



**DESARROLLO DE UNA PISTA INTELIGENTE PARA ROBOTRACER USANDO
SENSORES ELECTRÓNICOS Y PLATAFORMAS PROGRAMABLES PARA
INCENTIVAR LA ORGANIZACIÓN DE TORNEOS DE ROBÓTICA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ROMÁN LENYM ARELLANO CHAPARRO
CC: 1098814404
PAULA ANDREA PINZÓN SANABRIA
CC: 1005325953

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS
INDUSTRIALES
Bucaramanga 19 de junio de 2025**

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



**DESARROLLO DE UNA PISTA INTELIGENTE PARA ROBOTRACER USANDO
SENSORES ELECTRÓNICOS Y PLATAFORMAS PROGRAMABLES PARA
INCENTIVAR LA ORGANIZACIÓN DE TORNEOS DE ROBÓTICA**

Proyecto De Investigación

ROMÁN LENYM ARELLANO CHAPARRO

CC: 1098814404

PAULA ANDREA PINZÓN SANABRIA

CC: 1005325953

**Trabajo de Grado para optar al título de Tecnólogo en Implementación de
Sistemas Electrónicos Industriales**

DIRECTOR

Carlos Lizardo Corzo Ruiz

CO DIRECTOR

Ruth Mira González Neira

Jhon Alexander Hernández Amaya

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS
INDUSTRIALES**

Bucaramanga 19 de junio de 2025

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Nota de Aceptación

Este informe final de trabajo de grado, en modalidad proyecto de Investigación, fue APROBADO en cumplimiento de uno de los requisitos exigidos por las Unidades Tecnológicas de Santander para optar el título de Tecnólogo en Implementación de Sistemas Electrónicos Industriales, según acta No. 12 del 19 de junio del 2025, del Comité de Trabajo de Grado.



Jhon Fredy Linares Amador

Firma del Evaluador



Carlos Lizardo Corzo Ruiz

Firma del director

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi mayor fuente de inspiración, por su amor incondicional, por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo, y por creer en mí incluso en los momentos en que dudé de mí misma. Gracias por acompañarme en cada paso, por sus sacrificios silenciosos y su apoyo constante. Este logro es tanto mío como suyo. Con todo mi amor,

Paula Pinzón.

A mis padres y hermanos, por guiarme y hacer invaluable sacrificios por mi bienestar. A mi alma mater, mi adorada Simón, por la excelente formación que me brindó, como persona y profesional, por inculcarme su mística y su búsqueda de la excelencia, por permitirme conocer a las personas más maravillosas que existen. A mi amado GADE, por su impacto en mi vida y en mi toma de decisiones. A mis amigos, por apoyarme en la adversidad y permitirme seguir adelante. Este logro solo es posible gracias a todos. Por eso y más, siempre los llevaré en mi corazón. Atesorándolos siempre,

Román Arellano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Biottic S.A.S., por su valiosa contribución mediante la financiación parcial de los insumos necesarios para el desarrollo del proyecto, lo que permitió avanzar en la implementación de las soluciones tecnológicas planteadas.

De igual manera, agradecen al Ingeniero Carlos Lizardo Corzo Ruiz, docente del programa de Tecnología en Implementación de Sistemas Electrónicos Industriales de las Unidades Tecnológicas de Santander, por su orientación técnica, sus aportes académicos y el acompañamiento constante brindado durante las diferentes fases del proyecto.

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO</u>	<u>10</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>11</u>
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	<u>13</u>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN	14
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. ESTADO DEL ARTE	15
<u>2. MARCO REFERENCIAL.....</u>	<u>23</u>
2.1. MARCO TEORICO	23
2.2. MARCO CONCEPTUAL	24
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</u>	<u>30</u>
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u>	<u>35</u>
4.1. ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS	35
4.2. DESARROLLO DEL ESCENARIO.....	35
4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS	36
4.4. VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS	43
<u>5. RESULTADOS.....</u>	<u>47</u>
<u>6. CONCLUSIONES.....</u>	<u>49</u>

