

# Diseño de una Plataforma para Micromaquinado por Electroerosión (EDM) y/o Electroquímico (ECM)

Miguel Villagómez Galindo, Marco Antonio Espinosa Medina, Oscar Álvarez Sánchez y Luis Salvador López Flores.

División de estudios de posgrado, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México

[miguel\\_villagomez\\_galindo@hotmail.com](mailto:miguel_villagomez_galindo@hotmail.com), [marespm@gmail.com](mailto:marespm@gmail.com), [alvarezoscar\\_1@hotmail.com](mailto:alvarezoscar_1@hotmail.com),  
[lopez1365@hotmail.com](mailto:lopez1365@hotmail.com)

## Resumen.

*En este trabajo se presenta el diseño de una plataforma para micromaquinado, ya sea mediante el proceso de electroerosión EDM (por sus siglas en inglés Electrical Discharge Machine) o el proceso electroquímico ECM (por sus siglas en inglés Electrochemical Machining). En este proyecto se plantea que con la plataforma se tenga la posibilidad de elegir cualquiera de los dos procesos de maquinado adecuando determinados parámetros de acuerdo al proceso seleccionado (EDM o ECM).*

*Por ejemplo: voltaje, amperaje, frecuencia de generación de pulsos, duración de los pulsos, fluido circulante y separación entre la pieza de trabajo y el electrodo (gap).*

**Palabras clave:** Micromaquinado, EDM, ECM, maquinado por electroerosión, maquinado electroquímico.

## 1. Introducción.

Dentro de los procesos de manufactura no-conventionales que ofrecen mayor precisión de fabricación tridimensional en materiales conductores de alta resistencia, se encuentran los procesos de manufactura por EDM (maquinado por electroerosión) y ECM (maquinado electroquímico).

### 1.1 Proceso de electroerosión de electrodo.

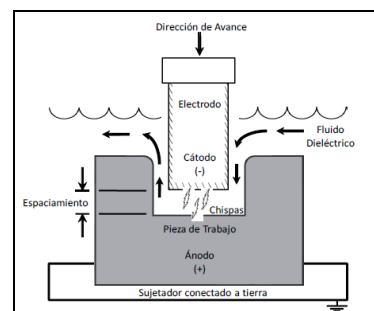
El principio del EDM aprovecha el efecto de erosión provocado por una serie de descargas controladas que generan una chispa eléctrica entre un

electrodo y el material de trabajo. Las chispas se generan en un líquido dieléctrico, entre el material de trabajo (cátodo) y el electrodo (ánodo) generalmente hecho de grafito o cobre, que se puede considerar como la herramienta de corte [1].

No hay contacto mecánico entre los electrodos durante el proceso entero. Puesto que la erosión es producida por descargas eléctricas entre el electrodo y el objeto, los cuales deben ser eléctricamente conductores.

Así, el proceso de maquinado consiste en la eliminación sucesiva de pequeños volúmenes de material de la pieza a maquinar (ver figura 1). Este pequeño volumen es fundido o vaporizado durante cada descarga, así éste proceso básico se realiza repetidamente bajo una frecuencia determinada.

La principal función del medio dieléctrico es crear un medio que facilite la ionización, además de funcionar como refrigerante y como un fluido que retira el material removido durante el proceso de manufactura.



**Fig 1. Proceso de electroerosión (EDM) [2]**

### 1.2 Proceso electroquímico.

El maquinado electroquímico (ECM) tiene como objetivo trabajar en materiales que son difíciles de maquinar por métodos convencionales, funciona por medio del desprendimiento de iones que se logra gracias al fenómeno de electrólisis, una reacción química que ocurre cuando una corriente eléctrica pasa entre dos conductores sumergidos en una solución líquida.

En el maquinado electroquímico, cuando el pulso de corriente es aplicado a dos electrodos que están sumergidos en un electrolito, se produce el intercambio de iones y átomos debido a la adición de electrones del circuito externo.

Las reacciones químicas dependen tanto del material de la pieza de trabajo (peso atómico y carga iónica), como del tipo de electrolito, una solución electrolítica concentrada tiene las ventajas de una mejor conductividad y por lo tanto una tasa de penetración mayor y mayor precisión, por otro lado, una solución diluida es menos probable que se cristalice y da una superficie más suave [3].

En la figura 2 aparece un esquema de una celda electrolítica utilizando sulfato de cobre como electrolito y alambre de cobre como electrodos.

