

# Las aleaciones y análisis en los metales preciosos

## Breve descripción:

Las aleaciones de metales preciosos, como oro y plata, son combinaciones que mejoran sus propiedades físicas y químicas. El análisis de estas aleaciones permite determinar su pureza y composición, lo que es fundamental en la joyería y la industria. Estos procesos garantizan calidad y autenticidad, además de influir en el valor del material, asegurando la confianza en el mercado.

---

**Marzo de 2024**

## Tabla de contenido

Introducción .....	1
1. Aleación del metal .....	4
2. Soldadura.....	18
3. La fundición y las variables que definen la calidad de aleación .....	25
4. Depurantes y fundentes.....	32
5. Ensayos químicos .....	36
6. El riesgo higiénico en la joyería .....	48
7. Manejo de residuos .....	52
Síntesis .....	54
Glosario .....	56
Material complementario.....	58
Referencias bibliográficas .....	59
Créditos .....	60

## Introducción

Bienvenidos a este programa de aprendizaje, en este capítulo, exploraremos las aleaciones y sus composiciones, fundamentales para crear piezas de joyería que satisfagan las demandas del mercado. También abordaremos los metales alternos utilizados en la bisutería, destacando su importancia y características. Mientras la joyería se elabora con metales preciosos y cumple estándares de calidad, la bisutería, aunque más accesible, ha evolucionado y se reconoce como un arte. Además, discutiremos la identificación de metales preciosos, su ley, y la responsabilidad ambiental en su manipulación, asegurando prácticas seguras y sostenibles en la industria.

### Video 1. *Las aleaciones y análisis en los metales preciosos*



[Enlace de reproducción del video](#)

### **Síntesis del video:** las aleaciones y análisis en los metales preciosos

Estimado aprendiz, le damos la bienvenida al componente formativo titulado las aleaciones y análisis en los metales preciosos. La joyería es un arte que no solo depende del diseño, sino también de la ciencia detrás de los metales. Para lograr piezas duraderas y de alta calidad, es esencial comprender el proceso de aleación.

Las aleaciones son mezclas de diferentes metales, que combinan sus propiedades para mejorar la resistencia, el color y la maleabilidad de las joyas.

La soldadura, como parte fundamental de este proceso, permite unir partes metálicas con precisión, utilizando técnicas que evitan deformaciones y aseguran la integridad de la pieza.

Otro proceso clave es la fundición, donde los metales se funden y moldean para obtener formas complejas. Aquí, variables como la temperatura, el tipo de metal y los agentes externos, juegan un papel crucial en la calidad final de la aleación.

Modificar la ley de los metales es otro aspecto esencial, ya que se ajusta el porcentaje de pureza para obtener un material más adecuado para el trabajo, conservando al mismo tiempo su valor y resistencia.

Sin embargo, en la joyería, es vital tener en cuenta el riesgo higiénico. La manipulación de metales y químicos puede afectar la salud de quienes trabajan en el taller, por lo que las medidas de seguridad y el manejo adecuado de los residuos deben ser prioridades.

¡Le invitamos a conocer y aplicar los conceptos, y métodos disponibles para llevar a cabo, el proceso de unir partes metálicas con precisión, de manera efectiva e implementando las medidas de seguridad!

## 1. Aleación del metal

Los metales nunca se trabajan absolutamente puros, por dos razones:



- ✓ Porque la pureza total, la perfección, no existe. A veces las impurezas son aparentemente insignificantes, de solo algunas partes por millón, pero suficientes para impedir que el metal sea químicamente puro.
- ✓ No siempre los metales más puros son los que ofrecen mejores propiedades mecánicas o químicas. Generalmente, suele ser lo contrario.

Al alearse dos o más metales, sus propiedades cambian, unas veces para empeorar y otras para mejorar, pero siempre cambian.

Todos los metales tienen un punto de fusión determinado, pero cuando nos referimos a aleaciones, suele haber un punto de fusión inicial y otro punto más alto donde se complementa la fusión. Estos puntos de fusión suelen estar situados entre los puntos de fusión del metal que funde a más grados y del que funde a menos grados. Sin

embargo, existe un tipo de aleación llamado eutéctico, formado por unas proporciones críticas, cuyo punto de fusión queda por debajo del de todos los componentes.

En esta oportunidad vamos a dividir la información sobre las aleaciones en dos grupos: aleaciones que contienen metales nobles y aleaciones que no los contienen.

### **Aleaciones que no contienen metales nobles**

Entre estas aleaciones se destacan las siguientes:

El bronce (cobre y estaño), el latón (cobre y zinc) y la alpaca (cobre, níquel y zinc) son aleaciones versátiles con aplicaciones industriales, decorativas y eléctricas por su resistencia y estética.

#### **✓ Bronce**

El bronce es una aleación de cobre y estaño, conocida por su resistencia a la corrosión y durabilidad. Se utiliza en monedas, estatuas y componentes de maquinaria, siendo valorado tanto en artesanía como en la industria por su color dorado y propiedades mecánicas.

#### **✓ El latón**

El latón, a diferencia del bronce, se usa principalmente en bisutería, joyería y aleaciones para soldaduras y oro de color. Para preparar aleaciones, es esencial conocer las proporciones de cobre y zinc. En joyería, se recomienda usar únicamente latón compuesto de estos dos elementos, ya que otras variantes con hierro, plomo, aluminio o manganeso no son adecuadas para este propósito.

- **Propiedades físicas**

El color varía según la proporción cobre / zinc

50 al 66 % de cobre.....amarillo fuerte

66 al 75 % de cobre.....amarillos pálidos

75 al 86 % de cobre.....amarillo rojizo

86 al 98 % de cobre.....rojo amarillento

- **Propiedades químicas**

El latón no es muy resistente frente a los ácidos sulfúricos y clorhídricos. Es estable frente a las bases, a excepción del amoníaco, es rápidamente atacado por el ácido nítrico.

#### **Temperaturas de fusión y de colada**

COBRE / ZINC	FUSIÓN	TEMP. DE COLADA	DENSIDAD
60/40	900 ° C	1000 A 1020 ° C	8,11
63/37	920 ° C	1040 A 1060 ° C	8,17
72/28	970 ° C	1130 A 1150 ° C	8,34

- **En bisutería también se utilizan los latones como**

#### **Tombak o tumbaga**

La tumbaga es un latón compuesto solo por cobre y zinc, cuyo contenido oscila entre el 80 y el 90 %.



## Similor

El similor no tiene una composición fija determinada. Existen investigaciones para encontrar una aleación con un color más o menos parecido al oro. Algunos son:

### Temperaturas de fusión y de colada

COBRE	ESTAÑO	ZINC	NIQUEL	ALUMINIO	DENSIDAD
920	80				8,77
900			100	100	7,25
865	13	122			8,64
583		250			8,38
935	55				8,81

### ✓ Alpaca

La alpaca plateada o sin platear ha sido muy utilizada en la fabricación de cuberterías y vajillas tratando de sustituir la plata.

Siempre que tengamos que utilizar algún tipo de alpaca, si podemos elegir, debemos utilizar la alpaca laminada. Por regla general, los metales laminados siempre suelen ofrecer mayores garantías en su composición que los que solamente han sido fundidos.

La alpaca es conocida por diferentes nombres comerciales tales como: plata nueva, plata alemana, níquel silver, argentan, etc.

- **Composición**

Níquel: ..... del 12 al 22 %

Cobre: ..... del 60 al 65 %

Zinc: ..... del 18 al 23 %

- **Propiedades**

El color depende de la composición, especialmente de la cantidad de níquel.

33 % Níquel..... Azul blanco

27 % Níquel ..... Blanco de níquel

22 % Níquel ..... Algo más blanco que el anterior

18 % Níquel ..... Blanco

10 % Níquel ..... Blanco grisáceo

7 % Níquel ..... Blanco amarillento

- ✓ **Peltre**

En principio, el peltre era una aleación que contenía estaño y plomo en proporción de cuatro a seis veces de estaño por una de plomo. Actualmente se ha eliminado el plomo, mayormente porque daba un color oscuro a la aleación. Sustituyéndolo por cobre, antimonio o zinc.

Aprovechando su bajo punto de fusión, suele utilizarse en bisutería para piezas de fundición centrífuga en moldes de caucho o de siliconas.

ESTAÑO	ANTIMONIO	COBRE	DENSIDAD
94	6		7,24
96		0,4	7,28

ESTAÑO	ANTIMONIO	COBRE	DENSIDAD
92	8		7,22
91	7	2,0	7,26
92	6	2,0	7,26
93,7	3,8	2,5	7,28
90,73	7,81	1,46	7,24
90,57	9,4	0,03	7,22
88,4	8,7	2,9	7,26
92,5	4,5	3,0	7,29
93	5,4	1,6	7,26

Los puntos de fusión de estas aleaciones quedan comprendidos entre los 200 y los 250 °C aproximadamente.

### ✓ **Zamak**

El Zamak es una aleación de zinc que incluye aluminio, magnesio y cobre. Conocido por su resistencia y durabilidad, se utiliza en bisutería, componentes automotrices y productos de consumo. Su fácil moldeabilidad permite obtener acabados detallados y atractivos.

