



DISEÑO DE UN DISPOSITIVO INTELIGENTE PARA LA ENSEÑANZA DE ROBÓTICA A TRAVÉS DE LA GAMIFICACIÓN

Aurora Aparicio Castillo

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Unidad Azcapotzalco

aaparicioc@ipn.mx

Ramón Rodríguez Luna

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Unidad Azcapotzalco

lunaa3019@gmail.com

Alberto Alejandro Tapia Dávila

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Unidad Azcapotzalco

atapia@ipn.mx

Resumen

El presente documento describe el proceso de diseño de una interfaz que permite el armado de 3 diferentes prototipos a través de la gamificación, los cuales tienen como factor común un kit de piezas impresas en 3D, facilitando la construcción de los prototipos y el aprendizaje de la robótica mediante la programación y la electrónica correspondiente, las piezas en 3D permiten realizar el armado de forma sencilla haciendo uso de la ayuda del software, las mismas son intercambiables y por tanto se usan en los 3 prototipos, para el diseño mecánico se generó la geometría de cada una de las piezas que conforman a los 3 prototipos, haciendo referencia a los estudios y las propiedades mecánicas de cada una de las piezas impresas que conforman el kit. Para el diseño eléctrico se realiza el cálculo de batería, cálculo de motores y sensores, así como el peso total del prototipo. Para el diseño electrónico se incluye el diagrama de flujo del funcionamiento de la interfaz y el diseño correspondiente.

Palabras clave: Dispositivo inteligente, Enseñanza robótica, Gamificación.

En este trabajo se presenta un prototipo, en el cual se implementan los principios de la gamificación orientada a la enseñanza de la robótica en el nivel educativo superior, esto a través de distintas mecánicas como lo es realizar misiones o desafíos, obtener puntos o insignias y contar con retroalimentación inmediata por

parte del prototipo, todo ello para generar un ambiente donde se facilite el aprendizaje de ciencias como programación, mecánica, electrónica.



Generalidades

Importancia de los videojuegos

Investigadores de la Universidad de Rochester descubrieron que mejoran las habilidades de resolución de problemas al plantear problemas que deben resolverse en un tiempo determinado. (Grupo Iberdrola, P.7)

Según la organización californiana Institute for the Future (IFTF), los juegos multijugador impulsan el trabajo en equipo en la resolución de problemas. (Grupo Iberdrola, P.8)

La Universidad de California descubrió que estimulan estos aspectos al establecer metas que requieren concentración, imaginación y recordar detalles para alcanzarlas. (Grupo Iberdrola, P.9)

Los videojuegos posicionan a sus personajes en situaciones de liderazgo, propiciando el mejoramiento de su capacidad para resolver problemas, guiar a otros avatares y tomar decisiones según la Universidad de Pittsburgh. (Grupo Iberdrola, P.10)

Aspectos negativos

Precios Elevados: la elaboración y producción de recursos multimedia y juegos aplicables a la educación necesita una importante inversión de esfuerzo, tiempo e inversión monetaria de organizaciones y profesionales.

Distracciones y tiempo perdido: El tiempo requerido para alcanzar la meta de optimización en el proceso de aprendizaje y enseñanza es aún demasiado alto para obtener buenos resultados.

Inadecuada formación de valores: los alumnos compiten y quieren vencer al sistema, ignorando el objetivo principal del juego.

Equilibrio entre juego y entrenamiento.

Motivación de corta duración: es difícil sostener el interés por el juego cuando se domina la técnica.

La gamificación

La gamificación es la utilización de estrategias, bases, métodos dinámicos, mecánicas y componentes pertenecientes de los juegos en ambientes diferentes a los acostumbrados, con el fin de enviar un mensaje o de cambiar una perspectiva, por medio de una aventura divertida que encamine la motivación, el compromiso y diversión.

Dentro de la educación superior se presentan trabajos encaminados con la implementación de la gamificación que infieren que algunas ganancias de la introducción de mecánicas de este tipo dentro de las aulas de una universidad. Se pueden observar diferentes aportaciones a los estudiantes: compromiso, flexible, competición y colaboración.

