

Aplicación del diseño y metodología (DDSM) en Plataforma Experimental de Rotación Biaxial

M. Vivanco-Pizarro¹, E. Castellanos-Velasco¹, J. P. Sánchez-Santana¹, N. Juárez-Rodríguez²
miguel.vivanco@up Puebla.edu.mx, ernesto.castellanos@up Puebla.edu.mx, jose.sanchez@up Puebla.edu.mx, juarez1@hotmail.com.

¹Universidad Politécnica de Puebla

Tercer Carril del Ejido "Serrano" s/n San Mateo Cuanalá. Juan C. Bonilla, Puebla, Pue. C.P. 72640

²Laboratorio de Rotomoldeo

9a Oriente-sur 973, Entre 2a Sur y 3a Sur, Barrio Lindavista, Berriozábal, Chiapas, 29130.

Resumen

Se describe el proceso de diseño mecatrónico de una plataforma experimental de rotación biaxial controlada por un sistema embebido (arduino mega2560). Esta plataforma es la base para el desarrollo de una máquina a nivel industrial en el proceso de transformación de plástico denominado rotomoldeo, esto mediante el escalamiento de dicha plataforma. El sistema pretende monitorear y controlar la rotación de ambos ejes a 360°, para poder colocar la estructura en cualquier posición deseada en el espacio de trabajo, con el objetivo de poder cubrir en su totalidad el interior de las paredes de un molde y de ésta forma generar geometrías más complicadas de las que se hacen actualmente con las máquinas convencionales. Esto mediante la metodología DDSM de diseño mecatrónico.

Palabras clave: Diseño, DDSM, plataforma experimental, rotación biaxial, monitoreo y control, sistema embebido.

1. Introducción

Los días en que las máquinas y productos eran estrictamente mecánicos están llegando a su fin, a medida que éstos se vuelven multidisciplinarios integrando áreas como electrónica, mecánica, control, cómputo para realizar procesos y máquinas más sofisticadas. En la actualidad la gran mayoría de productos utilizan la mecatrónica en su proceso de diseño.

El término mecatrónica fue acuñado hace 40 años por Tetsuro Mori para describir un sistema compuesto por elementos mecánicos y electrónicos controlados por un sistema embebido [1]. Un sistema mecatrónico se constituye por muchos tipos diferentes de componentes interconectados. El acoplamiento

dinámico entre dispositivos significa un diseño preciso del sistema, éste debe tener en cuenta todo el sistema en su conjunto en lugar de utilizar un solo criterio y metodologías de diseño secuenciales [2], que son tradicionales. El diseño puede ser considerado como una transición entre lo que se quiere lograr y cómo queremos lograrlo. En el área de diseño los ingenieros tienen el reto de encontrar soluciones sobre cómo pasar de una idea o concepto a algo tangible y funcional, en esa transición existen una gran variedad de soluciones para un mismo problema y cada una de éstas tiene ventajas, desventajas y riesgos, esto dependiendo de la información que se tenga para realizar el diseño, así como los recursos y herramientas a las que se pueda tener acceso.

En el presente trabajo se muestra el diseño mecatrónico de una plataforma experimental de rotación biaxial descrito en la sección II. La sección III se muestra el desarrollo de diseño mecatrónico mediante la metodología DDSM. Los resultados obtenidos se muestran en la sección IV y finalmente en la sección V las conclusiones.

2. Metodología

Para generar un prototipo es necesario recurrir a una metodología propicia y lograr el desarrollo tecnológico y su aceptable funcionamiento en condiciones operativas. Por tal motivo, en lo particular, se considera la metodología mostrada en la Figura 1, cuyo nombre de identificación es DDSM (Diseño y Desarrollo de Sistemas Mecatrónicos), para denotar una estrategia viable en el diseño y la construcción de un prototipo mecatrónico [3]. En dicha metodología como en la gran mayoría [4], [5], primero se tiene que identificar una necesidad ya sea de un producto o servicio, estableciendo los diversos criterios de diseño, posteriormente hacer una sinopsis de diseño, identificando las especificaciones técnicas. Una vez

reconocidas éstas, hacer un diseño conceptual en el cual se denotan los requerimientos del prototipo. El paso siguiente en el proceso de diseño mecatrónico es la ingeniería de detalle o diseño a detalle, en donde se identifican los sistemas, así como se hace la selección de componentes que cumplan con las características técnicas identificadas, el modelado y simulación que ayuden a validar dicha selección.

Todo esto sin dejar a un lado las leyes y principios físicos.