Aleaciones de zinc para fundición por inyección:

ZINC	ALUMINIO	COBRE
91 al 94	3,5 al 5,0	2,5 al 4,0
93,4 al 95,8	3,5 al 4,1	0,75 al 2,5
95,9 al 96,5	3,4 al 4,1	

Las aleaciones de zinc, conocidas como Zamak, Zalmuc y Mazac, son comunes en bisutería, reemplazando al peltre. Estas aleaciones ofrecen mayor dureza, lo que facilita el pulido y acabado. Además, su punto de fusión es más elevado, oscilando entre 380 y 435°C. Esto requiere el uso de moldes vulcanizados con siliconas, ya que son los únicos capaces de soportar estas temperaturas al trabajar con las aleaciones de zinc en la fabricación de piezas.

#### ✓ Aleaciones con metales preciosos

Como hemos venido hablando, los metales preciosos más trabajados en la joyería son el oro, seguido de la plata y el platino. Durante mucho tiempo, el oro fue el único metal disponible cuyo brillo permanecía inalterable a través del tiempo.

Al principio interesaba más el aspecto del oro que sus verdaderas propiedades mecánicas, se hicieron experimentos para obtener oro de diferentes colores y, efectivamente, se consiguieron tonalidades exóticas que nunca se han podido trabajar por no reunir un mínimo de propiedades mecánicas indispensables.

1. Así pues, la aleación del oro con el aluminio produce aleaciones de color violeta.

2. El oro con el hierro, según las proporciones, puede dar tonos, pardo claro, pardo oscuro o pardo azulado.
3. El oro y la plata dan tonos de color verdosos, también se obtienen colores verdosos con aleaciones oro / plata / cadmio y oro / plata / cobre e incluso con oro / cobre / plata / cadmio.
4. Con aleaciones de oro / plata / cobre se consiguen colores amarillos fuertes.
5. Oro / plata / cobre da el color rosé.
6. El color rosado americano, también llamado Hamilton, se consigue con aleaciones oro / plata / cobre / níquel / zinc.
7. El color rojo con oro / cobre.
8. El oro blanco, con aleaciones en las que interviene el níquel, el paladio o ambos al mismo tiempo.

### **Oro de color 750 milésimas (18 quilates)**

Gracias a las propiedades del cobre y de la plata, estas aleaciones de 750 milésimas o 18 quilates, pueden tener desde un color verde hasta un rosa pasando por el amarillo. Si las 250 milésimas de aleación son todas de plata, el color será verde.

Si las 250 milésimas de aleación son todas en cobre, el color será rosa, rojo o rosé, ya que se emplean las tres denominaciones. Entre estos dos extremos, existe una amplia gama de tonalidades que, según la moda, en determinado momento se emplean más unas que otras. La gama de colores, comercialmente, suele ser la siguiente: oro rojo, oro rosa, oro inglés, oro amarillo y oro verde. Aunque las aleaciones 750 milésimas suelen ser ternarias oro/plata/cobre, algunas veces se modifican sus propiedades por medio de adiciones de níquel o de zinc.

**Tabla 1. Oro verde**

ORO	PLATA	COBRE	DENSIDAD	NOTA	FUSIÓN
750	250		15,95	Verde máx.	1039-1076
750	205	45	15,76	Menos verde	
750	188	62	15,69	Menos verde	

**Tabla 2. Oro amarillo claro**

ORO	PLATA	COBRE	DENSIDAD	FUSIÓN
750	161	89	15,58	895-920
750	150	100	15,76	
750	140	110	15,49	

Estas aleaciones son algo más duras que las de color verde. Su dureza va en relación con la cantidad de cobre que contiene. Las que contienen más cobre, son las de mayor dureza.

**Tabla 3. Oro amarillo**

ORO	PLATA	COBRE	ZINC	DENSIDAD	FUSIÓN
750	130	120		15,45	
750	124	126		15,43	885-895
750	120	30		15,41	
750	115	135		15,39	
750	115	134		15,39	

Estas aleaciones son más duras que las de oro amarillo claro y como en el caso anterior, su dureza está en proporción con la cantidad de cobre que contienen.

**Tabla 4. Oro rosé**

ORO	PLATA	COBRE	DENSIDAD	FUSIÓN
750	110	140	15,37	895-920
750	100	150	15,33	
750	91	159	15,30	880-885
750	85	165	15,28	
750	83	167	15,27	
750	80	170	15,26	
750	63	187	15,19	

Estas aleaciones son ligeramente más duras que las de oro amarillo. Son de uso general en joyería y se trabajan bien en frío.

**Tabla 5. Oro rojo**

ORO	PLATA	COBRE	ZINC	DENSIDAD	FUSIÓN
750	58	176	16	15,07	
750	50	200		15,14	
750	45	205		15,12	890-895
750	30	220		15,07	
750	23	227		15,04	

ORO	PLATA	COBRE	ZINC	DENSIDAD	FUSIÓN
750	15	235		15,01	
750		250		14,95	

Estas aleaciones son más utilizadas para desarrollo de cadenas a máquina.

### **El oro blanco**

A consecuencia de la subida de los costos y, porque no decirlo, a la difícil tecnología del platino, cada vez han ido tomando un mayor incremento las aleaciones de oro blanco.

Cuando se hace referencia a la difícil tecnología del platino, se habla mayormente a su elevado punto de fusión, a su aleación prácticamente única, ya que se trabaja solo a 950 milésimas, y a la facilidad con que se vuelve frágil. El oro blanco no ha sido la solución a los problemas, pero por lo menos permite elegir entre un cierto número de posibilidades.

Para el oro blanco existen tantas leyes como para el oro de color. Las aleaciones más utilizadas son las de 750 y 585 milésimas.

### **Existen 3 tipos de aleaciones para oro blanco:**

- ✓ Las que contienen níquel y no contienen paladio.
- ✓ Las que contienen paladio y no contienen níquel.
- ✓ Las que son una mezcla de las dos anteriores. Las aleaciones que contienen níquel son relativamente duras y presentan un color poco atractivo, lo que hace poco menos que imprescindible un acabado con baño de Rodio (Rh). Y tienen una tendencia a romperse. Las aleaciones de oro blanco al paladio son más caras



que las anteriores, pero si en realidad estamos tratando de sustituir el platino, esta diferencia de precio no es tan importante, ya que tienen un buen color, similar al del platino, y son blandas y fáciles de trabajar.

**Tabla 6. Aleaciones de oro blanco de 750 milésimas (18 quilates) sin níquel**

ORO	PLATA	COBRE	PALADIO	FUSIÓN
750	125		125	16,31
750	125	50	75	15,95
750			250	16,68

Estas aleaciones no suelen plantear ningún problema. Su principal inconveniente es el precio, debido al alto contenido de paladio.

**Tabla 7. Con níquel y paladio**

ORO	PLATA	PALADIO	COBRE	ZINC	NIQUEL	DENSIDAD	FUSIÓN
750	150	100	35	1	9	16,03	1020-1150
750		150	50		50	15,92	1092-1150

Las aleaciones más indicadas para cadenas y fundición a la cera perdida son:

- ✓ **Las aleaciones más indicadas.**

Las dos aleaciones son para usos diversos, pero la primera es más indicada para cadenas y fundición a la cera perdida.

- **Aleaciones de platino**

La ley del platino para joyería es de 950 milésimas y naturalmente con solo 50 milésimas de aleación son pocas las cosas que se pueden hacer. En la práctica, el platino para joyería se alea solo con cobre y, en algunos casos en los que se requiere una mayor dureza, se alea con iridio o con rutenio.

La primera aleación es prácticamente la única que se trabaja en Joyería, la segunda aleación es semidura, y la siguientes son aleaciones duras.

- **Aleaciones de plata**

La platería utiliza aleaciones de 925 y 800 milésimas, siendo la de 925 milésimas, conocida como Sterling Silver, la más común para exportación. La plata se alea con metales de bajo punto de fusión, como estaño, plomo, indio y zinc, pero el cobre es el más adecuado para mejorar sus propiedades. A menudo, se añaden níquel y zinc para aumentar la dureza. Las aleaciones de plata tienden a absorber oxígeno, lo que dificulta la formación de aleaciones compactas. Para reducir el oxígeno antes de vaciar las aleaciones, se puede bajar la temperatura o usar aditivos reductores, como cobre fosforoso, en una proporción de 0.5 g por kilo de plata. Este aditivo no es recomendable para aleaciones con níquel. Además, para evitar porosidades, es mejor vaciar las aleaciones de plata utilizando una llama reductora.

**Las aleaciones más corrientes de plata:**

PLATA	COBRE	DENSIDAD
925	75	10,35
800	200	10,13

Cuando se precisan aleaciones más duras, suele prepararse previamente la siguiente liga:

COBRE	ZINC	NIQUEL	LATON 63 %	ALPACA 50 %	DENSIDAD
690	159	151			8,58
388	8			604	8,58
374			22	604	8,58

#### **Aleaciones de plata “inoxidable”:**

Como ya se indicaba anteriormente uno de los mayores problemas de la plata es que se oxida con mucha facilidad. Un punto de partida para el que quiere experimentar puede ser el siguiente:

INDIO	ESTAÑO	ANTIMONIO	DENSIDAD
437	125	438	7,0

Primero se prepara la liga, según la fórmula arriba indicada y, posteriormente, se toma la cantidad que se crea conveniente y se alea con la plata fina. Pueden realizarse pruebas con títulos diferentes.

