

# Sistema de reducción para colada en fundición de pequeñas cantidades de metales preciosos

## Reduction system for cast casting small quantities of precious metals

Hermes Basilio Minaya<sup>1</sup>, Christian C. Basilio Minaya<sup>2</sup>

Recibido: 23/11/2020 – Aprobado: 18/04/2022 – Publicado: 30/06/2022

### RESUMEN

En Perú, se tiene dos tipos de practica joyera (industrial y artesanal) el segundo mencionado tiene mayor participación de personas en este contexto el aporte es para el desarrollo de la joyería artesanal (hecho a mano) realizando una variedad de operaciones con incidencia muy alta en la elaboración manual para la obtención del producto (joya) para venta en el mercado nacional. Dentro del procesamiento: paso inicial es con fundición, en esta área se realizó el análisis y el seguimiento para la obtención de aleación optimo y adecuado, en este procedimiento ocurre el fenómeno de la oxidación del material(aleación) cuya manifestación es la afirmación en la parte superficial del material visible, por no existir el sistema inerte(zona sin oxígeno) necesario en él, para reducir el evento, la inexistencia de la contención del oxígeno, no colabora a la buena presentación superficial después del colado influyendo en definitiva en el preparado y el acabado de la joya, específicamente en plata y oro, teniendo mucho cuidado con estos metales con el cumplimiento de la calidad, atentos a la ocurrencia de buena presencia, debiendo presentar cualidades como limpieza al interior y en la superficie, el cual facilitará la presentación, para los siguientes procesos dentro de la preparación de la joya especialmente con el brillo de los mencionados metales preciosos, solicitados en las piezas confeccionadas (Loyen & Hernández Díaz, 1989).

El joyero artesanal(micro, pequeño o independiente) tienen demasiadas limitaciones económicas por ello no poseen un sistema reducción, con la presente propuesta beneficiará y es dirigido a ellos; realizable y amigable al medio ambiente, económicamente favorable por la facilidad aplicativa para los joyeros, está al alcance de los operadores y de todos los involucrados de esta especialidad manufacturera, teniendo en cuenta la realidad económica y laboral de los fabricantes, diferenciándose de los confeccionados industrialmente.

**Palabras claves:** colada; micro fundición; joya; sistema inerte; joyería artesanal.

### ABSTRACT

In Peru, there are two types of jewelry practice (industrial and artisanal) the second mentioned has a greater participation of people in this context the contribution is for the development of artisanal jewelry (handmade) carrying out a variety of operations with a very high incidence in the manual elaboration to obtain the product (jewel) for sale in the national market. Within the processing: initial step is with casting, in this area the analysis and follow-up was carried out to obtain the optimal and adequate alloy, in this procedure the phenomenon of the oxidation of the material (alloy) occurs, whose manifestation is the affirmation in the superficial part of the visible material, due to the lack of the inert system (zone without oxygen) necessary in it, to reduce the event, the lack of oxygen containment, does not contribute to the good surface presentation after casting, ultimately influencing the preparation and the finish of the jewel, specifically in silver and gold, taking great care with these metals with the fulfillment of quality, attentive to the occurrence of good appearance, must present qualities such as cleanliness inside and on the surface, which will facilitate the presentation, for the following processes within the preparation of the jewel, especially with the brightness of the aforementioned precious metals, s requested in the pieces made.

The artisan jeweler (micro, small or independent) have too many economic limitations for that reason they do not have a reduction system, with the present proposal it will benefit and it is directed to them; feasible and friendly to the environment, economically favorable due to the ease of application for jewelers, it is within the reach of operators and all those involved in this manufacturing specialty, taking into account the economic and labor reality of manufacturers, differing from those made industrially.

**Keywords:** casting; micro casting; jewel; inert system; handmade jewelry.

<sup>1</sup> Universidad Daniel Alcides Carrión- Pasco. Perú.

Ingeniero de Metalurgia. E-mail: [hbasilio@ciplima.org.pe](mailto:hbasilio@ciplima.org.pe) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7908-0020>

<sup>2</sup> SENATI. Perú.

Técnico de Joyería. E-mail: [chbasilio@hotmail.com](mailto:chbasilio@hotmail.com) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2753-7185>

## I. INTRODUCCIÓN

Analizar la transformación del oro y plata en nuestro país es un tema álgido debido a la producción manufacturera excesiva por artesanos empíricos en todo el país y con incremento no cuantificado, a la fecha no realizado labor de identificación, resultando un tema delicado para el estado y la sociedad, resultando una problemática no solucionada en la actualidad.

