



# Desarrollo Tecnológico e Investigación Aplicada – C

*1er Simposio Internacional de Desarrollo Tecnológico*

*Compilador  
Edgar Rivera León*



## **Desarrollo Tecnológico e Investigación Aplicada – C**

1er Simposio Internacional de Desarrollo Tecnológico

Universidad Politécnica del Bicentenario  
Carretera Estatal Silao-Romita Km. 2  
San Juan de los Durán, Silao de la Victoria, Guanajuato, México  
C.P. 36283  
[www.upbicentenario.edu.mx](http://www.upbicentenario.edu.mx)

Primera edición 2014

ISBN 978-607-96471-9-3 Desarrollo Tecnológico e Investigación Aplicada - C

Se autoriza el uso y contenido de esta obra, siempre y cuando se cite la fuente

# ÍNDICE

Prólogo .....	4
Prototipo de una máquina de CNC tipo fresadora con control inteligente para el desarrollo de placas PCB .....	6
Eficiencia energética en una celda solar grätzel modificando su fase semiconductor y sensibilizadora con óxido de grafeno y grafeno reducido .....	11
Metodología para la formación de células de producción en los sistemas de fabricación por grupos tecnológicos .....	17
Análisis de los factores que influyen en el control de calidad ( $6\sigma$ ) en el proceso de ensamble de carrocerías de General Motors .....	21

## Prólogo

El objetivo de la presente administración federal es llevar a México a su máximo potencial en un sentido amplio, además del crecimiento económico o el ingreso, factores como el desarrollo humano, la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres, la protección de los recursos naturales, la salud, educación, participación política y seguridad, forman parte integral de la visión que se tiene para alcanzar dicho potencial como se plasma en el Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018 (PND, 2013). En este ámbito se han planteado cinco metas nacionales (México en paz, México incluyente, México con educación de calidad, México prospero, México con responsabilidad social), divididas en objetivos, estrategias y líneas de acción. En la meta nacional de México con educación de calidad en el objetivo 3.5 que describe como hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible. Con estas acciones se hace evidente el compromiso del gobierno federal en el apoyo al desarrollo tecnológico como una estrategia primordial en el desarrollo integral de la sociedad mexicana. En el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Guanajuato 2035 (PLAN 2035, 2013) se definen estrategias y proyectos para vincular la economía con el humanismo a través del conocimiento y así tener al desarrollo humano y social como eje rector del desarrollo sustentable, equilibrado y equitativo en el estado, en este plan se describen cinco dimensiones estratégicas (humana y social, administración pública y estado de derecho, economía y medio ambiente y territorio), a su vez para cada dimensión se establecen componentes con sus objetivos estratégicos y particulares definiéndose líneas de acción para estos, es así como el gobierno del estado de Guanajuato en concordancia con el plan nacional de desarrollo define sus acciones para elevar la calidad de vida de la población. Con esta visión, el estado de Guanajuato asume la importancia de la divulgación del quehacer científico como una herramienta de integración de los sectores académico, productivo y social en busca del desarrollo sustentable, equilibrado y equitativo en el estado.

Fresán-Orozco (2004) describe el extensionismo universitario como una función estratégica que articula la docencia y la investigación con los sectores económicos productivo, social y el mismo académico, esto con el objetivo de la consolidación de la misma universidad y el desarrollo de las regiones.

Sifuentes et al. (2011) describen el extensionismo universitario como la proyección de la cultura universitaria hacia la sociedad con la finalidad de contribuir al desarrollo del entorno a través de varias actividades.

Los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) dentro de su marco de referencia mencionan que las Instituciones de Educación Superior (IES) deben realizar actividades de difusión que comuniquen a la sociedad los valores de la cultura tecnológica a través de artículos, reportes de investigación, publicaciones periódicas, libros de texto, conferencias, exposiciones, congresos, etcétera.

La Universidad Politécnica del Bicentenario (UPB) pretende vincular a los sectores académico, productivo y social de la región del municipio de Silao de la Victoria Guanajuato a través de la realización de un Simposio Internacional de desarrollo tecnológico para discutir las acciones de desarrollo tecnológico implementadas en la región con entes de otras regiones del país y el mundo midiendo el impacto de estas acciones en el desarrollo comunitario de su zona de influencia.

*Noviembre 2014*  
*Secretaría Académica*

# Prototipo de una máquina de CNC tipo fresadora con control inteligente para el desarrollo de placas PCB

Arriaga Hurtado Erick Ángel<sup>1</sup>, López Orocio Ana Laura<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, UPIIG-IPN, Col. Fraccionamiento. Industrial Puerto Interior, C.P. 36275 Silao de la Victoria, Guanajuato México.

<sup>2</sup> Universidad Politécnica del Bicentenario, Carretera. Silao - Romita Km 2, San Juan de los Duran, C.P. 36283, Guanajuato México. alopezo@upbcentenario.edu.mx

## Resumen

*En este trabajo consiste en el desarrollo de un primer prototipo de una máquina CNC que realice funciones similares orientadas a la fabricación de PCB; pero que tenga un costo menor y que incluya el software especializado de control. Utilizando un motor de corriente directa controlado por medio de redes neuronales artificiales (RNA). El regulador de corriente será el encargado de modificar la variable manipulada dentro de un sistema de control de lazo cerrado con el propósito de mantener constante el par de un motor de corriente directa.*

*El objetivo es Desarrollar el prototipo de una máquina de CNC que realice el ruteo de pistas y el taladrado de agujeros de PCBs al comunicarse por medio de un tarjeta (Arduino) con una computadora, se utiliza LabVIEW como software, para la etapa de control con redes neuronales para llevar dichas operaciones, con el fin de ahorrar tiempo y dinero en la fabricación PCB se programará el controlador por medio de Redes Neuronales Artificiales*

**PALABRAS CLAVE:** CNC, PCB, motores, control, redes neuronales.

## 1. Introducción

Sería imposible pensar en este mundo tal como lo conocemos sin el perfeccionamiento de técnicas para manufacturar las materias primas en los diversos objetos que usamos a diario como: ropa, zapatos, automóviles, aviones, sillas, puertas, etcétera. Entre dichas técnicas las más conocidas son: torneado, taladrado, cepillado, aserrado, rectificado, fresado, ensamblaje y trazado. Las exigencias de producción del mundo globalizado establecieron la necesidad de automatizar los procesos, lo cual se logra con lo que se conoce como máquinas de CNC (Control Numérico Computarizado) [1].

En la actualidad, por la globalización en la que se vive, existe un número mayor de competidores en la industria manufacturera, México no es una excepción y basa gran parte de su economía en la manufactura, por lo que para poder competir contra productos y empresas extranjeras, es necesario el uso de tecnología de punta y competitiva [2]. La máquina CNC que se propone construir, busca desarrollar con mayor rapidez, eficacia y disminuir gran parte de los procedimientos manuales realizar el ruteado y taladrado de circuitos impresos. En México, existe un rezago en cuanto a la fabricación de maquinaria, en la cual, solo pocos fabricantes se encuentran en el mercado, fabricando máquinas a bajo costo, pero dejando mucho que desear en cuanto a calidad y eficacia se refiere.

Las Redes Neuronales Artificiales son una herramienta para el control y han dado lugar a numerosos estudios para hacerlas comercialmente útiles, por su parte el desarrollo de procesos automatizados mediante el control numérico computarizado sería la solución a problemas de producción, esta solución consiste en regular la corriente esta a su vez será la encargada de modificar la variable manipulada dentro de un sistema de control de lazo cerrado con el propósito de mantener constante el par de un motor de corriente directa.

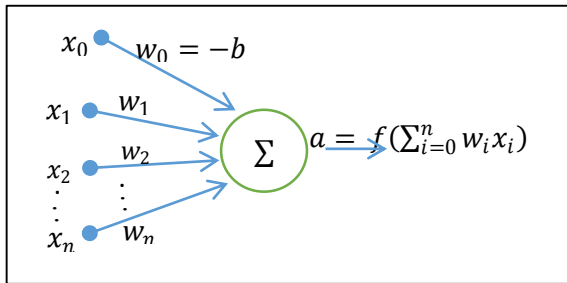
A diferencia de un sistema CNC convencional, la aportación principal al sistema es la implementación de un método que permite transferir movimiento a los motores por medio de un control neuronal y por medio de un aprendizaje, a partir de lo cual el sistema será capaz de proporcionar las señales de control necesarias para que el motor desarrolle un número muy variado de perfiles de movimiento dentro de la máquina de CNC.

## 1. Control inteligente

Es una metodología de control, que está formada en la interacción de diferentes disciplinas: la inteligencia artificial, la investigación de operaciones y la teoría de sistemas.

### 1.1 Control Redes Neuronales

Una red neuronal artificial (ANN en Inglés ó RNA en español) consiste en unidades de procesamiento interconectadas de manera densa, llamadas neuronas, por tener un comportamiento similar al de las neuronas biológicas. Las unidades de procesamiento reciben y procesan y transmiten señales, tal como las neuronas biológicas. (Fig. 1)



**Fig. 1. Diseño básico de una Red Neuronal**

### 1.2 Control numérico

La máquina de CNC consiste en dar forma a cualquier pieza o material, basándose en la técnica de arranque de viruta, troquelado u otro procedimiento especial, dichas máquinas son estacionarias o motorizadas [3].



**Fig. 2 Elementos básicos de un CNC**

El sistema CNC se compone de tres unidades principales: la unidad CN que ofrece la interfaz al usuario y se encarga del control de posición, el motor y la unidad de control de este. En un sentido cerrado, solamente la unidad CN es llamada sistema CNC (Figura 2).

