

# De la alquimia al grabado metálico sin ácido: I. Una guía simple para el grabado electrolítico o anódico

From alchemy to the metal engrave without acid: I. A  
simple guide for electrolytic or anodic etching

Por: Francisco Hernández-Chavarría, Olger Arias y Alberto Murillo  
Investigadores Universidad de Costa Rica

*Hay un agente poderoso, obediente, rápido, manejable, que se adapta a cualquier uso y que desempeña un papel primordial en mi barco. Todo se hace por él. Me ilumina, me calienta, es el alma de mis aparatos mecánicos... Me estoy refiriendo a la electricidad.*  
Julio Verne, 20.000 leguas de viaje submarino

## Resumen

Tradicionalmente los métodos de grabado en metal utilizan ácidos cáusticos para atacar las planchas de metal; pero, representan un riesgo para la salud del artista y para el ambiente. Sin embargo, en las últimas décadas se ha desarrollado o retomado una serie de métodos alternativos más seguros que genéricamente se denominan grabado no tóxico. Entre los que figura el grabado electrolítico o anódico, en el cual, se utilizan una solución de una sal del mismo metal de la plancha y el grabado se realiza mediante una corriente eléctrica (6 voltios y menos de 10 amperios). En este artículo se describen los métodos, procedimientos químicos y soluciones empleadas, aboliendo los términos químicos y físicos, tratando de brindar una guía didáctica para artistas y estudiantes de artes plásticas.

**Palabras clave:** Intaglio, grabado en metal, grabado no tóxico, grabado sin ácido, electrólisis, electrolito, iones, átomos.

## Abstract

The traditional metal engraving use caustic acids, as nitric acid, to etching plates of metal; those substances are health hazards and cause environmental contaminants. Nevertheless, alternative methods have been developed or reestablished in the last decades, generically called "non-toxic engraving", this includes the electrolytic or anodic engraving method, in which, a salt solution of the same metal of the plate is used as electrolyte and its etching is realized by means of an electrical current (6 volts and less than 10 amperes). This article describes chemical principles and salt solutions used in this procedure, abolishing chemical and physical terms, trying to offer a simple didactic guide for artists and students of fine arts.

**Key words:** intaglio, metal engraving, non-toxic engraving, engraving without acid, electrolytic, electrolyte, ions, atoms.

---

Este artículo brinda una visión sobre los métodos de grabado no tóxico empleando la electricidad para grabar las placas metálicas. En él abordamos los planteamientos fisicoquímicos de la electrólisis y pretendemos que se constituya en una guía sencilla y práctica, que sirva de base para los artistas y estudiantes de artes plásticas que deseen incursionar en este método, que resulta más seguro y amigable que los procedimientos tradicionales con ácidos fuertes.

El grabado en metal o intaglio es la disciplina de hacer incisiones o erosiona selectivamente una superficie metálica lisa, que sirve de soporte para un diseño, que luego se transfiere mediante estampado a otro soporte, como el papel de trapo, entre otros. Tradicionalmente el cobre ha sido el metal empleado por excelencia para el intaglio; aunque recientemente, se utilizan otros metales como hierro, aluminio y cinc.

El grabado en metal evolucionó a partir de las destrezas desarrolladas por armeros y orfebres europeos, hace cientos de años, hasta las técnicas que hoy conocemos como *aguafuerte* y *aguatinta*. En ambas técnicas, el primer paso es pintar con un barniz protector una placa metálica, sobre la cual se traza delicadamente el dibujo, solo removiendo el barniz de las líneas, sin necesidad de atacar el metal; ya que este luego será erosionado o corroído por ácidos fuertes o sales

corrosivas, en los cuales se sumerge la placa; las áreas con barniz protegerán de la acción corrosiva, la cual solo ocurrirá en las líneas del dibujo que han dejado el metal al descubierto y por lo tanto, se transforman en surcos o hendiduras.

