de los procesos, así como la obtención del VAN, el TIR y la Rentabilidad Económica del negocio.

Máximo 100 páginas.

**Dr. Adolfo Pillihuaman Zambrano**  
Coordinador  
Especialidad de Ingeniería de Minas



**Dr. Adolfo Pillihuaman Zambrano**  
Asesor

## INDICE

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES .....	1
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	2
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.5. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO .....	2
2. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. PROBLEMAS DE SALUD PÚBLICA .....	4
2.1.1. Infecciones intrahospitalarias .....	4
2.1.2. Materiales más usados .....	5
2.1.3. Prevalencia de infecciones intrahospitalarias .....	6
2.1.4. Reporte de infecciones intrahospitalarias Minsa 2016 .....	6
2.1.5. Costo por infecciones intrahospitalarias .....	7
2.2. COBRE .....	8
2.2.1. Proceso de obtención del cobre .....	8
2.3. PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS DEL COBRE .....	11
2.4. PROCESO METALÚRGICO .....	15
3. MERCADO .....	16
3.1. MERCADO INTERNACIONAL .....	16
3.1.1. Mercado en europa .....	16
3.1.2. Mercado en América Latina .....	17

3.2. MERCADO NACIONAL .....	18
3.4. POTENCIAL DE DESARROLLO EN PERÚ.....	37
3.4.1. Situación actual del sector Salud en el Perú .....	38
3.4.2. Artículos más usados con cobre antimicrobiano en hospitales .	39
3.4.3. Requerimientos para la comercialización del cobre antibacteriano .....	40
3.4.4. Demanda de cobre .....	40
3.5. ANALISIS FODA DEL COBRE ANTIBACTERIANO.....	43
4. ENSAYO METALÚRGICO .....	44
4.1. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	44
4.1.1. Componentes de una máquina de colada continua .....	45
4.1.2. Transferencia de calor .....	47
4.1.3. Velocidad de colada.....	48
4.1.4. Lubricante .....	48
4.1.5. Ventajas de la colada continua .....	48
4.1.6. Desventajas de la colada continua .....	49
4.2. LAMINACIÓN .....	49
4.2.1. Ventajas de usar el laminador.....	50
4.2.2. Aplicación.....	50
5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	51
5.1. MATERIALES.....	51
5.2. EQUIPOS .....	52

5.2.1. Evaluación de parámetros para obtención de la aleación cobre-níquel.....	55
5.2.2. Análisis químico .....	58
5.2.3. Análisis bacteriano .....	58
5.3. ANALISIS DE RESULTADOS.....	61
6. ANÁLISIS DE COSTOS .....	67
6.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN.....	67
6.2. COSTOS INDIRECTOS .....	67
6.3. COSTOS DIRECTOS .....	70
7. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	73
7.1. PRECIOS.....	73
7.1.1. IMPORTACIÓN DE METALES.....	75
7.2. ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS PROYECTADO .....	76
7.3. FLUJO DE CAJA PROYECTADO.....	77
7.4. VAN 78	
7.5. PUNTO DE EQUILIBRIO.....	78
BIBLIOGRAFÍA .....	83

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1:</i>	Producción de cobre a nivel mundial. ....	41
<i>Tabla 2:</i>	Proyección de consumo de cobre refinado. ....	41
<i>Tabla 3:</i>	Análisis FODA del uso del cobre antibacteriano. ....	43
<i>Tabla 4:</i>	Composición másica de los materiales formadores de la aleación y escoria y sus variables de operación para cada ensayo experimental. ....	54
<i>Tabla 5:</i>	Cantidad de muestras a analizar bacteriológicamente. ....	59
<i>Tabla 6:</i>	Ensayo de aniquilamiento por contacto en superficie de metal. ....	60
<i>Tabla 7:</i>	Recuento de bacterias sobrevivientes al ensayo de aniquilamiento por contacto en superficie de metal. ....	61
<i>Tabla 8:</i>	Análisis químico de las aleaciones obtenidas experimentalmente y de la aleación comercial (Contego). ....	63
<i>Tabla 9.</i>	Porcentaje de reducción de carga bacteriana para las muestras A, B y C. ....	66
<i>Tabla 10.</i>	Resumen de costos indirectos. ....	68
<i>Tabla 11.</i>	Costo por planilla. ....	68
<i>Tabla 12.</i>	<i>Gastos de oficina.</i> ....	69
<i>Tabla 13:</i>	Otros gastos. ....	69
<i>Tabla 14:</i>	Inversión de maquinaria y equipos. ....	70
<i>Tabla 15:</i>	Cálculo de Leasing. ....	71
<i>Tabla 16:</i>	Metales usados en producción. ....	71
<i>Tabla 17:</i>	Costos de metales usados en producción. ....	71
<i>Tabla 18:</i>	Insumos utilizados para la aleación de cobre y níquel. ....	72

<i>Tabla 19:</i>	Costeo de importación de cobre electrolítico.....	75
<i>Tabla 20:</i>	Precios de metales considerados. ....	75
<i>Tabla 21:</i>	EGP del proyecto. ....	77
<i>Tabla 22:</i>	<i>Punto de equilibrio</i> .....	78



## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> E. Coli en superficie de acero inoxidable recientemente desinfectada. ..	5
<i>Figura 2.</i> Distribución de IIH según tipo en 2016 .....	7
<i>Figura 3.</i> Comparación de carga bacteriana en componentes con superficie de cobre y de otros materiales. ....	12
<i>Figura 4.</i> Escenario de estudio (Unidad de Cuidados Intensivos).....	13
<i>Figura 5.</i> Aniquilamiento de las bacterias .....	14
<i>Figura 6.</i> Colores diversos de cobre antibacteriano.....	16
<i>Figura 7.</i> Barandilla de cobre antimicrobiano. ....	20
<i>Figura 8.</i> Pasamanos (A) y soporte de baño (B).....	20
<i>Figura 9.</i> Instalaciones de Hospital de Yonsei.....	22
<i>Figura 10.</i> Manijas para puertas.....	22
<i>Figura 11.</i> Clínica Ochiai.....	23
<i>Figura 12.</i> Baranda de cobre antibacteriano. ....	28
<i>Figura 13.</i> Centro de endodoncia de cobre antibacteriano. ....	28
<i>Figura 14.</i> Hospital Salvador Allende. ....	30
<i>Figura 15.</i> Hospital de niños Roberto del Río .....	31
<i>Figura 16.</i> Centros educativos (Colegio José Toribio Medina de Ñuñoa). ....	32
<i>Figura 17.</i> Transporte público (Estación de metro Santiago Bueras).....	33
<i>Figura 18.</i> Transporte público (Primer tren con cobre antimicrobiano en Valparaíso).....	34
<i>Figura 19.</i> Hospital de traumatología y ortopedia de Lomas Verdes. ....	35

<i>Figura 20.</i> Transporte público (Estación de metro Juárez).....	36
<i>Figura 21.</i> Hospital San Juan de Dios en Arequipa .....	36
<i>Figura 22.</i> Evolución del PBI en Perú en los últimos 15 años. ....	37
<i>Figura 23.</i> Proyección del PBI Periodo (2014-2019). ....	38
<i>Figura 24.</i> Artículos más usados fabricados con cobre antimicrobiano en hospitales. ....	39
<i>Figura 25.</i> Cambio de la proyección del precio del cobre. ....	42
<i>Figura 26.</i> Demanda de cobre antibacteriano. ....	42
<i>Figura 27.</i> Máquina de colada continua.....	44
<i>Figura 28.</i> Horno y distribuidor.....	45
<i>Figura 29.</i> Tampón de distribuidor.....	45
<i>Figura 30.</i> Constitución del distribuidor.....	46
<i>Figura 31.</i> Equipos que constituyen el molde.....	46
<b>(a)(b)</b> 50	
<i>Figura 32.</i> Laminación en caliente (a) y en frío (b).....	50
Cobre                      Níquel                      Sílice .....	52
<i>Figura 33.</i> Materiales empleados para la fabricación de la aleación Cu-Ni. ....	52
<i>Figura 34.</i> Crisol utilizado en ensayos experimentales de fundición de aleación Cu- Ni. ....	52
<i>Figura 35.</i> Horno de inducción (izquierda) e inductor (derecha). ....	52
<i>Figura 36.</i> Fabricación de muestras antibacterianas (1). ....	53
<i>Figura 37.</i> Fabricación de muestras antibacterianas (2). ....	54

<i>Figura 38.</i> Equipo Bruker Q8 Magellan .....	58
Fórmula para cálculo de reducción bacteriológica.....	59
<i>Figura 39.</i> Muestras de aleaciones obtenidas experimentalmente.....	62
<i>Figura 40.</i> Resultados del ensayo de aniquilamiento por Contacto en Superficie de Metal, en términos de UFC, para las muestras de acero inoxidable 316, muestras A y B (aleación obtenida en laboratorio) y muestra C (aleación comercial- contego) para la <i>P. aeruginosa</i> .....	64
<i>Figura 41.</i> Resultados del ensayo de aniquilamiento por Contacto en Superficie de Metal, en términos de UFC, para las muestras de acero inoxidable 316, muestras A y B (aleación obtenida en laboratorio) y muestra C (aleación comercial - contego) para la <i>S. epidermidis</i> .....	65
<i>Figura 42.</i> Resultados del ensayo de aniquilamiento por Contacto en Superficie de Metal, en términos de UFC, para las muestras de acero inoxidable 316, muestras A y B (aleación obtenida en laboratorio) y muestra C (aleación comercial- contego) para la <i>S. aureus</i> .....	65
<i>Figura 43.</i> Evolución del precio del Cu desde el 2012.....	74
<i>Figura 44.</i> Evolución del precio del Ni desde el 2012.....	74
<i>Figura 45.</i> Gráfico de punto de equilibrio.....	79

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. JUSTIFICACIÓN

La adquisición de infecciones intrahospitalarias, por microbios o bacterias que colonizan las superficies de utensilios médicos como barandas, porta sueros, placas para puertas, entre otros, resulta contraproducente para pacientes que se encuentran previamente bajo tratamiento médico, ya que podría verse comprometido su estado de salud, e incluso su propia vida.

Es importante, también, tomar en cuenta los costos involucrados por la adquisición de infecciones intrahospitalaria, ya que estos prolongan la estadía del paciente en los centros médicos y elevan los costos por suministro de nuevos medicamentos. La falta de promoción de los beneficios del cobre antimicrobiano y el escaso mercado existente de este producto en el país, son el principal obstáculo para su comercialización, entonces ¿Es posible la rentabilidad de una planta de producción de aleación de cobre y níquel antimicrobiano? ¿Puede el costo y valor agregado del cobre competir con el acero inoxidable?

## 1.2. ANTECEDENTES

En el 2008 la Environmental Protección Agency (EPA), organización encargada de proteger la salud humana y el ambiente en Estados Unidos, permitió el registro de 270 aleaciones de cobre al reconocer el efecto bactericida al contacto con agentes patógenos, demostrado por trabajos de investigación científica.<sup>[1]</sup> Cabe resaltar que el cobre es el primer metal que ha recibido este reconocimiento por parte de la EPA, gracias a varios años de pruebas de laboratorio realizados por la International Copper Association (ICA) bajo rigurosos estándares de la EPA, con lo que se ha demostrado, según estudios experimentales, que el cobre antibacteriano elimina el 99% de las bacterias dentro de las dos primeras horas que entra en

contacto con aleaciones de cobre en estado sólido, tales como láminas, productos extruidos, etc. Es importante mencionar que la acción del cobre es permanente, a diversas temperaturas, lo cual no ocurre, por ejemplo, con la plata, que, a pesar de tener propiedades antibacterianas, las pierde a determinadas temperaturas <sup>[1]</sup>. La propiedad antibacteriana del cobre ofrece, en el mercado nacional en particular, grandes posibilidades de apertura de nuevos mercados, tanto en el ámbito de la salud pública y privada, así como en el sector educación, transporte, etc.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Fabricación de la aleación antimicrobiana de cobre-níquel a partir de la adecuación del proceso metalúrgico para la elaboración del acero inoxidable y su posterior análisis económico para la comercialización en el sector salud.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener la proporción ideal de cobre-níquel que cumpla con las características antibacterianas requeridas.
- Determinar el proceso de fundición adecuado para la obtención de la aleación.
- Definir los costos unitarios presentes en el proceso productivo.
- Obtener la Rentabilidad Económica del Proceso.

### **1.5. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

Este proyecto analiza la factibilidad económica de la puesta en marcha de una planta de producción de láminas de cobre antimicrobiano, a partir de la aleación de cobre y níquel, tomando en cuenta lo siguiente:

- **Metalurgia:** Proceso de obtención ideal de aleación de cobre y níquel a partir de la adecuación del proceso metalúrgico para la elaboración del acero inoxidable, ya

que no existe bibliografía en forma digital o física que indiquen un proceso para esta aleación.

- **Análisis económico:** Viabilidad económica del proyecto a partir de estimación de producción de planta.

El proceso de fabricación se realizará mediante la aleación de cobre y níquel, utilizando hornos de colada continua, pasando luego por el enfriador, y finalmente por el laminador, en donde se obtendrá el producto final, una lámina de cobre-níquel. Para el proceso se utilizará como insumos principales, cátodos de cobre y níquel al 99,99% de pureza, para obtener el resultado antimicrobiano esperado, y lograr que el producto sea estéticamente atractivo y comercializable.

La perspectiva del proyecto es la rentabilidad económica de la puesta en marcha de una planta de producción de láminas de aleación de cobre y níquel, con los que se puedan elaborar utensilios, o que actúen como recubrimiento en superficies de contacto, principalmente para el sector salud. Se plantea, a la vez, elaborar productos que puedan competir y/o reemplazar utensilios o recubrimientos de acero inoxidable N°316, utilizados principalmente en el sector salud.

Los costos y precios corresponden a lo obtenido de acuerdo al requerimiento de maquinaria y personal para su puesta en marcha. No se presenta un estudio de mercado cuantitativo, ya que no se ha podido evidenciar la existencia de bibliografía referente a plantas similares dentro del mercado nacional.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. PROBLEMAS DE SALUD PÚBLICA**

La salud forma parte del contexto económico de una sociedad, ya que es un medio para poder lograr el desarrollo y por ser un componente importante de bienestar, en ese sentido las enfermedades intrahospitalarias (IIH) o conocidas también como infecciones asociadas a atenciones de salud (IAAS) son un problema de salud pública importante, debido a la frecuencia con la que se presentan, la morbilidad, mortalidad, la carga que imponen a los pacientes, personal sanitario y los sistemas de salud.

#### **2.1.1. Infecciones intrahospitalarias**

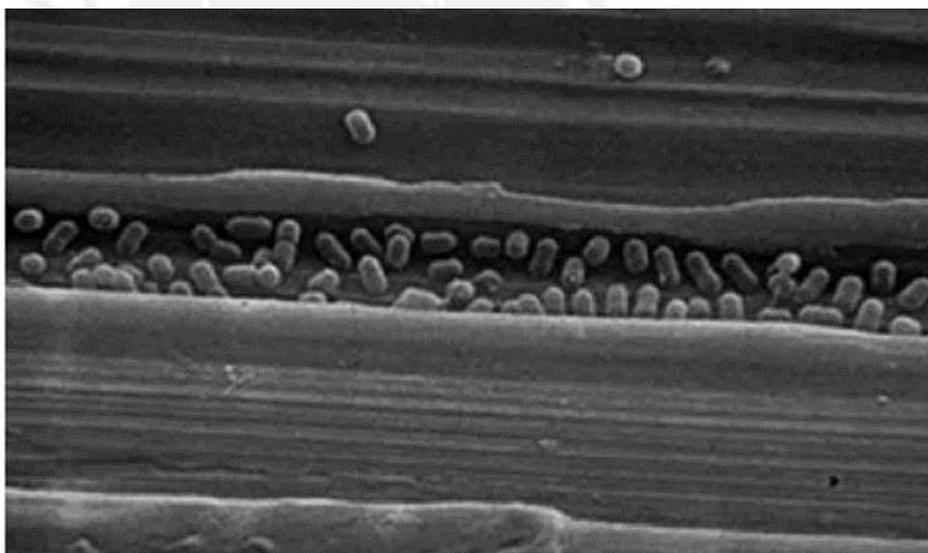
Las infecciones intrahospitalarias constituyen un problema que cada vez va tomando mayor relevancia como un factor de riesgo en hospitales no solo del Perú sino también a nivel mundial, ya que incrementa la morbilidad, mortalidad y los costos de atención. La alta susceptibilidad a las infecciones de pacientes con edad elevada con patologías crónicas o la intervención con procedimientos invasivos para el diagnóstico o tratamiento y la resistencia de microorganismos a los antibióticos actualmente existentes, nos muestran que es necesario aplicar nuevos métodos para mitigar los efectos por la adquisición de estas enfermedades. Para el caso de pacientes que se encuentran internados, en especial los que se encuentran en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), las infecciones intrahospitalarias prolongan su estadía en los centros de salud, elevando los costos por suministro de más medicamentos, llegando en algunos casos a la muerte de los pacientes.

Se considera una infección intrahospitalaria cuando no está presente o en proceso de incubación al momento de realizar la admisión del paciente, sin embargo, es observada durante su estadía hospitalaria o al alta. Estas infecciones pueden

hacerse evidente luego de 48 o más de realizada la admisión al establecimiento, e incluso pueden ser registradas entre los visitantes y el personal del hospital. [7]

### 2.1.2. Materiales más usados

Actualmente el acero inoxidable y el aluminio son los materiales con mayor presencia y aceptación en los centros de salud, medios de transportes, debido a su apariencia limpia y brillante, lo cual genera la elección casi inmediata al momento de instalar elementos metálicos, sin embargo, tras pruebas realizadas sobre este material, luego de un proceso riguroso de pulido y aseo se ha encontrado que no es suficiente la apariencia, ya que el acero inoxidable presenta intersticios donde el pulido y aseo no fueron eficientes, como se muestra en la Figura 1<sup>[1]</sup>.



*Figura 1. E. Coli en superficie de acero inoxidable recientemente desinfectada. Tomado de Cobre Antimicrobiano: científicamente comprobado, 2016*

Se puede decir entonces que el cobre se presenta como una gran opción para elaborar materiales y así evitar las infecciones intrahospitalarias y la contaminación por agentes patógenos en lugares con gran aglomeración o tránsito de personas, en donde los materiales actualmente utilizados no demuestran tener propiedad antibacteriana alguna.

### **2.1.3. Prevalencia de infecciones intrahospitalarias**

En epidemiología se denomina prevalencia a la proporción de individuos de un grupo que presentan un evento característico en un momento o periodo determinado, para este caso se determina como la proporción de pacientes hospitalizados que manifiestan evidencias de haber contraído infección intrahospitalaria. En 1999 se llevó en el Perú el primer estudio de prevalencia a nivel nacional con la participación de 62 hospitales, en donde las tasas alcanzaron valores, en algunos casos de hasta el 37%. Para el análisis de prevalencia del 2014 se contó con la participación de 165 establecimientos de salud entre públicos y privados, en donde se pudo observar la prevalencia de hasta 4.8%, sin embargo cabe resaltar que el estudio fue realizado con baja participación de personas y el escaso entrenamiento del personal involucrado para la realización del mismo [2].