### 1.3 El algoritmo LMS

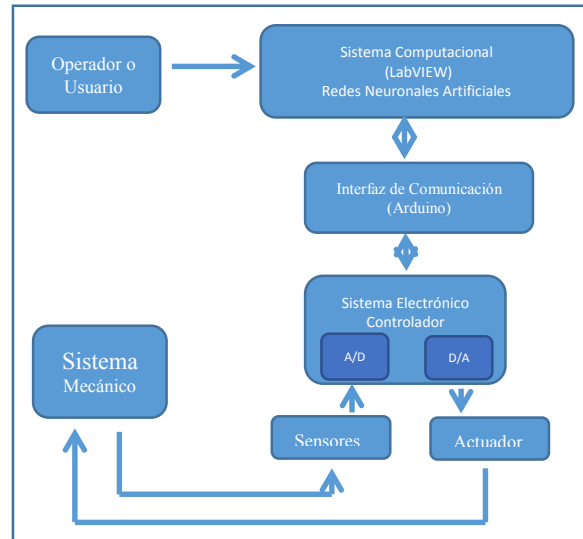
El algoritmo del error cuadrático medio menor (LMS), es un algoritmo de aprendizaje supervisado, que tiene como objetivo reducir el error entre la respuesta deseada,  $d_k$ , y la respuesta actual,  $s_k$ , en una red neuronal. La función de error más comúnmente utilizada es el Error Cuadrático Medio (MSE), que está definido como:

$$mse = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \varepsilon_k^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (d_k - s_k)^2 \quad (1)$$

Las aproximaciones más populares para reducir el MSE, en redes de uno y de múltiples elementos, están basadas en el método del gradiente descendente, el cual es aplicado en esta investigación. [4]

## 2. Desarrollo

El sistema mecatrónico que se diseñará, cumple con la siguiente secuencia de operaciones: (fig. 3).



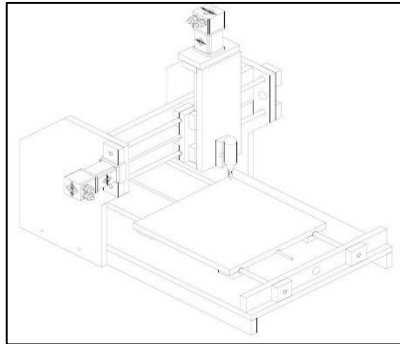
**Fig. 3. Sistema de control numérico**

El sistema mecatrónico que se diseñará, cumple con la siguiente secuencia de operaciones:

- Ingreso de archivos PCB (por parte del usuario).
- Interpretación y obtención de datos de los archivos (internamente por software).
- Transformación de todos los datos obtenidos para toma de decisiones (internamente por software).

- Ejecución del código (computador y máquina CNC).

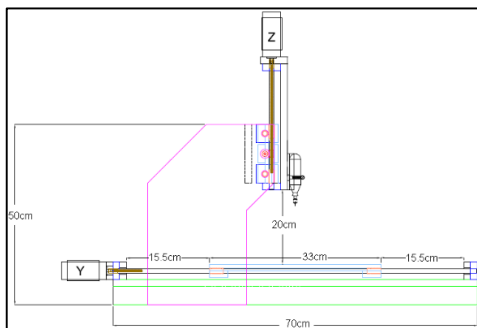
El sistema mecánico es observado en la figura 4.



**Figura 4** Fresadora de CNC

### 2.1 Dimensiones del sistema CNC

La fresadora CNC está construida en su totalidad de madera, consistiendo a su vez, de las siguientes dimensiones, mostrándose primeramente la vista de lado, viéndose los ejes Z y Y (Fig. 5).



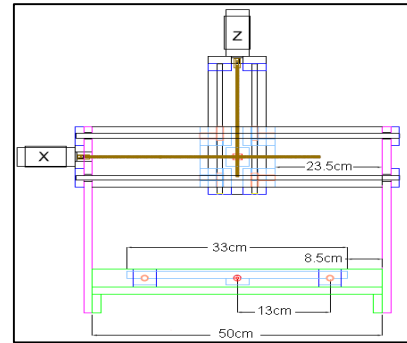
**Fig. 5** Sistema de CNC vista de lado

Se puede percibir la dimensiones del sistema de CNC con una vista de lado, se aprecia la dimensión que va tener el movimiento del carro vertical (color azul claro), que mide 33cm, que se encuentra en el eje Y, este se mueve, a través de la base (color verde), que mide 70cm, este se encuentra unido con el bastidor (color rosa), que mide 50cm de alto, soporta el peso de los carros.

Ejes X y Z, en esta vista solamente se aprecia el carro del porta piezas, que se encuentra en el eje Z, que recorriendo hasta su tope máximo, llega a tener una distancia de 20 cm. Esta es otra vista viéndose de frente donde se muestra los ejes X y Z (Figura 6).

### 3.2 Sistema electrónico

El sistema hardware de control y alimentación del CNC está basado fundamentalmente en el control de movimiento de los motores y sus respectivos dispositivos de actuación y supervisión. En el sistema de CNC se utilizaron 3 motores; (Figura 7).



**Fig. 6** Sistema de CNC vista de frente

Se diseñó una interfaz gráfica por medio del software LABVIEW, la cual se adaptó para capturar los datos por medio de las entradas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos creada con Arduino.



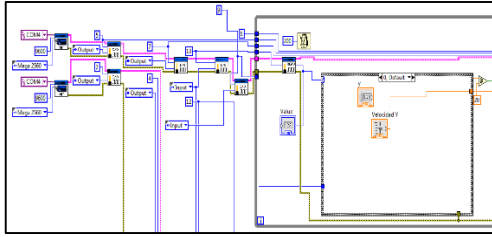
**Figura 7** MotorGears

### 3.3 Interfaz gráfica y tarjeta de adquisición de datos

En las figuras 8 y 9 y se muestran parte del programa realizado en LABVIEW y la interfaz gráfica que realiza el control manual de los motores.

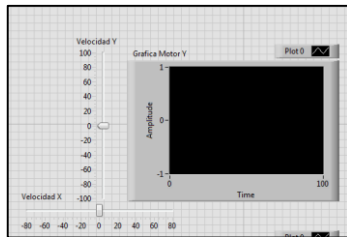
La señal de respuesta del sistema es dada por un encoder que posee en conjunto un motorreductor que genera una señal cuadrada de frecuencia directamente proporcional a la velocidad del motor.





**Fig. 8 Esquema de programación**

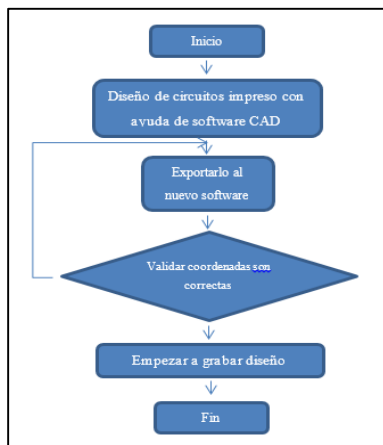
Se creó un modelo experimental en el software MATLAB Simulink para tener las respuestas teóricas de los parámetros del motor de CC para ver su comportamiento ideal y compararlo con la respuesta real obtenida del conjunto motor-generador.



**Fig. 9 Programa para posicionar manualmente el motor**

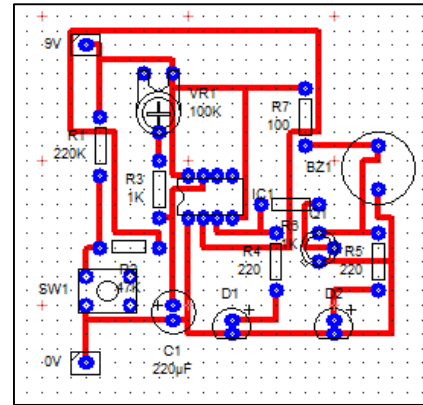
### 3. Análisis de Resultados

Presentaremos los resultados obtenidos de la tesis, gráficas, simulaciones y piezas terminadas, además las conclusiones del prototipo de máquina de control numérico y control del motor con redes neuronales.



**Fig. 10 Bloque general del Prototipo de Control Numérico Computarizado**

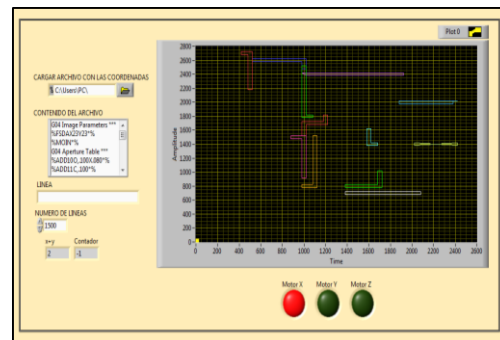
Para que el sistema dibuje sobre la placa de cobre es necesario seguir una serie de pasos como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 10.



**Fig. 11 Circuito PC Wizard**

Una vez que se tuvieron listos algunos diseños de circuitos impresos se procedió a realizar las pruebas correspondientes, que consistieron en comprobar el comportamiento del sistema mecánico al dibujar los circuitos impresos, determinar cuál es el error y comparar la similitud del dibujo pintado con el circuito impreso original.

La figura muestra un circuito de varios componentes, del cual se obtiene su circuito impreso empleando PC Wizard, figura 11.

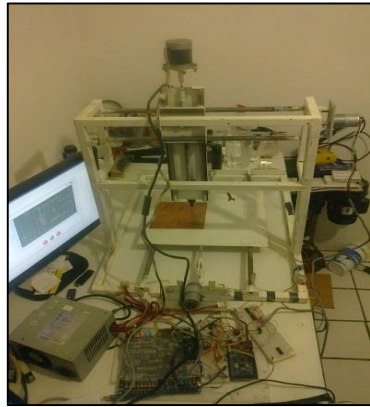


**Fig. 12 Pantalla de reconstrucción del circuito**

Se utiliza el software hecho con LabView, dando la configuración de las coordenadas, confirmamos la distancia entre punto y punto, el mismo sistema en LabView crea nuevas pistas haciendo el contorno de la misma línea.