Consideraciones para la implementación de la gamificación

El uso de técnicas de gamificación representa un gran desafío, ya que se debe de tener el conocimiento necesario para la utilización correcta y de impacto positivo para el entorno educativo.

A continuación, se presentan recomendaciones elaboradas por el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey para la implementación de la gamificación:

1) Realizar una apropiada selección de los recursos tecnológicos.

2) Actualizar las plataformas tecnológicas que se utilizan para integrarles a los estudiantes o tutores elementos de juego.



- 3) Generar grupos de apoyo.
- 4) Conocer las características del público a quien se encuentra dirigido.
- 5) Definir en qué partes del curso se va a aplicar la gamificación.
- 6) Definir los objetivos por el cual se quiere gamificar.
- 7) Reconocer si las recompensas o los puntos tienen repercusión en las calificaciones de los alumnos.
- 8) Evitar cambiar las reglas durante el desarrollo del juego, ya que los jugadores resienten estas acciones.
- 9) En el caso de incluir aplicaciones tecnológicas, verificar que se cuenta con un apropiado señalamiento de instrucciones para su aplicación.
- 10) Documentar las experiencias de la aplicación de estas tecnologías, para crear una base de datos compartida entre la comunidad docente que sirva como referencia para todos aquellos que deseen implementar esta tendencia.
- 11) Medir el impacto con el que cuenta la implementación de la gamificación en el aula y en la institución.

Marco Teórico

Sistema Mecánico

Este sistema consiste en el armado de cada uno de los diseños sugeridos, para posteriormente visualizar cada uno de los movimientos respectivos de los robots. Se encuentra constituido por diversas piezas rígidas las cuales forman una estructura, la unión de estas piezas surge a través de

articulaciones. Cómo se puede imaginar el movimiento de dicha estructura se produce por medio de los actuadores, los cuales pueden presentarse de forma neumática, eléctrica o hidráulica, esto en completa dependencia al diseño de implementación del modelo.

Diseños sugeridos

A continuación, se presentan diferentes prototipos de uso frecuente en la enseñanza de robótica y electrónica los cuales podrían permitir un fácil acceso y entendimiento a los temas requeridos.

MiniSumo

Un MiniSumo es un robot el cual cuenta con dimensiones para un área delimitada de 10 x 10 cm, sin embargo, se puede tener la altura que se desee en el robot. Este no debe pesar más de 500 gramos, así que es de gran importancia contar o generar un diseño que pueda solventar las especificaciones descritas.

El robot tendrá la capacidad de poder moverse utilizando llantas convencionales o en su defecto llantas de tipo oruga, todo esto en colaboración de los motores colados en sus ejes para generar los movimientos delanteros o traseros. Se integrarán sensores que guiarán al robot, es decir a través de estos, se podrá conocer la localización del objetivo y de acuerdo con la programación inicial o base del robot, se podrá realizar diversas funciones con dichos datos.

El MiniSumo cuenta con una pieza fundamental para el funcionamiento y control, la cual es llamada microcontrolador, por lo general este microcontrolador es un tipo Arduino. Este dispositivo se utiliza como el cerebro del robot, ya que, a través de este se puede realizar el control de las señales que envían los servomotores y los sensores integrados.



Seguidor de Línea

La concepción sobre que es el robot seguidor de línea consiste en una base en cuyos extremos se encuentran montadas un par ruedas. Se puede utilizar algún tipo de material rígido el cual permitirá formar una base plana donde se podrán colocar los circuitos necesarios para el funcionamiento.

Un robot seguidor de línea básico puede consistir en una base en cuyos dos extremos están montadas las ruedas. Se puede utilizar una hoja rectangular de plástico duro como base. Además, se puede añadir un cuerpo rígido como un cilindro junto con otros cuerpos conformados interconectados entre sí por articulaciones, y cada uno con su movimiento definido en una dirección particular. El robot seguidor de línea puede ser un robot móvil con ruedas con una base fija, un robot móvil con patas con múltiples cuerpos rígidos interconectados por articulaciones.