<u>7.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>51</u>
<u>8.</u>	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>53</u>
<u>9.</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>57</u>
9.1.	REGLAMENTO PARA COMPETENCIA DE ROBOTRACER.....	57
9.2.	ESCENARIO DE COMPETENCIA	60
9.3.	APLICACIÓN MÓVIL	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 zona inicio meta	20
Figura 2 Marcador de inicio y marcador de meta	21
Figura 3 Medidas de pista en curvas.....	21
Figura 4 ATmega328P	25
Figura 5 Multilateración	26
Figura 6 RFID.....	27
Figura 7 Galgas extensiométricas	28
Figura 8 RobotRacer	28
Figura 9 Esquema básico de lectura	36
Figura 10. Calculadora para la adecuación del circuito	37
Figura 11 Prototipo modificado.....	37
Figura 12 Prototipo galga extensiométrica	38
Figura 13 Verificación de peso con báscula externa	39
Figura 14. Prueba del sistema de medición	40
Figura 15 Prototipo de sistema de pesaje	40
Figura 16 Mediciones con el prototipo de balanza	41
Figura 17 Esquemático de arcos META/SALIDA	42
Figura 18 construcción estructura física de arcos META/SALIDA.....	42
Figura 19 Interfaz tentativa de app.....	43
Figura 20. Interfaz añadir competidores	44
Figura 21 Interfaz ver competidores	46
Figura 22 Interfaz iniciar competencia.....	46

Figura 23 Comandos diseño preliminar.....	60
Figura 24 Matriz de prueba	61
Figura 25 Comandos diseño	61
Figura 26 Grafica de comandos	61
Figura 27. Escenario preliminar.....	62
Figura 28 Diseño con hits.....	63
Figura 29 Diseño con medidas del escenario.....	63
Figura 30 Escenario impreso.....	64
Figura 31 Interfaz principal	66
Figura 32 Añadir competidores	66
Figura 33 Ver competidores	67
Figura 34 Historial	68
Figura 35 Competencia	69

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto presenta el desarrollo de una pista inteligente para competencias de robotracer, diseñada con el propósito de automatizar procesos clave como la detección del inicio y fin de carrera, el pesaje de los vehículos y el registro de resultados, con el fin de mejorar la organización y precisión en eventos de robótica educativa. El sistema integra sensores de barrera infrarrojos, una galga extensiométrica para la medición de peso, un lector RFID para verificar la posición de salida/meta del robot y un módulo Bluetooth que comunica los datos a una aplicación móvil. Esta aplicación, desarrollada en App Inventor, permite visualizar y almacenar automáticamente los tiempos de recorrido y la información de cada participante.

El diseño del trazado de la pista se realizó inicialmente mediante una librería en Python, y posteriormente se ajustó en un software de edición gráfica para cumplir con las especificaciones del reglamento. La validación del sistema se llevó a cabo mediante pruebas funcionales con un robot seguidor de línea, evaluando la precisión de los sensores y la estabilidad de la interfaz móvil. El resultado fue un entorno de competencia funcional y modular, que puede ser mejorado y escalado en futuras implementaciones. Este trabajo contribuye al fortalecimiento de la robótica educativa mediante el uso de tecnologías accesibles y enfoques prácticos aplicados a contextos académicos.

PALABRAS CLAVE. Robotracer, RFID, Microcontroladores.

INTRODUCCIÓN

La robótica educativa representa una herramienta poderosa para fomentar el aprendizaje activo y la formación en competencias digitales, particularmente en contextos tecnológicos. Su aplicación permite integrar áreas como la electrónica, la programación y el diseño mecánico, facilitando el desarrollo de habilidades prácticas y cognitivas en los estudiantes (Acaya, 2019).

Una de las modalidades más reconocidas en este campo es la competencia de robotracer, en la cual vehículos autónomos deben recorrer un circuito siguiendo una línea guía. Estas competencias promueven el diseño de sistemas de control y navegación autónomos, y han sido adoptadas en eventos como el All Japan Robotracer Contest (all japan robotrace contest, 2024) y el All Chile Robot Contest (Reglamento de la categoría robotracer, s.f.), los cuales han servido de inspiración y referencia para la estructuración de eventos académicos en Colombia (Asociación Red Universitaria Bogotá - Robot, 2025).

A pesar del auge de estas iniciativas, muchas instituciones aún carecen de herramientas tecnológicas que faciliten la organización de competencias con niveles adecuados de precisión, autonomía y trazabilidad. Por tanto, este trabajo presenta el diseño e implementación de una pista inteligente para robotracer, como una solución tecnológica que automatice el proceso de toma de tiempos, pesaje de vehículos y registro de participantes, reduciendo la intervención humana y mejorando la fiabilidad de los datos obtenidos durante las pruebas.