## 2. Soldadura

### ✓ Aleaciones con metales preciosos

La soldadura es la unión de dos piezas metálicas mediante la aportación de otro metal o aleación de punto de fusión más bajo que el de las partes a soldar.

Aunque existe una enorme variedad de soldaduras, las podemos dividir en dos grandes grupos:

- ✓ Soldaduras dulces o punto de fusión bajo.
- ✓ Soldaduras duras o punto de fusión alto. Al preparar una soldadura, sin tener en cuenta si se trata de un tipo o de otro, es indispensable.
- ✓ Que la mezcla de la aleación sea completamente homogénea.
- ✓ Que los metales empleados sean puros, si es posible electrolítico.
- **Soldaduras dulces o de bajo punto de fusión**

En lo que refiere a la joyería, estas soldaduras solo deben utilizarse cuando no queda otra alternativa. La mayoría de ellas contienen plomo y estaño, que pueden contaminar los metales a soldar, sobre todo el plomo, al que podemos considerar el peor enemigo de los metales preciosos.

- **Soldaduras duras**

Este es un tipo de soldadura totalmente distinta de las anteriores y que distribuiremos en:

- ✓ Aleaciones de cobre para soldar.
- ✓ Aleaciones de plata para soldar.
- ✓ Aleaciones de oro de color para soldar.

- ✓ Aleaciones para soldar oro blanco.
- ✓ Aleaciones para soldar platino.
- **Aleaciones de cobre para soldar**

Estas aleaciones funden entre los 780 y los 1083 °C. Se utilizan mayormente en la industria y no tienen mayor aplicabilidad en la joyería.

- **Soldadura en plata**

Se emplean para soldar plata, cobre, alpaca, latón, etc.

Generalmente se trata de aleaciones:

- ✓ BINARIAS: plata/cobre; plata/cadmio.
- ✓ TERNARIAS: plata/cobre/zinc.
- ✓ CUATERNARIAS: plata/cobre/zinc/cadmio; plata/cobre/zinc/estaño. Los intervalos de fusión suelen estar comprendidos entre los 600 y los 850°C.

**Tabla 8. Binarias**

PLATA	COBRE	FUSIÓN
800	200	
720	280	780
666	334	

**Tabla 9. Todas son fuertes**

PLATA	CADMIO	FUSIÓN
700	300	

PLATA	CADMIO	FUSIÓN
666	334	
600	334	

### Ternarias

Son las más utilizadas en la joyería, en el siguiente cuadro se hace referencia a la sugerencia de utilizar las aleaciones con latón, no obstante, es imprescindible conocer exactamente de qué porcentaje es el latón que se está utilizando y estar seguro de que no contiene impurezas.

**Tabla 10. Ternaria**

PLATA	COBRE	ZINC	LATON 70 %	FUSIÓN °C	OBSERVACION
825	45		130		Para aceros
800	117		83		Fuerte
800	67		133	721-810	Fuerte
750	84		166		Mediana
700	50		250		Mediana
687		250	63		Blanda

**Tabla 11. Cuaternarias**

PLATA	COBRE	ZINC	CADMIO	LATON 70 %	FUSIÓN
750	83	83	84		
750		48	84	118	

PLATA	COBRE	ZINC	CADMIO	LATON 70 %	FUSIÓN
500	150	170	180		626-635
500		106	180	214	626-635
200	450	300	50		615-815
200		108	50	642	615-815

**Tabla 12. Cuaternarias completas**

PLATA	COBRE	ZINC	CADMIO	LATON 70 %
570	275	115	40	
570	7		40	383
400	140	60	400	
400			400	200

- **Soldaduras de oro de color**

Para evitar rebajar el título de la pieza en la que se está trabajando, es recomendable emplear siempre soldaduras del mismo título, aunque de composición adecuada para obtener un punto de fusión más bajo que el de las partes a soldar. También es importante que las soldaduras tengan un color lo más parecido posible al metal que tiene que soldar.

### Soldadura de oro de color

ORO	PLATA	COBRE	ZINC	LATON 70 %	CADMIO	FUSIÓN °C
750	95	115	40			840
750	95	22		133		840
750	160	88	2			
750	160	72		18		
750	50	130	50		20	
750		200			50	

- **Soldaduras oro blanco**

Al trabajar con oro blanco, suelen utilizarse dos soldaduras, una fuerte y otra más tierna. Cuando se habla de oro blanco, no se puede generalizar ya que existen una gran variedad de aleaciones del mismo muy diferentes entre sí.

En realidad, las soldaduras especiales para oro blanco han perdido bastante interés. Actualmente, casi todas las piezas fabricadas en oro blanco acaban terminadas con un baño de rodio que unifica totalmente el color. El baño de rodio es muy difícil que, a través de los años desaparezca de piezas que no tengan un roce excesivo.

La aleación para oro blanco tiene que ser de la misma que se ha utilizado para preparar el oro blanco que se pretende dar.



### Aleación de más de 750 milésimas (+ de 18 qt)

ORO	NIQUEL	ZINC
812	98	90
800	104	90

### Aleaciones de 750 milésimas (18 qt)

ORO	PLATA	CADMIO	ALEACION PARA ORO BLANCO
700	120	30	100

- **Soldaduras para platino**

Las soldaduras más sólidas para el platino son la autógena y la de forjado en caliente. En el primer caso se interpone una delgada lámina de platino del mismo título que el que se trabajó, entre las partes a soldar y, concentrando la llama oxhídrica en la plaquita. Se alcanza el punto de fusión y se rellena el hueco correspondiente. El otro procedimiento consiste en calentar al rojo blanco las partes que se pretenden unir, sobreponerlas y se golpean con un martillo.

Como se observa son dos prácticas que, aunque muy sólidas, son difíciles de llevar a la práctica. Por lo que hay que recurrir a otras aleaciones con un punto de fusión más bajo.

En algunos países, las mismas firmas que venden el platino, venden las soldaduras preparadas y los precios suelen estar muy ajustados al valor real. En estos casos no vale la pena desarrollar nuevas aleaciones, ya que se compran preparadas.

Igualmente, para su conocimiento se facilitan algunas fórmulas de soldadura de platino más utilizadas.

### Soldadura de platino

PLATINO	ORO	PLATA	COBRE	PALADIO	FUSIÓN
900	100				
620		226		154	
333	333	334			
333		667			1230
270		730			1160
782			218		

### **3. La fundición y las variables que definen la calidad de aleación**

La fundición es la operación que permite lograr la fusión de los metales, se realiza muy comúnmente en la preparación de aleaciones preciosas, en las soldaduras y en las recuperaciones. En el ámbito de la joyería es la primera fase del proceso de fabricación y tiene por objeto obtener las aleaciones metálicas con las formas básicas a partir de las cuales se procesarán las piezas de joyería; de manera general la operación consiste en calentar los metales que componen una aleación hasta su punto de fusión, para luego verter el metal fundido sobre un molde que le dará una determinada forma.

#### **✓ Atmósfera de fundición**

Durante el proceso de fundición es muy importante tener una atmósfera controlada en lo referido a la presencia de oxígeno en el ambiente. Esto se debe a varios problemas relacionados con el comportamiento del oxígeno y de los metales durante la fundición.

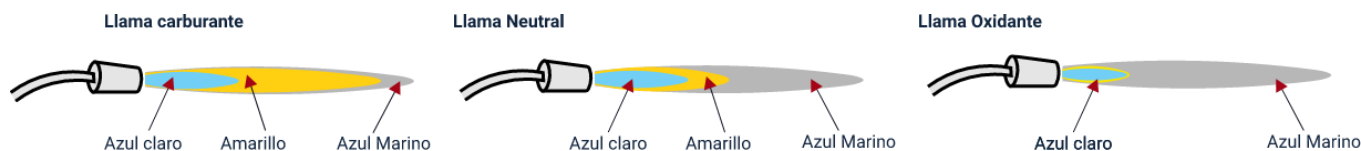
Cuando un metal es sometido a altas temperaturas tiende a reaccionar con facilidad con el oxígeno formando óxidos metálicos inestables (en especial óxidos de cobre) los cuales pueden generar problemas de calidad, así mismo, la oxidación podría afectar a la ley de la aleación, esto se debe a que el oxígeno reaccionara selectivamente con los metales nobles y por tanto la proporción de metales nobles presentes en la aleación aumentara en relación a los metales que se oxidan, siendo esta situación desfavorable para el productor. Por otro lado, se debe tomar en consideración que cuando los metales se encuentran en estado líquido tienden a absorben gases en su interior, siendo el oxígeno el elemento que es absorbido en mayor proporción, (especial interés en el metal de plata que es el metal que más absorbe oxígeno).

### Esta absorción genera 2 problemas:

- **Porosidad:** cuando un metal se solidifica, el gas acumulado en su interior es expulsado bruscamente, sin embargo, parte de este gas puede ser retenido al interior del metal formando agujeros de diferentes tamaños.
- **Formación de óxidos al interior de la aleación:** cuando es absorbido por el metal el oxígeno puede reaccionar con algunos componentes al interior de la aleación (especialmente el cobre) formando óxidos que son muy difíciles de remover y que inciden en la calidad de los productos de manera muy negativa.