Un robot seguidor de línea básico sigue cierta ruta y el movimiento del robot a lo largo de esta ruta se controla mediante la rotación de las ruedas, que se colocan en los ejes de los dos motores. El circuito de control implica el uso de sensores para detectar la ruta y el microcontrolador lleva a cabo el control del funcionamiento del motor a través de los controladores del motor, todo esto dependiendo de las señales que presenta el sensor en sus salidas.

Para detectar la línea se utiliza un detector infrarrojo, en el caso de una superficie blanca la luz IR es reflejada e incide en el fotodiodo. El fotodiodo está conectado a la base del transistor y, como resultado del aumento de voltaje en el fotodiodo, el transistor comienza a conducir y, por lo tanto, el motor conectado al colector del transistor recibe suficiente suministro para comenzar a girar. En el caso de un color negro

en el camino encontrado por una de las disposiciones del sensor, la luz IR no se refleja y el fotodiodo ofrece más resistencia, lo que hace que el transistor detenga la conducción y, finalmente, el motor deje de girar.

Carrito Evasor de Obstáculos

Es aquel capaz de evadir objetos que se encuentran en su trayectoria. La finalidad es que de alguna forma detecte el objeto frente a él y se mueva hacia el lado opuesto de donde detecto el obstáculo.

El carrito evasor de obstáculos tendrá la capacidad de generar una trayectoria recta siempre y cuando no se interponga un obstáculo frente de él. La detección de cualquier tipo de obstáculo se podrá visualizar o tener en consideración a partir de los sensores instalados en la parte delantera del carrito, esto quiere decir, que a través del rebote de señales sea por medio de sensores infrarrojos o sensores ultrasónicos, se podrá identificar los obstáculos y generar una trayectoria en la cual el carrito puede desplazarse. Este tipo de sensor ayudará al robot a generar giros sobre su propio eje, sea en sentido horario o antihorario, esto para esquivar el objeto detectado.

Estructura

De acuerdo con la función de creación de un robot, este contará con una estructura característica para desarrollar las tareas pertinentes, sin embargo, de forma general, los robots cuentan con componentes como transmisiones, actuadores, sensores, estructuras mecánicas, controladores y efectores finales.

Impresión en 3D

El significado de impresión en 3D tiende a ser la fabricación por medio de la adición, es decir, que se tiene la capacidad de hacer cualquier diseño tridimensional por medio de la creación

de camas de material de un cierto tipo de filamento, es su mayoría plásticos.

Materiales de impresión

Existen un sinnúmero de tipos de filamentos de diferentes materiales que se usan para la impresión 3D de los diseños, estos pueden partir desde tener un material líquido, sólido, flexible, transparentes, opacos, entre otros más. Materiales que, de acuerdo con sus propiedades, pueden satisfacer las necesidades del objeto creado, esto contempla que, en cada objeto final, se busca tener ciertas propiedades, sean estas de elasticidad, dureza, precisión, acabado.

Anteproyecto

Metodología en el diseño industrial

El diseño industrial es una actividad la cual consiste en establecer propiedades formales de los objetos producidos por la industria. Las propiedades formales se refieren a las relaciones funcionales y estructurales las cuales hacen que cualquier objeto tenga lógica desde un punto de vista tanto del que produce como el que utiliza el mismo. Estas propiedades formales son el resultado de la integración de diversos factores como del tipo funcional, tecnológico, cultural y económico.

Elaboración de QFD

Requerimientos del cliente

A través de la integración de los requerimientos del cliente y los requerimientos técnicos será posible contar con los elementos necesarios para desarrollar las bases de diseño del prototipo en las siguientes etapas.

En la siguiente tabla, se visualizan los requerimientos del cliente de acuerdo con las respuestas de la encuesta realizada.