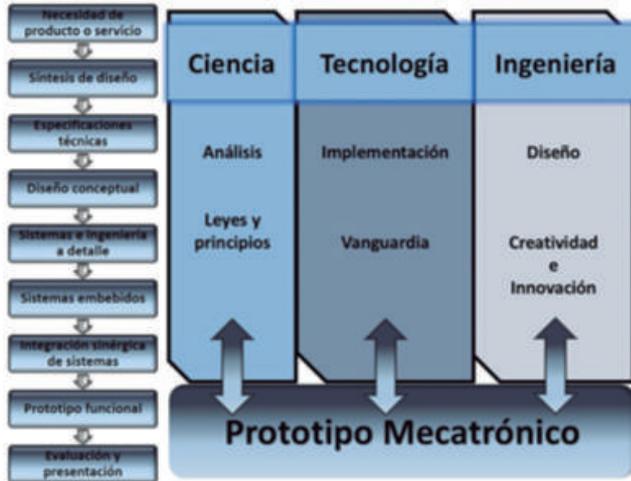


Figura 1. Metodología de diseño mecatrónico DDSM.

1. Diseño mecatrónico

La metodología para diseño mecatrónico requiere sustento de las metodologías de diseño existentes [6]. Las cuales se entrelazan de manera sinérgica para llevar a cabo el diseño, las cuales son:

➤ Diseño mecánico

En éste se contemplan cada uno de los mecanismos y elementos de máquina como por ejemplo; rodamientos, transmisiones, estructura, se vislumbran características como forma, materiales, proceso de manufactura, resistencia mecánica entre otros.

➤ Diseño eléctrico

Comprende toda la instrumentación de sensores o etapa de potencia para actuadores.

➤ Diseño de control y programación

Interfaz de usuario, control de software-hardware y programación de autómatas o leyes de control.

Cada uno de estos puntos tienen sus propias teorías, procesos y limitaciones a considerar.

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es proceso de toma de decisiones, algunas de éstas deben de tomarse con muy poca información, otras con la cantidad adecuada y en

ocasiones con exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa por lo cual es conveniente el reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos.

3.1 Especificaciones técnicas

- Plataforma experimental biaxial rotacional que permita girar sus dos ejes a 360°.
- Sistema de monitoreo de posición y velocidad de ambos ejes, los cuales alcanzarán una velocidad máxima de 20 RPM [8] y deberán de poder girar al mismo tiempo.
- Que pueda albergar moldes de 25cm³ o menores dimensiones.
- El hardware mínimo requerido para el procesamiento de señales y control de la plataforma.

3.2 Sistema Mecánico

El sistema mecánico es diseñado con el fin de que dos ejes perpendiculares puedan rotar al mismo tiempo sin interferencias. Que las transmisiones elegidas en sinergia con los motores y sensores permitan determinar la posición de los ejes. Además, la disposición de los elementos mecánicos debe ser la óptima para el funcionamiento de la plataforma, también se determinan los materiales de los que estarán hechos cada uno de los elementos de máquina, y si dichos elementos se pueden fabricar con los procesos de manufactura y las herramientas disponibles, o en caso que se eligieran materiales o piezas de estándares de mercado comprobar su existencia y fácil adquisición.

3.2.1 Diseño Asistido por Computadora

En la actualidad existen un sin número de herramientas las cuales facilitan la toma de decisiones del ingeniero en el proceso de diseño. Una de ellas es el Diseño asistido por computadora (CAD). El CAD es el uso de software para crear representaciones gráficas de objetos. El modelado y simulación son utilizados para la animación computacional, donde el software realiza cálculos para ayudar a determinar una forma y tamaño óptimo para el producto que se pretende diseñar. Además de que los prototipos virtuales, reducen los errores en los prototipos físicos generando ahorros en tiempos y costos.

En la Figura 2, se muestra el diseño CAD de la plataforma experimental de rotación biaxial el cual fue desarrollado en el software especializado SolidWorks,

en la imagen se pueden denotar las partes de la plataforma.

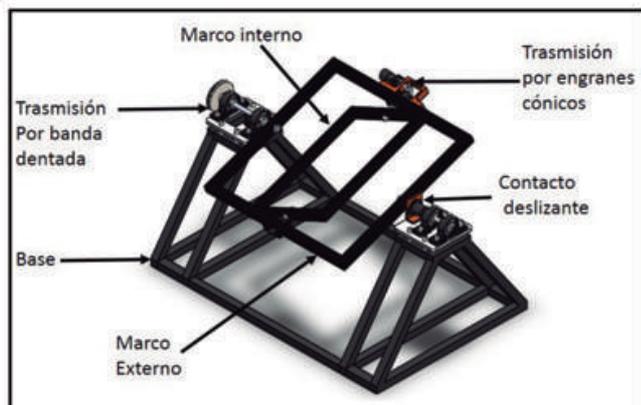


Figura 2. Diseño Asistido por Computadora de la plataforma experimental.