La metodología utilizada fue de tipo experimental, y se basó en la integración de sensores electrónicos, módulos de comunicación y herramientas de programación. Se diseñaron detectores de barrera usando leds infrarrojos, un sistema de pesaje basado en galgas extensiométricas (Francisco J. Quiles-Latorre, s.f.), un lector RFID para validar la posición de los robots (Acevedo Duran, Garcia Sandoval , & Sandino Ariza , 2004) & (Corzo Ruiz & Ramírez Prada, 2020), y una

aplicación móvil desarrollada en App Inventor, conectada a hojas de cálculo de Google mediante scripts en JavaScript. Además, se utilizaron librerías en Python para el diseño del trazado de la pista y materiales como lona tipo banner con vinilo mate, por su durabilidad y facilidad de transporte (Alianza Digital SYP, 2024).

El sistema fue validado mediante pruebas preliminares con un prototipo de robotracer, evaluando aspectos como la precisión de la detección de paso, la estabilidad de la conexión móvil y la precisión de la lectura del peso.

Con este trabajo se espera sentar las bases para el desarrollo de sistemas inteligentes de competencia que, además de cumplir con los requerimientos técnicos internacionales, fomenten la participación estudiantil y reduzcan las barreras logísticas en eventos de robótica a nivel regional.

Para fortalecer la calidad de redacción técnica y asegurar la coherencia textual del presente documento, se emplearon herramientas de inteligencia artificial como apoyo en la revisión ortográfica y gramatical, manteniendo siempre el criterio académico de los autores.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la robótica desempeña un papel fundamental en la educación, ya que promueve el interés por la investigación y el desarrollo de capacidades creativas y organizativas. En este contexto, los proyectos educativos centrados en esta área -como lo son las competencias de vehículos seguidores de línea- generan conocimientos y beneficios tanto a mediano como a largo plazo (Ocampo Casados, Maya Palacios, Rosette García, Martínez Gámez, & Barrios Aguilar, 2017)

Sin embargo, las Unidades Tecnológicas de Santander carece de la infraestructura necesaria para llevar a cabo torneos de los denominados Robotracer o robots seguidores de línea velocistas, lo que dificulta la organización de este tipo de competencias. Esto implica una alta dependencia de personal para supervisión, lo que incrementa los costos logísticos.

Frente a esta situación, se propone el desarrollo de una pista inteligente que automatice la evaluación de los robots, simplificando la logística y, al mismo tiempo, fomentando la participación e innovación en los proyectos de robótica dentro de la universidad (Márquez Sánchez, García Sánchez, Sandoval Gutiérrez, & Nicolás, 2019).

Dado lo anterior, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo el desarrollo de una pista inteligente basado en microcontroladores contribuirá a mejorar la organización de torneos de robots seguidores de línea?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La implementación de una pista inteligente basada en microcontroladores representa una solución eficaz para mejorar la organización de torneos de robots seguidores de línea. Este tipo de escenario permite automatizar la evaluación del desempeño de los vehículos mediante sensores y sistemas integrados de procesamiento, lo que reduce la necesidad de supervisión constante y garantiza mayor precisión en las mediciones. Al disminuir la carga logística y los costos asociados, se facilita la realización de eventos más frecuentes, con mayor participación estudiantil y menos barreras operativas.

Además, este tipo de proyectos promueve estrategias de aprendizaje experiencial, las cuales incrementan el entusiasmo y la motivación de aprender, permitiendo a los estudiantes comprender mejor el conocimiento (Gutiérrez Fernández, Romero Cuadrado, & Solórzano García, 2011), por lo que, una pista inteligente fomentaría el desarrollo tecnológico dentro de la comunidad académica, promoviendo la investigación, la creatividad y la aplicación de conocimientos en el ámbito de la robótica y la automatización, permitiendo a los estudiantes mejorar sus habilidades en diseño, programación, control de robots y consolidando conocimientos teóricos de diversas áreas.

Asimismo, realizar este proyecto es especialmente importante, debido a la escasa cantidad de referencias recientes a nivel regional y nacional sobre competencias de Robotracer, lo que indica que, en Colombia, el desarrollo de este tipo de iniciativas ha sido prácticamente abandonado. En respuesta a esta situación, las Unidades Tecnológicas de Santander buscan reactivar e impulsar este campo, tomando como referencia experiencias internacionales exitosas, con el objetivo de establecer las bases para una solución sostenible a largo plazo.

En consecuencia, esta propuesta contribuirá al fortalecimiento de las capacidades técnicas y creativas de los estudiantes, incentivando la innovación en el campo de la robótica. (Acaya, 2019), además que estimulará la organización de los torneos de seguidores de línea en la UTS, para consolidar una plataforma innovadora desde la cual se puedan reactivar y expandir las competencias de robótica en el ámbito académico local.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una pista inteligente para robotracer o seguidores de línea que, mediante la integración de sensores electrónicos, plataformas programables y lenguajes de programación de nivel medio incentive la construcción de vehículos y la organización de torneos de robótica.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la celda de carga, mediante el contraste con balanzas certificadas, para la evaluación de los robots seguidores de línea, de acuerdo con reglamentos internacionales de competición.
- Implementar un sistema mediante identificación por radiofrecuencia (RFID) que permita el conocimiento de la posición del vehículo en la pista.
- Validar el funcionamiento de la pista a través de una aplicación que muestre los resultados de pruebas con robots velocistas.