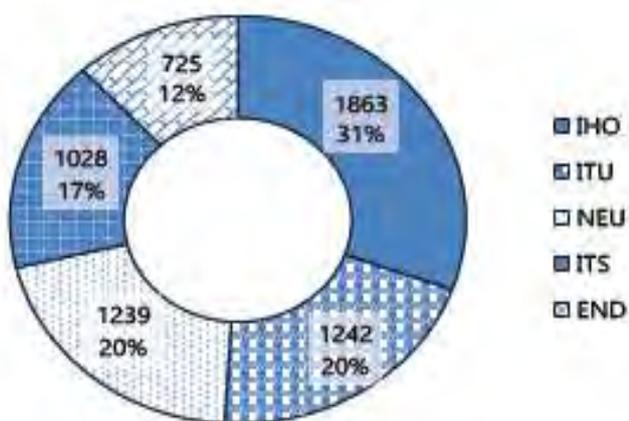
### **2.1.4. Reporte de infecciones intrahospitalarias Minsa 2016**

Para el año 2016 el Ministerio de Salud (MINSA), a través del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Infecciones Intrahospitalarias (SVEIIH) que está constituido por 290 establecimientos de salud a nivel nacional, realizó en la recolección de datos para elaborar el reporte anual de IIH en el país. Los pacientes seleccionados para el estudio lo conforman aquellos que usan los dispositivos médicos (catéter venoso central), catéter venoso periférico, catéter urinario permanente, ventilador mecánico; focalizada: en las Unidades Productoras de Servicios de Salud de Neonatología, Unidad de Cuidados intensivos adultos, Gineco-obstetricia, Cirugía y Medicina.

Las IIH notificadas durante el año 2016 fueron 5 970, los cuales se clasificaron en, 31% (1 863) a las infecciones de herida operatoria (IHO), 20% (1 211)

neumonías, 19% (1 143) a infecciones del tracto urinario (ITU); 17% (1 028) infecciones del torrente sanguíneo (ITS) y 12% (725) las endometritis (END).

De los tipos de infección se presenta con mayor incidencia las infecciones de herida operatoria (IHO) asociada a parto cesárea con el 29% (1 724), seguida de las neumonías (NEU) asociadas a ventilación mecánica con el 20% (1 211) y las infecciones del tracto urinario (ITU) asociado a catéter urinario permanente (CUP) con 19% (1 143).<sup>[11]</sup>



*Figura 2.* Distribución de IIH según tipo en 2016  
Tomado de: Centro Nacional de Epidemiología, prevención y control de enfermedades MINSA.

### 2.1.5. Costo por infecciones intrahospitalarias

Es complejo realizar el cálculo para determinar el impacto económico de las infecciones intrahospitalarias, ya que están involucrados muchos factores dependiendo del tipo de infección y de la sensibilidad a los antibióticos. En algunos casos las infecciones podrían ser más severas que otras, sin embargo, el mayor costo sobreviene al tratamiento de infecciones originadas por bacterias multirresistentes, para lo cual se requerirán antibióticos más sofisticados y caros. También se debe tomar en cuenta que los pacientes con infecciones intrahospitalarias que tienen su

sistema inmunológico comprometido, resultará en el costo más elevado de su tratamiento.

No existe información reciente bibliográfica en físico ni digital de entidad pública o privada que presente los costos por infecciones intrahospitalarias, sin embargo, en 1999 un estudio realizado por Organización Panamericana de la Salud, respecto al costo de la infección nosocomial en nueve países de América Latina, muestra que en el Hospital Sergio Bernales, solo para el tratamiento de 3 infecciones intrahospitalarias, el exceso de costos fue de US\$ 76 520,00 dólares americanos. Si bien es cierto que han transcurrido varios años desde aquel estudio y que la tecnología ha mejorado, también debemos tomar en cuenta que las bacterias han ido evolucionando y volviéndose mucho más resistentes, por tanto, estos números nos pueden dar un indicador de los costos involucrados al respecto <sup>[4]</sup>.

## **2.2. COBRE**

De acuerdo con información proporcionada por (Ministerio de Energía y Minas (MEM - Reporte anual de producción de cobre, 2016) <sup>[5]</sup>, Al cierre del 2016, la producción de cobre en el Perú creció en 38%, alcanzando un total de 2 millones 353,859 Toneladas Métricas Finas (TMF), lo que significó que el Perú se convierta en el segundo productor de cobre a nivel mundial superado solo por Chile de acuerdo con información de Comex Perú (El cobre regresa con fuerza-Publicación N°231,2017).

### **2.2.1. Proceso de obtención del cobre**

Podemos encontrar al cobre en corteza terrestre en forma de mezclas complejas de sulfuros combinados con compuestos como el zinc, arsénico, plata, oro, entre otros. Algunos de los minerales que podemos encontrar son la calcopirita

( $\text{CuFeS}_2$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), entre otros, con contenidos de alrededor 0,5% en minas a cielo abierto y de hasta 2% en minas subterráneas.

El cobre también puede encontrarse como mineral oxidado, el cual proviene de la descomposición de los minerales sulfurados primarios debido a la acción de aguas con dióxido de carbono, oxígeno, ácido sulfúrico, que actúan sobre los sulfuros para formar carbonatos, óxidos, sulfatos, silicatos de cobre como Malaquita, Azurita, Cuprita, Crisocola, tenorita, Atacamita, Antlerita, Brochantita. <sup>[17]</sup>

Según la mena del cual provenga, el proceso de extracción variará y tendremos:

- **Pirometalurgia:** Extracción de cobre de menas de sulfuros.
- **Hidrometalurgia:** Extracción de cobre de menas de óxidos.

#### 2.2.1.1. Extracción de cobre de menas sulfuradas

La extracción del cobre de este tipo de menas tiene cuatro etapas:

a) **Concentración por flotación:** Proceso realizado para lograr el aislamiento de los minerales de cobre en forma de concentrado. Este método se aplica para poder incrementar el contenido de cobre en el material que será ingresado a fundición y poder optimizar los costos energéticos involucrados.

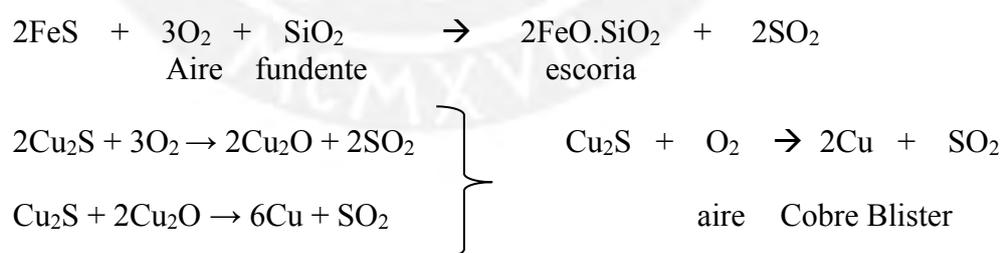
El principio de la flotación consiste en que el mineral será acondicionado con reactivos que lo volverán hidrofóbico. Se producirá la colisión de las partículas de mineral y las burbujas que la conducirán a su unión. Los minerales de cobre adheridas a las burbujas se elevarán hasta la superficie de la celda de flotación, mientras que la ganga abandonará la celda a través de un sistema de descarga. <sup>[17]</sup>

b) **Tostación:** La tostación es la oxidación parcial de los concentrados de sulfuros de cobre con aire y la eliminación parcial del sulfuro en forma de  $\text{SO}_2$ . En la tostación se pretende secar y calentar el concentrado previo a su fundición,

adicionalmente se incrementará la concentración de cobre en el producto de la fundición (mata líquida). La tostación se lleva a cabo entre 500 y 700°C y el producto es una mezcla de sulfuros, sulfatos y óxidos, cuya composición puede variarse controlando la relación aire / concentrado.<sup>[17]</sup>

**c) Fusión de mata:** La fundición de la mata pretende formar dos fases líquidas inmiscibles, una de las cuales (mata) contiene todo el cobre de la carga entre 30 a 65%, mientras que la otra es la fase líquida sin cobre (escoria). Este proceso se lleva a una temperatura de 1200°C y se obtiene cobre, hierro y azufre como componentes principales y hasta un 3% de oxígeno disuelto, además de cantidades menores de metales como As, Sb, Bi, Pb, Ni y metales preciosos .

Para eliminar las impurezas, se pasa la mata por un convertidor cilíndrico para producir su oxidación a una temperatura de 1200°C. Al final del proceso se obtiene un cobre metálico líquido no refinado con una pureza de 98,5 a 99,5%, denominado cobre blíster. Además de éste, también se produce la escoria y grandes volúmenes de gases calientes que contienen entre un 5 a 15% de SO<sub>2</sub>. Las reacciones que se llevan a cabo son:



**d) Afino:** El cobre blíster se refina electroquímicamente para obtener cobre catódico de gran pureza, superior al 99,99%.

Previo a la refinación electroquímica, se produce la refinación térmica para evitar ampollas de SO<sub>2</sub>. La aparición de ampollas debilitaría los ánodos. La refinación térmica se realiza entre los 1130° a 1150°C y luego se realiza el afino

electrolítico del cobre mediante electro refinación de los ánodos de cobre impuro o mediante separación de electrólisis a partir de soluciones de lixiviación. La electro refinación consiste en la disolución electroquímica del cobre de los ánodos impuros y el depósito selectivo de este cobre disuelto en forma pura sobre cátodos de cobre con una pureza superior a 99,999%. [17]

### **2.2.1.2. EXTRACCIÓN DE COBRE DE MENAS DE ÓXIDOS**

Cuando el cobre se presenta en forma oxidada como carbonatos, óxidos, silicatos y sulfatos se realiza el proceso de Hidrometalurgia. Estos minerales oxidados, cuando están presentes en cantidad suficiente en la mena, puede ser reducidos directamente a cobre impuro en el alto horno, como se hacía en el pasado. Pero en la actualidad las menas que se explotan tienen una concentración muy baja de cobre, por lo que es necesario recurrir a otras técnicas como la lixiviación mediante ácido sulfúrico seguida por la precipitación o por la electrólisis del cobre de la solución. [17]

### **2.3. PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS DEL COBRE**

Las propiedades físicas y químicas del cobre, tales como su resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, conductividad eléctrica, y durabilidad, han hecho de este metal, uno de los más empleados por la humanidad a lo largo de su evolución. Si bien es cierto que las propiedades antimicrobianas del cobre se conocen desde hace buen tiempo, en los últimos años, el interés en ellas ha resurgido debido al potencial que tiene este material para ser empleado en superficies de contacto de componentes para el sector salud, tales como estructuras para camas hospitalarias, manijas de puertas, componentes sanitarios, entre otros; siendo mucho más efectivo que materiales como el acero inoxidable y el aluminio, para reducir la contaminación bacteriana. [9]

Diversas investigaciones compilan los resultados de estudios enfocados en la evaluación de la capacidad antimicrobiana del cobre y su efectividad para aniquilar diversas bacterias y virus. Asimismo, se han reportado resultados de estudios integrales y de largo plazo relacionados con el uso de cobre como superficie de contacto unidades de cuidados intensivos (UCIs), en reemplazo de materiales actualmente empleados (acero inoxidable, plástico, madera, laminados, etc.), encontrándose una reducción de hasta 40% en el nivel de infecciones adquiridas por pacientes en UCIs. Por ejemplo, en la Figura 3 se presenta, de manera comparativa, la carga bacteriana registrada durante 197 semanas en componentes con superficie de cobre y componentes con superficie de materiales convencionales; se observa la drástica disminución de bacterias que se ha producido en elementos reemplazados con cobre antibacteriano tales como barandas de las camas, poza brazos de las sillas, monitor, botón de llamada etc. Esta reducción permite que los pacientes se encuentren menos vulnerables a adquirir una enfermedad intrahospitalaria. <sup>[10]</sup>

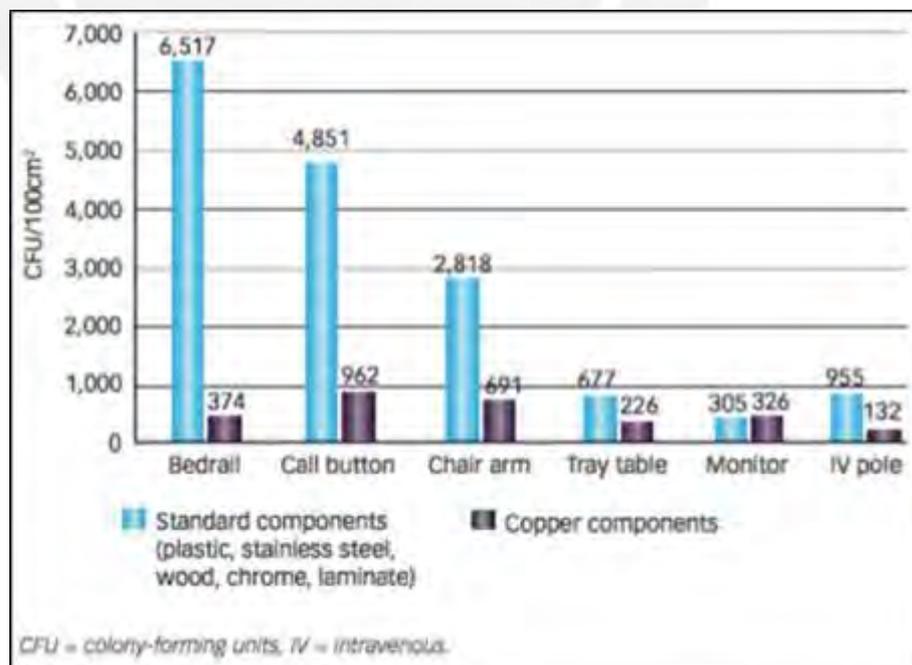


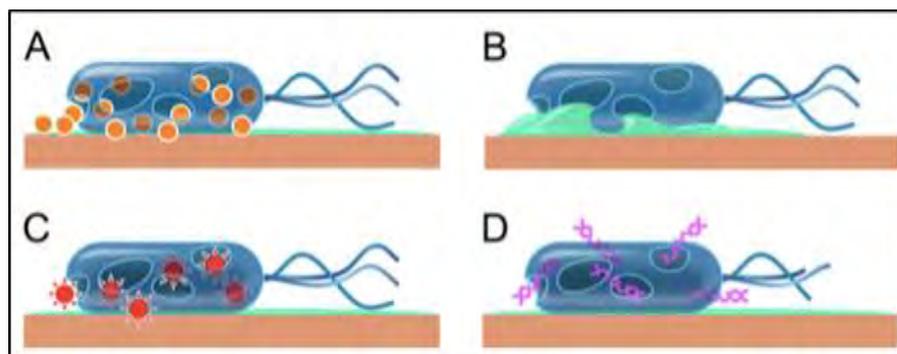
Figura 3. Comparación de carga bacteriana en componentes con superficie de cobre y de otros materiales.

En la Figura 4 se observa la configuración de una sala de cuidados intensivos con cobre antibacteriano en elementos tan simples como mesas, barandas y sillas. Las personas que se encuentran en cuidados intensivos presentarán defensas muy bajas, lo cual los volverá muy vulnerables a bacterias que podrían alargar su estadía y elevar los costos de hospitalización y en muchos casos llevarlos a la muerte.



*Figura 4.* Escenario de estudio (Unidad de Cuidados Intensivos). Tomado de P. Efstathiou: The role of antimicrobial copper surfaces in reducing healthcare-associated infections, European Infectious Disease.

En relación al mecanismo de aniquilamiento de bacterias, éste sigue siendo objeto de estudio, habiéndose determinado que el mecanismo involucra complejas interacciones y no un solo proceso continuo. De manera general, el mecanismo involucra el ataque de la membrana celular de las bacterias por parte de iones de cobre, lo cual genera un desbalance osmótico y la generación de radicales libres que generan tensiones; esto a su vez trae como resultado una destrucción total del ADN y su correspondiente aniquilamiento. La Figura 4 presenta de manera esquemática el mecanismo de aniquilamiento de células de bacterias al contacto con superficies de cobre. <sup>[13]</sup>



*Figura 5. Aniquilamiento de las bacterias*

Tomado de C. Salgado et al.: Copper surfaces reduce the rate of healthcare-acquired infections in the Intensive Care Unit, *Infection Control and Hospital Epidemiology*.

La Figura 5 muestra como los iones de cobre se disuelven de la superficie y atacan la pared celular (A), la pared celular se rompe debido al ataque del cobre y las tensiones generando un desbalance osmótico y pérdida de citoplasma (B), los iones de cobre generan especies reactivas de oxígeno produciendo más daño (C), finalmente el ADN se degrada y la célula es aniquilada (D).<sup>[13]</sup>

En los últimos años las investigaciones se han enfocado en profundizar el estudio de los aspectos microbiológicos y biotecnológicos de microorganismos en contacto con cobre, el impacto en las industrias que puedan hacer uso de esta propiedad, los impactos ambientales y en la aplicación de nuevas tecnologías, como la nanotecnología, para explotar aún más la propiedad antimicrobiana de las aleaciones de cobre. Son diversas y sólidas las evidencias que demuestran la actividad antimicrobiana de las superficies metálicas del cobre y sus aleaciones frente a agentes patógenos causante de infecciones intrahospitalarias<sup>[15]</sup>. Entre estas tenemos:

- *Staphylococcus aureus*.
- *Klebsiella pneumoniae*.
- *Acinetobacter baumannii*.
- *Pseudomonas aeruginosa*.

- *Mycobacterium tuberculosis*, entre otros

De acuerdo con la publicación final del proyecto (Desarrollo de plataforma de conocimiento y capacidades locales para la creación nuevos productos que utilicen la propiedad antimicrobiana del cobre, 2010) se reporta que el efecto bactericida de la superficie de cobre sigue siendo eficaz a diferentes temperaturas (35°C y 22°C) y a diferentes condiciones de humedad (90% y 20%). La plata, que también posee propiedad bactericida, demostró ser eficaz solo a temperatura elevada, aproximadamente 35°C y a humedad promedio de 90%. [24]

#### **2.4. PROCESO METALÚRGICO**

Actualmente no se ha evidenciado referencia bibliográfica, en físico o digital de alguna entidad pública o privada ni en el ámbito académico nacional o internacional que muestre lineamientos de un proceso metalúrgico para obtener la aleación cobre-níquel, por tanto para el desarrollo del proceso metalúrgico se ha realizado la adecuación del proceso metalúrgico de colada continua utilizado para el acero inoxidable, siguiendo los principios básicos como maquinaria empleada y realizando las modificaciones de los parámetros respectivos para alcanzar el objetivo. El criterio principal para la elección del método fue el bajo costo de producción del método de la colada continua, lo cual juega un papel muy importante para realizar el análisis de factibilidad. La descripción de las máquinas y el ensayo metalúrgico serán mostrados en un capítulo posterior.