3.2.2 Análisis por CAE

Otra herramienta que se utiliza para el diseño mecánico es la ingeniería asistida por computadora (CAE) es el uso de software computacional para simular desempeño y así poder hacer mejoras a los diseños de elementos de máquina o bien apoyar a la resolución de problemas de ingeniería. Esto incluye la simulación, validación y optimización de elementos mecánicos, procesos y herramientas de manufactura [9].

En la fase de pre-proceso de CAE se modelan la geometrías y las propiedades físicas del diseño, así como el ambiente en forma de cargas y restricciones aplicadas. En la fase de post-procesado, los resultados se presentan para su revisión, estos resultados son mostrados de manera gráfica como se muestra en la Figura 3, en este caso en el análisis estático de tensiones.

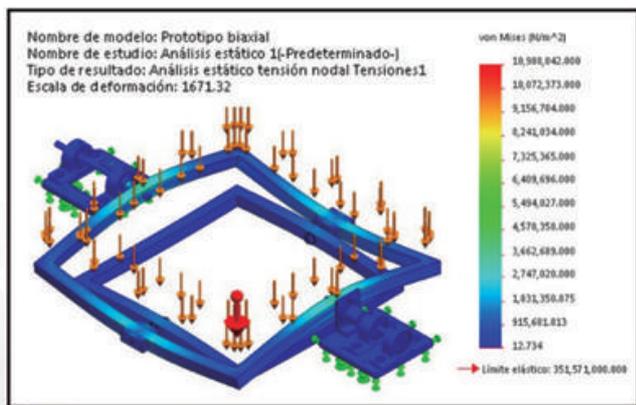


Figura 3. Análisis estático de esfuerzos.

3.3 Sistema Electrónico

El sistema electrónico es diseñado con el objetivo de mover dos motores de corriente continua CD al mismo tiempo. También, monitorear la posición de los ejes de cada uno de éstos, para cumplir con las necesidades antes mencionadas. Se diseñó una tarjeta para la etapa de potencia la que está compuesta por un puente H (L298) con optoacopladores para aislamiento de las señales de control de las de potencia. Además se diseñó una tarjeta de instrumentación para los encoders ópticos (codificador de posición en adelante codificador) que vienen en los motores las cuales están compuestas de una etapa de amplificación, un circuito de histéresis, las entradas, salidas del circuito y la alimentación del mismo. El proceso de desarrollo de la instrumentación desarrollada se muestra en los apartados siguientes.

3.3.1 Simulación

Existen simuladores Diseño Asistido por Computadora Eléctrico (ECAD) en el cual se crea un diseño de trazado de circuito preliminar que indica las áreas de restricción, al igual que la ubicación de componentes. Las pruebas de diseños eléctricos y electrónicos se realizan para confirmar la selección y ubicación de componentes, los recorridos de las pistas, tomando en cuenta consideraciones eléctricas y la lógica general del circuito. En estos simuladores se puede comprobar el funcionamiento del circuito antes de iniciar con el proceso de fabricación de la placa de circuito impreso PCB por sus siglas en inglés, en la Figura 4, se muestra el resultado de la simulación de un circuito de histéresis, el cual se usa en la instrumentación del codificador.

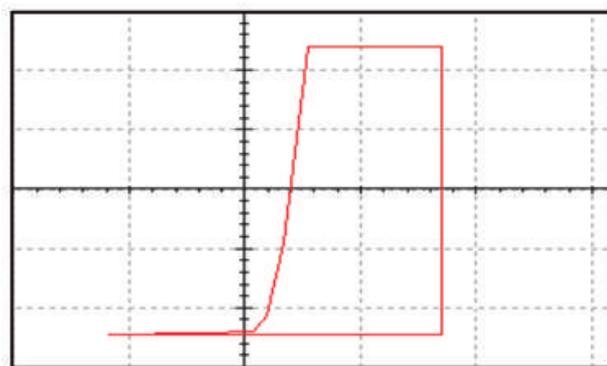


Figura 4. Simulación de circuito de histéresis.

Como concepto general, el término histéresis denota una característica de comportamiento (respuesta) que depende del sentido en que varíe el estímulo (entrada).