### ✓ Temperatura de fundición

Durante el proceso de fundición es sumamente importante el control de la temperatura de la aleación para evitar el sobrecalentamiento de la misma, el cual podría conducir al incremento de mermas de proceso y una mayor absorción de gases por el metal con las consecuencias ya descritas.



Fuente Sena 2024.

### ✓ Técnicas y equipos de fundición aplicables en joyería

La tecnología empleada para fundir aleaciones de metales preciosos en joyería es muy diversa; puede ir desde la utilización de sopletes hasta la aplicación de equipos mucho más sofisticados como los hornos de inducción. La aplicación de determinada tecnología dependerá esencialmente de la empresa, del volumen de producción y de los parámetros de calidad que se necesiten alcanzar.

Existen tres tecnologías de fundición aplicables en la industria joyera:

### ✓ **Soplete de Fundición**

La fundición con soplete consiste en aplicar la llama directamente sobre el metal depositado en el crisol. Todos los sopletes poseen una estructura y forma de funcionamiento bastante similar, poseen un mecanismo que produce una mezcla gaseosa inflamable conformada por dos tipos de sustancias, cuando esta mezcla gaseosa sale a través de la boquilla del soplete, y con el aporte de una fuente inicial de calor, se genera una llama como producto de la reacción de oxidación de la mezcla gaseosa.

### **Combustibles**

Los combustibles son las sustancias que entran en combustión, es decir que se oxidan. Los principales combustibles utilizados en los sopletes de fundición de metales preciosos son:

**Hidrógeno:** que puede generar llamas con temperaturas muy elevadas y es considerado como el combustible más limpio, es el combustible más recomendado para fundir aleaciones de platino, sin embargo, es un gas caro y poco disponible en nuestro medio.

#### **1. Gas natural**

Está compuesto mayormente por metano y etano, este gas es combustible barato, limpio y adecuado para la gran mayoría de aplicaciones en joyería. Si bien su capacidad calorífica es inferior a la del hidrógeno, su ventaja radica en su disponibilidad y que su abastecimiento por tuberías elimina muchos problemas de manipulación.

## **2. GLP o gas licuado de petróleo**

Es una mezcla de propano y butano que, dependiendo del país o de diferentes plantas, puede tener una composición variada, sin embargo, el propano constituye la mayor parte de la mezcla. Al igual que el gas natural es un combustible limpio, sin embargo, resulta más caro y difícil de manipular, considerando que solo está disponible en cilindros o garrafas.

## **3. Acetileno**

Que, si bien pueden generar llamas con temperaturas muy elevadas, es considerado como el combustible menos limpio, puesto que su combustión genera muchos subproductos de carbón que pueden afectar negativamente, en especial a las aleaciones de oro y platino.

### **Capacidad**

La cantidad de metal que se puede fundir a través de un soplete es limitada, a manera de referencia se puede decir que a los sopletes de fundición que alcanzan las temperaturas más elevadas pueden fundir alrededor de 250 g de plata 925 en un ciclo de fundición, desde luego esto depende de muchos factores: tipo de soplete, tipo de combustible, forma de alimentación del oxígeno, tamaños del crisol, temperaturas de fusión de los metales componentes de la aleación, etc.

- **Soplete de fundición**

Un soplete de fundición es una herramienta utilizada para fundir metales, que genera altas temperaturas mediante la combinación de combustible y oxígeno. Su diseño permite ajustar la llama y el flujo de aire, optimizando el proceso de fusión. Ideal

para joyería y metalurgia, su eficacia depende de factores como el tipo de soplete y las características del metal a fundir.

- **Soplete de fundición a gas**

Un soplete de fundición de gas es una herramienta que utiliza gas, como propano o acetileno, para generar altas temperaturas necesarias para fundir metales. Su diseño permite ajustar la llama, proporcionando control sobre el proceso de fusión. Es ideal para trabajos en joyería y metalurgia, facilitando la fusión de aleaciones con precisión y eficiencia en talleres artesanales y profesionales.

- **Soplete de fundición gas/oxígeno**

Un soplete de fundición de oxígeno utiliza oxígeno y combustible, como acetileno, para generar temperaturas extremas que permiten la fusión de metales. Este tipo de soplete proporciona una llama muy caliente y controlable, ideal para trabajos de precisión en joyería y metalurgia. Su capacidad para fundir metales de alta densidad lo convierte en una herramienta esencial en talleres especializados.

- ✓ **Horno eléctrico**

Los hornos eléctricos de fundición para joyería son unidades compactas y relativamente económicas. Generan calor debido al paso de corriente eléctrica a través de una resistencia eléctrica que se encuentra alojada en una cámara donde se coloca el crisol que a su vez contiene el metal a fundir, el calor generado por la resistencia calienta el crisol y este a su vez calienta el metal en su interior. La capacidad de los hornos eléctricos está en el rango de 700 a 2500 gramos de plata 925 por ciclo de fundición (esta cantidad depende de los metales con que se trabaje).

## ✓ **Control de variables**

Los hornos eléctricos permiten un mejor desempeño y control de las variables del proceso de fundición respecto de los sopletes, adicionalmente, al ser programables permiten cierta autonomía al personal que opera el equipo.

### **1. Atmósfera de fundición**

La gran mayoría de los hornos eléctricos utilizan crisoles de grafito que protegen al metal contra la oxidación y la absorción de oxígeno durante el proceso de fundición, esto es posible gracias a que el grafito sometido a altas temperaturas reacciona con el oxígeno presente en la atmósfera disminuyendo drásticamente la presencia de moléculas de oxígeno que podrían reaccionar con el metal o ser absorbidos por este.

### **2. Temperatura de Fundición**

Los hornos eléctricos permiten programar la temperatura de fundición, además están equipados con controladores que permiten mantener las temperaturas adecuadas para el proceso de fundición sin el riesgo de sobrecalentamiento del metal, usualmente la temperatura máxima que alcanzan estos equipos es de 1120 °C.

### **3. Homogeneizado**

Es un horno eléctrico, el método de homogeneizado más común consiste en revolver manualmente el metal fundido con una varilla de grafito, desde luego este no es el método ideal, algunas unidades están equipadas con un agitador mecánico al interior del crisol mejorando su desempeño. Tiempo de operación: para fines prácticos se puede considerar que un horno eléctrico complementará un ciclo completo de fundición en un tiempo de



30 a 40 minutos, sin embargo, cuando se realizan ciclos seguidos, el tiempo de operación disminuye a 20 minutos luego del primer ciclo.

### ✓ **Hornos de inducción**

La tecnología de inducción ha sido empleada por mucho tiempo en la industria de la fundición de metales a gran escala, sin embargo, no fue sino hasta el desarrollo de los semiconductores que fue posible la fabricación de equipos más pequeños adecuados a las escalas de producción de la industria de joyería.

La fundición por inducción se trata de un sistema electromagnético donde una bomba de inducción que puede utilizar corriente con frecuencias altas y medias induce el movimiento de los electrones de los átomos metálicos y este movimiento genera el calor suficiente para fundir el metal.

## 4. Depurantes y fundentes

Son dos tipos de sustancias que son agregadas al metal durante el proceso de fundición con el objeto de remover impurezas, favorecer la fundición y reducir la exposición del metal a los gases presentes en el ambiente; factores que repercutirán en la calidad de la aleación.

### ✓ Depurantes

Los depurantes son sustancias que se agregan básicamente con el fin de refinar la masa fundida, en una primera instancia. Los depurantes más utilizados son el nitrato de potasio (salitre) y el bicarbonato de sodio, sin embargo, también pueden emplearse el carbón dulce, aserrín de madera y cianuro de potasio.

### ✓ Fundentes

Son sustancias que se agregan para favorecer la fundición de los metales, disponiéndose como una capa que recubre la superficie del metal fundido, evitando de esta manera el contacto del metal con el aire y a su vez permite la fluidez de la fusión disolviendo los óxidos formados.

**Bórax:** es un sólido blanco, cristalino, soluble en agua fría, con un ligero sabor alcalino, desde el punto de vista químico, es una sal formada por la unión de ácido bórico y sodio.

**Ácido bórico:** el bórico disuelto en alcohol es un óptimo fundente, además tiene un cierto poder desengrasante pero su uso no es muy común para el proceso de fundición, más bien se lo utiliza ampliamente para operaciones de recocido y soldado, ya que comienza a proteger el metal a menor temperatura.

## ✓ Decapado

Todos los metales utilizados por el joyero, al recocerlos o soldarlos, si no se han tomado precauciones previas, se oxidan y cambian de color, además para eliminar los óxidos de estos metales y también los restos de fundentes, se utilizan una serie de soluciones químicas, llamadas de decapado (de blanqueamiento o de desoxidación).