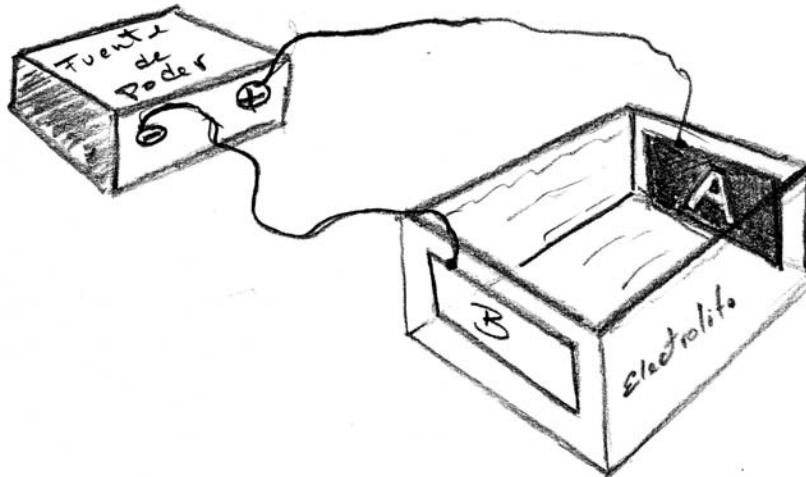
Esas técnicas y procedimientos del grabado, han llegado hasta nuestros tiempos sin mayores modificaciones. No obstante, en las últimas dos décadas ha habido preocupación y un marcado interés por emplear métodos saludables y amigables con el ambiente, diferentes a aquellos que emplean ácidos fuertes, que obviamente son muy cáusticos y peligrosos, tanto para el artista, como para su entorno. Es así, como se ha desarrollado una serie de métodos de grabado, que genéricamente se denominan "Grabado no tóxico", como han expresado Kiekeben K y Grenn F, dos importantes exponentes de estas técnicas, entre las que figuran el grabado electrolítico o anódico y el grabado electroquímico; que obvian el empleo de sustancias peligrosas, como los ácidos cáusticos, que se sustituyen por sales corrosivas pero más confiables para la salud del artista y más amigables con el ambiente. En este artículo se exponen los principios, métodos y las adaptaciones realizadas para establecer estos procedimientos, en el taller de grabado de la Escuela de Artes Plásticas, de la Universidad de Costa Rica.

#### *La esencia del grabado electrolítico*

Este método consiste en disolver selectivamente el metal de la plancha, mediante una corriente eléctrica, que erosiona las líneas del dibujo al ionizar los átomos del metal y desplazarlos a la solución, para brindar resultados equivalentes a los obtenidos con los métodos tradicionales del aguafuerte y de la misma forma, lograr valores tonales como en la técnica del aguainta. En todo caso, la electricidad que fluye entre dos electrodos, viajando a través de una solución de los iones metálicos, llamada electrolito, ioniza y arranca los átomos de la placa metálica en las líneas del dibujo a grabar, horadándolas para transformarlas en surcos excavados en el metal.

El sistema y la metodología es simple y consiste básicamente en que la plancha que se va a grabar, debe conectarse al electrodo positivo de una fuente de corriente directa, o sea al *ánodo*, recordemos que el proceso también se denomina "Grabado anódico", y como receptor de los iones que se desprenderán de esa lámina, se utiliza otra placa o pieza del mismo metal, que se conecta al electrodo negativo (cátodo) y entre ellas se coloca una solución de una sal que contenga iones de ese mismo metal (solución electrolítica), como se esquematiza en la figura 1. Para comprender mejor lo que está ocurriendo en ese proceso, es

importante contar con un conocimiento básico de la reacción y de algunos conceptos simples de electricidad; por lo que a continuación se presenta una breve sinopsis de esos aspectos.



*Figura 1. Esquema del tanque con el electrolito. La placa negra marcada con A representa la placa de grabado, conectada al electrodo positivo de la fuente de poder (ánodo) y la placa marcada como B, representa la placa receptora, conectada al electrodo negativo. La fuente de poder debe suministrar corriente directa con un máximo de 6 voltios y un amperaje idealmente de 1 a 10 Amperios; aunque pueden utilizarse amperajes menores, pero requiere un tiempo de electrólisis largo.*