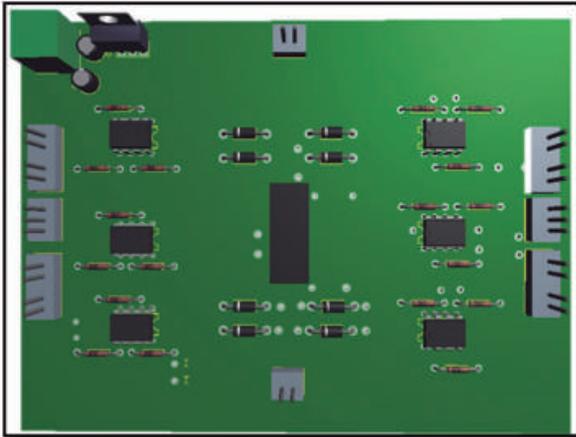
En un comparador electrónico, la presencia de histéresis significa que la salida conmutará desde un estado A a un estado B cuando la señal de entrada creciente supere un nivel dado V_1 , y que la

conmutación desde B hacia A se producirá cuando la señal de entrada decreciente caiga por debajo de otro nivel dado V2.

3.3.2 Diseño de PCB

El siguiente paso de la simulación de los circuitos es el diseño de la PCB. Para el diseño de las tarjetas no solo se toma en cuenta la disposición física de los elementos sino también las características eléctricas de los componentes y de los dispositivos que controlarán o de los cuales recibirán señales, una característica a destacar es la corriente que circula por las pistas, el largo de las pistas y las especificaciones de la placa de cobre, para estos cálculos se usó la página Web <http://www.microensamble.com/> en la cual se ingresan los datos de corriente, espesor de la placa de cobre, longitud de la pista entre otros y nos devuelve el ancho de la pista.

En la Figura 5. se muestra la visualización 3D del



PCB.

Figura 5. Tarjeta de potencia.

3.3.3 Caracterización del motor

El óptimo funcionamiento de los motores es muy importante, debido a que de éstos en correlación con las transmisiones dependerá el correcto movimiento del prototipo, por lo cual se realiza la caracterización [10] mediante algunos experimentos para corroborar su funcionamiento.

En la Figura 6, se muestra los resultados prácticos obtenidos mediante un tacómetro de la prueba de la velocidad del motor al aplicar un PWM, esto se realizó con el Motor FAULHABER 2342L012CR, con una alimentación de 12 volts, con este experimento se confirman los datos de la hoja de especificaciones del motor donde indica una velocidad máxima de 120 revoluciones por minuto (rpm) (después de la caja de engranes), además de que brinda una idea de las

señales que se deben de aplicar al motor para una velocidad deseada.

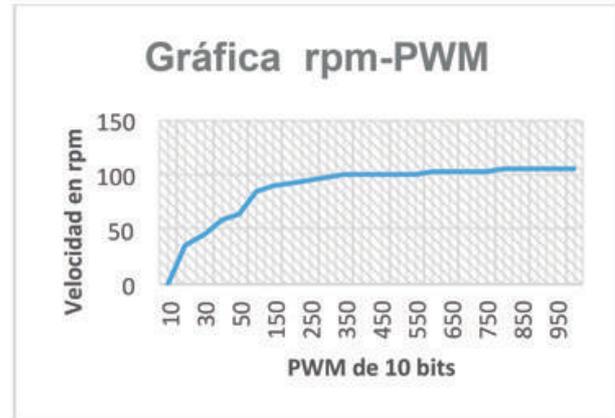


Figura 6. Gráfica de Velocidad (rpm) –PWM.

Otra prueba realizada al motor para saber cuál es el rango de frecuencia de modulación por ancho de pulso PWM (por sus siglas en ingles) que se debe aplicar para que responda de la mejor manera posible, fue el experimento de ir variando la frecuencia del PWM por medio de un generador de funciones en un rango de 100Hz a 1KHz, encontrando su mejor funcionamiento en un rango de 100Hz a 500Hz en estas frecuencias se debe de programar el PWM del sistema embebido además de que los componentes de entrada de la tarjeta de la etapa de potencia deben poder responder a ésta. También se tomaron lecturas de corriente eléctrica y la velocidad angular del motor al vacío y con carga obteniendo una corriente máxima de 350mA esta prueba da pauta para la selección de los componentes de la etapa de potencia.

3.4 Sistema de monitoreo y control

El control de la plataforma se implementa en un Arduino mega 2560, Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador ATmega2560 y un entorno de desarrollo por medio del cual se monitorea la posición de los marcos tanto interno como externo mediante los codificadores y además se comandará un puente H por medio de dos señales PWM, el codificador conectado mecánicamente a la flecha del motor realimenta al microcontrolador usando interrupciones externas para conocer con precisión y en tiempo real la posición y velocidad del mecanismo [11].