Requerimientos del Cliente
1. Buena resistencia del material del prototipo
2. Compacto para fácil traslado
3. Visualmente atractivo
4. Acoplamiento de piezas
5. Capacidad de fabricación diversas (3 prototipos)
6. Manipulación sencilla, así como intuitiva
7. Materiales creados a partir de impresión 3D
8. Fácil adaptación de medio para pruebas
9. Integración de dispositivos externos sencilla
10. Software con estimulación al usuario

Propuesta de Prototipo

En las siguientes tres figuras, se visualizará la estructura de los diferentes robots (seguidor de línea, minisumo, evasor de obstáculos), estos podrán tomarse como referencia para la creación de la estructura modular planteada para el desarrollo definitivo de cada robot.

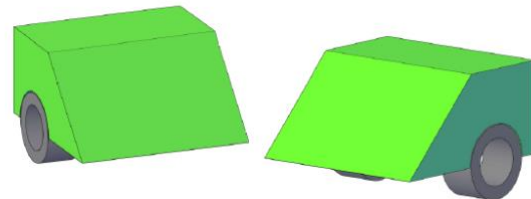


Figura 6. Diseño propuesto para robot minisumo [Creación propia] Realizado en AutoCad 2021

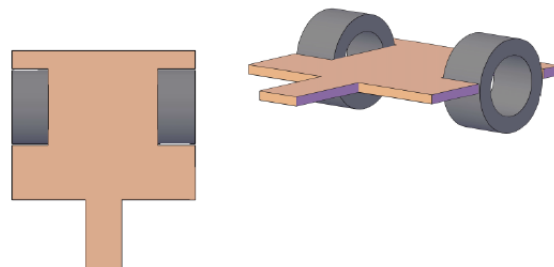


Figura 7. Diseño propuesto para robot seguidor de línea [Creación propia] Realizado en AutoCad 2021

Tabla 2. Principales Requerimientos del cliente [creación propia]

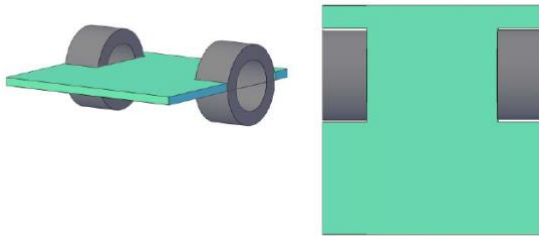


Figura 8. Diseño propuesto para robot evasor de obstáculos [Creación propia] Realizado en AutoCad 2021

Diseño

Diseño mecánico

De acuerdo con los requerimientos de operación y requerimientos técnicos obtenidos del cliente, es posible delimitar las especificaciones tanto mecánicas como eléctricas y electrónicas, esto con el fin de poder generar el dispositivo final, en el cual se puede integrar la gamificación planteada.

El delimitar requerimientos técnicos, harán que el dispositivo presente un equilibrio, tanto que sea funcional para el cliente como para los diseñadores.

Generación y construcción del diseño de los robots

Para la creación de los prototipos se optó por diseñar bloques patrón, los cuales fueron utilizados como principal propósito para generar su ensamblaje sin utilizar ningún tipo de tornillo, pinza o sistema de sujeción externa. Con ello, surgió la necesidad de crear piezas que se pudieran utilizar en los 3 prototipos y que las piezas extras fueran mínimas. Además, los bloques debían ser sencillos de ensamblar y ser didácticos para el alumno.

Por ello, es necesario construir una ‘base’, la cual será la guía para la generación de los 3 prototipos (mini sumo, seguidor de líneas,

carrito evasor de obstáculos). Con ello restaría agregar las piezas extras de cada robot.

Conceptualización de diseño

Imagen digital del modelo tridimensional sobre el ensamble para el modelo minisumo, permite conceptualizar la estructura del prototipo final de manera realista.