### 3. MERCADO

#### 3.1. MERCADO INTERNACIONAL

Las necesidades y oportunidades existentes fueron determinadas a partir de un análisis de mercado realizado en 14 países de 5 continentes, en donde el cobre antibacteriano presentaba grandes oportunidades de desarrollo (KME.es, 2016). Con este análisis se determinó una lista con 10 productos que podría tener mayor acogida en el mercado, tales como llaves de agua, camas, barandas de camas, charolas, manijas de las puertas, porta sueros, lavatorios y placas para empujar las puertas.

##### 3.1.1. Mercado en europa

Es en Europa donde por primera vez una compañía obtuvo la certificación de Cobre antimicrobiano en sus productos elaborados. <sup>[18]</sup>

- **KME**

Con sede principal en Florencia – Italia, cuenta con 12 fábricas ubicadas estratégicamente en los mercados europeos más importantes como Italia, Alemania, Francia y España. Mediante estudios realizados, han logrado introducir el cobre antibacteriano en el sector salud y ahora en lugares públicos, mediante la fabricación de diversos elementos como manijas, grifería, lavatorios, placas para empujar colocadas en las puertas, barandas, etc. La introducción en el mercado no solo ha sido lograda por los productos que ofrecen, sino también por la diversificación de colores que ha alcanzado, como es mostrado en la Figura 6.



*Figura 6.* Colores diversos de cobre antibacteriano.  
Tomado de Aleaciones de cobre antibacteriana kme, 2016

### 3.1.2. Mercado en América Latina

En Latinoamérica, es Chile quien ha impulsado en mayor medida la investigación para darle mayor uso al cobre, es por eso que desde hace un tiempo viene realizando pruebas en el sector salud como en el caso del “Hospital del cobre” y poder determinar cuáles podrían ser los elementos más comercializables al ser reemplazado por cobre antimicrobiano.

Actualmente existen empresas que comercializan el cobre antimicrobiano de diversas formas en América Latina, las cuales están listadas a continuación:

- **IMAB**

Es el primer productor brasileño en certificar sus productos como Antimicrobianos y realiza acabados en cobre y aleaciones de cobre. Se dedica a la elaboración y venta de accesorios para puerta y tiradores, los cuales son adquiridos por hospitales, consultorios médicos, restaurantes, bancos y otros lugares públicos.

- **DUAM**

Es un productor chileno de cobre antibacteriano, dedicado a la elaboración de accesorios y muebles para el sector salud. Entre los productos elaborados que realiza están barandas de cama, postes, cunas, carritos, accesorio para vendaje, pasamanos, carpeta de historias clínicas, manijas de puertas, lavamanos individuales, hechos de aleaciones de cobre. Estos productos, de acuerdo con los estudios presentados por Innova Chile, son los que tienen mayor contacto con las personas, por lo tanto, están más propensos a tener en su superficie bacterias y virus intrahospitalarios.

- **ITALINOX**

Esta compañía chilena se ha dedicado a la investigación y desarrollo de productos de cobre antibacteriano. Actualmente sus productos se utilizan en

estaciones de metro, mesas escolares y cajas de dinero para caja chica en acabados de cobre y aleaciones de cobre.

- **WOLD**

Empresa mexicana que suministra cobre antibacteriano a hospitales y laboratorios tales como coche para ropa, mesas, lavamanos, incubadoras en acabados de cobre y aleaciones de cobre.

### **3.2. MERCADO NACIONAL**

El mercado del cobre antibacteriano en el Perú aún no ha sido desarrollado, ya que no se ha evidenciado que actualmente existan empresas que se dediquen a la fabricación de este material, por tanto el potencial que representa la comercialización del cobre antimicrobiano fabricado en el país podría representar una gran oportunidad desde el punto de vista de la factibilidad económica de la puesta en marcha de una planta de producción.

### **3.3. INSTALACIONES CON COBRE ANTIMICROBIANO**

- **INDECO NEXANS**

Es la empresa fabricante de cables líder en el Perú que pertenece a la gran corporación francesa NEXANS. Su proyecto de cobre antimicrobiano consistió en la aplicación de aleaciones de cobre en lugares de alto tránsito y afluencia de personas: ingreso de clientes, proveedores y personal administrativo de la recepción y la oficina comercial. En primer lugar, se identificaron superficies de contacto para reemplazar una de ellas por una pieza de cobre. En la otra pieza, se mantuvo el material original. Así, se instalaron: pasamanos de escalera, tiradores de puertas y empuja puertas. Luego de la instalación, se procedió con la medición de carga bacteriana.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: En la recepción, los tira puertas de fierro registraron 9 veces más bacterias que en el caso de la respectiva instalación de cobre. En la oficina comercial, el resultado fue 11 veces más bacterias en el tira puertas de aluminio, que en la respectiva instalación de cobre.

- **Sudáfrica – Hospital Maphutha**

La Fundación Phalabora, teniendo en cuenta el potencial riesgo de transmisión de bacterias en el proceso de cosecha de la nuez de marula, implementó el uso de cobre antimicrobiano en la superficie de mesas durante la etapa de craqueo donde se retira la cáscara exterior dura, para reducir el riesgo de infecciones. Esto resultó en un aumento en la producción y en una reducción en lesiones debilitantes en las manos de muchos trabajadores que se atendían en la clínica Masishimale. Dadas las propiedades antimicrobianas de las aleaciones de cobre, estas superficies reducen la transferencia de bacterias, asegurándose de que el aceite de marula esté libre de elementos no deseados para evitar la contaminación entre usuarios. <sup>[18]</sup>

- **Australia – Centro de la innovación para la salud**

El Centro Australiano de Innovación para la Salud - que proporciona mejoras en la atención y seguridad de pacientes a través de la investigación, simulación y aprendizaje experiencial - recibe a más de 5 000 visitantes al año. En este lugar se instalaron barandillas de cobre antimicrobiano para crear ambientes más seguros, como es mostrado en la Figura 7. <sup>[18]</sup>



*Figura 7.* Barandilla de cobre antimicrobiano.

Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Hospital Sandringham**

El Hospital Sandringham es un hospital comunitario de 105 camas, fuertemente enfocado en satisfacer las necesidades de salud de su comunidad local. Cuenta con un departamento de urgencias y también ofrece servicios de fisioterapia, cuidado de ancianos y terapia ocupacional. La prevención y control de infecciones es una prioridad en la unidad, donde se instalaron superficies de cobre antimicrobiano para aumentar las medidas de higiene existentes. Los artículos tales como pasamanos y barras de apoyo en el baño se produjeron utilizando una aleación de cobre en plateado, ofreciendo productos duraderos y atractivos para reducir la propagación de las infecciones por estas, como es mostrado en la Figura 8.<sup>[6]</sup>



(A)



(B)

*Figura 8.* Pasamanos (A) y soporte de baño (B).

Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **China – Hospital Hua Dong**

El Hospital Hua Dong en Shanghai es uno de los más prestigiosos hospitales en China. Atiende a la gran población local, así como a visitantes extranjeros. Conocido por la actualización constante de su equipo médico y el empleo de los mejores especialistas, la unidad de Cuidados Intensivos Respiratorios fue equipada con una amplia gama de superficies de cobre antimicrobiano para proteger la salud de los pacientes vulnerables y ayudar a prevenir la propagación de la infección entre ellos y profesionales de la salud. <sup>[18]</sup>

El hospital utiliza cobre antimicrobiano como parte de las investigaciones que desarrolla para mejorar los resultados para sus pacientes. En total, dos unidades de cuidados intensivos y dos salas de cuidados respiratorios están equipadas con:

- Barandilla de camas.
- Espejos de enchufes eléctricos.
- Soportes para aplicaciones intravenosas.
- Mesas para comer en la cama.
- Grifos.
- Barra de toalleros.
- Carritos para curas.

- **Corea del Sur – Centro de cáncer de Yonsei**

El Hospital Severance, con 3,700 camas, está ubicado en Sinchon-dong, Seodaemun-gu, y es uno de los hospitales más grandes y antiguos de la Universidad en Corea del Sur. Dentro del hospital, se destaca el Centro de Tratamiento del Cáncer, fundada en 1969 por ser el primer centro dedicado a este estudio con cobre antimicrobiano en el país. Se instalaron barandillas en las camas y lavabos con este noble metal, ya que son superficies muy tocadas, como se muestra en la Figura 9. <sup>[18]</sup>



*Figura 9.* Instalaciones de Hospital de Yonsei.  
Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **India – Hospital Medicare**

El Hospital Medicare en Mumbai fue el primer hospital en la India en instalar superficies de cobre antimicrobiano cuando los administradores de los hospitales multidisciplinares buscaban formas de reducir el riesgo de infecciones asociadas a los cuidados de la salud. Se instalaron piezas de cobre antimicrobiano (latón) en las áreas de Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y operación, lo que el Dr. Kushal Mital, director del Hospital Medicare, describe: “Es sólo el comienzo. Escuché una conferencia sobre el uso del cobre en hospitales que me impresionó mucho. Incluso hicimos una nueva ala para instalar cobre como superficies de auto-limpieza”. La Figura 10 muestra manijas de puerta y placa de apertura de puerta. <sup>[18]</sup>



*Figura 10.* Manijas para puertas.  
Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Japón – Centro Médico Hitachi**

El Centro Médico de Hitachi es un hospital con 273 camas situado en la ciudad de Hitachi, Ibaraki - la ciudad al noreste de Tokio. Inaugurado en 1963, es un hospital privado de atención general y de urgencia. En 2013, se convirtió en parte de la Facultad de Medicina de la Universidad de Showa y ahora busca ofrecer la última tecnología en cuidados de la salud usando las más recientes tecnologías. Como parte del compromiso de mantenerse al día con los avances médicos, Hitachi equipó salas de convalecencia, con superficies de cobre antimicrobiano. <sup>[18]</sup>

- **Japón - Clínica Ochiai**

Situado en Urayasu, Chiba, en Japón, la Clínica Ochiai fue la primera en el mundo en aplicar cobre antimicrobiano cuando, en 2009 se sometió a una renovación, aprovechando su traslado a otro lugar. Como Ochiai es una clínica especialista en atender a pacientes con fiebre, se sabe que la tos y los estornudos pueden provocar una preocupación especial, al dejar partículas en suspensión que se fijan en paredes, muebles, puertas, que luego podrían propagar enfermedades entre los visitantes. Por esta razón, se instalaron paredes de la sala de espera cubiertas de latón (una aleación de cobre que beneficia la salud con propiedades antimicrobianas), además de muebles, puertas y mostradores de recepción que se han adaptado con este noble metal, como es mostrado en la Figura 11. <sup>[18]</sup>



*Figura 11.* Clínica Ochiai.

Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Alemania – Hospital General de Hagen**

El Hospital General de Hagen es una instalación con 566 camas y el mayor complejo hospitalario en dicha localidad. Con 20 departamentos especializados y numerosos centros de excelencia, ofrece a los pacientes una amplia gama de tratamientos y especialidades. El hospital cuenta con un enfoque multidimensional de la higiene, que en la sala de terapia intensiva pediátrica se puede ver en las superficies de contacto de cobre antimicrobiano como: manijas de puertas, interruptores de luz, espejos de instalaciones eléctricas, tiradores de ventanas.

- **Alemania – Clínica Asklepios**

La Clínica Asklepios, la mayor red de hospitales privados en Alemania, anunció la mayor instalación de superficies de cobre antimicrobiano en otro hospital europeo con el fin de reducir la propagación de infecciones en áreas clave. Ya son dos unidades que se benefician del uso de superficies de cobre antimicrobiano, el primero es la Clínica Asklepios en Wandsbek que cuenta con dos salas con manijas, placas de presión e interruptores de luz de cobre antimicrobiano. El segundo es la Clínica Asklepios que se encuentra en Harburg, y es una instalación de 774 camas. A lo largo de la UCI, y salas de aislamiento - donde son tratados algunos de los pacientes más vulnerables del hospital - se instalaron 600 tiradores de puertas de cobre antimicrobiano para ayudar a reducir el riesgo de infecciones. <sup>[18]</sup>

- **Bulgaria – Hospital Tokuda**

El Hospital Tokuda Sofia en Bulgaria es una instalación de 1 000 camas que busca establecer el estándar para un hospital contemporáneo. Como parte de este compromiso, instaló una gran variedad de superficies de contacto de cobre antibacteriano para aumentar sus procedimientos de control de infecciones. El hospital basó su decisión en la investigación realizada por el Dr. Panos Efstathiou,

Asesor Especial del Centro Nacional de Operaciones Sanitarias y Vicepresidente del Consejo de Administración del Centro de Control y Prevención de Enfermedades de Grecia. Su trabajo, realizado en cooperación con la Universidad de Atenas, el Hospital Aretaieion y la Facultad de Medicina de Atenas mostró que las superficies de cobre antimicrobiano contenían un nivel de contaminación microbiana al menos 80% inferior que las superficies equivalentes hechas con otros materiales, lo que refuerza hallazgos similares obtenidos en el Reino Unido, Estados Unidos y en ensayos clínicos en Chile.

- **España – Hospital Vall D’Hebron**

Los pacientes con fibrosis quística tienen un alto riesgo de contraer infecciones, especialmente en el tracto respiratorio, lo que puede llevar a la muerte. Por lo tanto, la iniciativa del Centro Español de Informaciones sobre el Cobre (CEDIC), en colaboración con la Asociación Catalana de Fibrosis Quística significa una buena noticia para estas personas.

El proyecto se está desarrollando en el Hospital Vall d’Hebron, donde las superficies de contacto de cobre están operativas para el mejor uso de sus propiedades antimicrobianas. Las empresas de TESA y KME España son responsables de la donación del material.

Los estudios clínicos realizados en el Reino Unido y en los Estados Unidos mostraron que el cobre elimina los microorganismos en el 99% de los casos en un corto período de tiempo. <sup>[18]</sup>

- **Francia – Hospital de Rambouillet y Universidad de Amiens**

En el Hospital Rambouillet, cerca de París, se presentó la reducción en la adquisición de bacterias en pacientes de cuidados intensivos después de la introducción de las superficies de cobre antibacteriano. En el Hospital Universitario

de Amiens, en el norte de Francia, se observó que los niveles de bacterias fueron significativamente menores en su unidad neonatal que estaba equipada con superficies de cobre antibacteriano.

- **Reino Unido - Hospital Selly Oak**

Ahora hay evidencia científica sustancial para apoyar la sustitución de equipos y accesorios en el entorno clínico que incorporan cobre para reducir la contaminación y por lo tanto, disminuir el riesgo de infecciones. El ensayo clínico de cobre, desarrollado en una sala del Hospital Selly Oak mostró una reducción de 90 a 100% en la contaminación en superficies que contienen cobre en comparación con la superficie estándar. Este ensayo tuvo la participación de médicos, enfermeros, profesionales de control de infecciones y este equipo multidisciplinario declaró que:

Las superficies con mayor riesgo de contaminarse y que, por lo tanto, funcionan como reservas de infección, fueron seleccionadas para ser reemplazadas con cobre antimicrobiano, donde la adaptación del cobre en estas áreas se produjo de una manera práctica y a bajo costo, la instalación se llevó a cabo con la mínima interrupción posible al trabajo del personal de enfermería, las superficies de cobre fueron evaluadas para ver el impacto sobre la contaminación ambiental en el uso diario, las necesidades de los empleados, visitantes y pacientes no estuvieron comprometidas. <sup>[18]</sup>

Los artículos reemplazados fueron:

- Manijas de las puertas, Soportes para aplicaciones intravenosas, Sillones, Placa de tirar de la cadena de inodoros, Campanas de enfermería, Placas de apertura de la puerta, Pasamanos de pasillos, Asientos sillas de ducha, Barandillas de las camas, Carros, Grifos, Tiradores de armarios y Asientos de inodoro.

- **Brasil - Transporte público (Aeropuerto Nacional de Congonhas)**

El Aeropuerto de Congonhas de Sao Paulo es el segundo con mayor tráfico de pasajeros del Brasil; se encuentra ubicado en el centro-sur de la ciudad. En diciembre de 2011, fue remodelado con la construcción de un edificio-garaje, que garantizó la ampliación en el número de plazas de estacionamiento para 4 000 vehículos, lo que conlleva el tránsito de 10 000 personas diariamente. Con el apoyo de la industria del cobre, el proyecto fue diseñado para ser desarrollado en 3 fases. La primera, fue la sustitución de 140 metros de las antiguas barandas de acero inoxidable de los accesos. Así, se aplicó cobre antimicrobiano, desde el área de estacionamientos hasta el terminal. Para ello, los fabricantes locales sustituyeron antiguas barandas por unas de cobre antimicrobiano; luego se aplicarían en las cajas de atención al público, reemplazando el aluminio por cobre; finalmente se aplicarían en las barandas de los ascensores que proporcionarían un ambiente más seguro para los miles de pasajeros y usuarios, a la vez que darían un aporte estético. En las barandas de acero inoxidable se encontraban altos niveles de bacterias, sobre 800 ufc (unidades formadoras de colonias) en 25 cm<sup>2</sup>; en cambio, en las barandas de cobre ocurrió una reducción significativa de la cantidad de bacterias en estas superficies contaminadas con diferentes microorganismos que fueron eliminados por la capacidad antimicrobiana del cobre, como es mostrado en la Figura 12.



*Figura 12.* Baranda de cobre antibacteriano.

Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Brasil - Centro de endodoncia Nobayashi en Sao Paulo**

El centro odontológico de la doctora Cristina Nobayashi en Sao Paulo se ha convertido en el pionero, en el uso de cobre antibacteriano que asegurará la salud de sus pacientes a través de este nuevo estándar de seguridad e higiene. Anteriormente, se cubría las superficies de contacto con una película de plástico para prevenir la concentración de bacterias. Hoy todas estas superficies, tiradores de la cajonería y de puertas, así como llaves de luz están hechas de cobre antimicrobiano. Con ello se garantiza un ambiente limpio de gérmenes. Sus pacientes no solo están agradecidos por el cuidado de su salud, también admiran la belleza del diseño, como es mostrado en la Figura 13.



*Figura 13.* Centro de endodoncia de cobre antibacteriano.

Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Chile – Hospital Salvador Allende de Calama**

Los estudios para determinar las cualidades bactericidas del cobre datan desde el 2008. Luego de establecer que era bactericida se decidió implementar una prueba en hospitales que permitiera cuantificar el impacto de las superficies de contacto de cobre en la reducción de las infecciones intrahospitalarias. Para ello se escogieron unidades de cuidado intensivo en hospitales de EE.UU., Inglaterra, Alemania, Japón y Chile. Así, el hospital Salvador Allende de Calama fue elegido como uno de los ocho centros de salud del mundo donde se realizaron los estudios que determinaron la efectividad del cobre en la disminución de dichas enfermedades.

El primer ambiente intervenido con cobre o aleaciones de cobre fue la sala de cuidados intensivos –UCI- que fue acondicionada con las barandas y las manillas de las camas, las cubiertas de las mesas de los pacientes, los porta sueros y los antebrazos de las sillas de visitas. Asimismo, también se aplicaron láminas de cobre a superficies de alto contacto para iniciar las mediciones. En este ensayo, sorprendió la eliminación del estafilococo dorado resistente a la meticilina -SAMR por sus siglas en inglés, principal protagonista de las infecciones intrahospitalarias en la últimas cuatro décadas y hoy resistente a la mayoría de antibióticos disponibles. Su carga bacteriana se redujo en 98,5% en las barandas de la cama, 94,4% en las mesas de los pacientes, como es mostrado en la Figura 14.