4 Implementación

Se construyó la estructura de la plataforma experimental que se muestra en la Figura 10, construida en PTR de 1" así como el tipo de transmisión que se usará para cada uno de los ejes. Los procesos

de manufactura que se implementaron en su construcción son:

Soldadura, maquinado CNC, impresión 3D.

Los elemento de máquina que se seleccionaron:



Chumaceras y baleros, flechas y ejes, poleas dentadas, banda dentada, engranes cónicos.

Figura 1. Estructura de plataforma experimental de rotación biaxial.

En lo concerniente a la electrónica se cuenta con las dos tarjetas de instrumentación para los codificadores, así como la etapa de potencia para controlar los motores. Por otro lado se seleccionó el contacto deslizante para que el segundo eje pueda rotar 360° sin tener problemas de que se enreden los cables y alguna otra restricción rotacional.

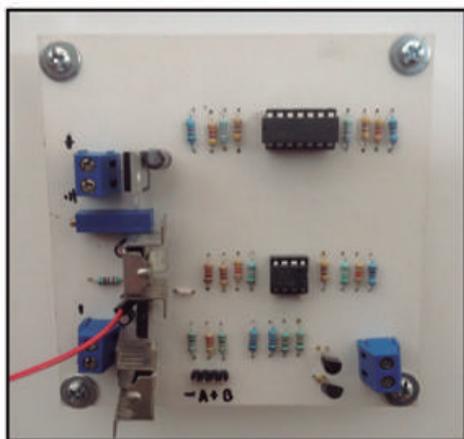


Figura 2. Tarjeta de potencia Puente H con optoacopladores y tarjetas de instrumentación.

5. Conclusiones

La utilización de la metodología DDSM permitió diseñar y desarrollar un prototipo funcional, considerando el prototipo como un todo y no en forma clásica es decir dividirlo. La instrumentación se sustenta con un artículo publicado en el congreso SOMI XXIX de instrumentación en donde se documenta dicho proceso.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen al, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de Maestría en Ingeniería del Ingeniero Miguel Vivanco Pizarro, así como por el apoyo a través del proyecto CONACyT 132461 para la construcción del prototipo, en conjunto con el proyecto PRODEP-SEP /103.5/13/6709. Así como el apoyo del cuerpo académico PRODEP de CA-TII DSA/103.5/13/11458. También al Dr. Nicolás Juárez Rodríguez por permitir haber hecho una estancia en su laboratorio de rotomoldeo ubicado en Berriozábal, Chiapas.

Referencia

- [1] A. S. Brown, «Mechatronics and the Role of Engineers,» Agosto 2011. [En línea]. Available: <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/mechatronics/mechatronics-and-the-role-of-engineers>.
- [2] A. Fotso y A. Rettberg, «State of the Art for Mechatronic Design Concepts,» Mechatronics and Embedded Systems and Applications (MESA), 2012 IEEE/ASME International Conference on, pp. 232-240, 2012.
- [3] J. P. Sánchez Santana, A. Huchin Herrera, J. Pozos Osorio y S. Arrollo Díaz, «Diseño y construcción de un Quadriritor [QR4] Utilizando la metodología DDSM,» Memorias "8° Congreso Internacional Tendencias Tecnológicas en Computación 2012", pp. 90-95, 2012.
- [4] K. Janschek, Mechatronic Systems Design: Methods, Models, Concepts, Berlin : Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [5] M. González Palacios, «Procedimientos de diseño en mecatronica,» ingeniería, investigación y Tecnología [online], vol. 12, n° 2, pp. 209-222, 2011.
- [6] U. M. Peñuelas Rivas, Metodología para diseño mecatrónico, México, D.F. : Universidad Nacional Autónoma de México, 2007.
- [7] J. Ramos Watanave, Diseño Mecánico, México, D.F.: IPN, 2000.
- [8] C. J. F. Diego, «Instrumentación de un Prototipo para Giro en Movimiento Rotacional,» CIICA 2013-SOMIXXVIII, 2013.
- [9] R. Hyde y J. Wendlandt, «Tool-supported mechatronic system design,» Proceedings-34th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2008, n° 34, pp. 1674-1679, 2008.
- [10] F. Solis Flores, Caracterización de un motor de corriente directa, México, D.F: UNAM, 2010.
- [11] M. Vivanco Pizarro y E. Castellanos Velasco, «Instrumentación de un sistema de rotación biaxial,» SOMI congreso de instrumentación, n° 29, 2014.