### *Iones y átomos*

Debemos partir del conocimiento de que toda la materia está formada por átomos y para comprenderlos más fácilmente, asumiremos el modelo clásico del átomo, representado como un sistema solar en miniatura, en el cual, el núcleo, formado por partículas cargadas positivamente (protones) y partículas sin carga (neutrones), constituye el centro de ese "sistema", en el cual, las partículas cargadas negativamente (electrones), giran en orbitales fijos, alrededor del núcleo (Actualmente la física cuántica ha modificado el modelo atómico, sustituyendo el concepto de orbitales, por el de zonas de probabilidades de encontrar un electrón y esas zonas no son precisamente las trayectorias de una órbita, como las descritas en el modelo clásico; pero, para nuestros efectos, el modelo clásico resulta más didáctico, por lo que lo empleamos en este texto).

En este esquema del átomo, hay un número igual de partículas positivas y neutras en el núcleo, esto es que por cada protón hay un neutrón e

igualmente, hay un electrón girando alrededor del núcleo; por lo tanto, un átomo tiene igual número de cargas positivas (protones) y negativas (electrones), por lo que es neutro. Si un átomo gana o pierde un electrón, perderá esa condición de neutralidad y se transformará en un ion negativo o positivo, respectivamente. Entonces, un ion es un átomo cargado, debido a la ganancia o pérdida de electrones. También, es importante recordar que las cargas opuestas se atraen y las del mismo signo se repelen; por esa razón, los electrones del átomo están siendo atraídos por el núcleo, o bien, los iones positivos y los negativos se atraen mutuamente.

### *Electrolitos*

El concepto de electrolito es otro punto importante en el contexto de los métodos de grabado electrolítico. Un electrolito es una solución de iones, positivos y negativos, producto de la solución de una sal en un solvente, por ejemplo en agua. Así, la sal de mesa (cloruro de sodio) es una combinación de Sodio y Cloro, cuyos símbolos químicos son Na y Cl, respectivamente; para formar la sal, ambos elementos están como iones y se representan como  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . Por lo tanto, al disolver la sal en agua, lo que se obtiene es una solución de ambos iones. Algo similar ocurre con sustancias como el Cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) y el Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ ). En el primer caso, el ion del Hierro (Fe) tiene 3 cargas positivas y por lo tanto, requiere combinarse con 3 iones de cloro para formar la sal. En el caso del sulfato de cobre, cada uno de esos iones tiene dos cargas, el ion de cobre, tiene dos cargas positivas y el sulfato dos negativas. Citamos estas sales como ejemplos, pues son las más empleadas en los procesos de grabado que discutimos aquí.

### *Electricidad*

Es el flujo de electrones entre átomos de un material conductor; esto es, un material cuyos electrones de los orbitales más lejanos del núcleo, están relativamente libres, esto se debe a que la atracción que ejerce el núcleo sobre ellos es débil, lo que les da ese carácter de libertad. En este sentido, los materiales suelen subdividirse en conductores y no-conductores; usualmente, asociamos los primeros con los metales y por antonomasia, mencionamos al cobre, el aluminio o la plata, como buenos conductores; esto, porque cuando aplicamos una fuente de electricidad a un alambre de un conductor, se forma un flujo de corriente eléctrica, pues, los electrones suministrados por la fuente, van sustituyendo a los electrones libres de cada átomo, que los impulsan hacia el siguiente, formando así un flujo eléctrico que viaja por el conductor. En tanto, los no-conductores son materiales sin electrones libres y por lo tanto, a través de ellos no fluye la corriente eléctrica; a estos materiales también les denominamos aislantes eléctricos.

No todos los conductores son sólidos, pues, los electrolitos (soluciones de sales) son conductores de la corriente eléctrica y esto es lo que utilizamos en la electrólisis, como veremos más adelante.

El voltaje y la corriente son dos características que asociamos a la electricidad. El primero se mide en voltios y corresponde a la caída o diferencia de voltaje, medida entre dos puntos de un determinado conductor. En tanto, la intensidad de la corriente se mide en amperios. El producto de ambos factores, voltaje y corriente, brinda la resistencia, que es medida en Ohmios. En el trabajo de electrólisis empleamos voltajes inferiores a 6 voltios e idealmente corrientes de 1 a 10 Amperios; aunque, se pueden emplear corrientes mucho más bajas, como las suministradas por los adaptadores de teléfonos celulares, que oscilan entre los 300 y 500 miliamperios.