*Figura 14.* Hospital Salvador Allende.  
Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Chile - Hospital de urgencia de asistencia pública HUAP**

Es el único centro de urgencias y atención de emergencias complejas de Chile. En el año 2012, atendió un total de 87 038 casos de Santiago y 1 038 de otras regiones. La intervención del cobre en este hospital se realizó por etapas. En un primer momento, se intervino en la unidad de quemados por ser el área de mayor riesgo de infecciones intrahospitalarias. Esta acción sirvió para identificar la concentración exacta de cobre que indicaría la pauta que debía aplicarse en toda área de salud pública. El éxito de este operativo, aparte de los resultados de la investigación de las aleaciones, es la disminución de las infecciones en un 15%. En esta etapa, el proyecto total consideró la intervención de 318 elementos y objetos de mayor contacto de los pacientes en 70 unidades cama tales como barandas, porta-sueros, palancas de regulación, lavamanos, llaves de agua, veladores, mesas de alimentación, tiradores y guarniciones de puerta. <sup>[18]</sup>

- **Chile - Hospital de niños Roberto del Río**

Es el centro pediátrico más antiguo de Chile pues está en funciones desde hace 111 años. En el 2011, atendió un total de 210 mil pacientes de la zona norte de Santiago y de las regiones de Antofagasta y Coquimbo. La intervención se dio en la Unidad de Pacientes Críticos que cuenta con 12 salas y 4 boxes. En una primera etapa, se intervino lavatorios, barandas de las camas, mesas de las enfermeras, porta sueros de 6 salas y 2 boxes de la UTI y de la UCI, en las que se inició un estudio de microbiología para determinar la incidencia del cobre bactericida en la disminución de las enfermedades intrahospitalarias. Dicho análisis permitió determinar, de manera científica, la contribución de las superficies de cobre en la mitigación de las infecciones. La Figura 15 muestra la utilización del cobre antibacteriano.



*Figura 15.* Hospital de niños Roberto del Río  
Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Chile - José Toribio Medina de Ñuñoa**

Este colegio ubicado en la localidad de Ñuñoa inició sus actividades en el año 1912. Tras la constatación en 2011, por parte de la Cruz Roja, que la existencia de una gran cantidad de gérmenes en las superficies de las mesas del colegio era lo que

provocaba un alto ausentismo escolar, se decidió participar en el proyecto de investigación.

Se trató del primer estudio sobre el impacto del uso de mobiliario escolar con incorporación de elementos antimicrobianos. Para ello, se dispusieron en una clase de primaria, mesas con superficies de cobre junto con algunas de las mesas que formaban parte del mobiliario habitual del salón. Después de dos semanas, los análisis realizados por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de Chile, INTA para determinar el grado de contaminación, arrojaron unos resultados muy positivos, que destacaban la ausencia de microorganismos patógenos en las superficies de cobre, lo que determinaba que la utilización de este noble metal reducía el riesgo de contaminación microbiana. La Figura 16 muestra el mobiliario utilizado.



*Figura 16.* Centros educativos (Colegio José Toribio Medina de Ñuñoa). Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Chile - Estación de metro Santiago Bueras**

Esta línea de metro es la más larga de América, la cuarta más larga del mundo y es la segunda más utilizada en Chile. Diariamente circulan por esta estación más de 6 500 pasajeros.

Tradicionalmente, casi el 100% de las barandillas que se encuentran en los sistemas de transporte público están fabricados en acero inoxidable, lo que no impide el crecimiento de bacterias; por eso, desde su inauguración, la estación cuenta con 350 metros de pasamanos elaborados con aleaciones de cobre antibacteriano. Esta intervención permitirá reducir el contagio de enfermedades entre los usuarios de este medio de transporte masivo.

Santiago Bueras utiliza 350 m de la aleación de cobre y zinc en tubos. Más aun, la expansión del servicio de transporte subterráneo de Santiago sumará 10 000m de pasamanos de cobre y de aleación a sus nuevas estaciones para proporcionar un nivel adicional de protección y seguridad para los usuarios de transporte público, como es mostrado en la Figura 17. [18]



*Figura 17.* Transporte público (Estación de metro Santiago Bueras). Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Chile – Metro de Valparaíso**

El Metro de Valparaíso tiene más de 18 millones de usuarios al año. Las autoridades y la empresa que gestionan este medio de transporte están comprometidas en mejorar la experiencia de viaje, con el rediseño de las principales estaciones, la implementación de nuevas estaciones multimodales y la llegada de

nuevos trenes: es su compromiso por potenciar el rol estratégico de ferrocarriles en el transporte público.

La aplicación de cobre en las superficies de mayor contacto entre las personas, significará un gran cambio en los estándares del transporte público. El proyecto consta en la utilización de aleaciones de cobre en la elaboración de manillas y tubos, construidos con una aleación de cobre, níquel y manganeso en las manillas y en los cinco tipos de pasamanos (56 unidades en total) en un tren completo de dos coches, con una capacidad por unidad de 400 pasajeros y demandó la utilización de más de 150 metros lineales de cobre. La iniciativa busca que este tren sirva como experiencia piloto para avanzar luego en otros trenes similares en Chile, como es mostrado en la Figura 18.



*Figura 18.* Transporte público (Primer tren con cobre antimicrobiano en Valparaíso). Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **México - Hospital de traumatología y ortopedia de Lomas Verdes**

Dicho centro asistencial pertenece a la red de hospitales del Instituto mexicano de seguridad social IMSS. En sus instalaciones, se realizó un proyecto piloto con la instalación de mobiliario de cobre en siete salas de la unidad de cuidados intensivos -UCI, con el objeto de medir la disminución de la carga bacteriana para compararla con las otras once salas similares sin la intervención.

En las salas incluidas en el proyecto se colocaron cinco muebles de cobre: un porta lebrillos, un carro de curaciones, un porta suero, una mesa Pasteur y una mesa puente, como es mostrado en la Figura 19. <sup>[18]</sup>



*Figura 19.* Hospital de traumatología y ortopedia de Lomas Verdes.  
Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **México – Estación de metro Juárez**

La estación Juárez pertenece a la línea 3 del sistema de transporte colectivo, que en su totalidad transporta anualmente 488 millones de pasajeros aproximadamente; solo la línea 3, traslada 234 millones. Tal concentración de personas implica un gran intercambio de microbios causante de muchas enfermedades; por ello, fue escogida para llevar a cabo el estudio de medición de las propiedades bactericidas del cobre en sus instalaciones. El proyecto consistió en la colocación de barandales y placas contenedoras de monedas fabricadas en cobre para demostrar qué beneficios traerían estos cambios en los usuarios del servicio. Las mediciones realizadas evidenciaron que las barandas que no eran de cobre sino del material tradicionalmente usado tenían 3,67 veces más microbios mesófilos aerobios y 2,67 veces más coliformes que en los del proyecto piloto de cobre. Las mediciones

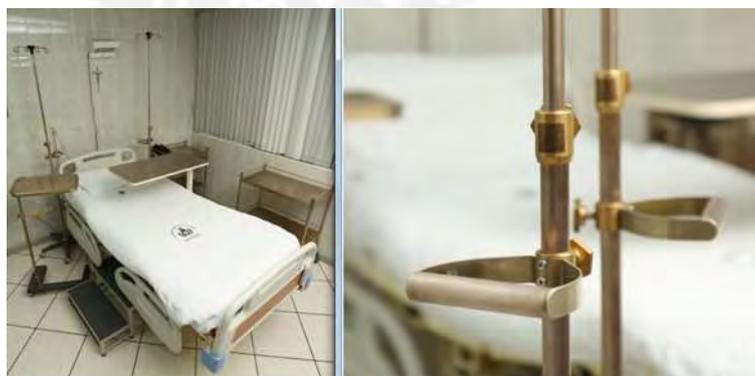
se hicieron por la mañana cuando el flujo de usuarios era constante, como es mostrado en la Figura 20. [18]



*Figura 20.* Transporte público (Estación de metro Juárez).  
Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

- **Centros de salud (Hospital San Juan de Dios en Arequipa)**

En la clínica San Juan de Dios de Arequipa se han revestido las superficies metálicas de la unidad de cuidados intensivos con cobre. Efectivamente, este metal, tan importante para el Perú y para Arequipa, tiene múltiples beneficios para mejorar la calidad de vida de los seres humanos. Además de ser un formidable conductor eléctrico, impide la propagación de organismos patógenos especialmente peligrosos en clínicas y hospitales, como es mostrado en la Figura 21.



*Figura 21.* Hospital San Juan de Dios en Arequipa  
Tomado de: Instalaciones de cobre antimicrobiano en el mundo, 2015.

### 3.4. POTENCIAL DE DESARROLLO EN PERÚ

Según la guía de inversión y negocios de 2014-2015, la firma Ernst & Young (Gestión, 2015), esta ha proyectado que la economía peruana mantendrá un crecimiento promedio de 5,7% anual en el periodo 2012-2022. Sin embargo, aunque entre el 2014 y 2015 el crecimiento se ha desacelerado, según expertos consultados, se tiene un crecimiento proyectado de 4% para el presente año, lo que significa un número bastante alentador y que permitirá seguir realizando las inversiones programadas, como es mostrado en la Figura 22.



Figura 22. Evolución del PBI en Perú en los últimos 15 años.  
Tomado de: Publicación Ministerio de economía y finanzas MEF, abril 2014.

Si bien es cierto la Figura 22 muestra una desaceleración en el crecimiento del país, existen proyecciones a partir del último periodo que indicarían una estabilización en el crecimiento, que permitiría tener un ritmo constante en inversión pública e infraestructura en sector salud, educación, transporte etc.; como es mostrado en la Figura 23.

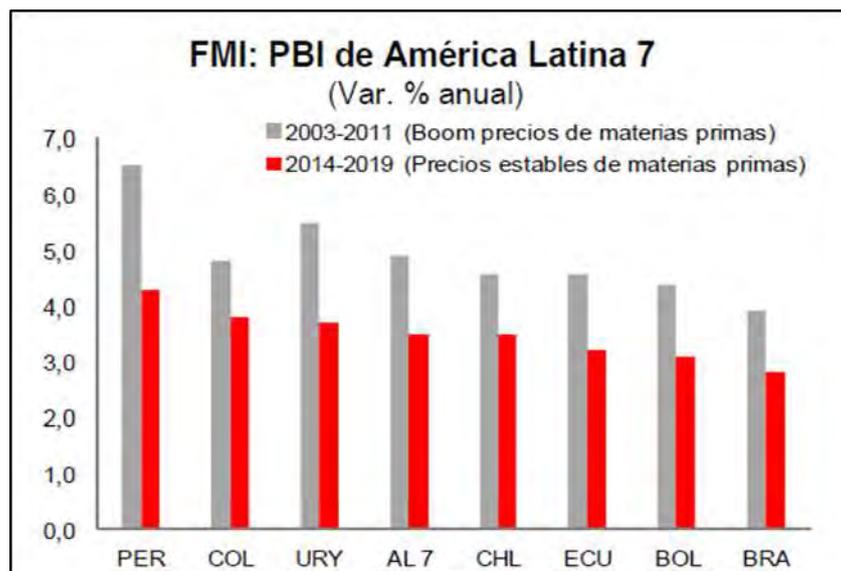


Figura 23. Proyección del PBI Periodo (2014-2019).  
Tomado de: Ministerio de Economía y Finanzas. Informe FMI, abril 2014

Según el informe de abril de 2014 “Perspectivas económicas, las Américas Desafíos Crecientes”, (Perspectivas económicas, las Américas Desafíos Crecientes, 2014) posiciona al Perú en un lugar privilegiado, siendo el país con mayor crecimiento de la Región y manteniéndola como constante, lo que permitiría tener una visión más optimista de lo que le espera al país en términos de inversión y mejoramiento de la infraestructura.

### 3.4.1. Situación actual del sector Salud en el Perú

De acuerdo con el reporte emitido por el MINSA (Indicadores epidemiológicos de IIH, 2016) <sup>[11]</sup>, el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Infecciones Intrahospitalarias (SVEIIH) está constituido por 290 establecimientos de salud a nivel nacional, de los cuales 5 970 IIH fueron notificadas en el año 2016, de las cuales el 31% (1863) corresponden a infecciones por herida operatoria, 20% (1 211) neumonías, 19% (1 143) a las infecciones de tracto urinario; 17% (1 028) infecciones de torrente sanguíneo y 12% (725) las endometritis. La distribución de las IAAS acorde con el tipo de servicio hospitalario corresponde a 42.5% (4 651) perteneciente a los servicios de Gineco-obstetricia, 28.5% (3 119) pertenece a la

Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) de adultos, 13.6% (1 485) a neonatología, 7.8% (856) a medicina, 5.8% a cirugía y 1.8% (196) a UCI pediátrica. De acuerdo con este reporte, 1 de cada 25 pacientes de los hospitales tiene al menos una infección relacionada a la atención de salud. Existen diversas razones por las que se producen las IIH, las cuales se deben a los procedimientos invasivos a los cuales son sometidos durante el tratamiento, la interacción del paciente con el ambiente hospitalario, prácticas inadecuadas de higiene, procedimientos inadecuados de desinfección, manejo de materiales usados en la atención, entre otras.

### 3.4.2. Artículos más usados con cobre antimicrobiano en hospitales

De acuerdo a un estudio de mercado desarrollado, se puede observar, en la Figura 24, cuáles son los artículos en cobre antibacteriano más utilizados por los hospitales en el mundo, siendo el principal y más comercializable las manijas para puertas.

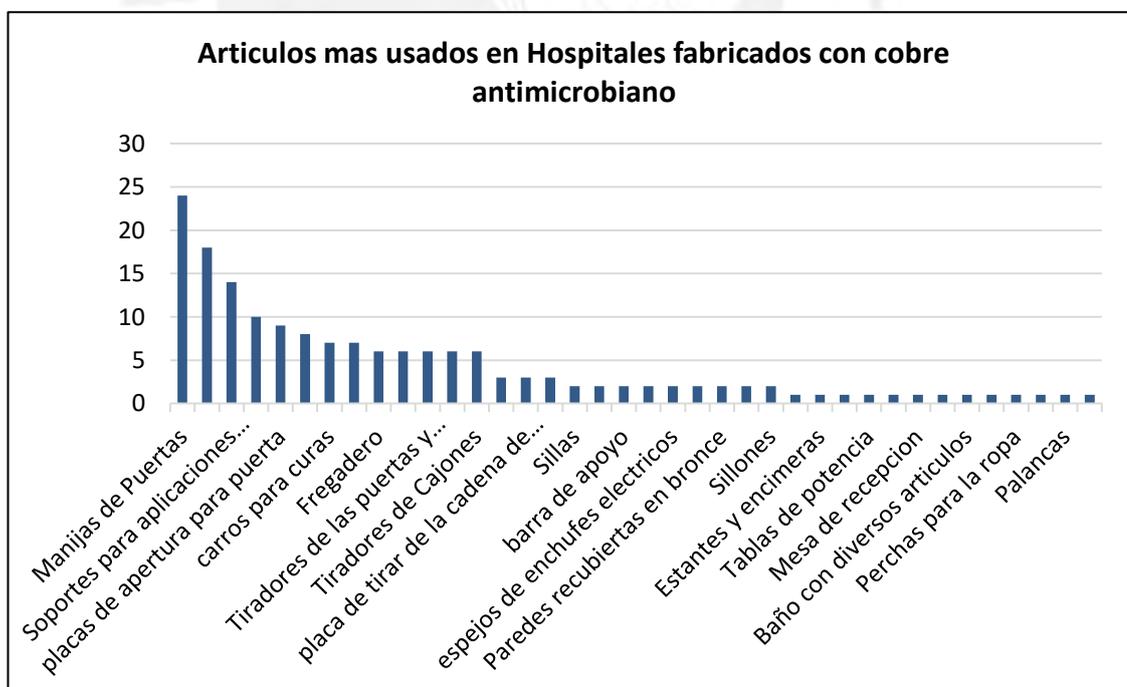


Figura 24. Artículos más usados fabricados con cobre antimicrobiano en hospitales. Tomado de: Estudio de mercado Inversiones Terrasur, octubre 2016.

### **3.4.3. Requerimientos para la comercialización del cobre antibacteriano**

A continuación, se detalla las principales características que buscan los consumidores de los productos fabricados con cobre antimicrobiano:

- Solución a largo plazo para minimizar costos de tratamientos médicos.
- Propiedad antimicrobiana constante a través del tiempo.
- Efectivo en inhibir crecimiento bacteriano incluso a 4° Celsius.
- Amigable con el medio ambiente.
- Amplio espectro de acción.
- Propicia ahorro de costos reduciendo esfuerzo y gasto de cloro.
- Efectivo en inhibir crecimiento bacteriano incluso a 4° Celsius.

### **3.4.4. Demanda de cobre**

Según el informe técnico de tendencias de producción elaborado por Cochilco, el Perú tiene estimado una producción total del periodo 2015 de 1 483 000 TMF de cobre, ubicándose, según este reporte, en el tercer productor mundial de cobre a nivel mundial, tal como se aprecia en la Tabla 1. <sup>[1]</sup>

Tabla 1: Producción de cobre a nivel mundial.

País	2014 (p)			2015 e			2016 e		
	TMF	DIF.	Var. %	TMF	DIF.	Var. %	TMF	DIF.	Var. %
Chile	5.746	-30	-0,5%	6.002	256	4,5%	6.241	239	4,0%
China	1.635	-71	-4,2%	1.652	16	1,0%	1.652	0	0,0%
Perú	1.412	37	2,7%	1.483	71	5,0%	2.150	667	45,0%
EEUU	1.364	124	10,0%	1.460	95	7,0%	1.460	0	0,0%
Australia	961	-35	-3,5%	932	-29	-3,0%	904	-28	-3,0%
RD. Del Congo	980	163	20,0%	1.058	78	8,0%	1.090	32	3,0%
Zambia	739	-101	-12,0%	960	222	30,0%	1.056	96	10,0%
Rusia	720	0	0,0%	734	14	2,0%	734	0	0,0%
Canadá	720	88	14,0%	756	36	5,0%	756	0	0,0%
Indonesia	395	-99	-20,0%	533	138	35,0%	667	133	25,0%
México	526	46	9,5%	620	95	18,0%	732	112	18,0%
kazajstan	500	-38	-7,0%	500	0	0,0%	500	0	0,0%
Polonia	421	-9	-2,0%	421	0	0,0%	421	0	0,0%
Brasil	303	32	12,0%	349	45	15,0%	363	14	4,0%
Mongolia	246	57	30,0%	307	61	25,0%	283	-25	-8,0%
Iran	203	-11	-5,0%	253	51	25,0%	263	10	4,0%
Otros	1.639	78	5,0%	1.656	16	1,0%	1.672	17	1,0%
<b>Mundo</b>	<b>18.511</b>	<b>232</b>	<b>1,3%</b>	<b>19.677</b>	<b>1.167</b>	<b>6,3%</b>	<b>20.944</b>	<b>1.267</b>	<b>6,4%</b>

Tomado de: Informe técnico de tendencias Cochilco, 2015.

