Licenciatura: Ingeniería Mecánica

Diseño y construcción de una bicicleta a escala autobalanceada para uso de pruebas en algoritmos de control

Modalidad: Proyecto Tecnológico

Versión: Primera

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 “C”

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: 25/08/2022

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 un área de oportunidad para desarrollar un modelo mecánico que sirva para la prueba e implementación de algoritmos, programas y sistemas que prueben y demuestren el funcionamiento de los algoritmos de control desarrollados por alumnos y/o docentes, brindando un modelo físico para que en el puedan realizar dichas pruebas y experimentos. El modelo consiste en un ensamble mecánico con las propiedades para ser una bicicleta autobalanceada, la cual debe tener las dimensiones y características para albergar una placa de circuito impreso basada en un microcontrolador, la que servirá para el desarrollo y estudio de los sistemas de control, la parte correspondiente al desarrollo de este proyecto será el diseño y construcción de la bicicleta autobalanceada (figura 1), la cual podrá desplazarse en línea recta de manera horizontal y será autobalanceada variando la inclinación de su plano perpendicular (figura 2), para su diseño y construcción será necesario realizar la bitácora de cálculos, así como la selección de piezas y material, planos de construcción y armado, y un reporte de análisis realizados para su funcionamiento mecánico, esto con el propósito de que sea un proyecto con reproducibilidad del ensamble. 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 satisfaciendo las demandas y necesidades de alumnos y docentes, buscando que sea un diseño robusto, económico y se utilicen herramientas, materiales y recursos con los que cuenta el departamento para que sean de construcción propia y autónoma.

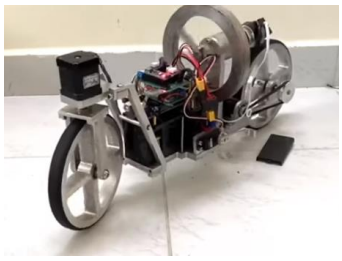

Figura 1. Ejemplo de Bicicleta Autobalanceada

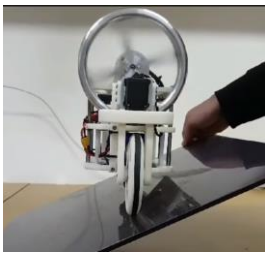

Figura 2. Variación en el Plano de Inclinación

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, utilizando un sistema dinámico inestable 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. Su mecanismo tiene un radio de giro cero y tienen una estabilidad superior en pendientes, ya que se inclinan hacia la pendiente [2]. La aplicación del péndulo invertido es la base del funcionamiento de estos sistemas, experimentados por primera vez en 1986 por la Universidad de Comunicaciones de Chōfu, Japón, donde el profesor Kazuo Yamafuji creó un robot capaz de simular el comportamiento de un péndulo invertido [3].

Los robots autobalanceados actualmente son de gran popularidad debido principalmente al gran desarrollo que ha habido en plataformas de bajo costo para el desarrollo de sistemas eléctricos, así como la fácil disponibilidad y bajo costo de los componentes electrónicos necesarios para poder ensamblarlos. De esta forma se pueden encontrar diseños basados en microcontroladores e incluso se pueden llegar a construir mediante la plataforma "Lego Mindstorm", dando como resultado un robot capaz de mantener el equilibrio midiendo la aceleración y calculando su inclinación [4].

Como se menciona anteriormente su funcionamiento se basa en el péndulo invertido y logra el equilibrio usando un giroscopio y un acelerómetro, en forma de Unidad de Medición Inercial (IMU), esto desvía el ángulo del robot o dispositivo usándolo para aumentar/disminuir la velocidad de los motores con el objetivo de mantener un ángulo constante [5].

En la actualidad estos robots permiten su uso en varias aplicaciones y uso didáctico, donde las principales marcas y modelos se encuentran comúnmente en legos y desarrolladores de microcontroladores, otros experimentos se han desarrollaron en Electrónica Industrial del Swiss Federal Institute of Technology con prototipos llamados "Joe" y finalmente la marca Arduino ha desarrollado kits de desarrollo, que incluyen componentes físicos y material de aprendizaje y 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 [6].

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 que se necesitan diseños más robustos que soporten su uso en manos de los diversos alumnos que cursan las UEA´s cada trimestre y los docentes o alumnos que requieren un dispositivo para la investigación y prueba de sus sistemas, por esta razón se debe realizar un diseño más resistente, económico y reproducible que cumpla las necesidades de los alumnos y docentes.

4. OBJETIVOS

Objetivo General

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

Objetivos Específicos

Calcular y diseñar el modelo a escala de una bicicleta autobalanceada.

Dibujar los planos de construcción, armado de piezas y ensambles.

Construir el modelo a escala de bicicleta autobalanceada.

Verificar el funcionamiento del prototipo.

Desarrollar el manual de construcción y operación de usuario.

5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Artículo:	Bicicleta a escala autobalanceada		
Dimensiones Aproximadas:	200x200x150 mm	Peso Aproximado:	500 gr
Material Estructura:	Acrílico 12 mm	Material Volante de Inercia	Acrílico 9 mm
Material Ruedas	Acrílico /polímero	Material de herrajes y elementos de sujeción:	Acero/Aluminio

6. NORMATIVIDAD

Para el diseño y construcción del presente proyecto se tienen en cuenta las normas aplicables, actualmente en la República Mexicana para el dibujo de los planos se toma la NORMA Oficial Mexicana **NOM-Z-68-1986** que habla del dibujo técnico, dimensiones y formatos de las láminas de dibujo [7].

Para el uso e implementación de los engranes y mecanismo a usar para el proyecto se usa NORMA Oficial Mexicana **NOM-Z-83-1987** que habla del dibujo técnico-representación de engranes [8].

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 [9].

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** [10].

Correspondiente a la información comercial y el etiquetado para juguetes y la NORMA Oficial Mexicana **NOM-252-SSA1-2011** [11] 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**[12].

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	Investigar y documentar proyectos similares												
2	Calcular y realizar diseño de bicicleta autobalanceada												
3	Dibujar y modelar bicicleta autobalanceada												
4	Simular ensambles												
5	Realizar compra de materiales para construcción												
6	Construir prototipo												
7	Evaluar y verificar funcionamiento												
8	Realizar mejoras												
9	Elaboración de manuales y documentos												
10	Organizar entregables y detalles												
11	Entregar productos finales												

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] Bosco, B., Enllnefj¨ard, A., Ellqvist, V. y Olsson, H., 2012," Utveckling av en sj¨alvbalanserande tv˚ahjulig robot", *KTH, Tech Rep*., de http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:550532/ FULLTEXT01.pdf

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

[7] Secretaría de Gobernación, 1986, " NORMA Oficial Mexicana NOM-Z-68-1986 Dibujo Técnico- Dimensiones y Formatos de las Láminas de Dibujo.," Diario Oficial de la Federación DOF, Ciudad de México, México.

[8] Secretaría de Gobernación, 1987, " NORMA Oficial Mexicana NOM-Z-83-1987. Dibujo técnico-representación de engranes," Diario Oficial de la Federación DOF, Ciudad de México, México.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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.

12. ASESORÍA COMPLEMENTARIA

No es necesaria.

13. PUBLICACIÓN O DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

No se tiene la intención de publicar.