### Clases, técnicas y aplicaciones del decapado

Existen múltiples soluciones para el decapado, se debe tener en cuenta para qué metales sirven más efectivamente y las mínimas condiciones de seguridad de acuerdo a las reacciones que se producen al ser preparadas y utilizadas, algunas de las fórmulas que existen son:

#### En la mayoría de los casos

Agua corriente	900 ml
Ácido sulfúrico	50 a 100

Se debe tener especial cuidado con el uso del ácido sulfúrico ya que puede atacar de forma excesiva el metal. Siempre se debe echar el ácido sobre el agua y no al contrario, para prevenir o minimizar las reacciones violentas por la mezcla. Esta fórmula es la más utilizada para el oro, la plata y el cobre.

Esta solución de acuerdo con el caso puede resultar más efectiva:

1. Agua corriente: ácido sulfúrico, bicromato sódico.

Solución para el oro de color:

2. Agua corriente: alumbre de potasio.

Para los casos un poco más complejos en el oro de color:

3. Agua corriente: alumbre de potasio, nitrato potásico o sulfato de aluminio.

Existen otras soluciones con un componente 25 que hoy en día se está descontinuando, pues se busca minimizar riesgos para las personas que trabajan en estos oficios y además como responsables del cuidado del medio ambiente, pues están basadas en la utilización de cianuro.

Para el oro blanco, que algunas veces presenta dificultades al ser decapado, sus aleaciones por ser tan variadas (níquel, paladio o mezclas de los dos metales), o que el contenido de plata es más alto que en otras, es difícil determinar una solución que sirva para todo. Lo más fácil es intentar primero con alguna de las soluciones indicadas anteriormente y si el resultado no es el esperado, se puede probar con la siguiente:

Tiourea: ácido sulfúrico, detergente neutro, agua (hasta completar 1000 ml).

Otra fórmula es: persulfato amónico, ácido sulfúrico, agua.

Las fórmulas utilizadas para el decapado del acero inoxidable se caracterizan por las mezclas de ácidos concentrados, por este motivo se deben tener precauciones al ser manipulados estos ácidos y así evitar cualquier tipo de accidente.

**Para aflojar la cascarilla:** ácido sulfúrico (químicamente puro), ácido clorhídrico (químicamente puro), agua (hasta completar 1000 ml).

**Para quitar la cascarilla:** ácido nítrico (químicamente puro), ácido fluorhídrico (químicamente puro).

**Decapado con algo de brillo:** ácido nítrico (químicamente puro), ácido clorhídrico (químicamente puro), agua.

**Para acabado blanco mate:** sulfato férrico, ácido fluorhídrico (químicamente puro), agua.

**Para el decapado del cobre y sus aleaciones podemos seguir los siguientes pasos:**

1. Ácido sulfúrico (concentrado), ácido nítrico concentrado, negro humo (hollín).
2. Ácido sulfúrico (concentrado), ácido nítrico concentrado.

Imagen de apoyo.

Primero el paso 1 (su preparación) se deja reposar unas 12 horas antes de agregar el paso 2.

## 5. Ensayos químicos

Los ensayos son fundamentales en todo proceso químico y en este caso como lo es la joyería, no es la excepción. La necesidad de reconocer cada metal (análisis cualitativo) y determinar la proporción en que se encuentra presente (análisis cuantitativo) nos permite determinar si la aleación con la que estamos trabajando es la correcta o no.

Los ensayos son aplicables al metal, a las aleaciones o en algunos casos, a las soluciones como los baños de oro. Un error de parte química en los metales preciosos puede resultar muy costoso, un análisis mal hecho puede ser una pérdida significativa, por esto, se hace necesario que este servicio lo desarrolle una persona o una empresa responsables.

### ✓ La muestra

Todo tipo de análisis o proceso químico parte de una muestra, es indispensable que la muestra tenga la misma cualidad, que sea representativa. Si se va a analizar un lingote de oro y solo se sacan unas virutas, esta muestra solo arrojará los resultados del sitio de donde se sacó la viruta y no mostrará realmente el análisis del lingote; si se analiza un líquido, antes de tomar esta muestra el líquido tiene que ser agitado hasta que esté perfectamente mezclado, pues si esto no es así nos arrojará falsos resultados.

Para el análisis de un lingote, se hace necesario que este sea fundido las veces que sea necesario para obtener una mezcla lo más homogénea posible.

Cuando analizamos polvo, tenemos que asegurarnos que este esté bien calcinado, ya que, de no ser así, el error se daría por las diferencias de peso habidas antes y después de quemar. Para hacer la comprobación se puede poner una cierta

cantidad de polvo sobre una placa metálica, libre de impurezas y grasa, se calienta por debajo, hasta que todo el polvo llegue al rojo (600 a 800 grados Centígrados). Si durante esta operación hay desprendimiento de humo procedente del polvo que se está tratando será evidente que no estaba bien calcinado, lo cual demostraría que este no podrá ser representativo, lo cual nos llevará a quemar de nuevo todo el polvo. A continuación, luego de estar el polvo bien calcinado, deberá comprobarse si el molido y tamizado de este están bien hechos, de lo contrario aparecerán unas bolas metálicas que alterarán los resultados. Se hace necesario que, si el molido y tamizado están bien hechos, se realice una inspección óptica, para comprobar, sin embargo, se recomienda mezclarlo convenientemente antes de seguir adelante.

Las referencias que anteriormente se han nombrado son sobre muestras destinadas a ser destruidas.

En la actualidad existen otros tipos de muestras a través de aparatos como modernos aparatos de rayos X, con las cuales no es necesario destruir las muestras.

#### ✓ **Análisis Cualitativo**

Nos indica si un determinado metal o material, está o no presente en la muestra, pero no nos indica en qué cantidad.

#### ✓ **Método de limado**

Se procede a limar cuidadosamente en un lugar de la pieza que no esté a la vista, para no estropearla, y a continuación se toca el lugar limado con una gota de reactivo.

El objetivo de limar la pieza ya que puede tener un baño de oro de varias micras y, en este caso, su apariencia exterior es exactamente igual que la de otra pieza que

este fabricada en ese metal. Incluso si dejamos caer una gota de ácido nítrico sobre la pieza, de latón o cobre, chapada, no habría ninguna reacción.

### ✓ **Piedra de toque**

La piedra de toque es, generalmente, un basalto negro procedente de Silesia, cortado en forma rectangular, con unas medidas aproximadas de 50 x 30 x 7 mm. de superficie mate y algo áspera. Es muy resistente a una amplia serie de ácidos.

### **Su empleo es muy sencillo**

Uno de los bordes de la pieza o trozo de metal que se quiere comprobar, se frota contra la piedra de forma que queden trazas del metal marcadas en la superficie de la misma. A continuación, se frota también otro metal cualitativa y cuantitativamente conocido. Dejando las trazas del mismo junto a las del primero, separadas ambas por el espacio justo y necesario para que no se confundan unas con otras. Seguidamente se aplican unas gotas del reactivo de forma que cubran, al mismo tiempo, parte de las trazas de los dos metales, del que se quiere probar y del de referencia.

Si las dos aleaciones son iguales, las reacciones en las dos trazas también serán iguales. Si las reacciones son diferentes es que, evidentemente, se trata de aleaciones distintas.

Junto con la piedra de toque, se suelen suministrar una serie de testigos que consisten en tiras de latón, en las cuales en sus puntas se encuentra soldado un pedacito de oro de un título conocido y que viene convenientemente marcado. Sus puntas son de 22, 20, 18, 14 y 10 quilates, siendo estas las más comunes. Para cada una de estas puntas existe un reactivo. Estos reactivos atacan, por ejemplo, el de 18 quilates no ataca el de 20 o 22 pero sí a todos los que están por debajo.



El reactivo utilizado para la piedra de toque es comúnmente denominado “agua de la piedra de toque” y tiene su origen en el agua regia, que está formada por

<b>Ácido clorhídrico</b>	<b>3 o 4 partes</b>
Ácido nítrico	1 parte

Existen una cantidad de fórmulas para trabajar como reactivo de la piedra de toque, a continuación, están algunas:

#### **Para oro de 900 milésimas**

<b>Ácido nítrico de 40 Béaumé</b>	<b>80 partes</b>
Ácido clorhídrico de 21 Béaumé	10 partes
Agua destilada	30 partes

#### **Para oro de 750 milésimas**

<b>Ácido nítrico</b>	<b>15 partes</b>
Ácido clorhídrico	1 parte
Agua destilada	10 partes
Ácido nítrico de 37 Béaumé	98 gramos
Ácido clorhídrico de 21 Béaumé	2 gramos
Agua destilada	25 gramos
Ácido nítrico	984 gramos
Ácido clorhídrico	16 gramos

### Para oro de 583 milésimas

Ácido nítrico 40 Béaumé	800 partes
Ácido clorhídrico de 21 Béaumé	10 parte
Agua destilada	partes

Todas las fórmulas indicadas anteriormente son a título orientativo, es adecuado experimentar con las propias aleaciones y reforzarlas o debilitarlas según el caso.

Para oro bajo de 15 a 500 milésimas, se utiliza ácido nítrico de 32 grados Béaumé, diluido en agua destilada.

Las reacciones para pruebas de piezas en plata:

1. **Título alto:** da color marfil y el metal no reacciona.
2. **Título bajo:** da color gris, hierve y deja mancha en el metal.