Así mismo entrando en funcionamiento el programa, este va haciendo el contorno conforme va

desbastando la pista como en la figura 12 y 13 se va viendo.



**Fig. 13 Funcionamiento del programa y circuito del circuito**

#### 4. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto se inició hace aproximadamente un año con la firme intención de fabricar un primer prototipo de una máquina de control numérico profesional a un bajo coste.

Entre los principales problemas encontramos, la nivelación de los componentes de la máquina. Este proceso, puede ser muy tedioso. La solución encontrada es la nivelación por etapas, tal como se describe en el capítulo de diseño.

Como posibles trabajos futuros se plantea la adición de un cuarto eje a la máquina (permitiendo crear objetos de revolución), la creación de una máquina pick and place o la fabricación de una estación de soldadura infrarroja con auto posicionamiento de componentes.

Cuando se trabaja con sistemas delicados de adquisición, es indispensable disponer de un sistema de acoplamiento, que salvaguarde dichos sistemas, pues aislar circuitos de control y potencia es una práctica que, además de ser recomendable, puede brindar resultados favorables como son inmunidad al ruido y mayor estabilidad de las señales.

El uso de elementos de protección y maniobra adecuados, es siempre indispensables en sistemas que presenten uso de cargas inductivas o de alto consumo, sin embargo se concluye que no solo la disposición de este tipo de elementos es necesaria, sino también la coordinación adecuada de cada uno de ellos. Es por esto, por ejemplo el no funcionamiento de circuitos de potencia bajo la ausencia de circuitos de control, y en

caso de sobrecargas, limitar su funcionamiento o proteger individual y colectivamente cada elemento del sistema

No siempre un sistema de control en lazo cerrado es un sistema óptimo para todas las aplicaciones, este debe aplicarse bajo un propósito y necesidad, pues como bien se ha visto, una fresadora CNC cuyo torque de arrastre es mínimo para el trabajo a realizar, funciona de manera óptima con un sistema de control en lazo abierto, siendo técnicamente favorable

Las RNA mejoran el error simulado conforme mejor sea su desempeño en el entrenamiento de las mismas, los métodos que optimizan los modelos son los de trainseg ya que presentan el mejor desempeño en un corto periodo de tiempo.

Ajustando los parámetros se hizo la etapa de entrenamiento de la red neuronal. El entrenamiento se realizó varias veces, modificando cada vez los parámetros de la tasa de aprendizaje y el momento, hasta que la red mostro el comportamiento esperado.

Existe una gran dificultad de efectuar la simulación con el modelo neuronal encontrado al uso el Toolbox NNET, aunque teóricamente funciona, pero se necesita un software para futuros proyectos en el cual sea posible adicionar nuevas señales de entrada al modelo, al igual que intentar generar una red neuronal con varias salidas.

La principal conclusión que se obtiene de este proyecto es que es posible diseñar y construir una máquina de control numérico profesional sin excesivos medios y a un bajo coste. Esto implica poder llevar la fabricación mediante control numérico a particulares y no únicamente a empresas.

#### 5. Referencias

- [1] Crandell T. M., *CNC Machining and Programming: An Introduction, Industrial*, Press INC 2ed.,1991. Pags. 1- 5.
- [2] M. Gasinski. *CNC Machine Tools: selected topics in nc machine tools and part programming*. AGH, Poland, 2007.
- [3] Steen W. M., *Laser Material Processing*, Liverpool UK, 1993. Pags. 1, 140-144.
- [4] Gouda M., and A. El-Samahy. 2004. "Artificial Neural Network based Control of High Performance DC Motor Drive Systems". Proceeding of (442) European Power and Energy Systems-2004.

# Eficiencia energética en una celda solar grätzel modificando su fase semiconductor y sensibilizadora con óxido de grafeno y grafeno reducido

Hernández Romero Venus Amanda<sup>1\*</sup>, Baltazar Vera Juan Carlos<sup>1</sup>, Manríquez Rocha Juan<sup>2</sup>, Carreño Aguilera Gilberto<sup>3</sup>, Galindo Esquivel Ignacio René<sup>1</sup>, Fuentes Ramírez Rosalba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Guanajuato, DCNE, Depto de Ingeniería Química, Noria Alta s/n, Guanajuato, Gto, 36050, Méx. <sup>2</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Querétaro Qro., Méx. <sup>3</sup> Universidad de Guanajuato, División de Ingeniería, Depto de Ingeniería Geomática e Hidráulica de la, Av. Juárez No. 77 Col. Centro, Guanajuato, Gto. Méx.

## Resumen

*En este proyecto, dos nuevos materiales: el óxido de grafeno y el grafeno reducido fueron incorporados en la fase sensibilizadora de una celda solar sensibilizada por colorante (tipo Grätzel). En la construcción de la celda se empleó un vidrio conductor FTO (óxido de estaño dopado con flúor) como sustrato conductor para el fotoelectrodo. La preparación del fotoelectrodo consistió en colocar sobre el vidrio conductor mediante la técnica de electroforesis, tanto la capa semiconductor de  $TiO_2$  como la capa sensibilizada, la cual fue un colorante artificial tipo azoico (rojo disperso 1) dopado con óxido de grafeno o grafeno reducido. El grafeno reducido y óxido de grafeno fueron sintetizados a partir de la oxidación del grafito cristalino y caracterizados por las técnicas FT-IR, TEM. Para el contra electrodo, se utilizó un vidrio conductor FTO impregnado con una solución de ácido hexacloroplatinico hexahidratado en 2-propanol para cerrar el circuito. El ensamblaje de la celda se completó con un electrolito, el cual contiene un par redox  $I/I_3^-$  en el solvente orgánico de carbonato de propileno. Se caracterizó la celda solar tipo Grätzel, obteniéndose la curva de descarga. Con los datos anteriores, se determinó su eficiencia, la cual se incrementó al dopar la fase sensibilizadora con grafeno reducido y óxido de grafeno respecto a usar solo el colorante.*

**Palabras clave:** eficiencia energética, celda solar, electroforesis, grafeno, óxido de grafeno.

## 1. Introducción

Actualmente se requiere que se desarrollen nuevas fuentes de energía que sean limpias y renovables, debido a los problemas ambientales que se están presentando por el uso excesivo de las energías fósiles o no renovables. Las celdas solares ofrecen una fuente energía alterna; ya que el sol proporciona un alto potencial energético que se puede aprovechar para el consumo de energía.

Un desarrollo reciente en las celdas son las celdas solares Grätzel, las cuales, aunque no son competitivas en eficiencia comparadas con otras celdas, tienen el potencial de ser producidas mucho más económicamente que las celdas existentes en el mercado gracias al bajo costo de la materia prima y sus bajos requerimientos de manufactura. Utilizar en el diseño de estas celdas nuevos materiales como el óxido de grafeno y grafeno para modificar tanto la capa semiconductor y la capa de colorante sensibilizador representa una opción de mejorar la eficiencia de la DSSC.

## 2. Celdas Solares

Las celdas solares son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, ya sea directamente vía el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química.

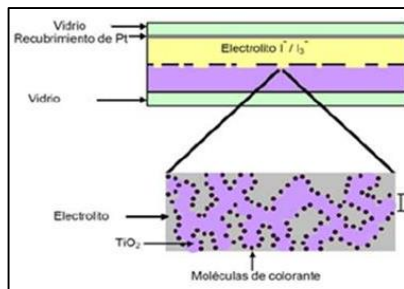
Las celdas solares funcionan esencialmente con base en materiales semiconductores, a los cuales se les

agregan deliberadamente impurezas específicas que permiten establecer un campo eléctrico interno dentro del semiconductor pero lo suficientemente cerca de la superficie para que una gran porción de la luz solar pueda penetrar hasta ahí. El efecto de la radiación solar consiste en la creación de un par electrón-hueco, que representa un par de una carga negativa (el electrón) y una carga positiva (el hueco) y que pueden desplazarse libremente dentro del semiconductor [1].

### 2.1 Celda Solar Tipo Grätzel

La celda solar tipo Grätzel también conocida como celda solar sensibilizada por colorante (DSSC) produce electricidad mediante un principio fotoelectro-químico, cambiando la energía luminosa en energía eléctrica [2].

La celda fue inventada por Michael Grätzel en 1991 (EPFL, Lausana, Suiza), pudiendo ser construida con materiales de bajo costo y con un proceso de fabricación extremadamente simple [2]. En la figura 1 se muestra la estructura de la DSSC.

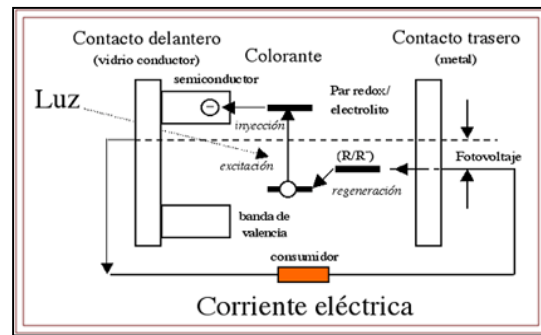


**Figura 1. Estructura de una Celda Solar Tipo Grätzel.**

La diferencia más importante de las celdas de Grätzel al compararlas con las celdas convencionales es la división de los pasos de la absorción de la luz solar, aquí realizado por un colorante, y de la separación de los pares electrón-hueco que normalmente son realizados ambos por el mismo semiconductor. Esta división de tareas permite la optimización de ambos pasos por separado y - al menos en teoría - una mayor eficiencia de la celda.