La demanda de cobre refinado para el año 2016 según el informe técnico de cochilco, fue tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Proyección de consumo de cobre refinado.

	2014			2015 e			2016 e		
	KTM	DIF.	Var. %	KTM	DIF.	Var. %	KTM	DIF.	Var. %
China	11.352	1.522	15,5%	11.579	227	2,0%	11.927	347	3,0%
Estados Unidos	1.767	-59	-3,2%	1.836	69	3,9%	1.873	37	2,0%
Japón	1.072	76	7,6%	987	-86	-8,0%	987	0	0,0%
Sur Corea	759	36	5,0%	721	-38	-5,0%	724	4	0,5%
Rusia	568	84	17,3%	511	-57	-10,0%	511	0	0,0%
Taiwán	465	27	6,3%	465	0	0,0%	467	2	0,5%
India	434	11	2,6%	478	43	10,0%	497	19	4,0%
Brasil	384	-10	-2,6%	392	8	2,0%	398	6	1,5%
Turquía	453	0	0,0%	455	2	0,5%	462	7	1,5%
Europa	3.821	252	7,1%	3.782	-38	-1,0%	3.820	38	1,0%
Resto del mundo	1.611	-255	-13,7%	1.675	64	4,0%	1.726	50	3,0%
<b>Mundo</b>	<b>22.686</b>	<b>1.684</b>	<b>8,0%</b>	<b>22.881</b>	<b>195</b>	<b>0,9%</b>	<b>23.391</b>	<b>510</b>	<b>2,2%</b>

Fuente: Informe técnico de tendencias Cochilco, 2015.

Bajo estas características el cambio de proyección del precio del cobre se ha desarrollado según se muestra en la Figura 25.



Figura 25. Cambio de la proyección del precio del cobre. Tomado de: Informe técnico de tendencias Cochilco, 2015.

Según la International Copper Association Latin American (Antimicrobial Copper, 2014) la aplicación de nuevos usos del cobre, como elemento antimicrobiano tiene el potencial de incrementar en 500 000 toneladas a la demanda mundial de cobre refinado por este concepto, lo que equivale a casi el 33% de nuestra producción anual actual, como es mostrado en la Figura 26.



Figura 26. Demanda de cobre antibacteriano. Tomado de: Estudio de mercado Inversiones Terrasur, octubre 2016.

### 3.5. ANÁLISIS FODA DEL COBRE ANTIBACTERIANO

La Tabla 3 muestra el análisis situacional del uso del cobre antibacteriano a través de una matriz FODA:

Tabla 3: Análisis FODA del uso del cobre antibacteriano.

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<p>Acción antimicrobiana permanente</p> <p>Aleación en 2 colores, Anaranjado y Metalico</p> <p>Posee propiedades antivirales</p> <p>Evita infecciones intrahospitalarias</p> <p>La competencia es mínima</p> <p>Elimina las bacterias dentro de un periodo de dos horas hasta en un 99,9%.</p>	<p>Adueñarse del concepto antimicrobiano y expandir el concepto a todo tipo de utensilios de uso diario</p> <p>Aumentar el número potencial de consumidores trabajando en programas de cooperación con entidades municipales, gubernamentales</p> <p>Posibilidades de ingreso al sector de educación y transporte público.</p>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<p>El precio es alto debido al costo del cobre y los bajos volúmenes de producción de los productos</p>	<p>Posibles regulaciones del mercado a este tipo de productos por considerarlos artículos médicos.</p> <p>Esta iniciativa puede generarse por grupos de interés que vean amenazados sus negocios.</p> <p>Enfrentar una campaña de desacreditación por parte de la industria del acero inoxidable al ver amenazado su negocio</p>

## 4. ENSAYO METALÚRGICO

### 4.1. PROCESO DE FABRICACIÓN

La aleación de cobre antimicrobiano se fabrica por colada continua y laminación, donde la colada continua es el proceso por el cual el metal líquido es solidificado en un producto semi-acabado llamado placa para pasar inmediatamente a la laminación para obtener el producto final con las dimensiones ya definidas, con este proceso se obtiene secciones semi-acabadas sin tener que pasar por la fase de lingote y las etapas de recalentamiento. La colada continua puede ser definida por las siguientes características:

- La colada es ejecutada dentro de un molde de extremidades abiertas.
- Las piezas coladas son más largas que el molde.
- Permiten menor reducción en procesos como el laminado, forja y extrusión.

Tipos de máquinas de colada: Máquina de molde recto vertical, Máquina de descarga curva y Máquina de molde curvado. <sup>[13]</sup>

La Figura 27 muestra el esquema de una máquina de colada continua:



Figura 27. Máquina de colada continua.  
Tomado de: A L de Albuquerque, Sao Paulo, 1983

#### 4.1.1. Componentes de una máquina de colada continua

- a. **Distribuidor.** Su función es mantener la velocidad constante; controlar la velocidad y distribuir la colada, como lo muestra la Figura 28.

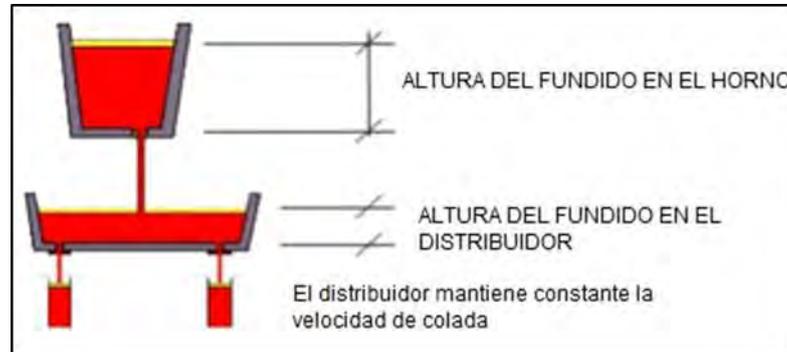


Figura 28. Horno y distribuidor.

Tomado de: A L de Albuquerque, Sao Paulo, 1983

La velocidad de colada es controlada a través de un tampón, como es mostrado en la Figura 29.

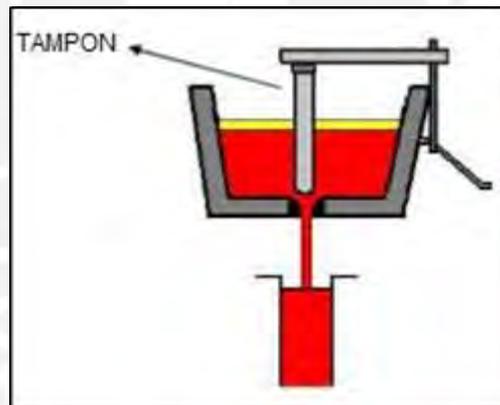


Figura 29. Tampón de distribuidor.

Tomado de: A L de Albuquerque, Sao Paulo , 1983

El distribuidor está constituido por refractarios y aislantes, la válvula es de alta alúmina o circonita, el revestimiento está constituido por refractarios magnesianos, aluminosos y dolomíticos, el revestimiento permanente es aluminoso y el aislante es de ladrillo de baja conductividad térmica, como es mostrado en la Figura 30.

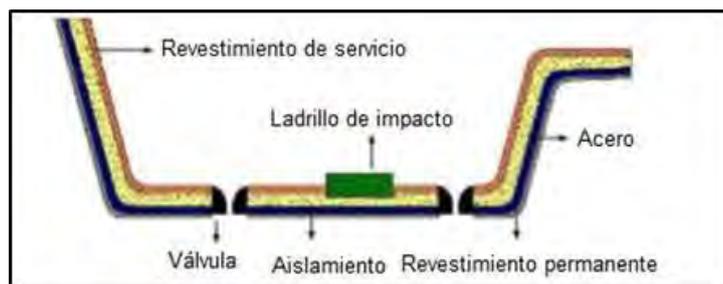


Figura 30. Constitución del distribuidor.  
Tomado de: A L de Albuquerque, Sao Paulo , 1983

- b. **Molde.** Es fabricado de cobre, variando de 0,5 a 1 metro, siendo esta la primera etapa de solidificación, como se muestra en la Figura 31.

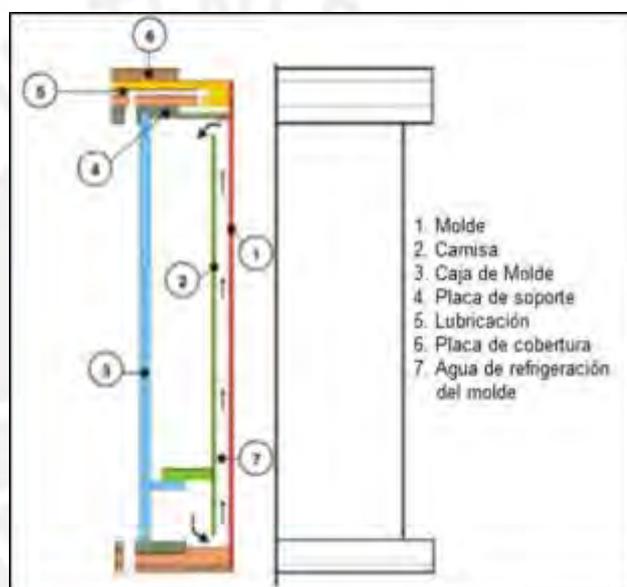


Figura 31. Equipos que constituyen el molde.  
Tomado de: A L de Albuquerque, Sao Paulo , 1983

El objetivo es crear una cáscara que soporte la presión metalostática y las tensiones en el proceso sin que aparezcan fracturas. El espesor mínimo de cascara debe ser de 15 a 20 % del área de la placa. Los moldes poseen un sistema de oscilaciones vertical lo que reduce el rozamiento, entre la cascara y las paredes del molde, impidiendo su adherencia y aliviando las tensiones de extracción. Hay una lubricación de las paredes que es hecha depositando una cama de polvo refractario sobre la superficie del metal. Es usado también el polvo fluxante, que retiene las

inclusiones y forma una capa térmica en la superficie del metal. El nivel del metal debe ser controlado para evitar el rebalse. <sup>[13]</sup>

- c. Enfriador.** Realiza el enfriamiento secundario, en donde el agua es lanzada directamente sobre la superficie, a través de boquillas. Su función es promover la solidificación total homogéneamente y resistir las tensiones mecánicas provocadas por el enderezamiento.

Características:

- Capacidad de extracción de calor.
- Control de la temperatura de superficie.
- Ajuste de los controladores de presión para las diferentes boquillas.
- Aplicación uniforme de agua de refrigeración.

Parámetros que influyen en la temperatura de superficie en el enfriamiento:

- Velocidad de colada
- Cantidad y tipos de rodillos
- Presión de agua en las boquillas
- Longitud de la zona de boquillas
- Rodillos enderezadores.

#### **4.1.2. Transferencia de calor**

Es importante que el material del molde presente buena conductividad térmica por lo que son hechas de Cu y sus aleaciones. Elementos como Ag, Cr, y Zr son añadidos para darle mejores propiedades mecánicas en altas temperaturas. Revestimientos de Ni y Cr reducen el desgaste. Las paredes del molde no deben presentar una resistencia térmica significativa ya que esta es caracterizada por tres resistencias térmicas:

- Interface metal/molde.

- Resistencia térmica de la pared.
- Interface molde fluido de refrigeración.

#### **4.1.3. Velocidad de colada**

Cuanto mayor la velocidad de colada en el molde, menor el tiempo de residencia, menor el espesor de cascara y obteniéndose una placa más caliente. Aumentando o disminuyendo la velocidad en el molde, pueden ocurrir diferencias en la solidificación, ocurriendo defectos como fracturas.

#### **4.1.4. Lubricante**

Es usado un aceite vegetal (aceite de soya), como una fina película en el molde. El aceite se descompone por pirolisis para formar un gas que evite la adherencia de la cascara de la placa a la pared del molde. Además, evita la aparición de fracturas a la hora de retirar la placa en el molde.

#### **4.1.5. Ventajas de la colada continua**

Son las siguientes:

- No hay rechupe porque el hueco que se produce a causa de la contracción se llena inmediatamente.
- Se reduce la importancia de segregación transversal y desaparece la longitudinal, pues las secciones de la barra son relativamente pequeñas.
- La colada continua es más rápida y sencilla que la colada en lingoteras, se disminuye por eso su costo de operación, se suprimen los hornos de fosa de precalentamiento de los lingotes y los trenes desbastadores.
- Es repetible.
- De mayor productividad.

- Es flexible operacionalmente.
- De menor costo que la convencional.
- Menor consumo de energía.
- Menor mano de obra.
- Mejor calidad de producto.
- Menor emisión nociva para el medio ambiente y operadores.

#### **4.1.6. Desventajas de la colada continua**

Son las siguientes:

- Rechupes, uso de mazarotas, pérdidas de metal
- Segregaciones que originan diferencias de composición entre cabecera, pie y entre paredes y centro de los lingotes
- Es necesario producir desbastes intermedios y lingotes cada vez mayores; por consiguiente, se deben aumentar tamaños de hornos y laminadores.

## **4.2. LAMINACIÓN**

La laminación es un método de conformado o deformación utilizado para producir productos metálicos alargados de sección transversal constante. Este proceso metalúrgico se puede realizar con varios tipos de máquinas. La elección de la máquina más adecuada va en función del tipo de lámina que se desea obtener (espesor y longitud) y de la naturaleza y características del metal.

Este es un proceso en el cual se reduce el espesor del material pasándolo entre un par de rodillos rotatorios. Los rodillos son generalmente cilíndricos y producen productos planos tales como láminas o cintas. También pueden estar ranurados o grabados sobre una superficie a fin de cambiar el perfil, así como estampar patrones

en relieve. Este proceso de deformación puede llevarse a cabo, ya sea en caliente o en frío, como mostrado en la figura 32. [13]

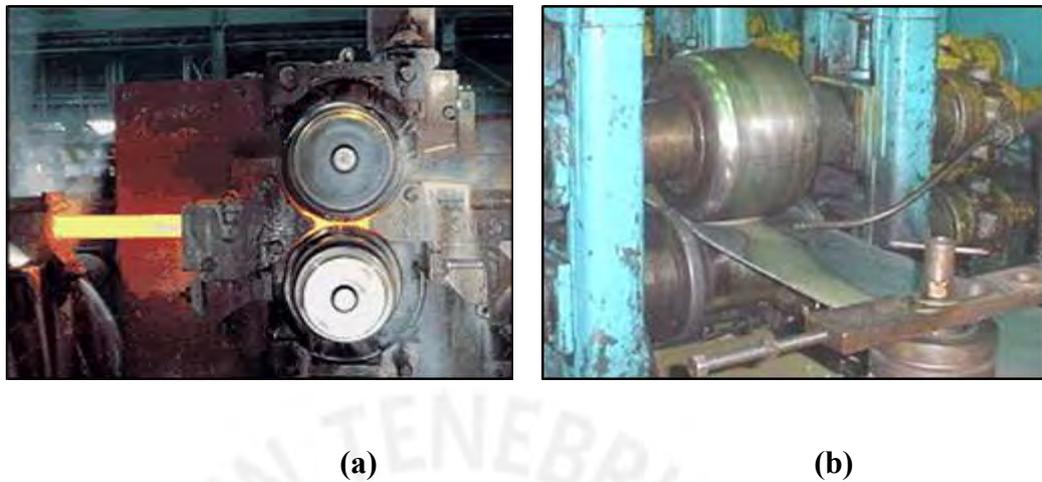


Figura 32. Laminación en caliente (a) y en frío (b).  
Tomado de: A L de Albuquerque, Sao Paolo, 1983

#### 4.2.1. Ventajas de usar el laminador

Son las siguientes:

- Con las operaciones de trabajo en caliente se pueden lograr cambios significativos en la forma de las partes de trabajo.
- Las operaciones en frío se pueden usar no solamente para dar forma al trabajo, sino también para incrementar su resistencia.
- Este proceso no produce ningún desperdicio como subproducto de la operación.

#### 4.2.2. Aplicación

La fabricación de placas de aluminio y aleaciones de cobre representa la aplicación más común de las operaciones de laminación. Las planchas se laminan para convertirlas en placas, laminas y tiras. El laminado en frío hace más resistente la aleación y permite tolerancias más estrechas del espesor, está libre de incrustaciones de óxido y el producto final puede presentarse en grupos de placas de tamaños normalizados.

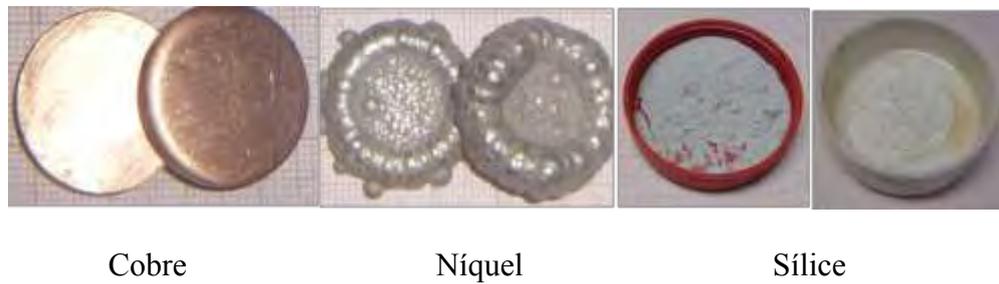
## 5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Las aleaciones de cobre antibacteriano fueron fabricadas mediante fundición con escoria. Para la elaboración del ensayo, se prepararon muestras de quince aleaciones de cobre-níquel, variando los porcentajes de los componentes, la temperatura de fundición, el tiempo de calentamiento y el tiempo de permanencia a la temperatura de ensayo. Como referencia se obtuvo la caracterización previa aplicada a productos comerciales de aleaciones de Cu-Ni con propiedades antimicrobianas. Las muestras fabricadas fueron analizadas mediante el método de espectrometría de emisión atómica, con la finalidad de determinar su composición química. El proceso de fundición y aleación de cobre y níquel fue desarrollado en dos etapas, comenzando por la preparación de muestras y posterior análisis químico. Ambos procedimientos serán abordados en el presente capítulo.

### 5.1. MATERIALES

Fue empleado cobre electrolítico y níquel metálico, para la fabricación de la aleación antimicrobiana, cal hidratada y sílice para la fabricación de escoria protectora que evite que la muestra fundida no se re-oxide, sal común como fundente de la escoria y gas nitrógeno para tener una atmosfera inerte de ensayo. El ensayo fue realizado en crisoles de carburo de silicio. Metalcen S.A.C. fue el proveedor de cobre electrolítico y níquel metálico ambos con 99% de pureza. La sílice empleada (-200 mallas, composición: 0,17% Fe, 98,9% SiO<sub>2</sub> y 0,021% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), fue obtenido de la empresa Compañía Sílice Industrial Comercial S.A.; mientras que la cal hidratada (-200 mallas, composición: 89% CaO, 2,0% máx. MgO y 0,22% S), se obtuvo de la Compañía Minera Nueva Esperanza S.A.C. El gas nitrógeno, con una pureza de 99,99% fue provisto por AGA S.A. En la figura 33 podemos observar los materiales

utilizados en los ensayos experimentales y la figura 34 muestra el crisol utilizado en los ensayos experimentales.