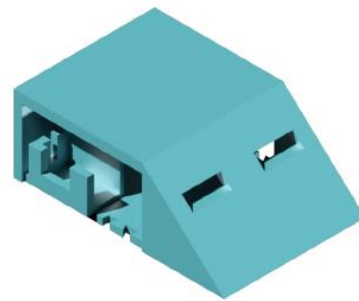


Figura 9. Diseño estructura robot minisumo, realizado en Autocad 2022 licencia educativa [creación propia]

Imagen del circuito eléctrico del robot minisumo, la cual permite visualizar cada una de las conexiones de los elementos que lo conforman, además estará implementado dentro en la interfaz para mostrar al usuario la manera de conectar los componentes.

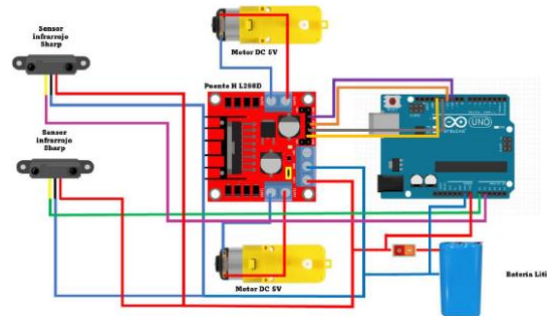


Figura 10. Diagrama de conexión, robot minisumo [creación propia]

A continuación, se muestra el ensamble final del robot seguidor de línea utilizando los motores, batería, sensores infrarrojos, puente H y Arduino Uno el cual será el controlador, este

permite visualizar de manera realista como queda el prototipo con sus componentes.

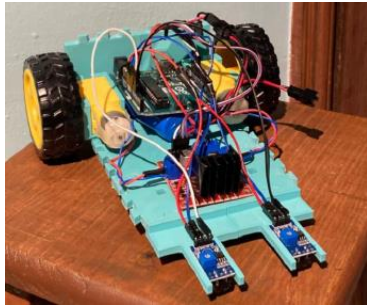


Figura 11. Diseño ensamble final robot seguidor de líneas [creación propia]

Imagen del circuito eléctrico del robot seguidor de línea, este permite visualizar cada una de las conexiones de los elementos que lo conforman, además estará implementado dentro de la interfaz para mostrar al usuario la manera de conectar los componentes.

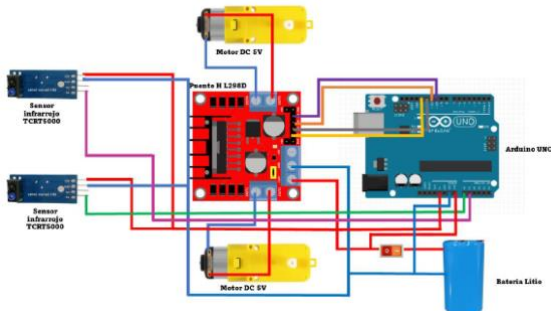


Figura 84 Diagrama de conexión, robot seguidor de líneas [creación propia]

Imagen digital del modelo tridimensional sobre el ensamble para el modelo evasor de obstáculos, permite conceptualizar la estructura del prototipo final de manera realista.

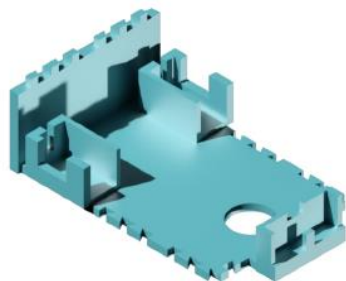


Figura 12. Diseño final robot evasor de obstáculos, realizado en Autocad 2022 licencia educativa [creación propia]

A continuación, se muestra el ensamble final del robot evasor de obstáculos utilizando los motores, batería, sensores ultrasónicos, puente H y Arduino Uno, el cual será el controlador, este permite visualizar de manera realista como queda el prototipo con sus componentes.



Figura 13. Diseño ensamble final robot evasor de obstáculos [creación propia]

Imagen del circuito eléctrico del robot evasor de obstáculos, este permite visualizar cada una de las conexiones de los elementos que lo conforman, además estará implementado dentro de la interfaz para mostrar al usuario la manera de conectar los componentes.

