Licenciatura: Ingeniería Mecánica

Diseño y construcción de una bicicleta a escala 1:8, autobalanceada para uso de pruebas en algoritmos de control

Modalidad: Proyecto Tecnológico

Versión: Segunda

Trimestre Lectivo: 22P

Alumno: Alvarez Pacheco Fernando Salvador

Matrícula: 2193043339

Correo Electrónico: al2193043339@azc.uam.mx

Fernando Salvador Alvarez Pacheco

Nombre y firma del Alumno

Asesor: M. en C. Roberto Alfonso Alcántara Ramírez

Categoría: Titular

Departamento de adscripción: Electrónica/Área de Control de Procesos

Teléfono: 55 40 58 43 15

Correo electrónico: raar@azc.uam.mx

Roberto Alfonso Alcántara Ramírez

Nombre y firma del Asesor

Fecha: 21/09/2022

Declaratoria

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Nombre y firma del Alumno Alvarez Pacheco Fernando Salvador	Nombre y firma del Asesor M. en C. Roberto Alfonso Alcántara Ramírez

1. INTRODUCCIÓN

En el campo de la ingeniería es necesario contar con modelos de prueba para realizar experimentos, probar técnicas o comprobar conceptos teóricos que se tienen sobre uno o varios temas en específico, buscando describir y explicar su funcionamiento, son útiles para realizar pruebas ayudando al campo de la docencia y de la investigación.

> "Un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica" [1].

Dentro de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco en la División de Ciencias Básicas e Ingeniería en el Departamento de Electrónica, los profesores del área de investigación de control de procesos trabajan en el proyecto de investigación *EL003-18*, titulado "*Diseño y construcción de sistemas mecatrónicos para transporte y manipulación de objetos en procesos de manufactura*". Adicionalmente para las Unidades de Enseñanza-Aprendizaje de Teoría de Control se encuentra la oportunidad para desarrollar un modelo mecánico que sirva para la prueba e implementación de programas y sistemas que demuestren el funcionamiento de los algoritmos de control desarrollados por alumnos y/o docentes.

El modelo a escala que se pretende desarrollar, consiste en un ensamble mecánico con las propiedades para ser una bicicleta autobalanceada de escala 1:8 respecto a una bicicleta convencional de 1.70 m de longitud, el balanceo se consigue por medio de un giroscopio o volante de inercia, el diseño desarrollado debe tener las dimensiones y características para albergar una placa de circuito impreso basada en un microcontrolador, sensores y los mecanismos de desplazamiento (figura 1), la bicicleta podrá avanzar en línea recta, manteniendo el equilibrio cuando la inclinación del plano perpendicular respecto al que se desplaza cambie (figura 2).

Será necesario realizar la bitácora de cálculos para diseñar la geometría, distribuir correctamente los pesos en la bicicleta, seleccionar los materiales para su fabricación y elaborar los planos de construcción y ensamble, con el propósito de que sea un proyecto con reproducibilidad. En otras palabras, que su diseño sea un arquetipo que sirva para construir más bicicletas autobalanceadas para que se puedan distribuir dentro del Departamento de Electrónica, buscando que sea un diseño robusto, económico y se utilicen herramientas, materiales y recursos con los que ya cuenta el departamento, con el propósito que sean de construcción propia y con autonomía.

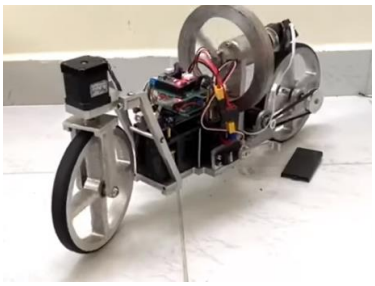

Figura 1. Ejemplo de bicicleta autobalanceada.

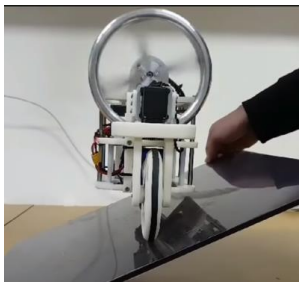

Figura 2. Variación en el plano de inclinación.