Independientemente del amperaje, siempre se debe emplear corriente directa, como la que suministran las baterías; pues se debe mantener un flujo eléctrico con un sentido constante, que haga viajar los iones arrancados de la plancha de grabado, conectada al electrodo positivo, hasta su receptor conectado al electrodo negativo. Por esa razón, no es posible utilizar directamente la corriente que suministran las compañías eléctricas; pues esa es corriente alterna, o sea que cambia de polaridad constantemente, por lo que no se podría establecer ese flujo unidireccional de iones requerido en la electrólisis.

#### *Grabado electrolítico de planchas metálicas*

En teoría podemos grabar mediante electrólisis cualquier metal, para lo cual solo necesitamos dos planchas del mismo metal, la de grabado y otra receptora. Ambas se conectan a los electrodos, positivo y negativo de una fuente de corriente directa, respectivamente y se sumergen en una solución de una sal de ese mismo metal, denominada electrolito, que actuará como conductor líquido, para que la corriente eléctrica fluya a través del sistema, estableciendo un flujo de corriente eléctrica entre los dos electrodos. En este proceso, los iones de la sal tomarán electrones de los átomos de la plancha de grabado, transformándolos en iones positivos, que se disuelven y migran a la placa receptora; por lo tanto, la primera plancha estará perdiendo átomos que erosionan su superficie, lo que en nuestro sistema equivale a hacer el grabado; pues esa reacción ocurre solo en las líneas del dibujo marcadas en el barniz que protege la plancha metálica. El sentido etimológico de electrólisis, significa disolver el metal mediante la corriente eléctrica; así, grabado electrolítico equivale a grabar una plancha, disolviendo el metal en las líneas del dibujo, mediante la corriente eléctrica y la otra denominación

de grabado anódico, indica que la plancha de grabado debe conectarse al electrodo positivo (ánodo).

Este sistema resulta simple y económico, pues solo se requiere la inversión inicial, para adquirir la fuente de corriente directa y el electrolito. Este último no se gasta, pues se auto recupera durante el proceso, ya que solo actúa como conductor eléctrico. La fuente de poder debe ser capaz de suministrar un voltaje menor de 6 voltios, e idealmente su amperaje debe oscilar entre 1 y 10 Amperios, para que el proceso sea más ágil. Desafortunadamente, los transformadores usados en muchos equipos electrónicos, manejan corrientes con intensidades de menos de 1 Amperio, usualmente son de 500 miliamperios o menos; por lo tanto, su empleo como fuente de electricidad para grabado requiere periodos más largos de exposición a la corriente eléctrica, que pueden superar las 24 horas. En este sentido, la clave para realizar un grabado rápido será el amperaje, más que el voltaje. Una guía sencilla descrita por Frederic Green<sup>1</sup> se resumen en el Cuadro 1.

### Cuadro 1

#### Amperajes y su utilización en el grabado electrolítico\*

Amperaje	Empleo
0.5 a 2	Placas pequeñas, baja resistencia.
2 a 5	Uso general: Aqua fuerte, aqua tinta.
5 a 10	Grabado profundo, tipo escultural, relieves, texturas especiales y placas de gran formato.

\*Green F.

En todo caso, otra variable a contemplar es el tiempo; así, podemos utilizar una fuente de menos de un amperio para grabar a profundidad una placa de unos 150 cm<sup>2</sup> (15x10 cm); pero, debemos dejar la fuente conectada durante un periodo largo, usualmente mayor de 24 horas. El mismo procedimiento lo podemos realizar en un periodo de una hora con una fuente de 5 Amperios.

