

Diseño, manufactura y automatización de una mesa de coordenadas para grabado láser en soluciones industriales como proyecto terminal en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica

ZAMARRIPA MUÑOZ, Miguel Ángel, BRIANZA GORDILLO Gerardo, RODRÍGUEZ GONZÁLEZ Christian Irving Enrique.

^a Universidad Tecnológica de Aguascalientes, miguel.zamarripa@utags.edu.mx, Aguascalientes, México.

^b Universidad Tecnológica de Aguascalientes, gerardo.brianza@utags.edu.mx, Aguascalientes, México.

^c Universidad Tecnológica de Aguascalientes, crodriguez@utags.edu.mx, Aguascalientes, México.

Resumen

Al finalizar su trayectoria académica los estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica, se vinculan con una industria a fin de ofrecer soluciones de aplicación con el diseño, manufactura y automatización de una mesa de coordenadas con la capacidad de grabado por láser. El método planteado para el desarrollo de proyectos es clave en la formación de los estudiantes. La estrategia planteada en esta metodología está fundamentada en la adquisición de conocimientos teóricos y prácticos. Bajo un enfoque de Diseño para la Manufactura, el trabajo en equipo, así como un estudio del arte entre una gran variedad de soluciones de este tipo que existen en el mercado, se potencializa la inquietud por el estudiante por desarrollar nuevas tecnologías. La conjugación entre la selección de materiales, procesos de manufactura, programación y validación de resultados, hace de esta metodología una buena estrategia para promover en el estudiante la creatividad, focalización de soluciones basados en los procesos de manufactura, trabajo colaborativo, herramientas CAD, planeación, documentación de un proyecto, manejo de herramientas manuales y de potencia. Los estudiantes que han desarrollado esta metodología se integran rápidamente a puestos laborales en el sector industrial siendo el primer objetivo planteado bajo este método. También se tienen identificados egresados que por el desarrollo adecuado de sus habilidades tecnológicas han creado sus propias empresas ayudando con esto a nuestro país a desarrollar tecnología propia, en beneficio de ellos mismos y de la sociedad.

Palabras clave— *estudiantes, manufactura, mecatrónica, metodología.*

Abstract

At the end of their academic career, the students of Mechatronics as a university technician, are linked to an industry at the field to offer solutions in specific applications with the design, manufacture and automation of a x, y, z coordinates work-table, capable to machining engraving with a vertical milling tool, even laser engraving. The method proposed for the development of projects is key in the training of students. The strategy proposed in this methodology is based on the acquisition of theoretical and practical

knowledge. Under a Design for Manufacturing approach, teamwork, as well as a study of art among a wide variety of solutions of this type that exist in the market, the student's concern for developing new technologies is enhanced. The combination of the selection of materials, manufacturing processes, programming and validation of results, makes this methodology a good strategy to promote creativity in the student, focusing on solutions based on manufacturing processes, collaborative work, CAD tools, planning, documentation of a project, use of manual and power tools, etc. Students who have developed this methodology are quickly integrated into jobs in the industrial sector, the first objective being set under this method. There are also graduates who have created their own companies due to the adequate development of their technological skills, helping our country to develop its own technology, for the benefit of society and themselves.

Keywords— *students, manufacture, mechatronics, methodology.*

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cualquier proyecto en el área metal mecánica demanda el dominio de una gran cantidad de conocimientos. La tecnología evoluciona y con esto también deben evolucionar las técnicas de enseñanza adaptándose a las necesidades de la industria. La formación de un ingeniero debe realizarse bajo enseñanzas de conocimientos prácticos y conocimientos teóricos, ya que la demanda laboral en la industria demanda el desarrollo de proyectos con una gran diversidad de temas.

El propósito de esta metodología es acelerar la curva de aprendizaje de un ingeniero en su proceso de formación académica haciendo uso de metodologías de diseño y manufactura. El papel fundamental de un ingeniero con experiencia al frente de un equipo de trabajo radica en el análisis de los datos de entrada y la planificación del proyecto basado en sus conocimientos teóricos y prácticos. La planificación del proyecto es fundamental para el éxito del mismo.