2. ANTECEDENTES

El presente proyecto de integración toma como referencia los trabajos realizados por diferentes empresas dedicadas a la robótica y mecatrónica, donde el principio de funcionamiento es denominado *"self balancing robot",* el cual consiste en un péndulo invertido cuyo funcionamiento permita el auto equilibrio o autobalance sobre dos ruedas empleando un algoritmo de control, logrando mantener su posición vertical, el propósito de funcionamiento de estos mecanismos no solo es equilibrarse si no mantener su posición aunque factores o fuerza externas perturben el equilibrio logrado [2]. El funcionamiento del proyecto deberá cumplir con estas características para poder ser considerada como una bicicleta autobalanceada.

En el año de 1986, el profesor Kazuo Yamafuji en la Universidad de Comunicaciones de Chōfu, Japón publica el artículo "Design and simulation of control systems of an inverted pendulum", donde explica la aplicación del péndulo invertido que es la base del funcionamiento de los sistemas de autobalance, logrando implementarlo en un robot, articulo que servirá para elaborar la bicicleta autobalanceada, debido a la explicación que da en la distribución de pesos e identificación del centro de gravedad, adaptándose a la geometría que se diseñará en el prototipo [3].

En 1998 se realiza una colaboración entre Lego y el Instituto Tecnológico de Massachusetts, dando como resultado "Lego Mindstorm", donde se elaboró un robot capaz de mantener el equilibrio midiendo la aceleración y calculando su inclinación [4]. El algoritmo y metodología que utilizaron servirá de ejemplo para el prototipo y muestra una de las aplicaciones que tendrá que lograr, así como el enfoque didáctico que utiliza. Procurando que el volante de inercia, motores y mecanismos sean mas pequeños para optimizar espacio y albergar los componentes electrónicos.

En el 2019 la marca Arduino lanza al mercado kits de desarrollo, que incluyen componentes físicos y material de aprendizaje con el software necesario para la construcción de mecanismos autobalanceados, siendo el KIT de Ingeniería Arduino Rev2 el que incluye una motocicleta autobalanceada por medio de su tarjeta de desarrollo [5]. Siendo este último el que servirá como referencia para desarrollar el prototipo de bicicleta autobalanceada, ya que el KIT de Ingeniería Arduino Rev2 es con el que cuenta el departamento de electrónica, pero se busca sustituir por deficiencias en sus propiedades mecánicas. Observando las limitaciones de este producto se tomarán en cuenta para no tener las mismas deficiencias en el diseño a desarrollar.

3. JUSTIFICACIÓN

En el Departamento de Electrónica de UAM-A, se requieren modelos para experimentar y probar sistemas de control. Los modelos que se han adquirido presentan limitaciones en su construcción debido a las propiedades y características mecánicas de los materiales con los que son fabricados, además del costo elevado que mantienen los distintos proveedores, es por ello por lo que se necesita un diseño más robusto, económico y reproducible, que soporten su uso en manos de los alumnos que cursan las UEA cada trimestre y los docentes o alumnos que requieren un dispositivo para la investigación y prueba de sus sistemas.

4. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar y construir un modelo a escala 1:8, de una bicicleta autobalanceada para experimentación de algoritmos de control.

Objetivos Específicos

Calcular la geometría necesaria para albergar las tarjetas de circuito impreso, sensores, mecanismos de desplazamiento, baterías, distribución de peso, dimensiones de giroscopio (volante de inercia), tipo y dimensiones de motor eléctrico y su velocidad de giro para mantener en equilibrio la bicicleta. Dichos componentes son de dimensiones conocidas, ya que el Departamento de Electrónica cuenta con ellos, por lo tanto, el diseño se apegará a las dimensiones de estos componentes para poder montarlos y usarlos en las pruebas de un algoritmo de control.

Diseñar, dibujar y modelar las piezas y ensamble de una bicicleta autobalanceada a escala 1:8, respecto a una bicicleta convencional de 1.70 m de largo, distribuyendo esfuerzos y reforzando puntos críticos y de alta manipulación por usuario, tomando en consideración los materiales proporcionados por el Departamento de Electrónica y las herramientas con los que se cuentan para su manufactura.

Construir el modelo a escala de la bicicleta autobalanceada con las máquinas herramientas existentes en el departamento de electrónica.

Verificar el funcionamiento del prototipo con los componentes electrónicos, sistemas de control y/o algoritmos de prueba ya existentes, proporcionados por el Departamento de Electrónica.

Desarrollar el manual de fabricación de piezas, ensamble y operación de usuario.