La figura 2 muestra el esquema del funcionamiento de la celda solar de Grätzel: La luz solar incidente eleva un electrón del colorante a un estado superior ("excitación") desde el cual es inyectado a la banda de conducción ("inyección") del semiconductor. De ahí llega hasta el contacto de la celda y puede realizar trabajo en un consumidor externo. El colorante se recupera en su estado neutro a

través de la interacción con una solución electrolítica ("regeneración") [3].

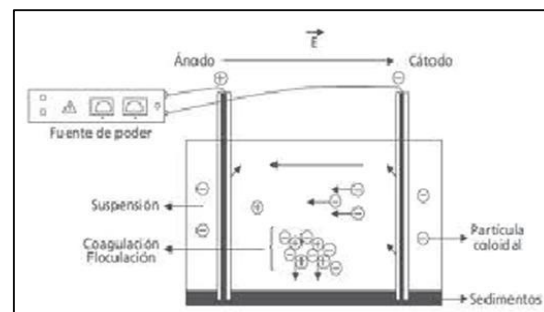


**Figura 2. Esquema del funcionamiento de la celda solar de Grätzel**

Para la deposición de las capas tanto semiconductora como sensibilizadora en el fotoelectrodo se utilizó el método electroforético.

### 2.2 Método Electroforético

Es una técnica utilizada para formar un recubrimiento a partir de una suspensión estable. También es utilizada debido a la eficacia para lograr la formación de películas delgadas en diversos sustratos, aún en sustratos con formas irregulares, utilizando soluciones en donde el precursor se encuentra en forma coloidal, de esta manera, se necesitan sustratos que sean semiconductores, como el  $TiO_2$  resulta adecuado para el uso de esta técnica. Para la formación de la película utilizando esta técnica requiere de dos pasos: el primero de ellos consiste en que las partículas cargadas suspendidas en el solvente migren hacia el electrodo debido a la influencia de un campo eléctrico (proceso llamado electroforesis). Posteriormente, las partículas se depositan en el electrodo formando una capa.



**Figura 3 Diagrama representativo de la Técnica de deposición Electroforética.**

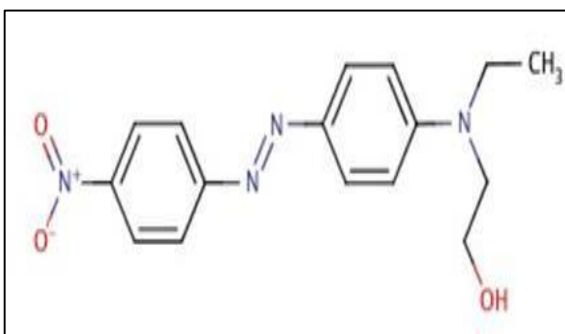
La electroforesis es una técnica para la separación de moléculas según la movilidad de estas en un campo eléctrico. La separación puede realizarse sobre la superficie hidratada de un soporte sólido (p. ej., electroforesis en papel o en acetato de celulosa), o bien a través de una matriz porosa (electroforesis en gel), o bien en disolución (electroforesis libre). Dependiendo de la técnica que se use, la separación obedece en distinta medida a la carga eléctrica de las moléculas y a su masa.

Existen ciertas consideraciones para la obtención de películas delgadas y homogéneas, por ejemplo que las partículas deben ser estables, que los enlaces de estas películas son únicamente físicos entre el sustrato y la capa por lo que se debe de realizar un tratamiento químico, como sintetizarlo, para provocar una adhesión mayor. Con este método se puede controlar el espesor de la capa tanto con el tiempo como el voltaje utilizado [4].

El sensibilizador que se utilizó fue un colorante azoico el rojo disperso 1.

### 2.3 Colorante Rojo Disperso 1 (Tipo Azoico)

Este colorante también es llamado rojo egipcio, es empleado muy frecuentemente en la industria textil para lograr coloraciones de alta intensidad y prolongada duración, además tiene un bajo costo de producción. En la figura 4 se muestra la estructura correspondiente a este colorante.

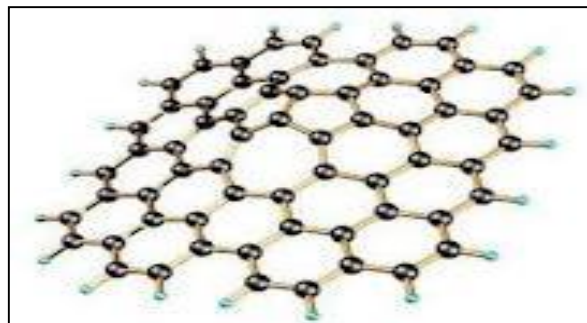


**Figura 4. Estructura del colorante artificial (tipo azoico) rojo disperso 1.**

Este colorante puede ser empleado en celdas solares debido a que puede presentar buenas propiedades de anclaje correspondiente al grupo (OH) presente en la estructura, el cual de acuerdo a Robert y colaboradores ofrece un estable y muy fuerte anclaje con el  $\text{TiO}_2$ , lo que lo hace viable para su empleo como sensibilizador en el fotocátodo de la celda Grätzel [5].

### 2.4 GRAFENO

El grafeno es una estructura laminar plana, de un átomo de grosor, compuesta por átomos de carbono densamente empaquetados en una red cristalina en forma de panal de abeja mediante enlaces covalentes que se formarían a partir de la superposición de los híbridos  $\text{sp}^2$  de los carbonos enlazados [6].



**Figura 5 Estructura del grafeno.**

El Grafeno presenta una gran variedad de propiedades, de las cuales las más importantes son las siguientes:

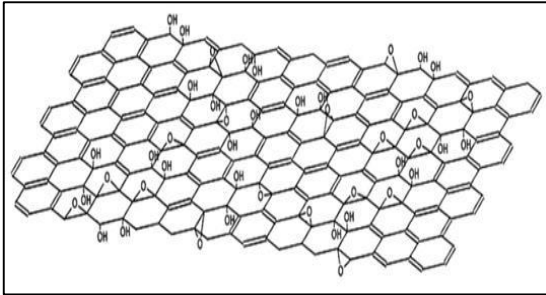
- ◆ Alta conductividad térmica y eléctrica [7].
- ◆ Alta elasticidad y dureza, es más duro que el diamante [7].
- ◆ Resistencia (200 veces mayor que la del acero).
- ◆ El grafeno puede reaccionar químicamente con otras sustancias para formar compuestos con diferentes propiedades, lo que dota a este material de gran potencial de desarrollo [7].
- ◆ Soporta la radiación ionizante.
- ◆ Es muy ligero, como la fibra de carbono, pero más flexible [6].
- ◆ Menor efecto Joule, se calienta menos al conducir los electrones [6].
- ◆ Consume menos electricidad para una misma tarea que el silicio [6].

### 2.5 ÓXIDO DE GRAFENO

Los materiales porosos cuyos poros son nanométricos tienen un enorme número de aplicaciones industriales, sobre todo en técnicas de separación y filtrado de sustancias con moléculas pequeñas.

Se han observado que una lámina de óxido de grafeno es impermeable a todo tipo de líquidos, vapores y gases, incluyendo el helio, salvo para el agua

(el H<sub>2</sub>O penetra a través de las membranas de óxido de grafeno diez mil millones de veces más rápido que el helio). El óxido de grafeno tiene propiedades mecánicas similares al grafeno [6].



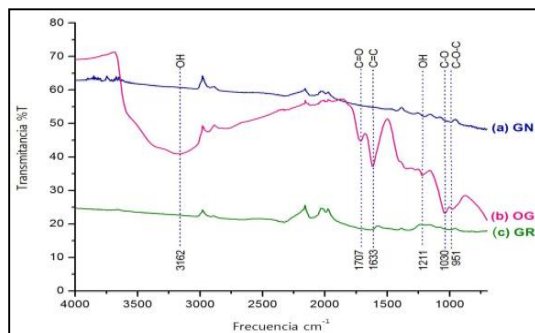
**Fig. 6 Estructura de las láminas de OG.**

### 3. Análisis de resultados

Inicialmente se muestra la caracterización aplicada a los materiales grafiticos por medio de las técnicas de espectroscopia infrarroja (FT-IR NEXUS), y TEM.

#### 3.1. Espectroscopia Infrarroja (FT-IR)

A continuación se presentan los espectros obtenidos para el grafito (GN), óxido de grafeno (OG) y grafeno reducido (GR).



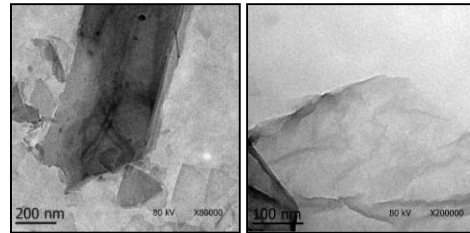
**Fig. 7. Espectro infrarrojo a) grafito b) óxido de grafeno c) grafeno reducido.**

#### 3.2. Microscopia electrónica de Transmisión

La microscopía electrónica de transmisión (TEM) es una herramienta primordial para la caracterización estructural de estos materiales.

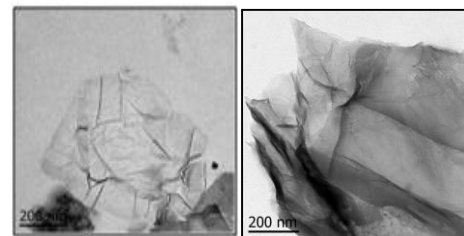
En la figura 8 se muestran las micrografías que se obtuvieron de óxido de grafeno en donde puede observar la morfología de OG con pliegues definidos,

se puede distinguir al menos un par de láminas en los bordes de las mismas.