Tomando como punto de partida la metodología descrita por un servidor en un artículo anterior [1] en dónde se describen las fases de desarrollo de un proyecto; la metodología descrita en el presente artículo tiene la finalidad de desarrollar de una mesa de coordenadas de 3 ejes que pueda servir para el grabado en 2 dimensiones, maquinado de madera en 3 dimensiones, o bien realizar una impresión 3D siguiendo metodologías de diseño y manufactura, fortaleciendo a los estudiantes en sus conocimientos teóricos y prácticos para el desarrollo de proyectos en la industria.

2. METODOLOGÍA

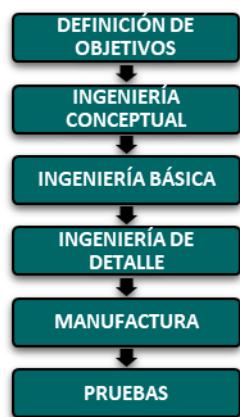
El diseño es un proceso creativo y sistemático de concebir y planificar la forma, estructura y funcionamiento de los objetos y servicios. Por otro lado, Ulrich, Eppinger [2] consideran características importantes para un producto exitoso: *Calidad en el producto, Costo de producto, Tiempo*

de desarrollo, Costo de desarrollo y Capacidad de desarrollo. La calidad en el producto tiene relación con su funcionalidad y durabilidad que es primordial en el diseño, el costo es vital para poder comercializarlo, el tiempo de desarrollo está muy ligado con el costo de manufactura y, por último, la capacidad de desarrollo tiene mucha relación con los procesos de manufactura disponibles sin tener que depender de terceros para su fabricación.

Por otro lado, la presente metodología se basa en el uso del llamado Diseño para “X”, el cual describe una serie de técnicas de diseño en la etapa preliminar del proyecto con el objetivo de que el producto final posea una serie de características deseables en el ciclo de vida del desarrollo del producto para garantizar su calidad. Una de las técnicas que comprende este proceso es el llamado “Diseño para manufactura” (DFM) el cual se utiliza como línea principal en esta metodología. Los principios [3] que sigue esta metodología son los siguientes:

- Reducir el número total de partes
- Desarrollar un diseño modular
- Usar materiales y componentes estandarizados
- Diseñar partes multifuncionales
- Diseñar para fácil fabricación
- Evitar partes separadas
- Minimizar las operaciones de manipulación
- Utilizar tolerancias amplias
- Minimizar el número de operaciones
- Evitar operaciones secundarias.
- Rediseñar componentes para eliminar pasos de proceso.
- Minimizar las operaciones que no añadan valor.
- Diseñar para el proceso.

Fig. 1. Desarrollo de proyecto.



Fuente: (ZAMARRIPA MUÑOZ, 2019).

3. PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

A continuación, se describen las etapas del proyecto y las diferentes consideraciones que el estudiante realiza en cada una de ellas.

A. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Los objetivos de un proyecto son los resultados que se desean alcanzar. Son enunciados claros y concisos que describen lo que se pretende conseguir. Un objetivo es el eje en torno al cual se diseña el proyecto, no sólo traza un camino, sino que dice claramente a dónde llegar y lo que se va a obtener.

Los objetivos finales de este proyecto son los que se enlistan a continuación:

- Diseñar los elementos mecánicos del sistema empleando un software dedicado, el cual contiene planos de construcción de cada pieza del mecanismo, ensamble y explosionado del mismo, cumpliendo con las dimensiones propuestas al arranque del proyecto.
- Manufacturar y ensamblar los elementos mecánicos previamente diseñados.
- Automatizar el mecanismo empleando dispositivos electrónicos para realizar una secuencia de manera autónoma.