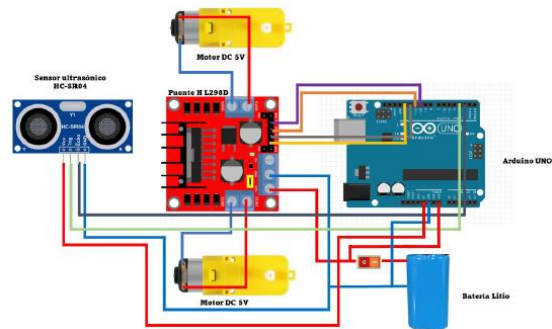


Figura 14. Diagrama de conexión, robot evasor de obstáculos [creación propia]

Costos

En este capítulo se detallarán los diferentes costos económicos para llevar a cabo la fabricación del prototipo del proyecto. Todos los costos se encuentran expresados en moneda nacional \$MXN (peso mexicano), además de



encontrarse calculados y referidos al mes de octubre del 2022.

Cálculo de horas trabajadas en el periodo de producción y diseño

Para el cálculo de las horas trabajadas, se tomará en cuenta un periodo de 11 semanas comprendido desde el día 08 de agosto de 2022 al 21 de octubre de 2022.

A continuación, se muestra a detalle la distribución de días, así como los días y horas laboradas para el proyecto:

Días del periodo: 75 días
Días de fin de semana: 20 días
Días feriados: 1 día
Vacaciones: 0 días

Cálculo de días laborables: $75 - 20 - 1 = 54$ días

Días laborables: 54 días
Horas dedicadas al diseño y producción: 2.5 horas por día
Horas laboradas: 135 horas

Análisis de costos indirectos

Energía eléctrica

El costo que se obtendrá por el uso de la energía eléctrica está basado de acuerdo con las horas laboradas anteriormente mencionadas y la tarifa de consumo básico de energía especificada en la página oficial de Comisión Federal de Electricidad, la cual ronda los \$0.927 pesos mexicanos.

Consumo eléctrico = (135 horas) (\$0.927 tarifa consumo básico 2022) = \$ 125.14

Licencias de software

A continuación, se muestra la información correspondiente al uso de cada software dentro del proyecto, así como el tiempo estimado que se le dio uso y por último el costo útil.

Tabla 3 Costo de licencias [elaboración propia]

Nombre de aplicación	Costo de licencia (periodo anual)	Tiempo estimado de uso	Costo útil
AutoCAD	\$27,775	111 horas	\$351.94
Fusion 360	\$7,566	24 horas	\$20.72

Conexión a internet

Para determinar el costo medio por hora, se consideran las tarifas de cada integrante del equipo, los cuales se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Costo uso de internet [elaboración propia]

Costo mensual uso de internet	Costo medio	Costo útil
\$425	\$ 471.66 mensual \$ 3.49 por hora	\$471.15
\$470		
\$520		

Salarios

Para la obtención de los costos en este punto, se tomó la decisión sobre considerar para todos los integrantes del equipo el salario promedio por hora de un ingeniero recién egresado el cual es aproximadamente de \$49.23. Con ayuda de este dato y en conjunto de las horas laboradas, se obtendrán los salarios de los integrantes por este proyecto, los cuales se pueden visualizar en la tabla 5.

Tabla 5. Salarios por integrantes [elaboración propia]

Integrantes	Salario promedio por hora	Número de horas	Costo total
Ibarra Martínez Carlos Daniel	\$49.23	135 horas	\$6,646.05
Jiménez Reyes Victor Uniel			\$6,646.05
Reyes Vallejo Jose Mauricio			\$6,646.05
Vazquez Enciso Erik Gabriel			\$6,646.05
Total			\$26,584.2



Conclusiones

El proyecto de diseño de un dispositivo inteligente para la enseñanza de robótica a través de la gamificación cumplió parcialmente con los objetivos planeados. Dado que se llevó a cabo la integración de un dispositivo el cual se implementan los principios de gamificación sin embargo la realización de la plataforma de software no muestra una retroalimentación inmediata.