**Fig. 8 Micrografías de TEM de la muestra de OG.**

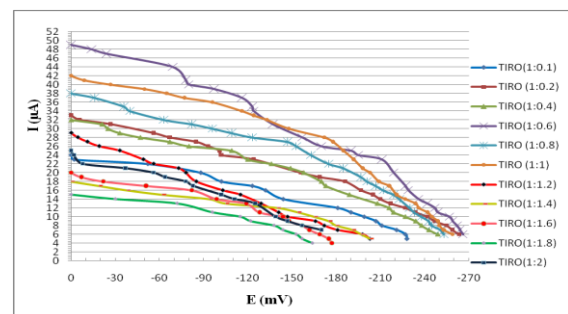
Como se muestra en la figura 9, las imágenes de grafeno reducido presentan hojas comparables a las del OG, tanto en su morfología parecida a una “sábana” arrugada como en su transparencia. El GR presenta una gran transparencia a los haces de electrones debido a su insignificante sección eficaz de dispersión electrónica.



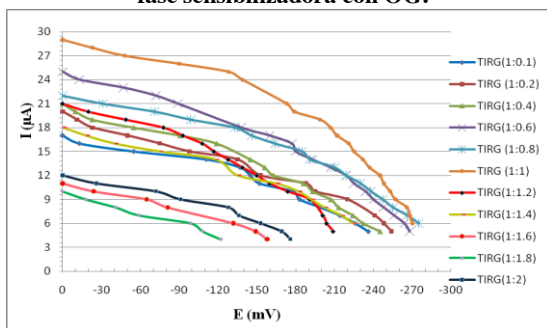
**Fig. 9 Micrografías de TEM de la muestra de GR.**

#### 3.4. Curva de descarga para DSSC modificando la fase sensibilizadora.

A continuación se presentan las curvas de descarga generadas bajo iluminación simulada de celdas solares ensambladas, indicando que efectivamente la unión de los componentes de la celda solar tipo Grätzel modificando su fase sensibilizadora con OG (figura 10) y GR (figura 11) a diferentes proporciones, permite convertir energía luminosa en potencia eléctrica.



**Figura 10** Curva de descarga de una DSSC modificando fase sensibilizadora con OG.



**Fig. 11** Curva de descarga de una DSSC modificando fase sensibilizadora con GR.

3.5 Valores máximos y % de eficiencia obtenidos en cada DSSC.

La tabla 1 contiene los valores máximos obtenidos a partir de la curva de descarga, así como el % de eficiencia para cada diferente proporción de concentración cuando se modifica la fase sensibilizadora de la DSSC con óxido de grafeno.

**Tabla 1.** Valores máximos y % de Eficiencia obtenidos para una DSSC modificada de su fase sensibilizadora con óxido de grafeno.

Relación RD/OG	$E_{oc}$ $1 \times 10^{-3}$ (V)	$j_{sc}$ $1 \times 10^{-6}$ (A/cm <sup>2</sup> )	Potencia máxima $1 \times 10^{-3}$ (W/cm <sup>2</sup> )	$\eta^b$ (%) RD/OG
<b>1:0</b>	-370	41.43	11.746	0.12
<b>1:0.1</b>	-230	106.599	11.746	0.2128
<b>1:0.2</b>	-208	96.447	8.32	0.1507
<b>1:0.4</b>	-191	106.599	8.315	0.1506
<b>1:0.6</b>	-98	86.294	2.386	0.0432
<b>1:0.8</b>	-90	106.599	2.843	0.0515
<b>1:1</b>	-61	71.066	2.071	0.0375
<b>1:1.2</b>	-41	71.066	0.964	0.0175
<b>1:1.4</b>	-75	126.904	3.411	0.0620
<b>1:1.6</b>	-69	101.523	1.736	0.0315
<b>1:1.8</b>	-46	65.99	0.746	0.0135
<b>1.2</b>	-56	55.838	0.558	0.0101

Los resultados obtenidos demuestran que el mayor % de eficiencia se logra cuando la celda solar tipo Grätzel modificada de su fase sensibilizadora se encuentra en una proporción de 1:0.1 con óxido de grafeno, con una potencia máxima de 11.746mW/cm<sup>2</sup>

y una densidad de corriente máxima de 106.599  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>.

La tabla 2 contiene los valores máximos obtenidos a partir de la curva de descarga, así como el % de eficiencia para cada diferente proporción de concentración cuando se modifica la fase sensibilizadora de la DSSC con grafeno reducido.

**Tabla 2.** Valores máximos y % de Eficiencia obtenidos para una DSSC modificada de su fase sensibilizadora con grafeno reducido.

Relación RD/G	$E_{oc}$ $1 \times 10^{-3}$ (V)	$j_{sc}$ $1 \times 10^{-6}$ (A/cm <sup>2</sup> )	Potencia máxima $1 \times 10^{-3}$ (W/cm <sup>2</sup> )	$\eta^b$ (%) RD/G
<b>1:0</b>	-370	41.43	11.746	0.12
<b>1:0.1</b>	-236	86.294	9.041	0.1638
<b>1:0.2</b>	-254	101.523	10.497	0.1902
<b>1:0.4</b>	-245	106.599	10.386	0.1881
<b>1:0.6</b>	-268	126.904	14.376	0.2606
<b>1:0.8</b>	-275	111.675	14.086	0.2552
<b>1:1</b>	-270	147.208	19.193	0.3477
<b>1:1.2</b>	-209	106.599	9.173	0.1662
<b>1:1.4</b>	-224	91.371	9.239	0.1674
<b>1:1.6</b>	-158	55.838	4.02	0.0728
<b>1:1.8</b>	-122	50.761	3.015	0.0546
<b>1.2</b>	-176	60.914	5.198	0.0942

Los resultados demuestran que el mayor % de eficiencia se logra cuando la celda solar tipo Grätzel modificada de su fase sensibilizadora se encuentra en una proporción de 1:1 con GR, con una potencia máxima de 19.193mW/cm<sup>2</sup> y una densidad de corriente máxima de 147.208  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>.

#### 4. Conclusiones

La técnica de depósito electroforético permitió co-depositar TiO<sub>2</sub> y mezclas rojo disperso 1/OG y rojo disperso 1/GR en diferente proporción.

Los materiales grafiticos si tienen efectos en la eficiencia al aplicarse en el fotoelectrodo. Cuando se modificó la fase sensibilizada con grafeno reducido y óxido de grafeno se obtuvieron valores de 0.3477% y 0.2128% respectivamente. Con lo que se demuestra que se logra obtener un aumento en la eficiencia de las DSSC respecto a usar solo colorante.

## 5. Referencias

- [1] O'Regan B., Grätzel M., "*A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films*", Nature 353 (1991) 737.
- [2] Muñoz D., Tesis de licenciatura en Química, Departamento de Química, ITESM, Campus Monterrey, 1998.
- [3] Yamaguchi M., "*Compound Multi-Junction Solar Cells: Present and Future*", Solar Energy Materials & Solar Cells, 2003.
- [4] Abdullah, H.Z., "*TiO<sub>2</sub> Thick Films by Electrophoretic Deposition*", Journal of the Australian Ceramic Society, 44, 2, 2008.
- [5] Zoellinger H., "*Color Chemistry: Syntheses, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments*". John Wiley & Sons, 3a edición, 2001.
- [6] Gonzalo J., Hernández M., Guinea F. "*El grafeno, una lámina de carbono cuyo espesor puede ser de un solo átomo, muestra propiedades electrónicas exóticas que revisten un gran interés para la investigación fundamental y el desarrollo de nuevos materiales*". Investigación y Ciencia, Septiembre, 2010.
- [7] Fernández M., Guardia L., Paredes J., Villar S., Solís P., Martínez A., and Tascón J. "*Vitamin C Is an Ideal Substitute for Hydrazine in the Reduction of Graphene Oxide Suspensions*", Instituto Nacional del Carbón, CSIC, Apartado 73, 33080 OViedo, Spain Received: January 21, 2010; Revised Manuscript Received: February 17, 2010.



# Metodología para la formación de células de producción en los sistemas de fabricación por grupos tecnológicos

<sup>1</sup> Flores Medina Ricardo

<sup>1</sup> Universidad Politécnica del Bicentenario, Carretera. Silao - Romita Km 2, San Juan de los Duran, C.P. 36283, Guanajuato México. rfloresm@upbicentenario.edu.mx

## Resumen

*El presente artículo consiste en el desarrollo de una aplicación de Grupos Tecnológicos como base para la formación de células de producción, y permita así el mejor aprovechamiento de la capacidad instalada; Utilizando un simulador de eventos discretos (Promodel), para la evaluación, del nuevo grupo tecnológico donde se simulo una corrida de producción, en el taller Industrial palomares en la ciudad de Celaya, Gto. El cual pasó de una producción intermitente a una producción continua, creando un flujo de producción uniforme, a través del análisis de cargas de trabajo, en la mano de obra, maquinaria y equipos, para la formación de operaciones.*

**Palabras clave:** Grupo Tecnológico, Producción, Capacidad, Costos ocultos, Métodos de agrupación de piezas-máquinas.

## 1. Introducción

Es una necesidad que toda industria, organización y empresa de servicios este en un proceso de restructuración para lograr un funcionamiento más eficaz en un mundo cada vez más competitivo. En cada división o segmento de estas organizaciones se acrecienta la intensidad de sus esfuerzos para abatir los costos. La efectividad en costo, es la clave para desarrollar una exitosa operación en todas las áreas de actividad empresarial, industrial y de gobierno.