B. INGENIERÍA CONCEPTUAL

En esta etapa el estudiante procede a realizar un **estudio del arte** que consiste en realizar una investigación de los diferentes tipos de mesas de coordenadas que hay en el mercado y los principios de funcionamiento. Bajo un análisis basado en el Diseño para manufactura, el estudiante toma la decisión de seleccionar la configuración de movimientos, con ello realizar un plan óptimo de mecanizado para tener un ensamble con los ajustes y tolerancias necesarios para un buen funcionamiento. Siempre con una visión de implementar un método innovador en el dispositivo.

Al finalizar esta etapa de diseño, el estudiante debe tener definida la configuración de la mesa de coordenadas, los procesos de manufactura que utilizará en la fabricación del proyecto, configuración de ensamble y subensambles que se realizarán, así como el control electrónico que se utilizará para mover los motores, etc. Esta etapa tiene un papel importante en la planificación del proyecto, ya que aquí es donde se puede realizar un cronograma de actividades y responsables de cada actividad en el proyecto.

C. INGENIERÍA BÁSICA

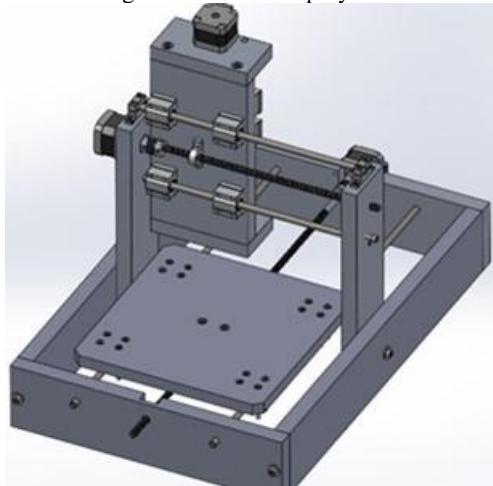
En la ingeniería básica se realiza la selección de partes comerciales necesarios para el diseño tales como motores, rodamientos, poleas, etc. Con base a estas partes comerciales se realiza el diseño de la mesa de coordenadas, tales como la base estructural, el pórtico, guías, etc. El diseño y modelado 3D del dispositivo se realiza por medio del software de diseño, aquí se debe considerar tipos de material, validación de amplitudes de movimiento, etc. Una actividad adicional que puede realizarse en esta etapa es alguna validación que esfuerzos en nuestros mecanismos. En resumen, en esta etapa se debe tener todo el modelo 3D del dispositivo con todos sus componentes comerciales seleccionados. Como actividad adicional en esta etapa se desarrolla la parte de control,

regularmente los alumnos deciden realizar esta actividad por medio de una tarjeta Arduino, ésta es una tarjeta de desarrollo ideal para proyectos de hardware y de automatización programable que te permite llevar a cabo ideas tanto personales como industriales.

D. INGENIERÍA DE DETALLE

Es la etapa en la cual se analizan todos y cada uno de los componentes del diseño minuciosamente mediante los dibujos de fabricación, dentro de los temas que se deben abordar en esta etapa son: Tolerancias dimensionales y geométricas, estándares ISO para el dibujo de fabricación, acotación funcional. El estudiante debe realizar los dibujos individuales de cada pieza a fabricar, así como los ensambles y subensambles que se hallan estructurado en el diseño. La figura 2 muestra un ensamble completo del un diseño inédito.

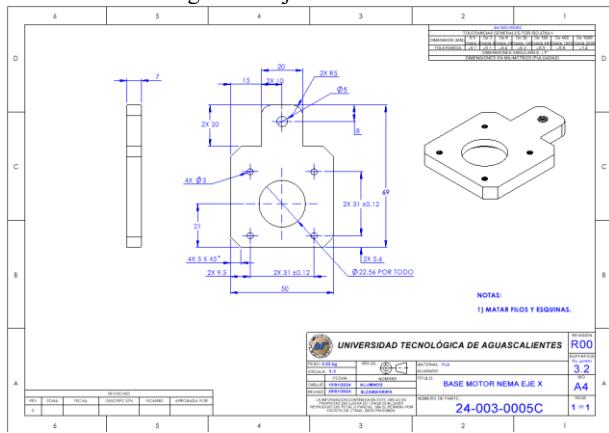
Fig. 2. Desarrollo de proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 3 muestra un dibujo de fabricación con acotación funcional de una pieza a fabricar.