Entre otros ensayos que nos pueden orientar, están:

**Ácido clorhídrico:** ninguna reacción con oro, plata, paladio o platino. Reacción violenta sobre aluminio y zinc.

**Ácido nítrico:** reacción violenta sobre cobre y níquel con coloración verde o azul, con el cadmio, el zinc y la plata el ácido permanece blanco. El paladio se disuelve, encuartado y de color rojo.

1. El estaño da copos blancos.
2. Ácido sulfúrico: en caliente ataca la plata y el estaño.
3. Ataca el cobre con color verde o azul.
4. Ataca el paladio, encuartado, en color rojo.

5. Mezclado con agua ataca violentamente al zinc.
6. No ataca al oro ni al platino.
7. Agua regia: disuelve casi todos los metales.
8. Cobre y níquel dan color azulado hierro da color pardo.
9. Cobalto da color rosa.
10. Plomo estaño, zinc y cadmio incoloros.
11. Plata da color marfil precipitando cloruro de plata.
12. Oro da color rojo amarillento.
13. Platino en caliente da color amarillo oscuro.
14. Paladio, rojo intenso oscuro.

✓ **Para distinguir la plata**

Primer procedimiento, se ataca con ácido nítrico y, posteriormente se añade ácido clorhídrico o una solución saturada de sal de cocina. Si es plata se precipita cloruro de plata, de color blanco.

Segundo procedimiento, se preparará la siguiente solución.

Dicromato potásico.....10 g

Agua destilada.....700ml

Ácido sulfúrico.....200 ml

Esa solución corroe la plata manchándola en rojo.

Para apreciar mejor el color séquese, sin frotar, con la ayuda de papel secante.

Tercer procedimiento, se prepara la siguiente solución.

Sulfato de Plata.....10 gr

Agua destilada.....1000 ml

### **Una gota de esa solución sobre la muestra**

No modifica la plata fina.

Mancha negra los metales no nobles.

Mancha más o menos gris las aleaciones de plata, cuanto más bajo es el título más oscuro es la mancha.

### **✓ Análisis cuantitativos**

Este análisis nos indica en qué cantidades de un determinado componente se encuentra presente en la fórmula o en la muestra.

### **✓ Ensayo de oro, de sus aleaciones por copelación**

Este método se basa en la fusión de la muestra con un fundente a alta temperatura, el fundente está constituido básicamente por los siguientes reactivos: óxido de plomo, carbonato de sodio, bórax, las principales características son las de disminuir el punto de fusión de los metales y oxidar las impurezas para formar la escoria. Además de nitrato de potasio, harina y nitrato de plata, etc. Los metales nobles son colectados por el plomo del litargirio, formando el régulo el cual permanece en la parte inferior de la escoria debido a su alto peso específico. Este régulo, luego de ser separado de la escoria es copelado a alta temperatura, en copelas de ceniza de hueso; las cuales absorben el plomo liberando así el oro y la plata. El botón de oro y plata es comúnmente llamado doré. Este doré es laminado y disgregado con una solución de ácido nítrico para disolver la plata, el oro queda como una charpita en el fondo del crisol, el cual es pesado en una microbalanza.

### ✓ **Ensayo de oro, de sus aleaciones, sin copelación (sistema casero)**

Este sistema solo se debe emplear si no existe otra posibilidad, sus resultados son poco precisos, aunque muy superiores a los conseguidos por medio de la piedra de toque.

- Se toma 1 gr de oro de la muestra para analizar y se pesa.
- Se toma un crisol, lo más pequeño posible y se funden en ella unos tres gramos de plata fina.
- Cuando la plata está fundida, se mantiene la temperatura con fuego indirecto, para que continúe la plata fundida pero que no pueda salpicar.
- Se añade a la plata fundida, el oro de la muestra, procurando que no se pierda ni la más mínima partícula.
- Se mantiene a temperatura el tiempo indispensable para que el oro y la plata se mezclen.
- Se deja enfriar y se comprueba que todo ha quedado en un solo lingote y que no han quedado bolitas de oro esparcidas por el crisol.
- Se saca el lingote de la cuchara y se limpia de cualquier resto de la misma que pueda tener pegado.
- Se toma un vaso de precipitado de 100 ml, y séllela hasta la mitad con una solución de ácido nítrico, químicamente puro, al 30 %.
- Se calienta la solución de nítrico en el baño de arena y cuando la temperatura alcanza los 30 o 40°C, se introduce el lingote procedente de la fundición.
- Cuando cese el ataque del ácido, se quitará este ácido decantado y se llenará nuevamente el vaso de precipitado hasta la mitad, con solución de ácido nítrico, químicamente puro, esta vez al 50 %.

- Se continúa calentando el vaso de precipitado en el baño de arena hasta que no se produzcan más vapores nitrosos de color rojizo.
- Ahora se lava, por decantación, con agua destilada, unas seis veces y se pasa el metal a un crisol de porcelana, con la ayuda de un frasco lavador.
- Se puede dejar secar el vaso de precipitado cerca de cualquier fuente de calor que no sobre pase los 50°C.
- Una vez completamente seco se toma el crisol con la esponja de oro y se calcina utilizando directamente la llama de un soplete o similar.
- Se deja enfriar y se pesa en una gramera.
- Se divide el peso final por el peso inicial. El cociente obtenido multiplicado por 1000 indicará el título en milésimas.

✓ **Ensayo del oro aluvionar por gravimetría y copelación**

El oro aluvionar es el que familiarmente se llama pepitas de oro. Generalmente, se encuentra aleado con otros metales, especialmente con plata. A fin de tener un conjunto homogéneo, se funden todas las pepitas de oro en un solo lingote. Para estos tipos de procedimientos siempre se deben tomar toda clase de precauciones para evitar la contaminación del material a analizar.

✓ **La prueba de densidad**

Hay pocos metales que sean más densos que el oro. La densidad del oro puro de 24 quilates es aproximadamente de 19,3 g/ml, lo que es mucho más que la mayoría de los metales. Medir la densidad de la pieza puede ayudarte a saber si es oro o no lo es. Como regla general, cuanto más densa sea la pieza, más puro es el oro. Esta prueba no debe realizarse con anillos u otros objetos que tengan joyas engarzadas. Lee la sección Advertencias para encontrar información importante respecto a la prueba de densidad.

### 1. Prueba de densidad paso 1

Comprueba el peso de la pieza. Si no tienes tu propia báscula de precisión o una balanza, puedes pedir en una joyería que pesen la pieza y, normalmente, lo harán gratis.

### 2. Prueba de densidad paso 2

Llena una probeta con agua. Es muy útil que la probeta, o el recipiente transparente que uses, tenga una graduación en mililitros. Así te será más fácil hacer la medición para esta prueba. No importa la cantidad de agua que uses en el recipiente, mientras pueda cubrir la pieza. El agua subirá de nivel cuando sumerjas la pieza. Es muy importante averiguar el nivel exacto del agua antes y después de sumergir la pieza.

### 3. Prueba de densidad paso 3

Sumerge la pieza en la probeta. Anota el nivel de agua y calcula la diferencia entre el anterior y el nuevo en mililitros.

### 4. Fórmula para la densidad

Usa la siguiente fórmula para calcular la densidad.

Densidad = masa / volumen de agua desplazado. Un resultado cercano a 19 gramos/ml indica que la pieza es de oro real, o de un material con una densidad muy similar a la del oro. Aquí tienes unos ejemplos prácticos.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso en gramos pieza}}{\text{Peso en gramos piezas - pesos pieza en agua}}$$

La pieza pesa 38 gr y desplaza 2 mililitros de agua en la probeta. Usando la fórmula de masa (38 gr) / Volumen desplazado (2 ml), el resultado es 19 gr/ ml, lo cual está muy cerca de la densidad del oro. Ten en cuenta que las diferentes calidades de oro tienen diferente densidad en gr/ml:

14K-12,9 a 14,6 gr/ml

18K amarillo-15,2 a 15,9 gr/ml

18K blanco-14,7 a 16,9 gr/ml

2K-17,7 a 17,8 gr/ml

## 5. Advertencia en la prueba de densidad

Algunas joyas son huecas por dentro. Si hay un espacio vacío en el interior de la pieza, la prueba de densidad NO será exacta, ya que el espacio interior le añade volumen a la pieza al sumergirla en agua. La prueba de densidad solo es válida con objetos macizos, o con aquellos objetos en que las cavidades puedan quedar completamente llenas de agua. Tan solo una pequeña burbuja de aire haría que la prueba de densidad fuera inexacta.

## 6. Video

Balanza analizar pureza del oro radwag [consultar video](#)

Densidad por peso casero [consultar video](#)

### ✓ **Modificar la ley de los metales**

Resulta imprescindible, cuando estamos trabajando los metales preciosos, que debemos realizar una adición de otros metales para que el metal fino tenga



características mecánicas apropiadas para su transformación, aquí les describimos las principales fórmulas para obtener lingotes de en la ley que sea necesaria:

### **Subir el título con oro fino**

La siguiente fórmula resulta muy útil cuando se quiere convertir una ley baja en otra alta, añadiendo oro fino. Se debe tener presente que 1000 milésimas corresponden a la ley del oro fino y que, en este caso, la ley deseada es siempre la ley más alta.

$$\text{Cantidad oro a añadir} = \frac{\text{Ley alta} - \text{Ley baja} \times \text{peso en gr}}{1000 - \text{Ley alta}}$$

Queremos aumentar un lingote de 20 gr de 500 milésimas (ley baja) a 750 milésimas (ley alta). Se tendrá que añadir 20 gr de oro fino.