En este sentido surge la inquietud de desarrollar una metodología para tener un sistema de producción versátil con el que se tenga un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada, y en consecuencia la reducción de los costos fijos reflejado en una menor inversión, así como lograr un sistema de producción flexible que permita hacer frente a los cambios imprevistos en la demanda del mercado, y la reducción del tiempo de respuesta para cubrirla.

## 2. Metodología para la formación de grupos Tecnológicos

Según Mitre Salazar [1] El sistema de producción por Grupos Tecnológicos aparece como consecuencia al tratar de tener los ahorros y ventajas de la producción en línea, en la fabricación de muchas piezas diferentes. Se fundamenta en las siguientes premisas:

- a) Las piezas fabricadas dentro de una fábrica – taller tienen formas, materiales y especificaciones tales, que pueden ser clasificadas en unas pocas categorías.
- b) Se puede aprovechar esta similitud entre piezas para integrar un grupo de máquinas que puedan realizar todas las operaciones a una determinada clase de piezas.
- c) La preparación de las máquinas ahora requiere menos tiempo, o equivalentemente, se puede aprovechar esta preparación para varias piezas, mediante aditamentos en las máquinas herramienta.

### 2.1 Familia de partes o piezas

Una familia de partes es una colección de partes que comparten características de geometría similares o que su proceso de fabricación tiene unas tareas similares. Aunque estas características no son suficientes para incluirlas en una misma familia, la no inclusión puede venir dada por las tolerancias, cantidad de producción y materiales que componen las mismas.

Se muestra un ejemplo de una familia y una no familia de piezas ver fig. 1 y fig. 2. Donde hay dos piezas que geométricamente son idénticas, pero no pertenecen a la misma familia. Ya que una es de pvc, se fabrica altas cantidades y tiene unas tolerancias muy

amplias, y la otra es de latón, con una producción baja y unas tolerancias muy bajas. Esto se puede ver claramente imaginando las máquinas que fabricarían estas piezas, aunque son iguales en forma, la maquinaria para procesar pvc no será la misma que la empleada para procesar metal, además de que cuanto menores sean las tolerancias aceptadas, más cara y compleja será la maquinaria usada.[2]



**Fig. 1. Ejemplo de una No familia de partes [2]**

En la siguiente fig. 2. se observan piezas bastante diferentes entre ellas, pero que comparten la maquinaria para su fabricación, por lo que forman parte de la misma familia.



**Fig. 2. Ejemplo de una familia de partes. [2]**

## 2.2 Técnicas para la formación de grupos tecnológicos

Existen cuatro técnicas posibles:

- La primera de ellas es mediante inspección visual.
- El segundo método usado para la agrupación de familias es la codificación.
- El tercer método es el sistema Opitz
- El cuarto y último es el PFA (análisis de flujo de producción).

### 2.2.1 Inspección Visual Directa.

En este sistema se van clasificando las piezas a partir del examen de los planos y según sus procesos de fabricación en clases, subclases, grupos, subgrupos, etc. Pueden utilizarse las dimensiones necesarias hasta la formación de familias con el grado de semejanza requerido.

El problema de la formación directa de familias de piezas estriba en la definición de los criterios de

clasificación en cada estado de la misma. Este problema es tanto más grave cuanto mayor el número de piezas y menor su semejanza. El análisis de las características de las piezas a partir de un estudio estadístico de su distribución permite establecer los criterios básicos de clasificación.

### 2.2.2. Sistema Opitz

Este sistema de clasificación y codificación fue desarrollado en el laboratorio de Máquinas-Herramientas en la Technical University, Aachen, Alemania por el profesor H. Opitz.

A cada pieza se le asigna un número de identificación (6 dígitos), un número de clasificación (9 dígitos) y un número de información (4 dígitos). Se representa de la siguiente manera:

XXXXXX	XXXXXXXXXX	XX	XX
C	D	A	B

Donde:

A: Es el número de la identificación de la pieza, asignado en forma secuencial, posiblemente asociado al número del plan o dibujo.

B: Es el número de clasificación; dentro de este número los primeros cinco dígitos representan la codificación de forma y geometría de la pieza y los últimos cuatro dígitos, representan la codificación suplementaria para especificar materia prima, tipo de material, precisión, etc.

C: Es el número para especificar tipo de dibujo.

D: Es el número para especificar el tipo de calidad requerido.

### 2.2.3. Algoritmo de Coeficientes de Similitud (SLCA)

En el método del coeficiente de similitud la base es definir una medida o medidas de similitud entre las máquinas, las herramientas, diseño de características, y así consecutivamente y utilizarlas para formar familias de piezas y grupos de máquinas. [2].

El coeficiente de similitud entre dos máquinas es definido como el número de piezas que son procesadas en ambas máquinas y el número de piezas que procesa cada una de las dos máquinas.

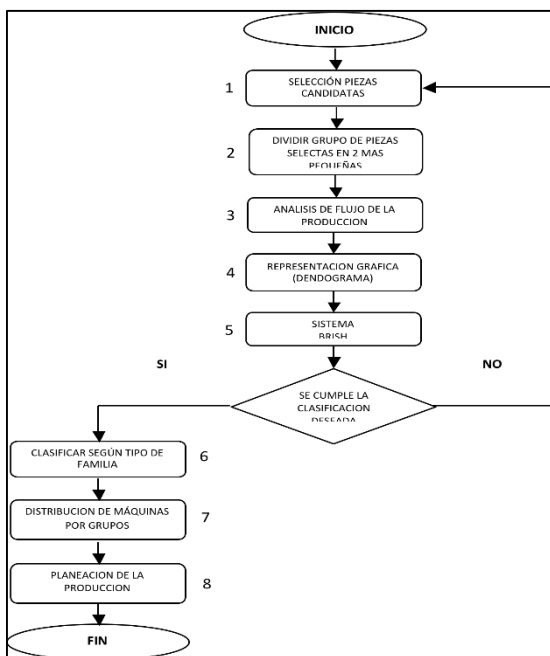
### 2.2.4 Sistema Brish

El sistema consiste en 3 pasos:

**A. Identificación.** Cada pieza se identifica de acuerdo a sus características intrínsecas de forma y diseño, y no en cuanto a su uso o aplicaciones.

**B. Clasificación.** Los artículos identificados se clasifican de una manera lógica en familias de artículos similares. se agrupan de acuerdo a tamaño, forma y otras propiedades. En base a esta estructura se le hará la codificación a las piezas

**C. Codificación.** A cada pieza se le asigna un código representado por números. El número de dígitos es variable dependiendo de las necesidades del usuario, pero normalmente consta de cinco dígitos.



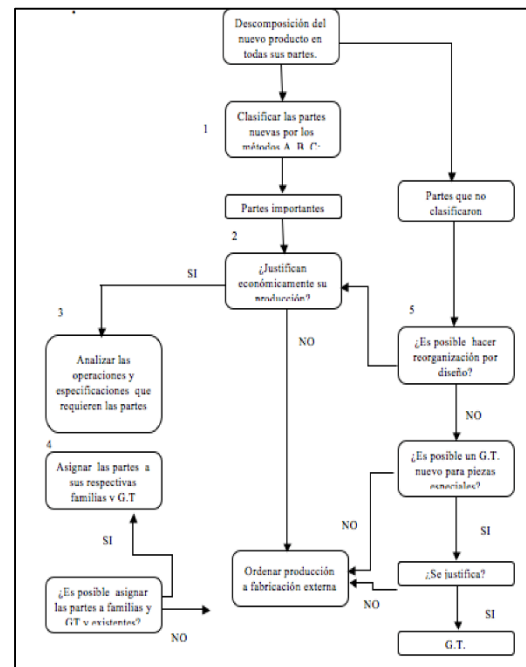
**Fig.3. Metodología para la elaboración de Grupos Tecnológicos.**

### 3. Análisis de resultados

El propósito de la investigación de campo, es obtener una mejora en el tiempo de respuesta para sacar un nuevo producto. Posteriormente a ello, los datos obtenidos de sus diagramas de proceso serán corridos en un software, con la finalidad de comparar la situación actual, contra la formación de células por un sistema por GT.

#### 3.1 Técnicas para la formación de grupos tecnológicos

Al hacer la transformación del sistema productivo funcional al de Grupo Tecnológico, debe tenerse en mente que la definición de este último está basada en la modificación y operación de las cuatro áreas básicas. (Fig. 4)



**Fig.4. Asignación de nuevas piezas al GT. [2]**

#### 3.2 Análisis de la simulación

Mediante el software de simulación Promodel®, en donde el Instituto Tecnológico De Celaya, cuenta con licencia. Se utilizó para hacer una corrida de producción, en el taller Industrial palomares en la ciudad de Celaya, Gto. En el cual se pasó de una producción intermitente a una producción continua, se toma el tiempo de fabricación, su demanda, y las máquinas por las que pasa cada pieza. Con la finalidad de simular el proceso actual, y el proceso con agrupación de máquinas y determinar cuáles son las máquinas cuello de botella, y operadores con mayor tiempo de ocio, para poder hacer un nuevo plan de trabajo para la manufactura, que ayude a procesar los productos en un menor tiempo. (Fig. 5).

##### 3.2.1 Validación de los resultados

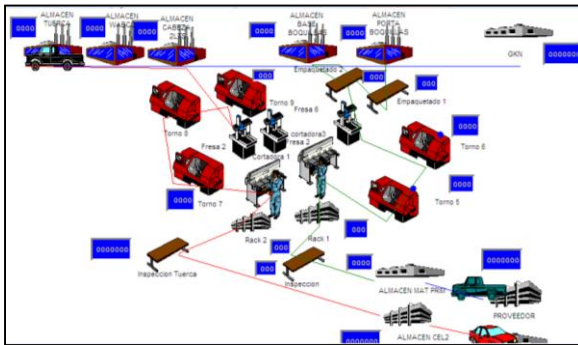
La validación se realizó a través de un panel de expertos académicos y empresariales.