Fig. 3. Dibujo de fabricación.



Fuente: Elaboración propia.

Adicional a estos se muestra en la figura 4, un segundo diseño inédito y funcional del mismo proyecto.

Fig. 4. Desarrollo de proyecto



Fuente: Elaboración propia.

E. MANUFACTURA

El diseño para manufactura es una guía de gran importancia para el éxito del proyecto, realizar un diseño con un enfoque de manufactura te facilita la fabricación, ensamble, y te reduce costos en el proyecto. En esta etapa los estudiantes tienen un acercamiento estrecho con los procesos de manufactura que hallan seleccionado para la realización del proyecto, así como su capacitación con máquinas herramientas, herramientas manuales y de poder para la transformación de la materia prima en los componentes de la mesa de coordenadas. La interacción de los estudiantes con los procesos de manufactura es de gran importancia para concientizarlos en la toma de decisiones para sus futuros proyectos.

La figura 5 muestra un proceso de manufactura por arranque de viruta en el taller de prácticas de la Universidad Tecnológica de Aguascalientes.

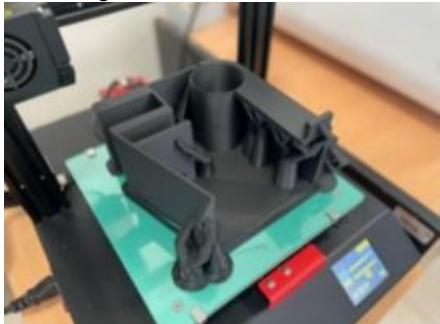
Fig. 5. Manufactura en fresadora vertical.



Fuente: Elaboración propia.

También en la figura 6 se muestra un proceso de manufactura por impresión 3D a partir de un modelo definido en CAD, realizado en el Laboratorio de Diseño Avanzado de a Universidad Tecnológica de Aguascalientes.

Fig. 6. Manufactura aditiva.



Fuente: Elaboración propia.

F. PRUEBAS

La finalidad de esta etapa es la validación de los resultados del diseño y por supuesto de los datos de entrada del proyecto. Aquí se realizan las pruebas correspondientes para validar el movimiento en los tres ejes, así como realizar un grabado, mecanizado, o bien realizar una impresión 3D con la mesa de coordenadas. Una vez realizada la verificación de los criterios a evaluar, se realiza la retroalimentación al alumno. Un ejercicio que aporta en gran medida a esta etapa es una actividad llamada “Lecciones aprendidas”, en dónde es estudiante debe contestar a estas preguntas:

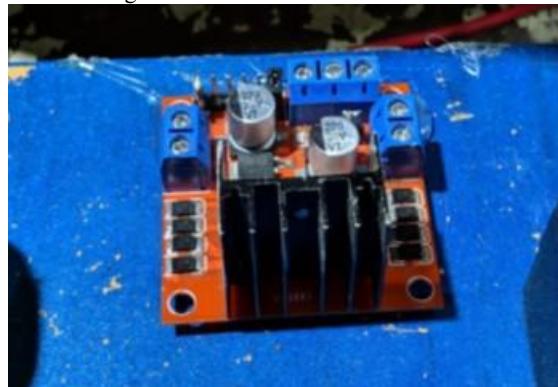
- ¿Qué hicimos bien?
- ¿Qué cosas podemos mejorar?
- ¿Qué errores se pueden evitar?
- ¿Qué problemas podríamos haber evitado?

Con la información recopilada en este ejercicio, se obtiene información importante para futuros proyectos:

- No cometer los mismos errores.
- No “reinventas la rueda” en cada proyecto nuevo.
- Repites los éxitos.