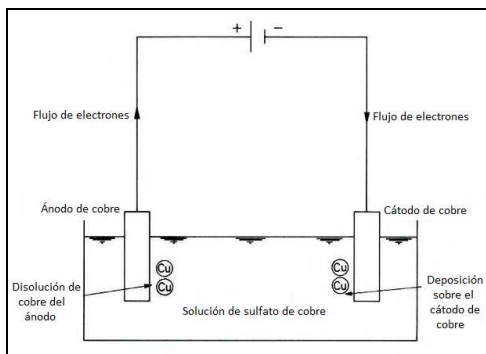


Fig 2. Esquema de electrólisis [4].

## 2. Metodología de diseño.

Para establecer el diseño del centro de micromáquinado del proceso de electroerosión de electrodo el desarrollo del proyecto se dividió en las siguientes etapas:

1. Revisión bibliográfica
2. Diseño de la plataforma base del centro de micromáquinado.

3. Diseño, selección de los dispositivos necesarios para lograr el proceso de electroerosión.
4. Programación del centro de micromáquinado.
5. Adecuar los parámetros del proceso de electroerosión al maquinado del material intermetálico seleccionado.
6. Análisis y validación de resultados.

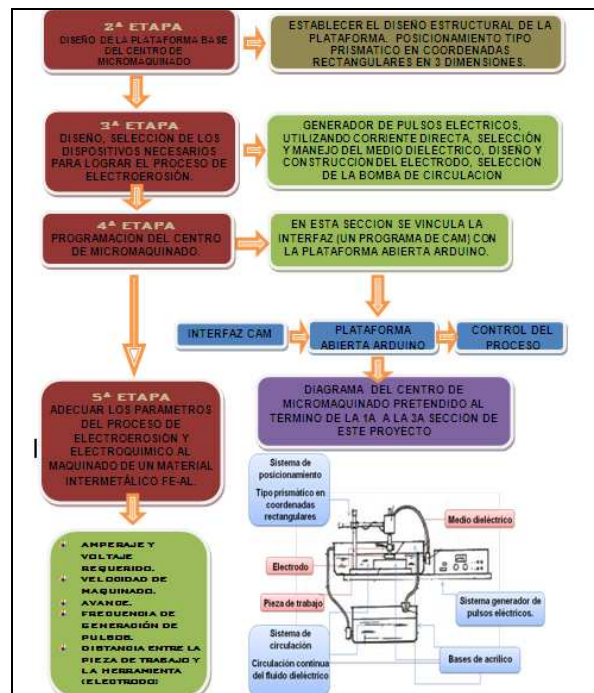


Fig 3. Metodología de diseño.

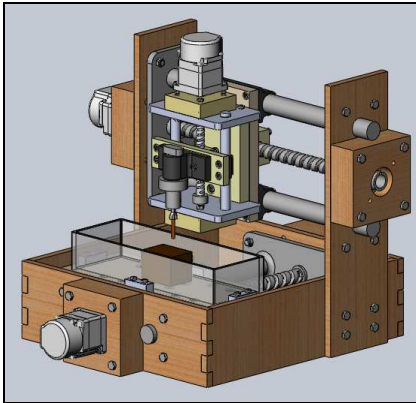
## 3. Propuesta de diseño de la estructura del centro de micromáquinado.

Las partes más importantes para el diseño de la plataforma base son: la estructura de la máquina, el mecanismo de avance del electrodo, el generador de pulsos y la interfase.

### 3.1 Estructura de la plataforma base.

La plataforma base se diseñó con tres grados de libertad en coordenadas rectangulares (ver figura 4), con la finalidad de establecer los parámetros que definan a cada uno de los procesos de desbaste (EDM o ECM).

El diseño estructural se realizó con la ayuda del software de CAD SolidWorks 2010.

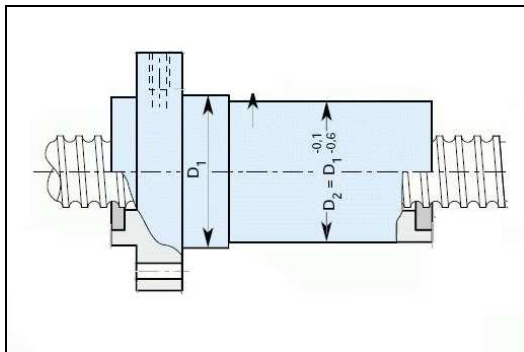


**Fig 4. Diseño de la plataforma base.**

El diseño presentado se definió para asegurar la rigidez y la estabilidad necesaria cuando el proceso de maquinado se lleve a cabo; buscando que la precisión que se necesita no se vea afectada.

### 3.2 Mecanismo de avance del electrodo.

Para asegurar la precisión que se necesita para cada uno de los procesos de desbaste se plantea que el movimiento lineal del electrodo sea mediante la aplicación de un mecanismo micrométrico como el que se muestra en la figura 5.