Experto 1

En la parte académica se encuentra: M.C. Mauricio Felipe Flores Molina, especialista en el área de manufactura; docente de la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico de Celaya. Señala que el método propuesto es funcional, para aplicarse a cualquier taller, consta de 8 pasos de fácil aplicación para formar familias de piezas de partes a fabricar. Por lo tanto la metodología es una buena aportación que puede ser tomada como punto de referencia para otras empresas cuando quieran pasar sus procesos de un flujo intermitente a uno continuo.

#### Experto 2

En la parte empresarial se encuentra el Ing. Manuel Martínez Hernández gerente nacional en transportaciones Tresguerras. (Especialista en simulación). La simulación realizada para el taller “Palomares” se hizo correctamente; se trabajó la simulación en un ambiente jalar, todas las máquinas consideradas en la simulación hacen su función dependiendo del plan de producción del taller; se colocaron contadores para tener más claro cuántas piezas produce cada máquina, mostrar los tiempos de ocio e identificación de las máquinas cuello de botella, así como los operarios necesarios para la implementación de las 2 nuevas células. [3]



**Fig. 5. Modelo propuesto de células de producción.**

#### Experto 3

Se encuentra el dueño del taller señor Juan José López Palomares que junto con su hija la Ingeniero Industrial Fabiola López, fueron quienes avalaron el método aplicado en su empresa, el cual cumple realmente con las hipótesis planteadas; se logró eliminar los inventarios entre procesos, reducir el flujo de material en piso y una mejora en el tiempo de entrega, así como un aumento en la satisfacción en el

trabajo de los operarios. Se incrementó la productividad al implementar el sistema de fabricación por GT en vez del intermitente y con la asignación de trabajo en células de producción.

## 4. Conclusiones

Los Grupos Tecnológicos, es una herramienta de gran importancia y de mucha utilidad sobre todo para la mediana empresa que produce una gran variedad de productos, y que deseen cambiar la forma de trabajar sus procesos con un flujo intermitente a uno continuo con la formación de células, cuando la cantidad demandada de los productos se los permita. Uno de los mejores beneficios derivados de los GT es la formación de familias de piezas para un flujo de trabajo eficiente. El flujo eficiente de trabajo resulta de la agrupación lógica de las máquinas de tal manera que el manejo de material y la preparación de ellas sean minimizados. Las partes pueden ser frecuentemente agrupadas de tal manera que se puedan utilizar las mismas herramientas y escantillones. Cuando esto ocurre una reducción amplia resulta en la preparación del equipo.

## 5. Referencias

- [1] Mitre Salazar, Gonzalo (1975). *Grupos Tecnológicos*. Monterrey N:L: México
- [2] Aznar Sampol, Pau y Carmona Gómez, Cristian (2009). *Tecnología de Grupos Sistemas Integrados de Fabricación*.
- [3] Felipe Flores Molina Mauricio (1999). *Principios y técnicas de la ingeniería Industrial aplicada en la manufactura Integrada por computadora (CIM)* M.C. México.

# Análisis de los factores que influyen en el control de calidad ( $6\sigma$ ) en el proceso de ensamble de carrocerías de General Motors

Martínez-González Adrián<sup>1</sup>, Vázquez-cruz Christian Armando.<sup>2</sup>, Alvizo-García José de Jesús<sup>1</sup>, León-Rodríguez Miguel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica del Bicentenario, Carr. Silao - Romita Km 2, San Juan de los Duran, C.P. 36283, Tel. (472) 72 38 700, e-mail: [amartinez.g@upbicentenario.edu.mx](mailto:amartinez.g@upbicentenario.edu.mx)

<sup>2</sup>General Motors de México S de R.l. de C.V. Carr. Silao-Guanajuato Km 3.8 Silao, Guanajuato, CP. 36700, e-mail: [Christianarmando.vazquez@gm.com](mailto:Christianarmando.vazquez@gm.com)

## Resumen

*El sector automotriz, el más importante dentro de las plantas manufactureras mexicanas y contribuye con aproximadamente 3% del PIB, 14% del producto manufacturero y con un 23% de las exportaciones totales [1]. Los rendimientos de programas de calidad fuerte y eficiente están generando excelentes resultados de utilidades en empresas con estrategias de calidad eficientes. Esto está demostrado por los importantes aumentos en la penetración del mercado, por mejoras importantes en la productividad total, por la reducción de costos con la misma calidad y por un liderazgo competitivo más fuerte.*

*En vista que los costos en la implementación de sistemas de control de calidad, reducen las ganancias en la industria automotriz, se hace necesaria la verificación de los procesos y de los factores que intervienen en el ensamble de automóviles, este trabajo identificó como uno de los factores que influyen en la calidad es la soldadura por resistencia eléctrica, ya que cada unidad que se fabrica cuenta con más de 3000 puntos de soldadura. Por esta razón se revisan las posibles causas que generan una desviación en las mediciones de calidad y vinculado con la empresa ensambladora General Motors (GM) se buscara una metodología para incrementar la calidad en el producto.*

Palabras clave: Innovación tecnológica, Soldadura por resistencia, Carrocerías, Seis Sigma.

## 1. Introducción

Seis Sigma ( $6\sigma$ ) es una estrategia de mejora continua que se enfoca en identificar las causas de los errores, retrasos y posibles defectos en los diferentes procesos de negocio, orientándose en los aspectos que

son críticos para el cliente [2]. La estrategia  $6\sigma$  se basa en métodos estadísticos rigurosos que emplean herramientas de calidad y análisis matemático, ya sea para diseñar productos y procesos o para mejorar los ya existentes. Esta estrategia requiere que se optimicen las salidas del proceso mediante un enfoque en las entradas y procesos involucrados mediante la expresión  $Y=f(x)$ , donde Y es una variable dependiente de una salida del proceso que se monitorea, X son variables independientes de entrada, la meta del  $6\sigma$  es cuantitativamente tener 3.4 defectos por millón, culturalmente esto significa que se deben ejecutar los procesos claves casi a la perfección; este nivel de calidad se aproxima al ideal del cero-defectos y puede ser aplicado no solo a procesos industriales de manufactura, sino también comerciales de cualquier tipo [3].

## 2. Métodos.

Dentro de la política de calidad que utiliza GM que busca ser el líder en calidad para cada mercado y segmento que compita a través de la mejora continua, y es dentro de este contexto que en el ensamble de camionetas GM se realiza un proceso de medición con precisión y con los datos obtenidos se deciden los cursos de acción a tomar para incrementar la calidad en el producto [4]. En la evaluación de decisiones se da prioridad a las de ajustar la posición de los pines de localización par corregir la métrica del  $6\sigma$ .

GM utiliza técnicas de sujeción de piezas para poder soldar las carrocerías que se apoyan de Pernos Localizadores y Pizadores o Clamp. El pin o perno localizador es un elemento usado para controlar y evitar el movimiento del material a soldar de uno a tres ejes en una herramienta o dispositivo. Se emplean de varios tipos entre los que están los redondos, planos o en forma de diamante, los redondos son usados para controlar de uno a tres ejes y depende de la forma del

mismo material. Indicado generalmente en la información del Datum y en la lead sheet. Los Pizadores o Clamp son elementos que sirven para sujetar el material por ensamblar en la forma del CD (Localizadores) y /o al pin para evitar que se muevan mientras se aplica soldadura por punteo, estos pueden ser manuales o automáticos.

Una vez sujeta la carrocería se verifican los puntos importantes para realizar la soldadura por medio de pistolas de soldadura por punteo, después de realizar la soldadura se procede a una verificación de las dimensiones dentro de la carrocería como se ilustra en la figura 1, estas mediciones se obtienen con equipos especiales como son el brazo Faro y el equipo del Perceptron.

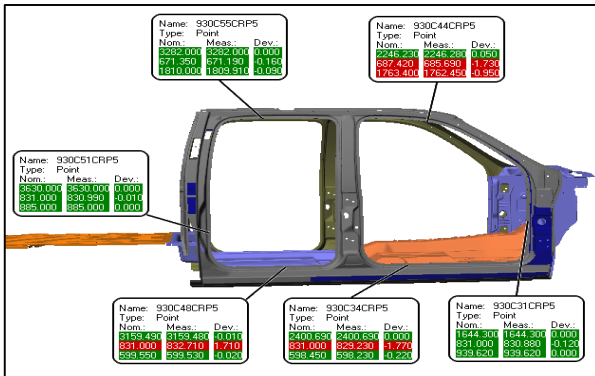


Figura 1. Puntos críticos dentro del ensamblado de carrocerías.

Dentro de la fábrica de ensamblado de carrocerías GM, se ha logrado identificar que se tienen variaciones en la medición  $6\sigma$  que se realizan con quipos de medición calibrados, se han logrado verificar los niveles de sujeción al momento de aplicar la soldadura por punteo que son suficientes para el proceso, pero aun así se perciben variaciones con la medición de  $6\sigma$ . Para mejorar los niveles de variación se propone la revisión de los puntos de soldadura en los que influyen varios factores como son corriente, presión y tiempo, esto con la finalidad de determinar la mejora en el proceso para incrementar la calidad del producto final [5].

### 3. Desarrollo

Para lograr incrementar la calidad en las carrocerías se analiza el proceso de soldadura por resistencia [6], este proceso también llamado soldadura por puntos es el resultado de calentar (fundir) dos o más piezas de metal mientras se mantienen bajo cierta presión en la que se hace referencia a la ecuación 1.

$$Q = I^2 RT \quad (1)$$

Donde Q es el calor generado en el proceso de soldadura, I es la intensidad de la corriente que circula a través de los electrodos, R es la resistencia del material al paso de la corriente, T es el tiempo de aplicación de la corriente en el proceso de soldado, es importante notar que además de estos factores también influye en la realización de un buen ciclo de soldadura el enfriamiento del equipo (Pistolas de soldadura por punteo). En la figura 2, se muestran los diagramas simplificados de los procesos básicos de soldadura por puntos, por costura y de proyección.