#### *Grabado electrolítico en planchas de cobre*

El cobre es el material ideal por tradición y por ello es importante iniciar con este material; sin embargo, es caro y en la actualidad puede resultar escaso. El electrolito empleado es sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>), a una concentración entre el 2,5 y el 15%. Esta es una sal poco tóxica, que de hecho es empleada como alguicida en piscinas o como antiparasitario de uso externo en ganadería. Por lo tanto, no representa un riesgo importante para la salud; aunque, se recomienda utilizar guantes de goma para manipular cualquier sustancia química que entre

en contacto con la piel, a fin de evitar irritaciones que pueden degenerar en dermatitis de contacto. Entonces, el sistema es simple, se conectan ambas placas a los electrodos, recordemos que el grabado irá en el positivo o ánodo (Grabado anódico), se llena la cubeta con el electrolito y se hace pasar la corriente eléctrica. La cubeta de reacción puede ser una caja plástica, rectangular, como las empleadas para calentar alimentos en el horno de microondas; así, el sistema funcionaría con las placas en posición vertical, estando separadas una de otra, por una distancia de unos 4 a 5 cm o aún menor. Recordemos, que entre más separadas estén las placas, mayor será la distancia que debe recorrer la corriente eléctrica y por lo tanto, mayor será la resistencia, lo cual reducirá la eficiencia del sistema.

En la figura 1 se muestra un esquema del sistema. Empleando una fuente de 6 voltios con 5 amperios, se obtiene un grabado adecuado en un periodo de 15 a 60 minutos, aunque, aún con tiempos menores se produce algún grado de erosión en la lámina, como se muestra en la figura 2. Obviamente, entre mayor es el tiempo de electrólisis, más profundas serán las líneas, como se aprecia en las figuras 2 e y f, que corresponden a una hora de electrólisis; pero a medida que se profundizan las líneas, también se hacen más amplias, esto significa que se estará perdiendo resolución, pues las líneas muy juntas tienden a fundirse.





*Figura 2.* Láminas de cobre grabadas por electrólisis, a 5 Amperios con 6 voltios.

A y B: 5 minutos de electrólisis. Nótese que las líneas son poco profundas pero muy nítidas.

C y D: 30 minutos de electrólisis. Las líneas tienden a hacerse más profundas y anchas.

E y F: 60 minutos. Las líneas más tenues tienden a hacerse confluentes, lo que resta resolución al grabado.

### *Grabado electrolítico en placas de hierro*

Básicamente se sigue un proceso similar al anterior, excepto que ambas placas son de hierro y el electrolito contiene una sal de este metal, como por ejemplo, una solución al 10% de cloruro de hierro. La lámina receptora se puede sustituir por un trozo de cedazo de hierro. O sea, en el electrodo negativo se puede conectar el cedazo que recibirá los iones metálicos arrancados para hacer el grabado.

### *Conclusiones y recomendaciones*

En comparación con el método de grabado tradicional que emplea ácidos fuertes, el grabado electrolítico o anódico resulta más seguro, tanto para el artista como para el ambiente, pues elimina el empleo de soluciones que causan lesiones al entrar en contacto con la piel y que incluso sus vapores son nocivos. Al mismo tiempo, es un proceso más económico, ya que la única inversión importante es la compra de la fuente de poder; pues los electrolitos se regeneran durante el proceso, por lo que no se acaban o desgastan, ya que solo sirven de medio de transporte (conductor) de los iones metálicos involucrados en la reacción. A continuación señalamos algunos comentarios y una guía de dónde adquirir y cómo emplear los diversos insumos indicados en el texto.

#### *1. Fuente de poder:*

En el mercado se consiguen fuentes de 5 Amperios, con 12 voltios, a un coste de menos de treinta dólares. No obstante, el voltaje recomendado no debe superar los 6 voltios, pues a mayor voltaje la reacción tiende a ser muy violenta, formando burbujas que se acumulan en las líneas del grabado, interfiriendo con él. No obstante, un electricista puede hacer la conversión de la fuente a 6 voltios. Para estados iniciales de exploración de la técnica, se pueden usar los adaptadores de diversos electrodomésticos, como reproductores de

música y teléfonos celulares, aunque brindan corriente de menos de un amperio.

### *2. Electrolito para el grabado de placas de cobre*

En el caso de láminas de cobre, se emplea como electrolito el sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) del 2,5 al 15 %. No es necesaria una medición muy precisa de los volúmenes, por lo que puede emplearse una balanza granataria, como las empleadas en la cocina. Este reactivo se consigue en tiendas de productos agropecuarios o de suministros para piscinas. La solución al 5% se hace disolviendo 50 gramos en un litro de agua. Los 50 gramos equivalen aproximadamente a 4 cucharadas.