La producción joyera: el 1% es formal y el 99% es de los artesanos (informalidad) proyección aproximada, cada día agudizándose sin mejora alguna y complicando su participación en los mercados nacionales e inclusive en los mercados internacionales resultando preocupante.

Los joyeros artesanales en su conjunto desde el inicio de sus operaciones logran confeccionar joyas con esmero e inician con la compra de la plata u oro en el mercado libre o informal y no poseen analizadores de dichos metales (Hall, 1994), se encuentran no protegidos al momento de comprar en los comercializadores brindando poca confianza y garantía, no es lo correcto, pero se debe tener en cuenta la situación los obliga a ello, puesto que ellos luchan por la sobre vivencia como todo ser humano tratando de obtener ganancias económicas, tanto en beneficio propio como para la familia y el entorno social de la comunidad, es uno de los problemas influyentes en el tema.

Una vez obtenida la materia prima (metales), pasa por los pesados y preparación de las aleaciones (ligas), pasando luego al proceso de la fundición en un ambiente sin las condiciones adecuadas para evitar la oxidación de la plata u oro en la mezcla de metales, originándose en la aleación manchas de una coloración plomo negruzco visibles a simple vista en la parte superior del material (ver Figuras 1 y 2), por la oxidación ocurrida, perjudicando notablemente al procesamiento siguiente; disminuyendo su buena presentación y alargando el procedimiento del acabado, inclusive sometiendo a químicos y ocurriendo mermas perjudicando económicamente al artesano, la ocurrencia de esta anomalía tiende a opacar en el corto tiempo el brillo, lucidez y presencia de la joya, el cual genera mantenimiento adicional resultando perjudicial, lógicamente esto va en desmedro de la venta del producto final, en su defecto se tiene que volver a la re fabricación. Para entender la ocurrencia se toma la explicación de Celsi & Iacobucci (1945) "Química Elemental Moderna Inorgánica" define lo siguiente:

*Oxidación, desde los tiempos de Lavoisier se denominó oxidación a la unión del oxígeno con los elementos para dar óxidos si se combina con los metales, y anhídrido, si la combinación se hace con los metaloides.*

*Las oxidaciones se consideran como combustiones lentas, aunque, invirtiendo los términos, las combustiones son oxidaciones rápidas, págs. 92-93.*

*Combustión, es toda oxidación con aumento de temperatura, con la emisión de luz y, a veces, con llama. Generalmente iniciada la combustión*

*el desarrollo de calor es suficiente para que la reacción continúe por si sola.*

*Las más conocidas son las combustiones de diversos materiales en el aire, y pueden considerarse como verdaderas oxidaciones rápidas.*

*Para que una combustión se realice, deben cumplirse tres condiciones:*

1. La presencia de un combustible, sustancia o material que pueda arder en el seno de un gas.
2. La existencia de un comburente, agente gaseoso que permite la combustión
3. Alcanzar una temperatura o punto de inflamación conveniente, sin lo cual no se inicia la combustión, pág. 93.

Importante mencionar, si hay tecnología, esta no es accesible a los operadores debido a la limitación económica, por ello, es necesario buscar alternativas de operación con los que cuentan en las áreas de desarrollo básico para el sistema de reducción, no se debe permitir permanencia de aire en el momento de la colada donde el metal fundido está pasando a solidificarse a una temperatura aproximada entre los 1200°C a 900°C y con una reacción intensa en esos instantes (segundos); por ello, lo primero que se encuentra en el ambiente es el oxígeno con una composición de nitrógeno que interactúa con el metal al que denominamos oxidación (explicado líneas arriba), resultando todo un reto para los artesanos.

Se realizó un análisis de las condiciones más adecuadas de su aplicación teniendo en cuenta una serie de factores como: facilidad de operación, economía favorable, para un joyero con las condiciones que se encuentran en el momento del estudio y otras que pudieron ayudar a la decisión por el componente usado. Esto, porque existe otras alternativas, como un sistema de fundición reductor, uso de carbón y otros etc. (Alsina Benavente, 1992) se decidió por nuestro planteamiento mencionado (adición de azúcar) por ventajas distantes con el resto de las opciones como referencia comparativa (costos) y definición final como la mejor opción y ventaja de adecuarse a cualquier tipo de taller.