Así pues, al añadir 20 gr de oro fino a los 20 gr de 500 milésimas que ya se tenían en un principio, se obtiene un lingote de 40 gr de aleación de 18 quilates (750 milésimas).

### **✓ Disminuir con aleación un título más alto**

La fórmula permite rebajar una ley alta añadiendo liga al metal. En este caso, la ley baja es la ley deseada.

Por ejemplo, si es necesario pasar de 25 gr de oro de 22 quilates a 18 quilates, se aplica fórmula.

## 6. El riesgo higiénico en la joyería

La industria de la joyería presenta una serie de riesgos higiénicos singulares, debido a la naturaleza de las materias primas empleadas y de los productos finales. Desde el sector se le ha concedido una escasa importancia a la existencia de estos riesgos y a la posible aparición de enfermedades laborales. Esta infravaloración de los riesgos higiénicos y sus consecuencias viene motivada por tratarse de un sector con un marcado carácter tradicional y fuertemente atomizado, así como, un escaso desarrollo tecnológico, aunque en la actualidad se encuentra en proceso de cambio, lo cual en un futuro podría incidir en la minimización de los riesgos que conllevan la aparición de enfermedades profesionales en el sector.

Otro de los factores que repercute es la escasa preocupación por parte de los trabajadores sobre los riesgos higiénicos a los que se encuentran sometidos, debido a una baja cualificación de los mismos y a una falta de información y formación sobre la peligrosidad, para su salud, de los productos manejados.

### ✓ **Riesgo de exposición a sustancias peligrosas**

Este tipo de riesgos está presente debido a las sustancias y productos químicos utilizados en el tratamiento de las materias primas que sirven para la fabricación de joyas, así como a los humos que emanan de la fundición de materiales.

Con el fin de evitar estos riesgos, entre otras medidas, use los elementos de protección personal y siga los procedimientos de trabajo en relación con las sustancias peligrosas, ya sea en manipulación, almacenamiento, etc.

- Causas de exposición a sustancias peligrosas.

- Contacto con sustancias y productos químicos usados en el tratamiento de materias primas del rubro. Humos de fundición de materiales.
  - Medidas de prevención.
  - Sustituir sustancias peligrosas por otras con las mismas propiedades pero que generen menos peligro a las personas.
  - Tener las hojas de datos de seguridad de las sustancias peligrosas.
  - Renovar periódicamente el aire en el ambiente de trabajo (ventilación y extracción forzada o natural).
  - Mantener los recipientes bien cerrados, correctamente almacenados, etiquetados y en lugares ventilados.
  - Utilizar los elementos de protección personal adecuados al tipo de producto a manipular.
  - Generar procedimientos de trabajo (manipulación, almacenamiento, desechos, etc.).
- ✓ **Riesgo de quemaduras**

El contacto con utensilios o superficies calientes, como los hornos, o la proyección de líquidos a temperaturas elevadas, pueden ser causas de quemaduras. Con el fin de prevenir estos riesgos, use los elementos de protección personal y siga los procedimientos de trabajo que la empresa ha establecido.

- Causas de quemaduras.
- Contacto con utensilios o superficies calientes (hornos, etc.).
- Proyección de líquidos a temperaturas elevadas.
- Medidas de prevención.
- Utilizar los elementos de protección personal.

- Generar procedimientos de trabajo.

✓ **Riesgo de incendios**

Con el fin de evitar que se produzca un incendio, cuyas consecuencias puedan llegar a ser catastróficas, es necesario tomar medidas tales como renovar periódicamente el aire en el ambiente de trabajo, manipular correctamente los materiales combustibles o inflamables de acuerdo con el procedimiento de trabajo indicado, no fumar en zonas de alto riesgo, etc.

Un incendio es una situación en la que nadie se quiere ver envuelto, sobre todo porque un fuego que se sale de control es un poderoso enemigo capaz de provocar muchos y grandes daños, tanto para las personas como para los bienes materiales.

- Causas de incendios.
- Origen eléctrico (instalaciones eléctricas defectuosas o inadecuadas).
- Llamas abiertas.
- Proyección de partículas incandescentes.
- Descuidos en el control de las fuentes de calor y/o combustibles.
- Electricidad estática.
- Medidas de prevención.
- Renovar periódicamente el aire en el ambiente de trabajo (ventilación y extracción forzada o natural).
- Mantener bajo control todas las fuentes de calor o de combustibles.
- Mantener orden y aseo en todos los lugares de trabajo.
- La instalación eléctrica debe cumplir con la normativa vigente de servicios eléctricos, en el diseño, instalación, mantención y uso.

- Los materiales combustibles o inflamables deben mantenerse lejos de los procesos que signifiquen altas temperaturas (almacenados en locales aparte y bien ventilados).
- Establecer prohibición de encender fuegos y de fumar en zonas de alto riesgo de incendio.
- Evitar labores que generen electricidad estática (roce con partes metálicas, etc.); de no poder evitarse, se deberá conectar a tierra los equipos involucrados.
- Generar procedimientos de trabajo.

## 7. Manejo de residuos

Es muy difícil estandarizar y cuantificar la problemática ambiental en el sector de la joyería, lo cual puede adjudicarse principalmente a la complejidad y heterogeneidad propias de esta actividad productiva.

En las actividades de refinación y joyería se utiliza una gran variedad de sustancias y compuestos químicos en las operaciones de afinación, procesamiento del mineral y pulimento químico. Estos compuestos, suelen estar asociados a la generación de residuos, que generalmente se desechan solos o mezclados con líquidos de proceso, por una vez que ha trabajado la aleación.

Entre los principales problemas ambientales asociados a la refinación, procesamiento, manejo y disposición de residuos en la actividad de joyería se destacan:

1. Dispersión de material particulado debido al trabajo en las pulidoras mecánicas.
2. Vertimientos no controlados de metales como Cu, Al, Na, Zn, compuestos de CN, NO<sub>3</sub> y otros.
3. Generación de niveles elevados de ruido.
4. Generación de emisiones tóxicas y corrosivas debidas a las sustancias utilizadas como cianuro y el ácido nítrico.
5. Efectos sobre la salud de los trabajadores y poblaciones en el área de influencia.

En este escenario se pueden inferir que el problema ambiental crítico de los talleres de refinación y joyería se relaciona con el inadecuado manejo de los reactivos y

a su vez, el desperdicio o inutilización de importantes cantidades que finalmente van a deteriorar el medio.

- **Vertimiento resultante de la refinación con ácido nítrico**

Están constituidos principalmente por nitratos de cobre y sodio. Se mezcla con las aguas de lavado para ser vertido directamente al alcantarillado sin previo tratamiento.

- **Aguas de lavado**

Que en volumen son las más representativas y contiene contaminantes como jabón, yeso de joyería, residuos de ácidos en muy baja concentración de  $H_2SO_4$  soda cáustica  $NaOH$  y/o etanol. En algunos talleres este vertimiento es decantado y sedimentado en un sistema de tanques para evitar pérdidas de piezas y material fino que se pierde en el lavado. Los sedimentos se recuperan cada seis meses por fundición o por métodos químicos.

- **Emisiones gaseosas**

Vapores de pulimentos químicos con cianuro y están constituidos principalmente por CNO óxidos nitrosos ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_4$ ), provenientes de los sistemas de fundición y calcinación en el tratamiento para recuperación de oro a partir de la escoria.