### *3. Electrolito para el grabado de placas de hierro*

En este caso se emplea una solución de Cloruro de Hierro ( $\text{FeCl}_3$ ) al 10%, algunos de los sinónimos con los que puede identificarse esta sustancia son Cloruro de hierro 3, cloruro férrico o triclorigenito de hierro. Puede conseguirse un reactivo comercial como el distribuido en las tiendas de electrónica, que se emplea para "quemar" circuitos impresos. El litro tiene un coste de unos diez dólares.

### *4. Bandeja de reacción para electrólisis*

Resulta más eficiente y barata una bandeja horizontal, que como indicáramos previamente, puede ser una de las cajas plásticas para calentar en el horno de microondas. Este tipo de bandeja tiene la ventaja de poseer tapa hermética, lo que permite guardar el electrolito evitando su evaporación. Debe tenerse cuidado que las dos placas no deben tocarse, pues harían corto circuito. Por lo tanto, deben separarse con un material aislante.

En nuestro caso empleamos tapitas plásticas de dos centímetros de altura como separadores aislantes de las placas de cobre y en el caso de placas de hierro usamos un soporte de alambre sobre la boca de la caja en el cual se coloca la placa conectada al electrodo negativo. Otra opción son los pichelos rectangulares de plástico como los usados para ahorrar espacio en la refrigeradora; en este caso se colocan las planchas en posición vertical, una frente a la otra, como se indica en el esquema de la figura 1.

### *5. Esquema operativo*

- a.** Limpiar y pulir la superficie de la plancha, hasta obtener una superficie especular.
- b.** Limar los bordes para hacerlos romos y evitar que dañen el papel cuando se somete a presión en la prensa de grabado.

- c. Proteger la cara posterior de la placa a grabar con cinta adhesiva de embalaje.
- d. Pintar con barniz para grabado la cara pulida de la placa metálica y dejar secar.
- e. Dibujar el diseño a grabar sobre el barniz con una punta metálica, que remueva el barniz de las líneas, dejando el metal expuesto.
- f. Colocar la placa dibujada y la placa receptora paralelas en el recipiente. La placa receptora debe ser del mismo tamaño o mayor que la placa a grabar, para mejorar la eficiencia del sistema.
- g. Conectar la plancha al electrodo positivo de la fuente (Ánodo) y conectar otra plancha del mismo metal al electrodo negativo, para que reciba los iones arrancados a la primera.
- h. Llenar la cubeta con el electrolito y encender la fuente de poder o conectarle al suministro de energía eléctrica durante un lapso de acuerdo con la profundidad del grabado requerida.
- i. Limpiar el barniz con un solvente orgánico como varsol o aguarrás.
- j. Entintar la lámina, limpiarla y estamparla.

Para finalizar es importante insistir en que los métodos de grabado electrolítico representan menos riesgos para la salud que los procedimientos tradicionales, son más económicos, pues no se requiere un suministro constante de ningún ácido y los reactivos empleados se reutilizan; por lo tanto, no hay residuos tóxicos. Por otra parte, es factible realizar todas las variaciones del grabado en metal que usualmente se realizan con los métodos tradicionales. Esperamos que esta guía sea de utilidad para los artistas que deseen incursionar, en un tipo de grabado más amigable con el ambiente y que no represente ningún riesgo para la salud del artista, ni para las personas allegadas a su taller, ni para su entorno.

## Bibliografía

- Buckland-Wright J. (1973) *Etching and engraving, Techniques and the modern trend*. Dover Publications, Inc. New York pp. 240.
- Frown TL, LeMay H, Bursten BE. (1998) *Chemistry: The central Science*. Prentice Hill ed. New York pp 991.
- Green F. Green Print (2008). <http://www.greenart.info/galvetch/contfram.htm>
- Kiekeben F. (1998) *The Edinburgh Etch: A Breakthrough in Non-toxic Mordants*. [http://www.polymetaal.nl/beguim/mape/edinburgh\\_etch.htm](http://www.polymetaal.nl/beguim/mape/edinburgh_etch.htm)