*Figura 33.* Materiales empleados para la fabricación de la aleación Cu-Ni.



*Figura 34.* Crisol utilizado en ensayos experimentales de fundición de aleación Cu-Ni.

## 5.2. EQUIPOS

El equipo empleado para la fusión consiste en un horno de inducción con un controlador de potencia y un inductor, tal como lo muestra la Figura 35.



*Figura 35.* Horno de inducción (izquierda) e inductor (derecha).

Los materiales cobre, níquel, cal, sílice y sal común, fueron secados, después fueron pesados y mezclados según la proporción que se indica en la tabla 4 para obtener 15 muestras (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13 y P14). Cada muestra fue ensayada a distintas temperaturas de fundición, tiempo de calentamiento y tiempo de mantenimiento a la temperatura de fusión, según el siguiente procedimiento:

- A. Los componentes fueron secados en una estufa a 120°C por un periodo de 30 minutos y pesados en la proporción establecida.
- B. La mezcla en el crisol se introdujo en el horno de inducción.
- C. Se activó el controlador de potencia y el inductor del horno hasta alcanzar la temperatura de fusión establecida (tiempo de calentamiento)
- D. Una vez alcanzada la temperatura, la muestra permaneció en el horno por el tiempo establecido (tiempo a la temperatura de fusión), apagándose posteriormente el horno.
- E. Se apagó el horno y se dejó enfriar, luego de lo cual se procedió a remover la muestra del crisol.

La Figura 36 muestra el proceso de fabricación de las aleaciones antibacterianas.



*Figura 36.* Fabricación de muestras antibacterianas (1).



Figura 37. Fabricación de muestras antibacterianas (2).

Tabla 4: Composición másica de los materiales formadores de la aleación y escoria y sus variables de operación para cada ensayo experimental.

Muestra	Aleación		Escoria			°C	Tiempo de calentamiento (min)	Tiempo a T° de ensayo (min)
	Cu (gr)	Ni (gr)	Sílice (gr)	Cal hidratada (gr)	NaCl (gr)			
P1	71,6	28,68	-	-	-	1450	25	8
P2	71,62	28,56	29	16,7	4,3	1300	20	40
P3	71,7	28,58	-	-	-	1300	20	40
P4	71,68	28,99	29	16,7	5	1300	20	50
P5	71,69	29,02	28,5	16,7	4,3	1300	20	50
P6	71,67	28,81	43,5	25,05	6,45	1300	20	50
P7	71,67	28,62	29	16,7	-	1300	20	50
P8	71,68	28,6	29	16,7	4,3	1300	20	50
P9	71,68	28,63	29	16,7	-	1300	20	70
P10	71,69	29,03	29	16,7	-	1300	20	115
P11	71,69	28,65	29	16,7	4,3	1300	20	100
P12	71,61	28,76	29	16,7	-	1300	20	100
P13	71,78	29,43	29	16,0	-	1300	20	115
P14	71,78	29,15	28,5	16,0	-	1300	20	100

### 5.2.1. Evaluación de parámetros para obtención de la aleación cobre-níquel

Debido a que el proyecto está basado en la factibilidad económica de la puesta en marcha de una planta de producción de cobre antimicrobiano, el principio básico lo determinarán los costos involucrados para la fabricación del material. Durante los ensayos metalúrgicos se vio por conveniente variar el tiempo de fundición, la temperatura de fusión, presencia y cantidad de NaCl, cal hidratada y sílice y la proporción de cobre-níquel, con la finalidad de obtener una aleación que cumpla estéticamente los requerimientos para su comercialización, que cumpla con la propiedad antimicrobiana y que sobre todo esté involucrado el menor costo de producción Posible.

a) **Variabilidad de Tiempo de exposición a T° de ensayo:** La variabilidad de este factor en los ensayos se debió a la rapidez con las que las muestras alcanzaban la temperatura de fusión para formar la aleación y la formación de escoria para evitar la oxidación. Los tiempos de ensayo fueron en minutos de 8, 40, 50, 70, 100 y 115.

b) **Variabilidad de NaCl:** En todo proceso, los costos de operación resultan ser los más significativos y en este caso principal, el ahorro de energía por funcionamiento de los hornos a menor T° de ensayo implicaría que los costos de producción pudieran reducirse significativamente al realizarse a mayor escala. La adición de NaCl permitirá que la aleación se pueda realizar a 1300 C° y no a 1450 C°. Las cantidades en gramos usados en los ensayos fueron 4.3, 5 y 6.45.

c) **Variabilidad de la Cal hidratada:** Participa como fundente en el proceso y tiene la finalidad de formar una capa de escoria en la superficie que evite el ingreso de oxígeno en la fase líquida y se produzca la oxidación lo que no

permitiría que el producto sea comercializable. Las cantidades en gramos fueron de 16.0, 16.7 y 25.05.

**d) Variabilidad de Cobre y Níquel:** La finalidad de esta variación fue la de mantener la aleación con un aspecto estéticamente agradable a la vista para su comercialización y una distribución uniforme de la aleación.

La evaluación de los resultados obtenidos por cada muestra se presenta a continuación:

- **P1:** A este ensayo no se le agregó NaCl, por tanto la T° de ensayo planteada fue de 1450 °C, el cual fue alcanzado rápidamente y solo fue necesario un tiempo de 8 minutos.
- **P2:** Para la muestra 2 se agregó NaCl, lo que permitió que la T° de ensayo se redujera a 1300°C, sin embargo se hizo necesario aumentar el tiempo a T° de ensayo a 40 minutos, adicionalmente se agregó sílice y cal para aislar la aleación líquida del oxígeno.
- **P3:** Para la muestra 3 se trató de evaluar los resultados sin adicionar el fundente ni NaCl, sin embargo se mantuvo la T° de ensayo a 1300°C, con la finalidad de evaluar el nivel de oxidación que alcanzaría la muestra.
- **P4:** Se varió la proporción Cu-Ni, se incrementó NaCl, fundente y el tiempo de ensayo fue de 50 minutos para asegurar la formación de la capa de escoria y evitar la oxidación de la muestra.
- **P5:** La mayoría de los parámetros se mantuvieron uniformes, sin embargo se redujo la cantidad de adición de NaCl, para evitar que se encuentre cloro disuelto en la aleación y reduzca su ductilidad.

- **P6:** Se incrementó significativamente la cantidad de Cal, Sílice y NaCl para contrarrestar los efectos de la oxidación que es contraproducente para la aleación.
- **P7:** Se eliminó la adición de NaCl para evaluar el comportamiento de la aleación pero se mantuvo la cantidad promedio de sílice y cal, de 29 g y 16 g respectivamente, para evaluar el nivel de oxidación alcanzado con esta proporción.
- **P8:** Se mantuvo la proporción de la muestra 7 y se le adicionó NaCl en la proporción más baja (4,3gr) para facilitar la fusión del cobre y níquel y evitar que se disuelva el cloro en la aleación.
- **P9:** Se mantuvo la proporción ms alta de sílice y cal de 29 y 16,7 gr respectivamente para contrarrestar el efecto de oxidación, se eliminó el NaCl para eliminar el efecto del cloro residual, sin embargo a falta de este último se incrementó el tiempo a T° de ensayo a 70°C.
- **P10:** Se mantuvieron las variables de la muestra P9, sin embargo se incrementó la T° de ensayo a 115 minutos para mejorar las condiciones de la aleación.
- **P11:** Se mantuvieron las proporciones más bajas de sílice, cal y NaCl y varió el tiempo de ensayo a 100 minutos y la proporción de Cu-Ni en la muestra.
- **P12:** Se varió la proporción de Cu-Ni y se eliminó el NaCl en la muestra para evitar la disolución de Cl en la aleación.
- **P13:** Se incrementó la proporción de Cu-Ni, se redujo la cantidad de cal, se eliminó el NaCl y se incrementó el tiempo a T° de ensayo a 115 minutos.
- **P14:** Se mantuvo la proporción de la muestra P13, sin embargo se redujo el tiempo a T° de ensayo.

### 5.2.2. Análisis químico

Para el análisis químico se realizó el procedimiento de espectrometría de emisión atómica utilizando un espectrómetro de emisión óptica de gama alta para el análisis de los metales (figura 38), equipado con una base para analizar aleaciones de cobre. Antes de someter las muestras al análisis, éstas fueron preparadas mediante desbaste y lijado.



Figura 38. Equipo Bruker Q8 Magellan

### 5.2.3. Análisis bacteriano

Para comprobar la capacidad bactericida del cobre, se ha realizado la medición de la carga bacteriana en el laboratorio de Microbiología Experimental del IMT AvH de la Universidad Peruana Cayetano Heredia en superficies de cobre y acero inoxidable.

Las bacterias evaluadas fueron: *Staphylococcus Epidermis* ATCC 12228, *Staphylococcus Aureus* ATCC 29213, *Pseudomonas Aeruginosa* ATCC 27853, las cuales fueron inoculadas en la superficie de contacto.

El tiempo de exposición para la medición fue de 5 minutos y el porcentaje de reducción de la carga bacteriana ha sido calculado con la siguiente fórmula:

$$\frac{UFC (Acero) - UFC (Aleación)}{UFC (Acero)} * 100$$

Fórmula para cálculo de reducción bacteriológica.

Tabla 5: Cantidad de muestras a analizar bacteriológicamente

N°	MUESTRAS ANALIZADAS	NUMERO DE MUESTRAS	# DE CEPAS BACTERIANAS A TESTAR	TOTAL DE MUESTRAS	REPRODUCIBILIDAD A LA SEMANA	TOTAL DE MUESTRAS
1	Muestra A: Fabricada en el laboratorio de la PUCP: Cobre 71% Y Níquel 29%	2	3	6	6	12
2	Muestra B: Fabricada en el laboratorio de la PUCP: Cobre 70.78%, Níquel: 28.24%, Hierro:0.49% Manganeso: 0.49%	2	3	6	6	12
3	Muestra C: Tomada de una pieza fabricada con una aleación de cobre antibacteriana Contego, utilizada en Europa: Cobre: 70.55%, Níquel: 28.47%, Hierro 0.49% , Manganeso:0.49%	2	3	6	6	12
4	Control: con una barra de 3 x 3 ctm de Acero	2	3	6	6	12
	<b>Total de muestras</b>					<b>48</b>

En la Tabla 5 se presenta la cantidad de muestras que fueron analizadas bacteriológicamente. La muestra A y B corresponde a las aleaciones realizadas en los ensayos metalúrgicos (P1 y P14 respectivamente), mientras que la muestra C corresponde a una pieza de cobre antimicrobiano, fabricado y comercializado en Europa. La última muestra corresponde al acero inoxidable 316. Todas las muestras han sido inoculadas con las mismas bacterias y en la misma cantidad para su evaluación. En todos los casos se realizó el análisis bacteriológico de la permanencia de colonias de *Staphylococcus Epidermis* ATCC 12228, *Staphylococcus Aureus*

ATCC 29213 y *Pseudomonas Aeruginosa* ATCC 27853, luego de un periodo de exposición a la aleación de cobre antimicrobiano de 5 minutos.

Tabla 6: Ensayo de aniquilamiento por contacto en superficie de metal.

Bacteria	Aleación	% Reducción Carga Bacteriana		Media	DS
		Replica interensayo 1	Replica interensayo 2		
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	A	100	100	100	0
	B	100	100	100	0
	C	100	100	100	0
<i>S. epidermidis</i> ATCC 12228	A	100	100	100	0
	B	100	100	100	0
	C	98.1	98.3	98.2	0.1
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	A	100	100	100	0
	B	100	100	100	0
	C	84.0	84.5	84.2	0.4

DS, Desviación estandar

La Tabla 6 muestra el resultado de las tres cepas analizadas (*Staphylococcus Epidermis* ATCC 12228, *Staphylococcus Aureus* ATCC 29213, *Pseudomonas Aeruginosa* ATCC 27853) en contacto con las tres aleaciones A, B y C. Podemos concluir que las muestras A y B elaboradas para el estudio, realizaron el aniquilamiento total de las tres cepas bacteriológicas en el periodo de tiempo establecido siendo incluso mucho más eficiente que la muestra de aleación de cobre comercializado en Europa, ya que solo logró el aniquilamiento al 100% de *Epidermis* ATCC 12228 y *Pseudomonas Aeruginosa* ATCC 27853)

Tabla 7: Recuento de bacterias sobrevivientes al ensayo de aniquilamiento por contacto en superficie de metal.

Bacteria	Aleación	Unidades Formadoras de Colonias (UFC)		Media	DS
		Replica Interensayo 1	Replica Interensayo 2		
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	Acero	$4.8 \times 10^4$	$3.6 \times 10^4$	$4.2 \times 10^4$	$8.5 \times 10^3$
	A	0	0	0	0
	B	0	0	0	0
	C	0	0	0	0
<i>S. epidermidis</i> ATCC 12228	Acero	$4.5 \times 10^5$	$6.4 \times 10^5$	$5.4 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$
	A	0	0	0	0
	B	0	0	0	0
	C	$8.5 \times 10^3$	$1.1 \times 10^4$	$9.7 \times 10^3$	$1.8 \times 10^3$
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	Acero	$6.4 \times 10^5$	$5.4 \times 10^5$	$5.9 \times 10^5$	$7.1 \times 10^4$
	A	0	0	0	0
	B	0	0	0	0
	C	$1.0 \times 10^5$	$8.4 \times 10^4$	$9.4 \times 10^4$	$1.3 \times 10^4$

DS, Desviación estandar

Podemos observar que las muestras A y B realizaron el aniquilamiento de las tres sepas en su totalidad, a diferencia de la muestra C que aún conserva una pequeña cantidad de bacterias y el acero inoxidable que no redujo la cantidad de bacterias.

El acero inoxidable muestra gran carga bacteriana, lo que constituye una fuente de incubación para estos microorganismos, los cuales son los responsables de infecciones intrahospitalarias.

### 5.3. ANALISIS DE RESULTADOS

En la Figura 39, se puede observar el resultado obtenido luego de los 15 ensayos realizados. Todas las muestras presentan una tonalidad gris, similar a las aleaciones comerciales con contenido similares de Cu y Ni. Las muestras P1, P2, y

P14 son las que tienen mejor morfología y apariencia. El resto de muestras exhiben una apariencia rugosa; en particular las muestras P9, P10, P11 y P13, las cuales presentan porosidades de gran tamaño.



*Figura 39.* Muestras de aleaciones obtenidas experimentalmente.

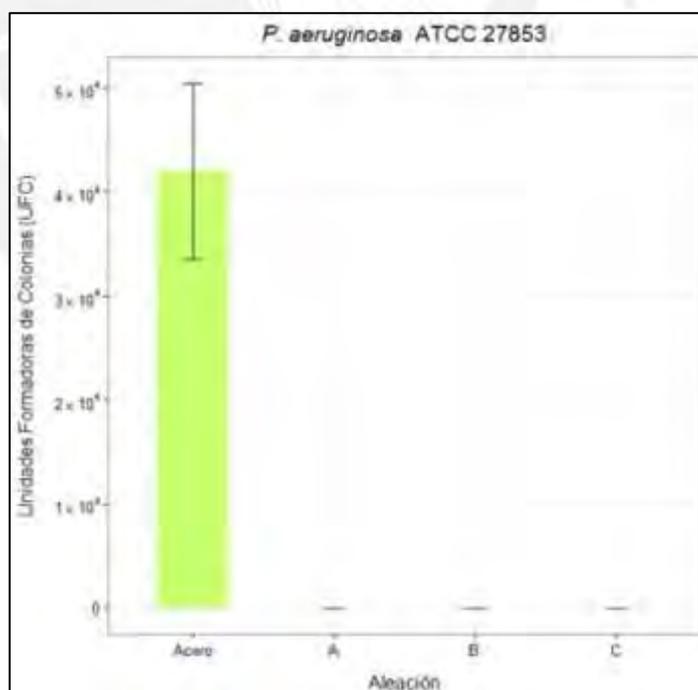
En la Tabla 8 se pueden ver los resultados del análisis químico de cada una de las muestras obtenidas mediante fundición con escoria y en ambiente controlado con gas nitrógeno. El análisis químico de las muestras es consistente con las proporciones usadas en la Tabla 4. El contenido de Si y Fe es similar al de las muestras fundidas

solamente con escoria, a excepción de las muestras P10, P17, P18 y P22. Se pudo encontrar también la presencia de Co y S, en contenidos similares a los observados en las muestras fundidas solamente con escoria. Si bien es cierto que las combinaciones de composición y de parámetros de fundición han dado como resultado muestras con una composición química adecuada para una aleación de cobre-níquel para aplicaciones antibacterianas, se debe seleccionar adecuadamente los parámetros con la finalidad de evitar morfologías indeseables.

*Tabla 8:* Análisis químico de las aleaciones obtenidas experimentalmente y de la aleación comercial (Contego).

Muestras	% masa					
	Cu	Ni	Si	Fe	Co	S
<b>Aleación comercial (contego)</b>	71,34	28,06	0,00	0,57	0,02	0,015
<b>P1</b>	69,62	29,50	0,78	0,01	0,019	0,014
<b>P2</b>	64,43	34,64	0,78	0,052	0,023	0,013
<b>P3</b>	69,34	30,59	0,004	0,01	0,02	0,0038
<b>P4</b>	69,78	29,59	0,454	0,08	0,021	0,022
<b>P5</b>	68,91	30,75	0,208	0,061	0,019	0,015
<b>P6</b>	69,96	29,62	0,268	0,057	0,018	0,033
<b>P7</b>	69,24	29,92	0,64	0,115	0,013	0,024
<b>P8</b>	71,08	28,36	0,393	0,08	0,021	0,02
<b>P9</b>	70,63	29,30	0,0027	0,01	0,0096	0,019
<b>P10</b>	70,20	29,74	0,0032	0,01	0,01	0,0084
<b>P11</b>	70,85	28,49	0,545	0,039	0,022	0,015
<b>P12</b>	70,45	28,82	0,63	0,03	0,019	0,014
<b>P13</b>	71,80	28,05	0,084	0,013	0,011	0,0084
<b>P14</b>	71,52	28,42	0,0029	0,01	0,008	0,015

En términos de color y morfología, las muestras P1, P2 y P14 son las que presentan las mejores condiciones. Para los ensayos de aniquilamiento de bacterias se eligieron las aleaciones con una superficie más lisa y regular que permita que puedan ser laminados y pulidos. Estas muestras tienen composiciones correspondientes a 29,5% y 28,4% de Ni (muestras P1 y P14 respectivamente). La Figura 40, 41 y 42 presentan los resultados de los ensayos para todas las muestras, acero inoxidable 316, muestras A y B (P1 y P14 respectivamente) y la muestra C (aleación comercial - contego), y para cada una de las bacterias. Se puede observar que el mejor comportamiento lo presentan las aleaciones A y B, mostrando una alta actividad biosida contra las bacterias seleccionadas, incluso en comparación con la muestra C (aleación comercial), la cual aparentemente requiere de un tiempo más prolongado para alcanzar una completa acción biosida.