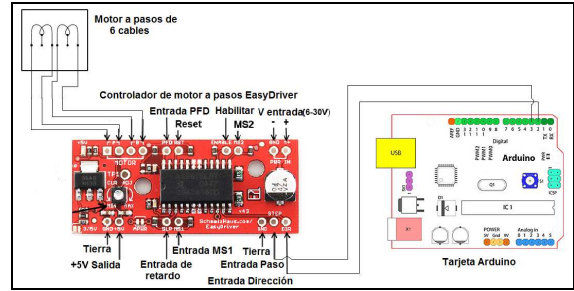


**Fig 5. Mecanismo de avance del electrodo.**

Acoplado el mecanismo mostrado a un motor de pasos unipolar se obtiene el avance del electrodo.

La precisión micrométrica es obtenida por medio del paso de la rosca.

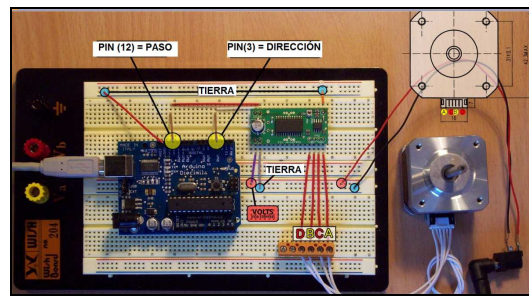
Para el control del motor a pasos se plantea que este se logre mediante el sistema de control mostrado en la figura 6.



**Fig 6. Sistema de control para el motor a pasos [5].**

Este sistema de control consiste de una tarjeta arduino, el controlador del motor y el motor propiamente dicho.

El controlador del motor (Easy Driver) permite manipular y darle la secuencia correcta a las fases del motor a pasos, al enlazar el controlador con el arduino se consigue la precisión requerida para el motor (ver figura 7).



**Fig 7. Conexión para el control del motor a pasos.**

### 2.3. Generador de pulsos.

Para un proceso de micromaquinado la disminución de la cantidad de material removido por descarga, obliga a aumentar la cantidad de pulsos aplicados por unidad de tiempo, de tal forma que no disminuya considerablemente la Velocidad de Remoción de Material (VRM) [6].

Por lo anterior se utilizará un generador de pulsos cuyo control será mediante un circuito integrado programable (PIC) como se puede ver en la Figura 8.

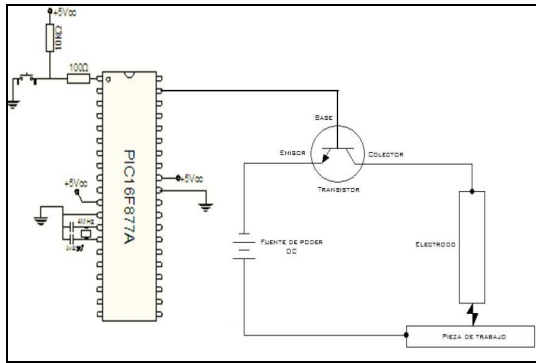


Fig 8. Generador de pulsos para los dos procesos.

#### 2.4. Interfase.

La finalidad de la interfase es el poder generar un programa de maquinado que a su vez se traduzca en un lenguaje que pueda ser interpretado por el arduino.

El primer paso para lograr esto es utilizando un modulo del software SolidWorks 2010 llamado CamWorks. Estableciendo la geometría que nosotros queremos obtener, este módulo permite simular el proceso de desbaste (ver figura 9) y generar un programa en códigos GM que describa las trayectorias de maquinado (ver figura 10).

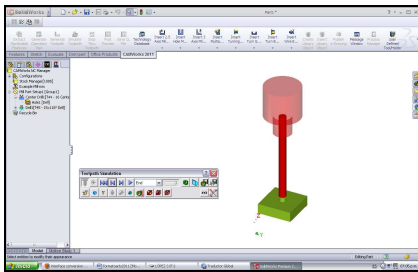


Fig 9. Simulación del proceso de desbaste en CamWorks.

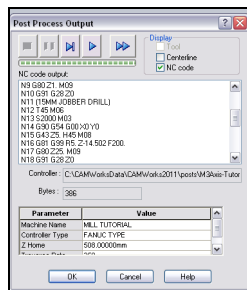


Fig 10. Generación del programa de maquinado en códigos GM en el modulo CamWorks

Mediante una rutina utilizando el lenguaje de programación Python, el programa en códigos GM se

traduce en órdenes que pueden ser interpretadas por la tarjeta arduino logrando con esto el control de todo el sistema.

#### 4. Determinación de los parámetros del proceso.

Con la configuración que se propone de la plataforma (ver figura 11) se podrá realizar el ciclo de maquinado para los 2 métodos de desbaste, ECM y EDM.