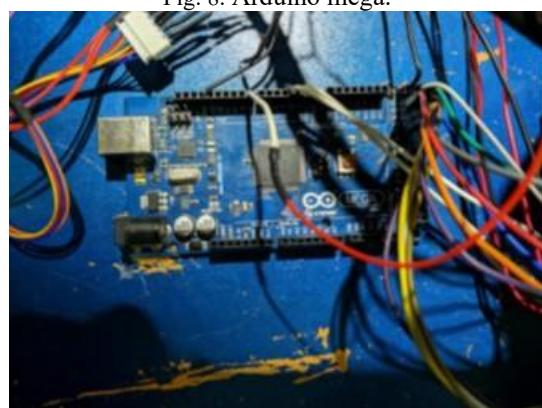
En la figura 7 se muestra un puente de comunicación empleado en un prototipo realizado, en la figura 8 se muestran las conexiones realizadas en la tarjeta Arduino, por otro lado, en la figura 9 se muestra el código Arduino en la programación de la tarjeta para la automatización y funcionamiento correcto de la mesa de coordenadas.

Fig. 7. Puente H de comunicación.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 8. Arduino mega.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 9. Código Arduino.

```
Robot_Scan_v1.ino
1 #include <Stepper.h>
2 #include <Servo.h>
3 Stepper Stepper1(2008, 22,24,21,25);
4 Stepper Stepper2(2008, 28,30,29,31);
5 Stepper Stepper3(2008, 34,36,35,37);
6 int StpCnt1 = 2048, StpCnt2 = 0, StpCnt3 = 0;
7 Servo Grp;
8 int S1 = 2, S2 = 3, S3 = 4;
9 int M1 = 7, M2 = 8;
10
11 void setup()
12 {
13   pinMode(S1, INPUT);
14   pinMode(S2, INPUT);
15   pinMode(S3, INPUT);
16   pinMode(M1, OUTPUT);
17   pinMode(M2, OUTPUT);
18
19
20   Stepper1.setSpeed(5); Stepper2.setSpeed(5); Stepper3.setSpeed(5);
21   Grp.attach(6);
22   Grp.write(0);
23 }
24
25 void loop()
26 {
27   digitalWrite(M1, HIGH), digitalWrite(M2, HIGH);
28   if ((digitalRead(S1) == LOW) && (digitalRead(S2) == LOW))
29   {
30     digitalWrite(M1, LOW), digitalWrite(M2, LOW);
31     Stepper1.step(512), Stepper2.step(512);
32     delay(1000);
33     Stepper3.step(1024), Grp.write(-45);
34     delay(500);
35     Grp.write(0);
36     delay(500);
37   }
38 }
```

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta metodología se ha implementado en varias generaciones de estudiantes teniendo resultados favorables, se han podido validar buenos comentarios de parte de los empleadores haciendo énfasis en que los estudiantes poseen buenos conocimientos tanto de diseño como de procesos de manufactura.

En las figuras 10 y 11, se muestran dos ejemplos de prototipos como evidencia de proyectos que se han realizado.

Fig. 10. Mesa de coordenadas 1, proyecto estudiantil.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 11. Mesa de coordenadas 2, proyecto estudiantil.



Fuente: Elaboración propia.

Chong, C., Sung-Hoon, A.: From Design for Manufacturing (DFM) to Manufacturing for Design (MFD) via Hybrid Manufacturing and Smart Factory: A Review and Perspective of Paradigm Shift. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology* 3(2), 209–222 (2016).

4. REFERENCIAS

- [1] ZAMARRIPA MUÑOZ, M. Á. (2019). Enseñanza del diseño mecánico mediante un proyecto CAD documentado. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 24-32.
- [2] Ulrich, K. T. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México D.F.: McGrawHill.
- [3] Sánchez, C., Cortés, C.: Concepts of design for manufacturing (DFM) of lost wax parts. *Revista Ingeniería e Investigación* 25(3), 49–60 (2005).
- [4] Won-Shik, C., Min-Soo, K., Ki-Hwan, J., Ji-Hyeon, S., Rodrigue, H., Doo-Man, C., Young, C., Seung, K., Kyu-Jin C., Suk, C. Sangkee, M., Sung, J., Haedo, J. Choon-Man, L.