A través de la implementación de la metodología despliegue de la función de calidad (QFD), se pudo conocer los requerimientos del cliente, que ello se traduce en la voz del cliente, esto resalta de manera sobresaliente en la generación de un prototipo, con ello se buscará atender a todas aquellas necesidades que el mismo cliente este buscando. Todo esto ayudará a la generación de los requerimientos técnicos, los cuales a través de matrices morfológicas establecerán las metas de diseño. Estas metas de diseño estarán basadas tanto en los requerimientos del cliente, así como de los requerimientos técnicos para realizar de manera efectiva la creación de un prototipo.

El diseño del prototipo se logró de manera exitosa, teniendo así el ensamble de tres diferentes robots, los cuales podrán ser utilizados de manera didáctica para el aprendizaje de la robótica. Se cuenta con un diseño basado en un principio de rompecabezas, esta parte ayudará para que el usuario que consuma este producto presente la iniciativa en la creación de los robots sugeridos sin aun contar la interfaz de usuario. Con el uso de programas de diseño profesional, se llevaron a cabo estudios mecánicos a cada pieza del prototipo, esto ayudará a conocer las limitantes físicas y mecánicas que los mismos robots pueden presentar en sus diferentes opciones de ensamblaje.

El uso de los diferentes módulos y sensores dentro de los robots estará dado de forma secuencial, teniendo en cuenta en entendimiento de su funcionamiento con ayuda de la interfaz gráfica.

La generación de la interfaz de usuario se completó de manera parcial, a través de esta se ayudará al usuario a llevar a cabo un entendimiento mayor de los principios de aplicación de los componentes a utilizar en los robots ensamblados, esto por medio de la visualización de diversas pantallas que mostraran opciones como ensamble, electrónica y código de programación.

Teniendo en cuenta esta limitante, la información que se muestra en la interfaz es únicamente de apoyo al usuario, esto incentivará de forma positiva la búsqueda de más información incentivando un entorno de aprendizaje autodidacta.

El análisis económico que resulto tiene un impacto positivo en la generación de este prototipo, se cuenta con un resultado que permite hacer fiable el proyecto, dentro de la selección de materiales, así como de la selección de componentes a utilizar. Sin embargo, también presenta áreas de mejora de mayor impacto, esto principalmente con el objetivo de mejorar la cantidad de unidades a vender para comenzar a tener ganancias, con la implementación de estas, la generación de ganancias se verá reflejada con diez unidades.

Referencias

- Adeva, R. (11 marzo 2021). Todo lo que debes saber sobre impresión 3D y sus utilidades. Consultado el 20 de marzo de 2022 de <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>
- AliExpress. (2022). Batería de litio recargable, 5v. Consultado el 06 de junio de 2022 de <https://es.aliexpress.com/item/32839965452>.



http://html?randl_currency=MXN&randl_shipto=MX&src=google&aff_fcid=0e569dad4b624b1dbd965d8694e348d9-1654560577942-09199-

Alzate Gómez, J. P., & Lotero Martínez, C. A. (2008). Inventarios y pronósticos de demanda en ensamble de equipos mecánicos: Motorreductores Consultado el 13 de marzo del 2022 obtenido de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4453/JuanAlzate_CarlosLoter_2008.pdf?sequence=1

Anda, N. (2018) Motor DC. Consultado el 12 de marzo del 2022 obtenido de <https://www.factor.mx/portal/base-de-conocimiento/motor-dc/>

Arduino (2022). Inicio, Consultado el 12 de marzo de 2022 de

Astra. (2020). La gamificación en la educación: el caso de Class Dojo. Consultado el 22 de febrero de 2022 de <https://garajeimagina.com/es/gamificacion-educacion-class-doj/>

Balanda, Alberto T. (2005) Contabilidad de costos. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. Consultado el 21 de noviembre de 2022 de <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/documentos/no60/costos.pdf> 20. index.php/curso-de-electronica/98-banco-de-informaciones-