Fig 11. Parámetros necesarios para establecer el ciclo de desbaste.

Con la finalidad de estudiar tanto el proceso ECM como el proceso EDM, hay que considerar que cada uno de ellos tiene variantes importantes y que estas tienen que considerarse para tener la posibilidad de utilizar cualquiera de los dos procesos.

De acuerdo al fluido de trabajo utilizado, el proceso EDM requiere de un medio dieléctrico para que la chispa eléctrica se genere en forma constante y controlada, además de que realiza la función de limpiar el material erosionado de la pieza de trabajo [7]; por otra parte, el proceso ECM requiere de un electrolito, que tiene la función de transportar los iones que se desprenden de la pieza de trabajo; debido a esto se debe tomar en cuenta que tras un determinado número de ciclos de trabajo el electrolito se satura por los iones desprendidos en el proceso y es necesario reemplazarlo.

La precisión para tener un micromaquinado es una característica muy importante ya que para lograr el ciclo de desbaste, tanto del proceso EDM como del ECM, es necesario mantener una distancia constante entre el electrodo y la pieza de maquinado (gap) y el avance del electrodo debe ser constante de acuerdo con el voltaje entre el electrodo y la pieza de trabajo [8].

Para el caso del generador de pulsos los parámetros más importantes a regular son el voltaje, el amperaje y la frecuencia aplicados de acuerdo al proceso elegido.

El material del electrodo de trabajo para ambos procesos será el cobre, la geometría del mismo será la de un alambre para hacer tanto en el proceso EDM como en el ECM, el proceso de micro-hole.

## 5. Conclusiones.

La plataforma de micromaquinado presentada en este proyecto se encuentra en desarrollo, se han definido de manera separada tanto el sistema de posicionamiento, la interfaz CAM y el generador de pulsos, para finalmente poder realizar el ensamble de estos 3 elementos y poder establecer la máquina de micromaquinado para EDM y/o ECM

El desarrollo presentado en este proyecto de investigación es el de la determinación de la plataforma base con el posicionamiento en una dirección, con la finalidad de establecer los parámetros de maquinado antes mencionados para un material intermetálico, tanto para el proceso de EDM como el ECM.

Como trabajos futuros para este proyecto hay varias posibilidades tales como: establecer las diferencias entre el proceso EDM y el ECM y qué acabados superficiales nos ofrece cada uno de ellos, aumentar el número de ejes de la máquina de uno a tres con el objetivo de poder obtener geometrías más complicadas, analizar a un nivel metalográfico las probetas obtenidas del material intermetálico con el objetivo de establecer qué estructura cristalina es obtenida al ser maquinadas por ambos procesos y con ello definir la factibilidad de poder maquinar piezas con grado aeroespacial o biomédico.

## Referencias.

- [1] Jong H, Won T. “*Optimization of EDM process for multiple performance characteristics using Taguchi method and Grey relational analysis*”, *Journal of Mechanical Science and Technology*. Ed. Springer, 24 (5), 1083 – 1090, 2009.
- [2] Chaides O, Ahuett H, Flores A, Caballero A, Ruiz L. “*Diseño y Prueba de un Sistema de Control de Espaciamento y Potencia para Micro-EDM*”, *Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo*. Vol 3, 2, 37-45, 2009.
- [3] Srinivas S. “*Development of Electrochemical Micro Machining*”, USA, 2008.
- [4] Adaptada de Srinivas S. “*Development of Electrochemical Micro Machining*”, USA, 2008.
- [5] Adaptada de <http://www.electrochem.cwru.edu/ed/encycl/> y <http://www.artificialtourism.com/arduino-workshop/>. Última visita 22/08/2011.
- [6] Diver C, Atkinson J, Helml H, Lib L. “*Micro-EDM drilling of tapered holes for industrial applications*”, *Journal of Materials Processing Technology*. Ed. Elsevier, 149, 296-303, 2004.
- [7] Hyun-Seok T, Chang-Seung H, Dong-Hyun K, Ho-Jun L, Hae-June L, Myung-Chang K. “*Comparative study on discharge conditions in micro-hole electrical discharge machining of tungsten carbide (WC-Co) material*”, *Transactions on Nonferrous Metals Society of China*. Ed. Elsevier, 19, 114 – 118, 2009.
- [8] Xizhi Sun. “*An Integrated Framework for Developing Generic Modular Reconfigurable Platforms for Micro Manufacturing and its Implementation*”, Brunel University, 2009.
- [9] <http://www.arduino.cc/es/>
- [10] <http://www.schmalzhaus.com/EasyDriver/>
- [11] <http://www.solidworks.com/>