Por lo mencionado se puede resumir de acuerdo Celsi & Iacobucci (1945, p. 127) define:

*reducción la operación química de quitar, en parte o totalmente, el oxígeno de un compuesto. Las sustancias que hacen este propósito se llaman agentes reductores. Lo son, además del hidrogeno, el carbono, el óxido de carbono (CO), el gas sulfuroso (SO<sub>2</sub>), los metales etc.*

Mencionar somos un país minero con producción de los metales mencionados, existiendo toda una problemática en este tema que no beneficia al grupo de la manufactura joyera por el contrario perjudica (no abastece a los productores), por

ello se expresa mucha preocupación por el tema del valor agregado, beneficiaría a todos y sobre manera creándose un círculo virtuoso para los participantes en esta transformación metálica, obteniéndose justificación para minería peruana cerrando integralmente la minería-manufactura.

## II. MÉTODOS

La aplicación es común en los mencionados (artesanos), con normalidad los joyeros funden según los requerimientos, primero pesan los materiales plata/oro, y otros elementos metálicos incluyéndolos al escorificador con significativa cantidad de fundente (bórax) e inyectarle fuego (llama blanda) hasta lograr su punto de fusión de la mezcla, donde se debe llegar a temperaturas superiores a los 1,100°C, en la práctica observándose el denominado “ojo de buey”, el cual es un indicativo que se encuentra preparado para poder realizar el vertimiento a la lingotera untado con aceite para que no se pegue la colada y sin otro cuidado más se da paso a como se planifico, la fabricación pudiendo ser el caso chapa / hilo. Los pesos varían de acuerdo al diseño, puede ser joyería fina, u otros, para ello funden entre (10 – 50)gramos como máximo, denominándose por ello micro fundición para cualquier peso se tiene los factores de pesaje y aleación de manera diferente empleando técnicas utilizados por mucho tiempo (consideramos no necesarios su explicación por no ser tema de investigación), se puede observar una vez realizada la fundición - colada en la parte superior de la plata u oro coloración negruzco plomo, generando problema para el acabado y repercutiendo en calidad y precio, esta presentación llamo nuestra atención para el seguimiento y análisis, como se observa en las figuras respectivamente.

Limpieza de la mancha de la aleación producida en la lingotera (caso mencionado II.1) tiene un proceso de eliminación que puede ser química o el empleo de lijas u otras herramientas ocasionando mermas, los operadores tratan en la medida de sus posibilidades no tener por el perjuicio económico que causa a los señores productores especialmente con el metal (oro).

Los autores explican sobre la llama blanda usada en el proceso (Cavallini et al., 2021): *con la llama blanda, la mayor parte del oxígeno se consume, por lo que es difícil que el material calentado por ella se oxide; se conoce como llama reductora, la llama blanda se caracteriza por ser una más azulada con las puntas amarillentas.*

Añadimos una segunda explicación de Alsina Benavente (1992, p. 224), es la siguiente:

*se emplea una llama reductora para mantener la aportación de oxígeno al mínimo y evitar la formación de óxidos que reduciría la fluidez del metal. Intente obtener una llama que retenga un tinte amarillento en la primera mitad. Con los sopletes de acetileno, no siempre se puede controlar la mezcla del aire, puede ser que la llama*

*reductora no funda el metal tan rápidamente, pero es mucho más seguro.*

El estudio analizado de la propuesta posee como fin facilitar las operaciones y las secuencias para la obtención de una joya, específicamente en la plata y el oro, primordialmente estos dos elementos metálicos, por ser los más empleados por los joyeros - artesanales con masiva participación, especialmente en un taller, enfocándonos en resolver la anomalía observada.

Aportando a la mejora de aleación adecuada y limpia para la obtención de un producto planificado por el operador y cumplir con la programación planeado como producto de calidad desde el inicio, cumpliendo con en el tiempo y con la mejor presentación de los productos (brillo y buen acabado) para su venta en el mercado nacional.