*Figura 40.* Resultados del ensayo de aniquilamiento por Contacto en Superficie de Metal, en términos de UFC, para las muestras de acero inoxidable 316, muestras A y B (aleación obtenida en laboratorio) y muestra C (aleación comercial- contego) para la *P. aeruginosa*.

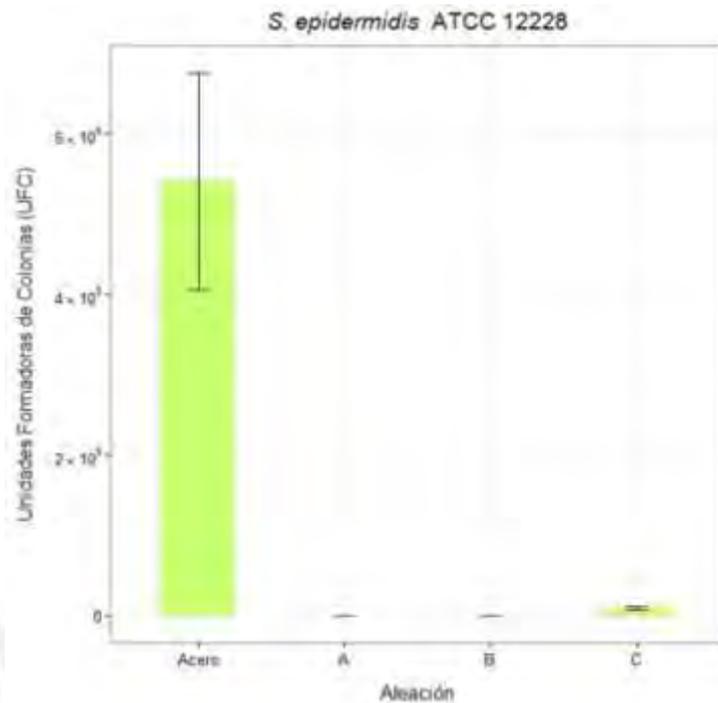


Figura 41. Resultados del ensayo de aniquilamiento por Contacto en Superficie de Metal, en términos de UFC, para las muestras de acero inoxidable 316, muestras A y B (aleación obtenida en laboratorio) y muestra C (aleación comercial - contego) para la *S. epidermidis*.

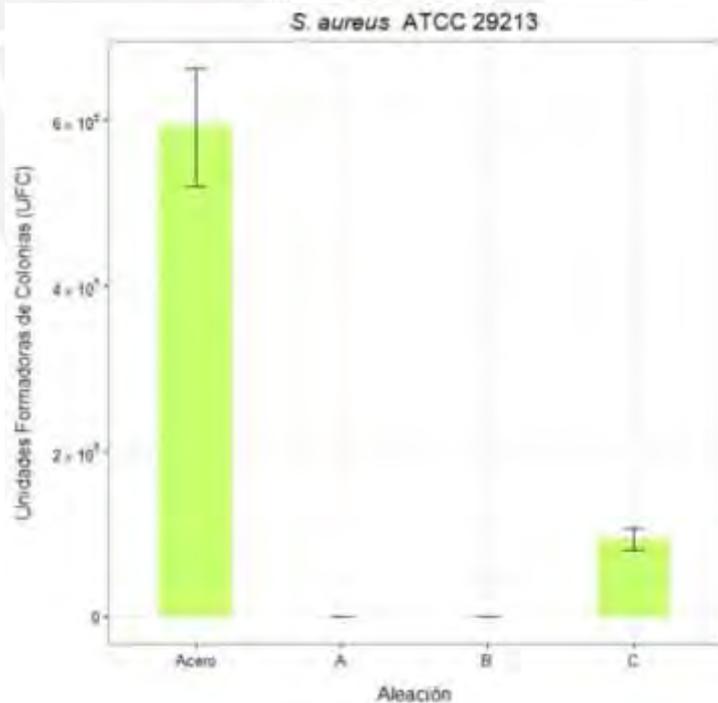


Figura 42. Resultados del ensayo de aniquilamiento por Contacto en Superficie de Metal, en términos de UFC, para las muestras de acero inoxidable 316, muestras A y B (aleación obtenida en laboratorio) y muestra C (aleación comercial- contego) para la *S. aureus*.

La Tabla 9 presenta los valores de porcentaje de reducción de carga bacteriana. Se puede apreciar que las muestras P1 y P14 reducen en un 100% la carga bacteriana, para los tres tipos de bacteria, mientras que la muestra C (aleación comercial – contego) no llega al 100% para el caso de las bacterias *S. epidermidis* y *S. aureus*.

Tabla 9. Porcentaje de reducción de carga bacteriana para las muestras A, B y C.

<b>Bacteria</b>	<b>Aleación</b>	<b>% reducción de carga bacteriana</b>
<i>P. aeruginosa</i>	P1	100
	P14	100
	C	100
<i>S. epidermidis</i>	P1	100
	P14	100
	C	98.2
<i>S. aureus</i>	P1	100
	P14	100
	C	84.2

Observando los resultados interesantes de reducción de carga bacteriana se procedió a realizar un análisis preliminar de costos, así como, su evaluación económica, tomando como base 30 toneladas mensuales de producción de aleación antimicrobiana, pensando en su producción industrial.

## **6. ANÁLISIS DE COSTOS**

### **6.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN**

Usualmente, el dimensionamiento de la producción de una industria se rige por la demanda del mercado en el cual pretende incursionar.

El objetivo del presente proyecto es penetrar en el sector salud, ofreciendo un producto que se destaca por sus características antimicrobianas. En este sentido, el principal competidor, como se ha mencionado ya líneas arriba, es el acero inoxidable 316. Como referencia de una medida de producción base, se ha investigado el mercado de empresas que suministran este acero al sector salud y se ha encontrado que existe, aproximadamente, una decena de ellas, dedicadas a la importación y producción de este material, a cuya información no se puede acceder por no encontrarse de manera pública, o por ser esta, confidencial.

Por lo tanto, tomando en cuenta lo expuesto líneas arriba, se asumirá, para efectos de esta tesis, una producción de planta de 30 Ton/mes, tonelaje estándar de producción inicial de las empresas de fabricación de aleaciones de cobre (latones), como por ejemplo TECNOFIL.

### **6.2. COSTOS INDIRECTOS**

Los costos indirectos han sido considerados como aquellos costos que no pueden ser directamente atribuibles a la operación (planta), sino a los costos incurridos por consecuencia de los procesos de soporte para el funcionamiento de la planta de producción de cobre antibacteriano, es decir, aquellos que están enfocados a los procesos secundarios que contribuyen con los procesos principales de la empresa.

Se han identificado como costos indirectos de operación los gastos de la oficina principal, equipo técnico y personal administrativo que permitirá el correcto soporte y dirección de las operaciones en la planta.

La Tabla 10 muestra los costos indirectos que, de manera general, se tomarán en cuenta para la ejecución y puesta en marcha de la planta de producción de Cobre Antibacteriano.

Tabla 10. Resumen de costos indirectos.

N°	Concepto	COSTO	Unidad
1	Sueldos Admin.	4 394,35	\$/mes
2	Alquiler Of. + Planta	7 000,00	\$/mes
3	Otros gastos	1 485,72	\$/mes
4	Comisión	5 306,78	\$/mes

<b>Total</b>	<b>18 186,85</b>	<b>\$/mes</b>
--------------	------------------	---------------

En la Tabla 11 se puede observar la distribución del costo por pago de planillas, dependiendo del cargo que ocupa cada colaborador.

Tabla 11. Costo por planilla.

CARGO	AREA	CANTIDAD	SUELDO	BBSS	TOTAL SOLES	COSTO MENSUAL (US\$)
Gerente General	ADMINISTRACIÓN	1	6 000,00	37,58%	8 254,80	2 464,12
Representante de Ventas	COMERCIALIZACIÓN	1	2 000,00	37,58%	2 751,60	821,37
Asistente Administrativo	ADMINISTRACIÓN	1	1 500,00	37,58%	2 063,70	616,03
Jefe de Planta	PLANTA	1	4 000,00	37,58%	5 503,20	1 642,75
Mecánico	PLANTA	1	1 800,00	37,58%	2 476,44	739,24
Guardián	PLANTA	2	1 200,00	37,58%	3 301,92	985,65
Chofer	COMERCIALIZACIÓN	1	1 200,00	37,58%	1 650,96	492,82
Operador	PLANTA	4	1 800,00	37,58%	9 905,76	2 956,94

<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 10 719,00</b>
<b>Total Obreros</b>	<b>US\$ 3 696,00</b>
<b>Total Empleados</b>	<b>US\$ 7 023,00</b>

La Tabla 12 muestra los gastos de oficina.

Tabla 12. Gastos de oficina.

OFICINA					
ITEM	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL US\$	MESES	TOTAL MENSUAL US\$
Útiles oficina	50,00	60,00	3 000,00	60,00	50,00
PC de escritorio	1 000,00	3,00	3 000,00	36,00	138,89
Impresora/Fotocopiadora	500,00	1,00	500,00	36,00	23,15
Teléfono/Internet	100,00	60,00	6 000,00	60,00	100,00
<b>TOTAL</b>					<b>US\$ 312</b>

A continuación, se presenta la Tabla 13, la cual muestra otros gastos adicionales en los que se pretende incurrir para llevar a cabo el proyecto:

Tabla 13: Otros gastos.

OTROS GASTOS					
ITEM	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL US\$	MESES	TOTAL MENSUAL US\$
Insumos de limpieza	30,00	60,00	1 800,00	60,00	30,00
Insumos, formatos, accesorios y señalización de Seguridad	30,00	60,00	1 800,00	60,00	30,00
Obligaciones legales DS 055-2100- EM (Cursos, monitoreos, auditoria externa)	1 000,00	5,00	5 000,00	60,00	83,33
Certificación anual (Cu+)	400,00	5,00	2 000,00	60,00	33,33
Contabilidad	597,01	60,00	35 820,90	60,00	597,01
Luz y Agua	400,00	60,00	24 000,00	60,00	400,00
Alquiler oficinas/planta	7 000,00	60,00	420 000,00	60,00	7 000,00
<b>TOTAL</b>					<b>US\$ 8 174</b>

### 6.3. COSTOS DIRECTOS

Estos costos están relacionados directamente con la producción de 30t/mes de aleación antimicrobiano, y se vinculan directamente con el resultado de la producción. En la Tabla 14 se observa la inversión realizada por concepto de maquinarias y equipos.

Tabla 14: Inversión de maquinaria y equipos.

MAQUINARIA Y EQUIPOS - CAPEX			
ITEM	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL US\$
Horno de Inducción de baja frecuencia	150 000,00	1,00	150 000,00
Horno de Inducción de Sostenimiento para colada continua	200 000,00	1,00	200 000,00
Laminador continuo	2'200 000,00	1,00	2'200 000,00
Extractora	1'200 000,00	1,00	1'200 000,00
Matriz de Colada	100 000,00	1,00	100 000,00
Camion de Servicio	30 000,00	1,00	30 000,00
PC de escritorio	1 000,00	3,00	3 000,00
Impresora/Fotocopiadora	500,00	1,00	500,00
<b>TOTAL</b>			<b>US\$ 3'883 500</b>

Los componentes que implican un mayor capital de inversión son aquellos relacionados directamente con la producción de las láminas de cobre, es decir, los hornos de inducción, el laminador continuo, la extractora, la matriz de colada continua y el camión de servicios; juntos, estos equipos suman US\$ 3'880 000,00. Se ha considerado adquirir estos activos mediante un leasing, que permita un financiamiento a lo largo de los primeros cinco años contemplados de funcionamiento de la planta.

A continuación, se presenta la Tabla 15, en la que se muestra el cálculo del leasing anual de los equipos mencionados.

Tabla 15: Cálculo de Leasing.

			Mes0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Monto	3,875,424	Amortización	387,542	862,081	926,737	996,243	1,070,961	1,151,283
N° cuotas	60	Interés		233,304	188,267	139,852	87,807	31,858
TEA	7.50%	Valor Cuota		833,794	833,794	833,794	833,794	833,794
% C. Inicial	10%	Total Cuota	317,785	683,711	683,711	683,711	683,711	683,711
C. Inicial	387,542	Saldo	3,487,881					
Cuota Fija	69,483							
Interés Mensual	0.60%							

En cuanto al costo de los materiales e insumos utilizados en el proceso de producción en sí, se presentan las siguientes tablas:

Tabla 16: Metales usados en producción.

<b>METAL (Kg)</b>	Producción (kg/mes)	30 000,00
<b>METAL</b>	<b>INCIDENCIA</b>	<b>CANT. MENSUAL (Kg)</b>
Cu	70,6%	22 680,00
Ni	29,4%	8 820,00

Tabla 17: Costos de metales usados en producción.

<b>COSTO (US\$)</b>			
<b>METAL</b>	<b>PRECIO (\$/kg)</b>	<b>Proporción</b>	<b>COSTO MENSUAL (US\$)</b>
Cu	4.03	70,6%	91 400,40
Ni	20.47	29,4%	180 545,40
<b>TOTAL</b>			<b>US\$ 271 946,00</b>

Tabla 18: Insumos utilizados para la aleación de cobre y níquel.

**INSUMOS**

INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD MENSUAL	PRECIO	COSTO MENSUAL (US\$)
Agua	M3	175,00	1,45	253,78
Energía	KW	2 880,00	0,50	1 445,86
Sílice	Kg	9 015,30	5,97	53 822,69
Cal	Kg	5 282,17	2,99	15 767,68

<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 71 290,00</b>
--------------	-----------------------



## 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para realizar un correcto análisis y un buen control financiero del proyecto, y, además, para tener un instrumento adecuado de control de los cambios producidos en el capital, es necesario contar con las siguientes herramientas:

- Estado de Ganancias y Pérdidas Proyectado
- Flujo de Caja Proyectado
- Cálculo del VAN del Proyecto
- Cálculo del TIR del Proyecto

### 7.1. PRECIOS

Los precios de los metales son erráticos y difíciles de predecir. Existen muchos factores que repercuten en las fluctuaciones de los precios como:

- Las ventas de grandes volúmenes del metal
- Huelgas en las minas o fundiciones
- La Oferta y la Demanda mundial
- La industria del reciclaje
- La Sustitución y las Nuevas Tecnologías, etc

Por otro lado, existe una correlación entre las actividades macroeconómicas mundiales y la variación en los precios de los metales. En general, en períodos recesivos, se puede ver claramente una disminución en los precios, y en épocas de alta actividad económica mundial, se ven valores altos.

A continuación, se presentan las tablas estadísticas que muestran la fluctuación de los precios de los metales usados para la fabricación de la aleación antimicrobiana. Cabe recalcar que el objetivo de esta tesis no es analizar a fondo y a detalle los factores que determinan estas fluctuaciones en los precios.

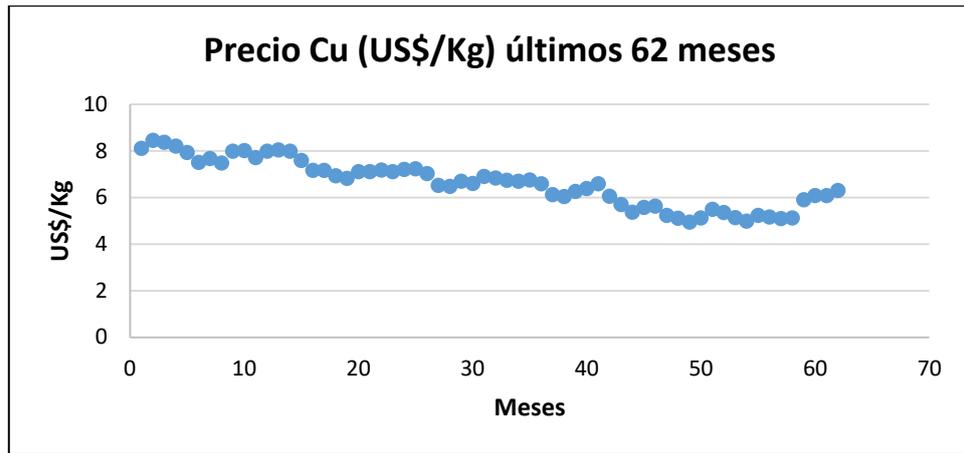


Figura 43. Evolución del precio del Cu desde el 2012.  
Tomado de: [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)

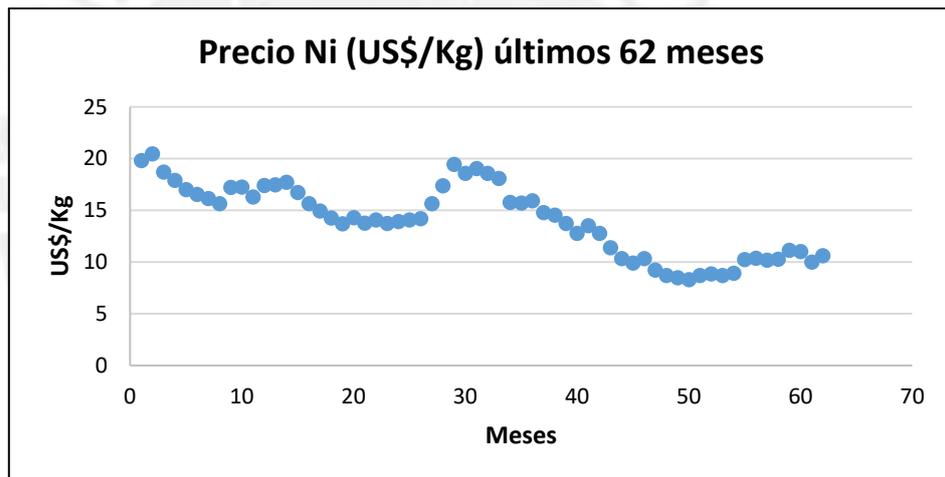


Figura 44. Evolución del precio del Ni desde el 2012.  
Tomado de: [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)

Como se muestra en las figuras 43 y 44, los precios del cobre y del níquel han venido decreciendo en los últimos 62 meses. Al ser variables altamente erráticas, no es posible asignarle un comportamiento específico (logarítmica, exponencial, etc.) para predecir su valor en el futuro.

### 7.1.1. IMPORTACIÓN DE METALES

Para el suministro de los metales necesarios para la fabricación de las láminas de cobre antimicrobiano, es decir, cobre y níquel a 99.99% de pureza, se ha decidido trabajar con una empresa china para la importación del cobre, mientras que el níquel será adquirido en el mercado nacional.

En cuanto al cobre, como se mencionó, se cuenta con la colaboración estratégica de Jiangsu Greenshine Wire & Cable Co. Ltd. A continuación, se presenta el detalle de su costeo:

Tabla 19: Costeo de importación de cobre electrolítico.