Las operaciones de soldadura por puntos, costura y proyección involucran una aplicación coordinada de presión mecánica, corriente eléctrica de las magnitudes y duraciones apropiadas. La corriente eléctrica de soldado debe de pasar de los electrodos a través del área de trabajo, su continuidad esta asegurada por las fuerzas aplicadas a los electrodos, o por las proyecciones que son formadas para proporcionar la densidad de la corriente necesaria y presión. Dentro de la secuencia de operación primero se debe desarrollar suficiente calor para elevar un volumen de metal confinado al estado de fundición. El metal luego debe ser enfriado mientras esta bajo presión hasta que tenga la fuerza adecuada para mantener las partes unidas, este ciclo de operación de soldadura por puntos de muestra en la figura 3.

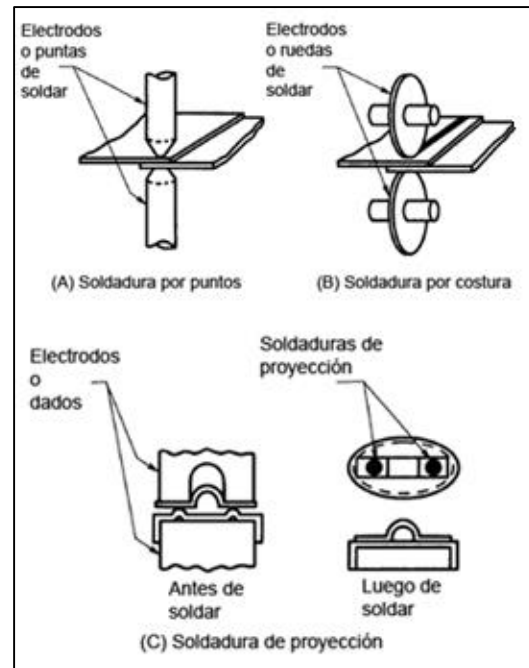
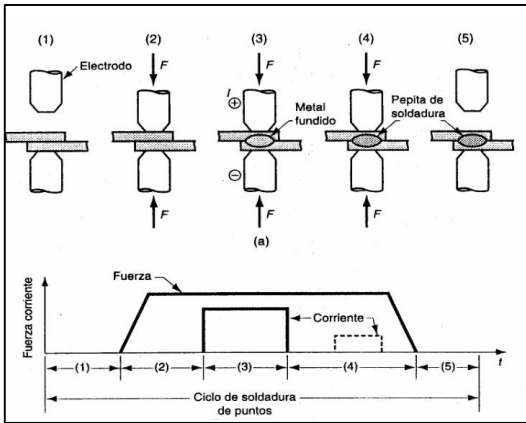


Figura 2. Diagramas simplificados de soldadura



**Figura 3 Ciclo de soldadura por puntos**

Como se mencionó existen diversos factores que influyen en la calidad del producto, pero se ha detectado que se debe hacer énfasis en la revisión del ciclo de soldadura por punteo, de esta manera se analizara en conjunto con GM la metodología empleada por el operador de la pistola de punteo, y los pasos a investigar se mencionan a continuación:

A) **Apretar (squeeze time):** hace que las partes a soldar se mantengan juntas mediante una presión de magnitud apropiada, se plantea la verificación de la presión aplicada por las pistolas de soldadura por puntos.

B) **Soldar (weld time):** es el intervalo de tiempo efectivo que el transformador transmite corriente hacia los electrodos, la recomendación es realizar una inspección, del tiempo que se aplica la corriente que algunas ocasiones por la misma velocidad de línea de producción se puede omitir el tiempo adecuado.

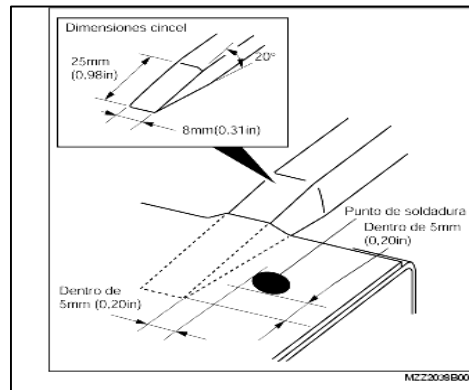
C) **Retener o Enfriado (hold time):** Tiempo en que se aplica presión después de la soldadura, aun cuando la corriente ha sido interrumpida. Es un tiempo crítico que a veces no se le da la importancia adecuada y es donde se tienen variaciones en el  $6\sigma$ .

D) **Off time (apagado):** Tiempo en que se espera para reanudar la soldadura, se mantiene sin corriente.

Para realizar una inspección más adecuada del correcto procedimiento de soldadura, se recomienda utilizar pruebas no destructivas como es por ultrasonido, ya que los métodos empleados actualmente para la evaluación de puntos de soldadura incluyen “La prueba de desgarre”, “La prueba de cincel destructiva” y “La prueba no destructiva de cincel”. En la prueba de desgarre y la de cincel destructiva, las soldaduras son sometidas a estrés hasta que se rompen con simples medios de prueba, sin dejar constancia de un valor medido. Por lo que se utiliza como criterio de evaluación es el tipo de rotura y el tamaño del punto de soldadura. Por lo que la cantidad de materia desperdiciado en esta prueba la hace de un costo considerable.

## 4. Resultados

Se observó que la ventaja de la prueba de cincel radica en el hecho de que se puede utilizar en un componente terminado. Sin embargo, se utiliza sobre todo como una prueba no destructiva y en estos casos la carga no se aplica hasta la rotura de la unión soldada figura 4.

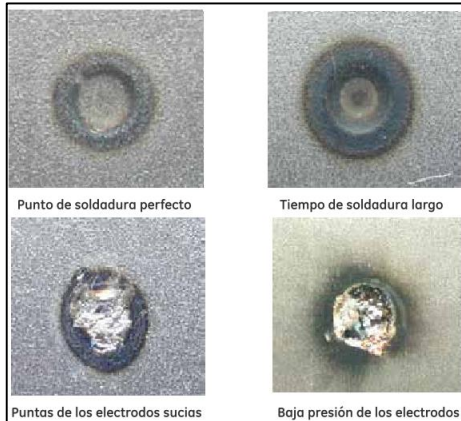


**Figura 4.- Prueba de cincel en puntos de soldadura**

La prueba no destructiva de cincel solo se utiliza en la detección de puntos de soldadura defectuosos cuya fuerza se encuentra muy por debajo del valor mínimo permisible en los llamados “Puntos pegados”. Debido a las condiciones de la prueba que no están definidos no se pueden obtener resultados constantes. En general estos métodos tradicionales para el monitoreo de la calidad de los puntos de soldadura han sido una combinación de inspección visual figura 5, método de desgarre y pruebas destructivas de martillo y cincel.

Como resultado de la investigación sobre variaciones en la calidad, se hace la sugerencia de utilizar métodos de verificación de soldadura por puntos, y que los datos obtenidos sean analizados para

identificar el problema de la desviación en la calidad. La redacción del artículo, correspondiente al protocolo del proyecto de investigación se encuentra en proceso, y se está gestionando el recurso necesario para verificar los puntos de soldaduras a través de la técnica de punteo.



**Figura 5.- Formas de los puntos de soldadura**

#### 4. Conclusiones

Actualmente la inspección de la calidad de las carrocerías ensambladas en GM tiene una precisión basada en el  $6\sigma$ , y aun con las medidas tomadas para fijar las partes a ensamblar y soldar se encuentran variaciones de calidad, así que se propone una inspección no destructiva de los puntos de soldadura. La propuesta está basada en una inspección ultrasónica con la que se obtendrán datos para poder analizar los factores que influyen en una soldadura por puntos, en trabajos futuros se realizara un análisis de cada uno de los componentes que determinan la calidad de la soldadura que se mencionaron como la presión y el tiempo que aplican los operadores de las pistolas soldadoras. Y de esta forma presentar un procedimiento de mejora en el ciclo de soldadura por puntos

#### Referencias

- [1] Álvarez, Ma. de Lourdes, "Cambios en la industria automotriz frente a la globalización: el sector de autopartes en México", en Contaduría y Administración, 206, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM, México. (2002).

- [2] Gutiérrez, H. y de la Vara, R., "Control estadístico de calidad y Seis Sigma", McGraw-Hill, México, D. F.(2004).

- [3] Escalante, E. Seis-Sigma Metodología y Técnicas, Limosa Noriega Editores México D.F. (2003).

- [4] Besterfield, Dale H. "Control de Calidad". Cuarta Edición, Prentice Hall, México, (1995).

- [5] Shewhart, Walter A. "Control Económico de la calidad en productos manufacturados". Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid, España, (1997).

Metals And Boock, Volumen 6 "Welding And Brazing", ASM International, Ohio,(1988)





## **Desarrollo Tecnológico e Investigación Aplicada - C**

1er Simposio Internacional de Desarrollo Tecnológico

Universidad Politécnica del Bicentenario  
Carretera Estatal Silao-Romita Km. 2  
San Juan de los Durán, Silao de la Victoria, Guanajuato, México  
C.P. 36283  
[www.upbicentenario.edu.mx](http://www.upbicentenario.edu.mx)

Obra terminada el 28 de Noviembre de 2014



Desarrollo Tecnológico e Investigación Aplicada - C

ISBN: 978-607-96471-9-3