Prevenir los contratiempos existentes, se toma en cuenta el sistema de colado específicamente en la lingotera se hizo las pruebas respectivas como limpieza, untado adecuado y la adición de una porción de azúcar el 10% del peso de la aleación a colarse se realiza el vertimiento logrando una combustión intensa por unos segundos, en él se pierden grados de temperatura y no ocurre el fenómeno mencionado líneas anteriores, logrando la eliminación de manchas superficiales presentados en el procedimiento anterior, resolviendo para beneficio de los joyeros (como se observa en Figura 3), el tema logra encontrar soluciones a sus variantes de oxidación y reducción presentes en la operación, proporcionando una aleación optima tanto en el oro como en la plata totalmente limpia en la superficie para una adecuada presentación de la joya, con el cual se lograra el éxito económico, repercutiendo en beneficio de los joyeros – artesanales, para mejora sostenible, económica y otros colaterales, con ello beneficiando a la familia de la especialidad de transformación metálica, incidiendo en el pequeño productor.

Existe la convicción del éxito debido al ahorro de tiempo al no existir manchas en la superficie de la mezcla de metales para luego pasar a la operación de preparado de joyas planificadas así eliminando el paso de eliminación de impurezas superficiales presentes cuando no se toman medidas para eliminar esa dificultad presentado al momento de la colada por existir un ambiente no adecuado en vertimiento a la lingotera (Llorente J. L., 1995).

El presente estudio fue elaborado con la finalidad de solucionar un problema existente al momento de realizar la colada de la aleación de metales preciosos produciéndose oxidación en la superficie, cuando no existe un sistema inerte, presentando al mundo intelecto y los artesanos para beneficiar la manufactura de los metales, requiere usarse con cuidado para el logro de un producto en su presentación, debiendo poseer brillo y lucidez adecuada.

En el inicio de la operación; es imprescindible su presentación adecuada para el desarrollo del objetivo de una joya comerciable y no existir objeciones de parte del comprador, el cual es el motivo para obtención de un producto con calidad y óptimo para comercializar (Llorente J. L., 1995b).



Principal aporte brindado con el presente, teniendo aleaciones de metal precioso con superficie limpia es lógico el acabado de la joya será óptimo y beneficia al conjunto de participantes reeditando beneficios económicos sustentados al momento de la programación de producción de las joyas para el expendio en los lugares de venta (ver Figura 1-2).

### III. RESULTADOS

En preparación de la mezcla se tiene como elemento principal la plata / oro, cobre y otros metales (Sjöberg, 1974) para ello, se debe tener definido la ley, el diseño de las joyas a preparar y determinado la cantidad de metal a usarse, se realiza el pesaje para obtener la mezcla deseada. Una vez pesado se adiciona al escorificador acompañado del bórax, para inyectar calor con llama totalmente reductora (recomendado), todos los operadores lo aplican, hasta llegar al punto de fusión y realizar el vaciado en la lingotera según sea el caso chapa/ hilo para el cual se debe contar con atmósfera inerte (libre de oxígeno), evitando el problema mencionado, que nos indujo a proponer

y preparar una alternativa debido a la generación de perjuicios en el proceso de vaciado durante el enfriamiento con las acotaciones antes mencionadas.

Para el logro de este planteamiento, se planea, en una lingotera (explicado en método) de colada, la adición de una cantidad determinada de azúcar debe de estar entre el 10% del peso de la aleación en gramos aproximadamente. Al momento de realizar el proceso de colado este reaccionara evitando la acción de oxígeno en la superficie del metal por espacio de unos segundos, observándose en la Figura 3 ayudando adecuadamente la presentación del colado el cual proporcionara definitivamente un plus para la siguiente operación, observándose en la Figura 4.

### IV. DISCUSIÓN

El planteamiento del sistema de fundición reductora existe y es realizable, debería adecuarse a cada taller para obtención de buenos productos y competitivos para el



Figura 1. Vista planta



Figura 2. Vista de frente



Figura 3. Reacción del azúcar en lingotera



Figura 4. Presentación de plata 950

mercado nacional el cual abastecen los artesanos – joyeros, esta es una de las limitaciones en este punto.

Las instituciones formalmente constituidas si poseen un sistema reductor para eliminar oxidación, este tema es denominado sistema inerte (realizado con argón, cerrado herméticamente, etc.).

Existe tecnología reductora, con sofisticado avance tecnológico y sobre todo muy beneficioso para el operador teniendo como limitante el precio no está al alcance de los joyeros, observado esa limitante se desarrolla el planteamiento de solución a este problema de los joyeros artesanales, para beneficio del conjunto de los imbuídos.