COBRE ELECTROLITICO 99.99% PUREZA	
TONELADAS	30
PRECIO POR TN	\$ 3,200.00
PRECIO FOB CHINA	\$ 96,000.00
FACTOR DE IMPORTACION	26%
GASTOS DE ENVIO (Puesto en CD)	\$ 24,960.00
TOTAL	\$ 120,960.00
POR KILO	\$ 4.03

A continuación, se presenta la Tabla 20 que muestra el resumen de los precios de los metales considerados para la presente tesis.

Tabla 20: Precios de metales considerados.

Metal	Precio (US\$/kg)
COBRE	4,03
NIQUEL	20,47

## 7.2. ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS PROYECTADO

El estado de ganancias y pérdidas es un informe económico-financiero, en el cual se muestran los ingresos y egresos durante el horizonte de vida del proyecto. El objetivo es mostrar la utilidad neta proyectada del mismo. Para este caso, se usarán las tablas elaborados de proyección de personal, costo directo e indirecto, costo de mano de obra, maquinaria, y todos los demás egresos en que se incurra al implementar y ejecutar el proyecto.

Se proyecta tener una producción mensual de 30 ton de aleación antimicrobiana por mes, debido a que se realizará la introducción progresiva en el mercado y teniendo en cuenta el nivel de inversión a realizar para su rentabilidad con un precio de US\$18,30 por kg de producto. La Tabla 21 muestra el EGP proyectado.

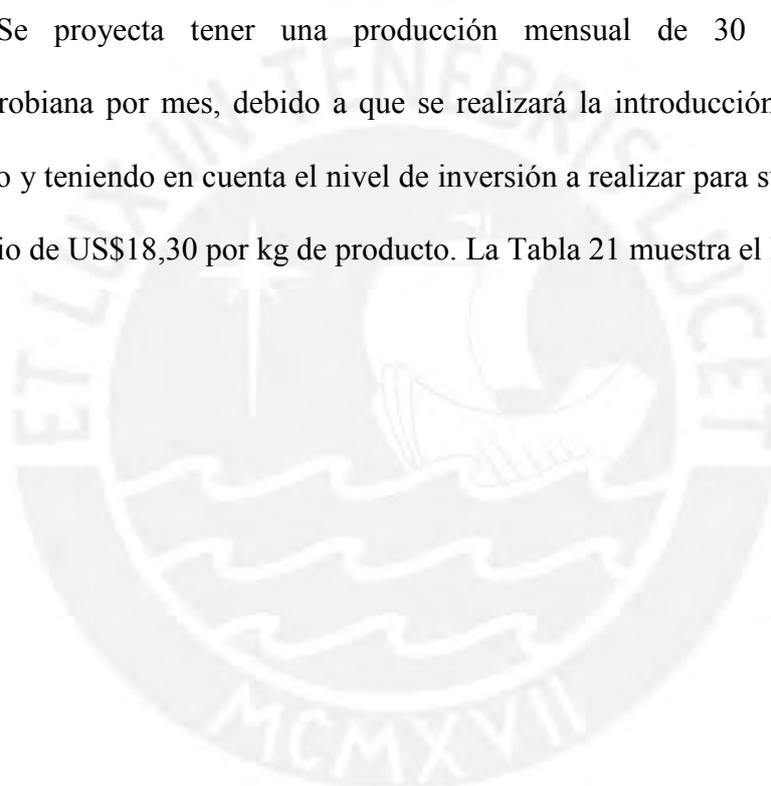


Tabla 21: EGP del proyecto.

<b>Estado de Ganancias y Pérdidas</b>					
<b>Proyecto de Fabricación de Cobre Antibacteriano</b>					
Elaborado por: Adrian Cornejo/Geancarlo Gutierrez					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Ingresos por Venta</b>	<b>6,587,628.08</b>	<b>6,587,628.08</b>	<b>6,587,628.08</b>	<b>6,587,628.08</b>	<b>6,587,628.08</b>
Cantidad - Kg	360,000.00	360,000.00	360,000.00	360,000.00	360,000.00
Precio Unitario (\$/Kg)	18.30	18.30	18.30	18.30	18.30
<b>Egreso</b>	<b>5,837,153.94</b>	<b>5,837,153.94</b>	<b>5,837,153.94</b>	<b>5,837,153.94</b>	<b>5,837,153.94</b>
<b>Costo Operativo</b>	<b>4,797,495.78</b>	<b>4,797,495.78</b>	<b>4,797,495.78</b>	<b>4,797,495.78</b>	<b>4,797,495.78</b>
Materia Prima	3,574,144.80	3,574,144.80	3,574,144.80	3,574,144.80	3,574,144.80
Mano de Obra	51,746.51	51,746.51	51,746.51	51,746.51	51,746.51
Insumos	935,011.87	935,011.87	935,011.87	935,011.87	935,011.87
Combustible	3,792.60	3,792.60	3,792.60	3,792.60	3,792.60
Mantenimiento	232,800.00	232,800.00	232,800.00	232,800.00	232,800.00
<b>Costo Administrativo</b>	<b>205,864.39</b>	<b>205,864.39</b>	<b>205,864.39</b>	<b>205,864.39</b>	<b>205,864.39</b>
Sueldos Administrativos	84,272.88	84,272.88	84,272.88	84,272.88	84,272.88
Comision de Venta	19,762.88	19,762.88	19,762.88	19,762.88	19,762.88
Oficina	101,828.62	101,828.62	101,828.62	101,828.62	101,828.62
<b>Costo Financiero</b>	<b>833,793.78</b>	<b>833,793.78</b>	<b>833,793.78</b>	<b>833,793.78</b>	<b>833,793.78</b>
Interés financiamiento equi.	233,303.67	188,266.91	139,852.40	87,806.79	31,857.77
Amortización de equipos	600,490.11	645,526.87	693,941.38	745,986.99	801,936.01
<b>SALDO</b>	<b>750,474.13</b>	<b>750,474.13</b>	<b>750,474.13</b>	<b>750,474.13</b>	<b>750,474.13</b>
<b>UTILIDAD (%)</b>	<b>12.86%</b>	<b>12.86%</b>	<b>12.86%</b>	<b>12.86%</b>	<b>12.86%</b>

### 7.3. FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Permite la cuantificación de flujos netos. Se toma en cuenta los ingresos obtenidos por la actividad y los descuentos por concepto de impuestos. Este tipo de informe permite reflejar los beneficios y los costos del proyecto. El flujo económico realizado para el proyecto muestra un saldo positivo, para el año 5, de US\$ 1'531,966.00. Los detalles están presentados en el anexo N°1.

#### 7.4. VAN

El Valor Actual Neto o VAN, es el método tradicional de evaluación de un proyecto de inversión y resulta de la suma de los flujos de efectivo (ingresos menos egresos que resultaran de la vida de un proyecto), descontados a una tasa de interés. Para el caso de este proyecto, se considera una utilidad esperada del 12,86% anual, siendo el VAN US\$ 1'287 109,73. El cálculo de los resultados se presenta en el anexo N° 2.

#### 7.5. PUNTO DE EQUILIBRIO

El análisis del punto de equilibrio indica que la producción mínima requerida para no perder ni ganar es de 18,02 Ton. La Tabla 22 y la figura 45 muestran el punto de equilibrio.

Tabla 22: Punto de equilibrio.

5. SIMULACIÓN					
Tn	Ingreso	CV	CF	Costo Total	U.N.
10	171,149.54	121,825.99	88,687.45	210,513.45	- 39,363.91
12	205,297.10	146,132.58	88,687.45	234,820.03	- 29,522.93
14	239,444.66	170,439.16	88,687.45	259,126.61	- 19,681.95
16	273,592.22	194,745.75	88,687.45	283,433.20	- 9,840.98
18.02	307,739.78	219,052.33	88,687.45	307,739.78	-
20	341,887.34	243,358.91	88,687.45	332,046.37	9,840.98
22	376,034.91	267,665.50	88,687.45	356,352.95	19,681.95
24	410,182.47	291,972.08	88,687.45	380,659.53	29,522.93
26	444,330.03	316,278.67	88,687.45	404,966.12	39,363.91
28	478,477.59	340,585.25	88,687.45	429,272.70	49,204.89
30	512,625.15	364,891.83	88,687.45	453,579.29	59,045.86
32	546,772.71	389,198.42	88,687.45	477,885.87	68,886.84
34	580,920.27	413,505.00	88,687.45	502,192.45	78,727.82
36	615,067.83	437,811.58	88,687.45	526,499.04	88,568.80
38	649,215.40	462,118.17	88,687.45	550,805.62	98,409.77

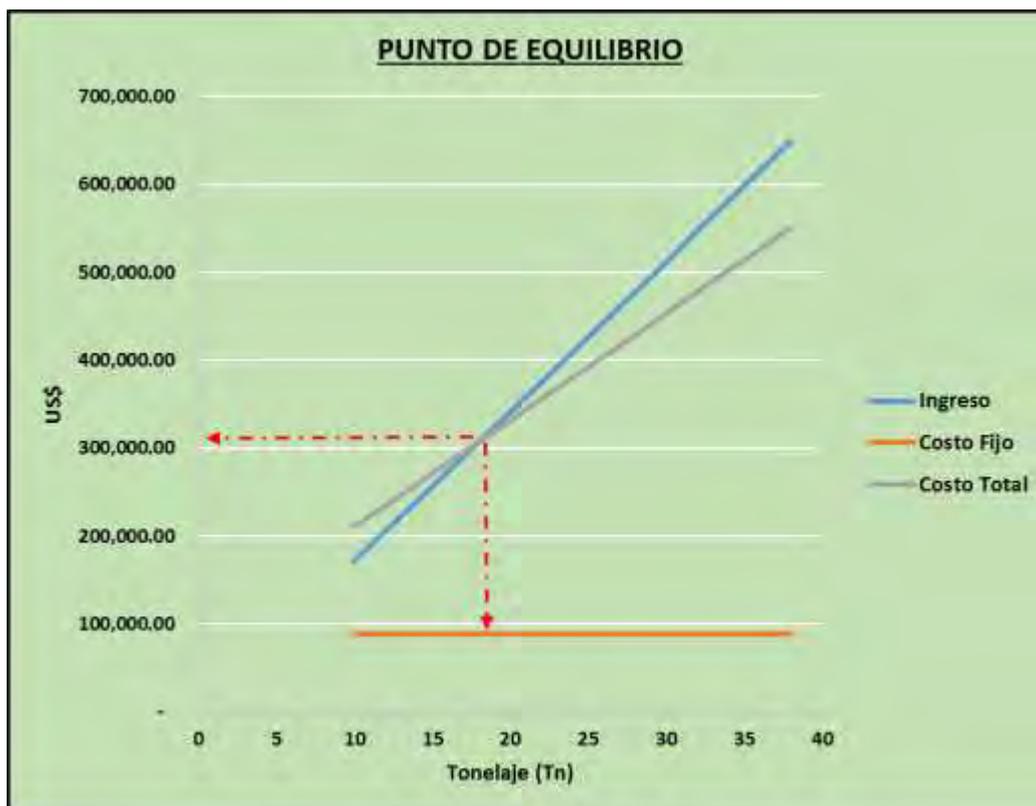


Figura 45. Gráfico de punto de equilibrio.

Teniendo el proceso de fabricación ya definido y una evaluación económica preliminar, actualmente se está trabajando en establecer las condiciones de escalamiento para poder fabricar láminas de la aleación obtenida a nivel industrial.

Comparando el, precio con el principal competidor que es el acero inoxidable 316 de 3,84 \$/kg y 18,30 \$/kg para el cobre antimicroniano (para 30 toneladas), es claro que los beneficios obtenidos por el segundo deberán ser tomados muy en cuenta para que el factor económico no constituya una barrera para la comercialización del producto. Es necesario evaluar las consecuencias de utilizar el cobre antibacteriano tanto a nivel económico como el impacto social e incluso salud pública, lo cual veremos en la tabla 23.

Tabla 23. Comparación

<b>ALEACIÓN DE COBRE ANTIBACTERIANO</b>	<b>ACERO INOXIDABLE 316</b>
Costo de 18,30 \$/kg	Costo de 3,84 \$/kg
Debido a su maleabilidad se pueden elaborar diversos productos	Debido a su maleabilidad se pueden elaborar diversos productos
Productos estéticamente buenos	Productos estéticamente buenos
Puede aplicarse productos de limpieza con facilidad	Puede aplicarse productos de limpieza con facilidad
Tiene propiedad antibacteriana y puede eliminar en un par de horas más de 80% de las bacterias sobre su superficie de contacto.	La limpieza en superficie no es suficiente y el producto no tiene propiedad antibacteriana.
La propiedad antibacteriana es constante a través del tiempo	
La propiedad antibacteriana reduce la probabilidad de adquirir enfermedades intrahospitalarias como en la UCI de un centro médico hasta en un 70% de acuerdo a estudios realizados en Chile y Estados Unidos.	
La reducción de adquisición de enfermedades intrahospitalarias, reduce los días de internamiento y en consecuencia reduce los gastos por paciente, debido al internamiento y al suministro de medicamentos.	
El producto puede traer beneficios , no solo en el sector salud , sino también en el transporte público o educativo, reduciendo la probabilidad de contagios por bacterias en puertas, carpetas, pasamanos, recepciones, etc.	

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se ha fabricado una aleación con contenido nominal de 30%Ni-70%Cu a partir de un proceso de ingeniería inversa en una aleación comercial de cobre antimicrobiano.
- La composición química y propiedades de la aleación obtenida son similares a las de la aleación comercial y adecuadas para aplicaciones en superficies antibacterianas.
- La aleación obtenida presenta un porcentaje de reducción de carga bacteriana del 100% para tres tipos de bacterias: *P. aeruginosa*, *S. epidermidis* y *S. aureus*, mientras que la aleación comercial no logra alcanzar el 100% en el caso de las dos últimas bacterias.
- El análisis económico financiero del proyecto de implementación de la planta de fabricación de láminas de cobre antibacteriano muestra que el negocio es rentable en las condiciones propuestas en dicho análisis.
- La rentabilidad del proceso de fabricación de la aleación antimicrobiana depende directamente del costo de los insumos, de la cantidad de mano de obra empleada y del precio de venta del producto.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del presente documento para el análisis de la posibilidad de implementación del proyecto desarrollado, que, como detallado, resulta rentable en las condiciones expuestas.
- Analizar la factibilidad de aplicación de este proyecto, tomando en consideración los factores económicos al que es sensible, como el precio de los metales y la producción mínima requerida de 33,34Ton.

## COMENTARIOS

- Con el uso de maquinaria automatizada y procesos bien definidos, es posible reducir al mínimo la cantidad de obreros y operadores en la planta, así como el personal administrativo, lo que representa una mayor eficiencia de los procesos y una mayor rentabilidad para los inversionistas.
- El mercado de la aleación antimicrobiana tiene gran potencial de crecimiento, en la medida en que se difundan sus propiedades y características, las cuales pueden aplicarse más allá del ámbito de salud, extendiéndose su uso a otros rubros, como el sistema de transporte, centros educativos, centros públicos de esparcimiento, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Innova Chile – Corfo: Desarrollo de plataforma de conocimiento y capacidades locales para la creación de nuevos productos que utilicen la propiedad antimicrobiana del cobre, 2010.
2. MINSA: Protocolo de estudio de prevalencia de infecciones intrahospitalarias, 2014.
3. H. Dollwet at al.: Historic uses of copper compounds in medicine, *Trace Elem. Med.* 2, pp.80-87, 1985.
4. R. Salvatierra: Costo de la infección nosocomial en nueve países de América Latina, Organización Panamericana de la Salud, pp149, 1999.
5. (MEM) Ministerio de Energía y Minas - Reporte anual de cobre, 2016.  
[http://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=11299](http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=11299)
6. H. Michel is at al.: Antimicrobial properties of copper alloy surfaces, with focus on hospital-acquired infections, *International Journal of Metalcasting*, 2-3, pp 47-56, 2008.
7. G. Leite at al: Copper as an antimicrobial agent in healthcare: an integrative literature review, *Journal of infection control* 1, pp 33-36, 2012.
8. G. Grass at al: Metallic copper as an antimicrobial surface, *Applied and Environmental Microbiology* 77-5, pp 1541-1547, 2011.
9. W. Keevil: Antibacterial Properties of Cooper and Brass Demonstrate Potential to Combat Toxic E. coli O157 Outbreaks in the Food Processing Industry (Centre for Applied Microbiology & Research, UK). In *Symposium on Copper and Health, held in CEPAL, Santiago Chile. 2001.*

10. G. Faúndez et al.: Antimicrobial activity of copper surfaces against suspensions of *Salmonella enterica* and *Campylobacter jejuni*, *BMC Microbiology* 4:19, 2004.
11. Quispe Z. Indicadores epidemiológicos de referencia de infecciones intrahospitalarias - infecciones asociadas a la atención de la salud, Perú-2016.; *SE* 13 – 2017; 26 (13): 401 – 404
12. A L de Albuquerque Jr., E. J. Zanlochi, G. S. Andreis: *Laminacao de productos planos e nao planos*. Sao Paulo, 1983.
13. C. Salgado et al.: Copper surfaces reduce the rate of healthcare-acquired infections in the Intensive Care Unit, *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 34-5, pp 479-486, 2013.
14. J. Elguindi et al.: Advantages and challenges of increased antimicrobial copper use and copper mining, *Applied Microbiology and Biotechnology* 91-2, pp 237-249, 2011.
15. M. Usam et al.: Synthesis, characterization, and antimicrobial properties of copper nanoparticles, *International Journal of Nanomedicine* 8, pp 4467-4479, 2013.
16. Contego – Antimicrobial Copper brochure:  
<http://www.allgoodww.com/images/brochures/brochure-5.pdf>
17. A. Biswas y W.Davenport “El cobre. Metalurgia extractiva”. Editorial Limusa, 1993.
18. Copper Alliance - International Copper Association Latin America  
<http://www.antimicrobialcopper.com/images/brochure>
19. C. Espírito Santo et al.: Bacterial killing by dry metallic copper surfaces, *Applied and Environmental Microbiology* 77-3, pp 794-802, 2011.

21. Prado V., Esparza M., Vidal R., Durán C. Actividad bactericida de superficies de cobre y acero inoxidable sobre bacterias asociadas a infecciones nosocomiales, en un modelo in vitro de adherencia y supervivencia. XXVI Congreso Chileno de Infectología, Viña del Mar, 2009
22. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. BMC Infect Dis. 2006;6:130-8. Doi: 10.1186/1471-2334-6-130.
23. Arévalo H, Cruz R, Palomino F, Fernández F, Guzmán E, Melgar R. Aplicación de un programa de control de infecciones Intrahospitalarias en establecimientos de salud de la región San Martín, Perú. Rev Med Exp Salud Publica. 2003; 20(2):84-91.
24. Michels HT, Noyce JO and Keevil CW. Effects of temperature and humidity on the efficacy of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* challenged antimicrobial materials containing silver and copper. Lett Appl Microbiol 2009; 49:191-195.