## Síntesis

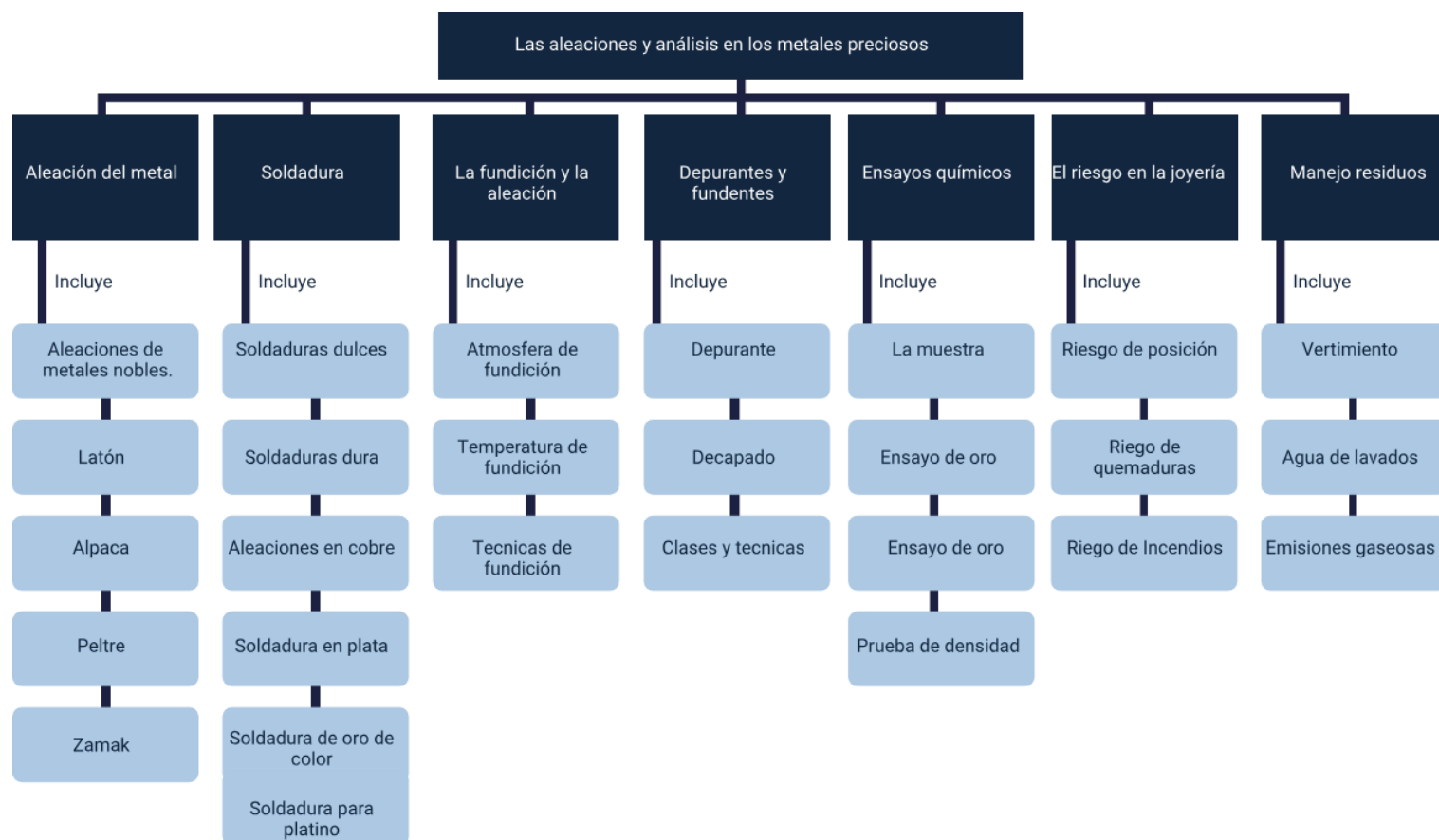
El programa de aprendizaje se enfoca, en la aleación del metal que combina dos o más metales para mejorar sus propiedades en joyería. La soldadura une piezas mediante calor, esencial para ensamblar y reparar.

La fundición implica verter metal en un molde, con su calidad dependiente de factores como temperatura y composición. Los depurantes eliminan impurezas, mientras que los fundentes facilitan la fusión.

Los ensayos químicos analizan la pureza de metales, y modificar la ley ajusta la composición para alterar características. El riesgo higiénico en la joyería incluye peligros por exposición a sustancias tóxicas, por lo que se requieren medidas de seguridad.

El manejo de residuos se centra en la gestión adecuada de desechos, fundamental para cumplir normativas ambientales y recuperar metales preciosos.





## Glosario

**Aleación eutéctica:** como la solidificación de la aleación eutéctica se presenta a temperatura constante, su curva de enfriamiento sería la misma que la de un metal puro o cualquier aleación de fusión congruente; sin embargo, la solidificación eutéctica es incongruente, ya que hay una diferencia en composición entre el líquido y las fases.

**Cobre fosforoso:** aleación de cobre con un 10 % de fósforo, muy dura y quebradiza. Tiene una fractura típica; se utiliza técnicamente como medio de introducir fósforo en el cobre y en diversas aleaciones del mismo con objeto de procurar su desoxidación.

**Copela:** son fabricadas de cemento y cenizas de hueso o magnesita, se utilizan para separar el oro y la plata del plomo que ha actuado como colector y además de otras impurezas metálicas que generalmente acompañan al botón auroargentífero.

**Copelación:** la copelación es un proceso de oxidación a altas temperaturas, por lo cual los metales nobles se separan de todas las impurezas o metales no nobles que pueden acompañarlos. Las impurezas (metales) se mezclan con el plomo sobre la copela y después de someterse a altas temperaturas y una atmósfera oxidante.

**Crisol de arcilla:** este crisol sirve para fundir el mineral con el fundente.

**Doré:** botón auroargentífero, producto de la copelación.

**Encuartar:** es la adición de plata que se hace para que producto de la copelación se obtenga un doré que sea soluble, para esto es necesario que esté en relación (1: 3 oro: plata respectivamente).

**Escoria:** sustancia vítrea, formada por las impurezas, que flota en el crisol de los hornos metalúrgicos.

**Fundente:** es una mezcla de sales que se usan durante la fundición. Estas sales son litargirio, bórax, carbonato de sodio las cuales se mezclan en proporciones diferentes dependiendo de la naturaleza de las impurezas que se trata de eliminar en la escoria.

**Llama neutra:** esta la obtenemos por medio de la mezcla de volúmenes iguales de oxígeno y acetileno, se le conoce como destructora de óxidos metálicos, esta llama se utiliza para soldar aceros al carbono y cobre.

**Llama oxidante:** hay un exceso de oxígeno que tiende a estrechar la llama a la salida de la boquilla. Esta llama se utiliza para soldar bronce y latón. Soldadura autógena. En este tipo de soldadura, la combustión se realiza por la mezcla de acetileno y oxígeno que arden a la salida de una boquilla (soplete). La soldadura autógena no requiere de aporte de material.

**Llama reductora:** se genera cuando hay exceso de acetileno, partiendo de la llama de acetileno puro. Al aumentarse el porcentaje de oxígeno, se hace visible una zona brillante, dardo, seguido de un penacho de acetileno de color verde pálido, que desaparece al igualarse las proporciones. Esta se utiliza para soldar hierro fundido, aluminio, plomo y soldaduras de recubrimientos duros.

**Tiourea:** a temperatura ambiente se presenta como un sólido inodoro, incoloro. Es un compuesto nocivo, peligroso para el medio ambiente, tóxico para la reproducción.

## Material complementario

Tema	Referencia	Tipo de material	Enlace del recurso
6. El riesgo higiénico en la joyería.	Montero Simó, R. (2001). <i>Riesgos higiénicos en el sector de la joyería</i> . Sección Técnica, (12), 18-39.	PDF	<a href="https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/en/media/group/1024206.do">https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/en/media/group/1024206.do</a>

## Referencias bibliográficas

Aimme, L.G. (2010). Los metales tóxicos en joyería y bisutería. España.

Alcina B, J. (1989). Los metales en la joyería moderna. 2 ed. Barcelona: s.n. p. 65-124. Alvarado, R. (2011). Manual de Buenas Prácticas de Joyerías. Bolivia, Ed. Nitranse publicidad. Normas técnicas sectorial.

Alsina, Benavente (1989). Los metales en la joyería moderna. Ed. Alsina.

Alvarado, R. (2011). Manual de Buenas Prácticas de Joyerías. Bolivia, Ed. Nitranse publicidad.

Codina, Carles. (2000). La Joyería. Barcelona: Parramón.

López, Aniceto. (2007). Metales preciosos: el oro. Córdoba: Real Academia de Córdoba.

Montero Simó, Rosa. Riesgos higiénicos en el sector de la joyería. Centro de seguridad e higiene en el trabajo de Córdoba consejería de empleo y desarrollo tecnológico junta de Andalucía.

Prevención de riesgos en el rubro de joyería y bisutería. Subgerencia de capacitación y publicaciones.

<https://www.yumpu.com/es/document/view/14712509/prevencion-de-riesgos-en-el-rubro-dejoyeria-y-bisuteria-achs>

Real Decreto 197/1988, por el que se Aprueba el Reglamento de la ... Retrieved 12,2016, from <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1988-6186>

## Créditos

Nombre	Cargo	Centro de Formación y Regional
Milady Tatiana Villamil Castellanos	Responsable del Ecosistema de Recursos Educativos Digitales (RED)	Dirección General
Miguel De Jesús Paredes Maestre	Responsable de línea de producción	Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial - Regional Atlántico
Leonor Bolívar Castaño	Experta temática	Centro de gestión administrativa y fortalecimiento empresarial - Regional Boyacá
Ricardo Palacio Peña	Asesor pedagógico	Centro Comercio y Servicio - Regional Tolima
Fabian Cuartas Donado	Evaluador instruccional	Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial - Regional Atlántico
Hernando Junior Strusberg Pérez	Diseñador web	Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial - Regional Atlántico
Carlos Andrés Díaz Pinto	Desarrollador Full stack	Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial - Regional Atlántico
Alexander Rafael Acosta Bedoya	Animador y productor audiovisual	Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial - Regional Atlántico

Nombre	Cargo	Centro de Formación y Regional
María Fernanda Morales Ángulo	Evaluador de contenidos inclusivos y accesibles	Centro Comercio y Servicios - Regional Atlántico
Luz Karime Amaya Cabra	Evaluador de contenidos inclusivos y accesibles	Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial - Regional Atlántico
Jairo Luis Valencia Ebratt	Validador y vinculator de recursos digitales	Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial - Regional Atlántico
Juan Carlos Cardona Acosta	Validador y vinculator de recursos digitales	Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial - Regional Atlántico