Los mencionados operadores, tienen una dificultad económica y tecnología necesaria, por ello deben adecuarse a mejores mecanismos y evitar la oxidación, existen variadas posibilidades de aplicación e ir adecuando a cada centro de operación.

Para ello se debe tener presente y seguir las siguientes recomendaciones:

1. Tratar de hermetizar el área de fundido y crear atmósfera inerte.
2. Emplear elementos absorbentes del oxígeno para evitar oxidación del metal ante la presencia normal de oxígeno en el medio ambiente.
3. Empleo de técnicas como: azúcar, carbón, aceite y otros cumpliendo la función de impedir reaccionen con el metal en su más alto grado de temperatura (1200°C aproximadamente), los mencionados crean ese ambiente al que se denomina (atmósfera inerte), ofreciendo muchas ventajas tanto de operación y de fácil aplicación brindando mínima oxidación para la aleación, presentando muchísima bondad de aplicación (azúcar).
4. Es factible el uso por los trabajadores artesanales, guiándose por la practica en el vertimiento en la colada obteniendo liga fundida (sin manchas), accesible, realizable y económica.
5. Posibilidad confirmada de aplicación en el trabajo resultando inclusive amigable para el medio ambiente, sumamente importante.

## V. CONCLUSIONES

El planteamiento tiene grandes posibilidades de instalación en los diferentes talleres existentes en Lima y otros lugares en suelo peruano por la facilidad, realizable, amigable y ecológico.

No requiere demasiada inversión para su implementación siendo simple inyección del azúcar a la lingotera ayudando a los cambios térmicos y en concordancia con la gradiente térmica de la aleación metálica, adecuados sin que ocurra la oxidación.

Está en sintonía y con la adecuada capacidad de ahorro económico al sistema financiero de cada joyero artesanal del país, resultando importante para aplicarlo.

Finalmente, recomendar el empleo del azúcar por facilidad y está al alcance de los artesanos acomodándose a sus posibilidades económicas y de trabajo resultando inclusive ecológico.

Amigable aplicación hacia el medio ambiente no emite significativos contaminantes para el ambiente donde se tiene pequeñas áreas de fundición, a ello adicionarle es de tipo micro fundición y reforzando no proporcionara demasiados problemas para un taller existente en nuestra patria, específicamente tomada la ciudad de Lima.

## VI. REFERENCIAS

- Alsina Benavente, Jorge. (1992). *La fundición a la cera perdida : (microfusión)*. Alsina. <https://www.amazon.es/Fundicion-perdida-Jorge-Alsina-Benavente/dp/8487033040>
- Cavallini, H., Torres, J., & Abarca, M. F. (2021). Hallazgos entre lo sensible y lo tangible: comparación de los métodos de fundición de plata 925 utilizada por artesanos costarricenses. *ESCENA Revista de Las Artes*, 81(1), 207–241. <https://doi.org/10.15517/es.v81i1.47285>
- Celsi, S. A., & Iacobucci, A. D. (1945). *Química Elemental Moderna Inorgánica* (Kapelusz, Ed.; 18°). <https://archive.org/details/quimica-elemental-moderna-celsi-iacobucci-1945/page/n1/mode/2up>
- Hall, D. (1994). *Joyería Creativa* (Grupo Editorial CEAC S. A., Ed.). <https://www.buscilibre.pe/libro-joyeria-creativa/47709032/p/47709032>
- Llorente J. L. (1995a). *La joyería y sus técnicas. Tomo 1* (Paraninfo, Ed.). <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428317085/la-joyeria-y-sus-tecnicas--tomo-1>
- Llorente J. L. (1995b). *La joyería y sus técnicas. Tomo 2* (Paraninfo, Ed.). <https://www.paraninfo.es/PDFUrl.aspx?id=9788428317092>
- Loyen, Frances., & Hernández Díaz, M. (1989). *Manual de platería* (Librería Antártica, Ed.). Hermann Blume. <https://www.iberlibro.com/buscar-libro/titulo/manual-plater%EDA/autor/loyen-frances/>
- Sjöberg, J. (1974). *Trabajos y Esmaltado en Cobre y Plata. Catálogo en línea* (Kapelusz, Ed.). [http://biblioteca.culturasalta.gov.ar/catalogo/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=27420](http://biblioteca.culturasalta.gov.ar/catalogo/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=27420)