5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

<table>
<tr><td>Artículo:</td><td colspan="3">Bicicleta a escala autobalanceada</td></tr>
<tr><td>Dimensiones Aproximadas:</td><td>210x200x150 mm</td><td rowspan="2">Peso Aproximado:</td><td rowspan="2">500 gr</td></tr>
<tr><td>Escala:</td><td>1:8 (Respecto a bicicleta de 1.70 m de largo)</td></tr>
<tr><td>Material propuesto para estructura:</td><td>Acrílico/MDF 12 mm</td><td>Material de volante de Inercia:</td><td>Acrílico 9 mm</td></tr>
<tr><td>Material ruedas:</td><td>Acrílico /polímero</td><td>Material de herrajes y elementos de sujeción:</td><td>Acero/Aluminio</td></tr>
</table>

6. NORMATIVIDAD

En el uso adecuado de las dimensiones para su construcción se empleará la **NOM-008-SCFI** que trata sobre el sistema general de unidades de medida-sistema (SI) de unidades [6].

Dentro de la normativa para construir el proyecto se encontró que el producto final puede ser catalogado como un juguete científico ya que este servirá para uso didáctico dentro de la enseñanza e investigación por lo que la norma aplicable es la NORMA Oficial Mexicana **NOM-015-SCFI-2007** [7].

Correspondiente a la información comercial y el etiquetado para juguetes y la NORMA Oficial Mexicana **NOM-252-SSA1-2011** [8] que servirá para conocer la normativa en términos de salud ambiental y la construcción de juguetes y artículos escolares.

De acuerdo con las normas internacionales, para el caso de fabricación de piezas por impresora 3D o manufactura aditiva se tomará como referencia la norma **ISO/TC 261** [9].

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

UEA(s) para las que se solicita autorización:

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I

	Actividades del Trimestre 22-O	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Realizar cálculos para el diseño de la bicicleta autobalanceada.												
2	Diseñar, dibujar y modelar piezas de la bicicleta autobalanceada.												
3	Realizar ensamble.												
4	Simular ensamble, identificar concentraciones de esfuerzos y puntos críticos.												
5	Realizar mejoras para disminuir esfuerzos y reforzar los puntos críticos.												
6	Validar ensamble e imprimir los planos de las piezas y su ensamble.												
7	Solicitar materiales y herramienta necesarios para la construcción, al Departamento de Electrónica.												
8	Construir bicicleta autobalanceada.												
9	Verificar funcionamiento mecánico de la bicicleta autobalanceada.												
10	Realizar ajustes.												

11	Montar las placas de circuito, sensores, componentes electrónicos y algoritmos de prueba de control, proporcionados por el Departamento de Electrónica.												
12	Evaluar y verificar funcionamiento de la bicicleta autobalanceada con los componentes y algoritmos de control proporcionados.												
13	Elaborar manual de construcción.												
14	Elaborar y entregar el reporte final del Proyecto de Integración, planos y manual.												

8. ENTREGABLES

1. Reporte Final de Proyecto de Integración.
2. Planos de armado y construcción.
3. Prototipo funcional.
4. Manual de usuario y operación.

9. REFERENCIAS

[1] Ríos, Sixto., 1995, "*Modelización",* Alianza Ediciones, Madrid.

[2] Jones, D. y Stol, K., 2010, "Modelling and Stability Control of TwoWheeled Robots in Low-Traction Environments*"*, *Autralasian conference on robotics and automation*, de https://www.researchgate.net/publication/267941440_Modelling_ and_Stability_Control_of_Two-Wheeled_Robots_in_Low-Traction_ Environments

[3] Feng, Q., Yamafuji, K., 1988, "Design and simulation of control systems of an inverted pendulum", *Robotica*, 6 (3), pp. 235-241.

[4] Santiago, A., Ausejo, T., 2017 "Diseño y construcción de un robot auto-balanceado mediante Arduino". *Universidad Pública de Navarra*, de https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/24731/TFG_vfinal_completo.pdf?sequence=1

[5] "SELF-BALANCING MOTORCYCLE", Arduino Education, 2022 de https://edu-content-preview.arduino.cc/content-preview/university/project/CONTENTPREVIEW+AEKR2

[6] Secretaría de Gobernación, 2002, " NOM-008-SCFI-2002 Norma Oficial Mexicana, Sistema General De Unidades De Medida," Diario Oficial de la Federación DOF, Ciudad de México, México.

[7] Secretaría de Gobernación, 2008, " NORMA Oficial Mexicana NOM-015-SCFI-2007, Información comercial-Etiquetado para juguetes.," Diario Oficial de la Federación DOF, Ciudad de México, México.

[8] Secretaría de Gobernación, 2011, " NORMA Oficial Mexicana NOM-252-SSA1-2011, Salud ambiental. Juguetes y artículos escolares. Límites de biodisponibilidad de metales pesados. Especificaciones químicas y métodos de prueba," Diario Oficial de la Federación DOF, Ciudad de México, México.

[9] ISO,2011, “ Joint ISO/TC 150 - ISO/TC 261 WG: Additive manufacturing in surgical implant applications”, ISO Technical Comitees, Alemania.

10. TERMINOLOGÍA

No es necesaria

11. INFRAESTRUCTURA

Herramienta y material de apoyo ubicado en el taller Mecánico del Departamento de Electrónica de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAM-Azcapotzalco ubicado en el edificio G-318. Materiales adicionales serán absorbidos por el asesor del proyecto.

12. ASESORÍA COMPLEMENTARIA

No es necesaria.

13. PUBLICACIÓN O DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

No se tiene la intención de publicar.

Diseño y construcción de una bicicleta a escala 1:8, autobalanceada para uso de pruebas en algoritmos de control			
Pág.	**COMENTARIO DEL CEIM**	**Pág.**	**ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI**
1	Falta especificar la escala	1	Se agregó la escala de bicicleta autobalanceada
3	No se especifica la escala a la que se quiere construir. Revisar la redacción, distribuir las ideas en diferentes párrafos. No repetir las ideas. Colocar una declaración que explique quién absorberá los gastos de la construcción.	3	Se especifico la escala que se usará. Se cambió la redacción del texto y se omitieron las ideas repetidas. Se agregó el comentario que el Departamento de Electrónica ya cuenta con los recursos para la fabricación.
4	No se describe la razón de ser de cada antecedente para la propuesta. Falta decir explícitamente porqué este trabajo descrito es un antecedente a su propuesta.	4	Se redactó nuevamente los antecedentes de manera que expliquen por qué son útiles y se omitieron aquellos que no son necesarios.
5	Parece que esta idea ya se repite.	4	Se eliminó idea repetida.
5	No se logra observar el alcance del diseño mecánico involucrado en la propuesta.	5	Se redactó de manera más explícita los objetivos específicos y alcance que tiene el diseño mecánico en el proyecto.
5	¿qué bicicleta se tomará como modelo para escalar? De lo que se alcanza a observar, no serán relevantes los esfuerzos o cargas en este modelo, pero ¿cómo se elegirán los materiales, las geometrías y procesos de manufactura? ¿cuáles son los criterios de diseño? Se habla de construir a escala, pero no se menciona ni la escala ni la bicicleta base para realizar el modelo. ¿Cuáles serán las	5	Se respondió de manera implícita en la redacción de los objetivos específicos y descripción técnica.

	características funcionales de la bicicleta que se espera reproducir?		
6	Las normas referentes al dibujo mecánico, por obvias, no deberían mencionarse.	6	Se quitaron las normas que hablan sobre dibujo mecánico.
6	Revisar la redacción, faltan muchos artículos. Esta actividad deben realizarla durante Seminario para poder generar la PPI. No queda claro qué se va a calcular. ¿qué se va a evaluar? ¿cómo se va a verificar que funciona para probar algoritmos de control?	6	Se agregaron las actividades faltantes al cronograma. Se eliminó la primera actividad. Se redactaron los objetivos específicos dejando implícita la respuesta a las interrogantes.
6	Esto queda incluido en 9. La última actividad debe ser: Elaborar y entregar el reporte final, con la extensión que juzguen conveniente. No se observa que se hayan considerado criterios para incluir la electrónica necesaria para probar los algoritmos, que es el objetivo del proyecto.	7	Se incluyo actividad 10 en una sola actividad. Se realizó el cambio de la última actividad. Se agregó la actividad de solicitar los algoritmos de control al departamento de electrónica para dar respuesta a esta pregunta.
*	Existen muchas faltas	*	Se corrigieron todas las faltas indicadas.