1.4. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, la investigación relativa a robots seguidores de línea, así como sistemas de localización basados en RFID se encuentra de la siguiente manera:

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión**FECHA APROBACIÓN:** Octubre de 2023

A nivel regional se tiene que:

- Las Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga, realizó el 16 de octubre de 2019 una competencia de robots seguidores de línea en niveles amateur y avanzado, utilizando una pista no automatizada de carril doble con un área máxima aproximada de 8 m², en la que cada carril medía 20 cm de ancho y estaban separados por un espacio mínimo de 3 cm; el fondo de la pista era blanco, la línea tenía un ancho de 18 mm, y las curvas eran suaves con un radio mayor a 10 cm, sin bifurcaciones aunque se permitían cruces y sin discontinuidades, considerándose además condiciones de iluminación variables debido a la presencia de equipos de grabación y cámaras fotográficas que podían generar interferencias, por lo que los robots debían estar diseñados para que dichas variaciones no los afectaran; asimismo, en el ensamblaje de la pista podían presentarse empates y escalas de hasta 2 mm sin que esto comprometiera el correcto funcionamiento de los robots. (Unidades Tecnológicas de Santander, 2019)
- Las Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga, el estudiante Nicolas Ramírez Prada desarrolló un lector RFID de 134,2 kHz, integrado mediante Internet de las cosas (IoT) para proporcionar información en tiempo real para identificar ganado. El desarrollo tecnológico logró generar un lector de tags RFID capaz de detectar etiquetas ubicadas a distancias promedio de 20cm, usando materiales de gran disponibilidad nacional, como lo son: microprocesadores, radios RFID y alambre esmaltado. (Corzo Ruiz & Ramírez Prada, 2020)
- Las Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga realizó una aplicación móvil para capturar datos de longitud, latitud, velocidad y distancia de un dispositivo GPS para monitorear la ubicación de un vehículo motorizado. Utilizando la base de datos de Google, Firebase, y el ambiente de programación App Inventor, se pudo visualizar los datos en tiempo real del sistema de monitoreo, permitiendo

conocer la ubicación y velocidad de una motocicleta. (Téllez Garzón, Lisbeth Haydee, Pimiento Velasco, & Serrano Gómez, 2021)

En el ámbito nacional se ha llevado a cabo:

- En Bogotá, entre 2014 y 2023, la red universitaria Bogotá – Robot (RUNIBOT) ha realizado 9 Mega torneos de robótica Runibot, con una participación que ha ido en aumento, llegando a ser de hasta 600 robots y alrededor de 50 universidades y 45 colegios, así como invitados internacionales (Asociación Red Universitaria Bogotá - Robot, s.f.); presentando, entre otras, la categoría de robot velocista turbinado, utilizando una pista no automatizada de carril doble con un área máxima aproximada de 8 m², en la que cada carril medía 20 cm de ancho y estaban separados por un espacio mínimo de 3 cm; el fondo de la pista era blanco, la línea tenía un ancho de 18 mm, y las curvas eran suaves con un radio mayor a 10 cm, sin bifurcaciones aunque se permitían cruces y sin discontinuidades, considerándose además condiciones de iluminación variables debido a la presencia de equipos de grabación y cámaras fotográficas que podían generar interferencias, por lo que los robots debían estar diseñados para que dichas variaciones no los afectaran; asimismo, en el ensamblaje de la pista podían presentarse empates y escalas de hasta 2 mm sin que esto comprometiera el correcto funcionamiento de los robots. (Asociación Red Universitaria Bogotá - Robot, 2025)

- En la ciudad de Bogotá, Colombia, en el año 2004, la universidad Pontificia Universidad Javeriana, Víctor José Acevedo Durán, Alejandro García Sandoval y Juan Sebastián Sandino Ariza presentaron el proyecto "Sistema de registro y control de salida de elementos mediante dispositivos RFID" Para su implementación, se utilizó un módulo RFID de Texas Instruments, acompañado de un sistema de antenas para mejorar la detección de los transponders adheridos a los equipos. A nivel de software, se desarrolló una plataforma en Visual Basic, integrada con bases de datos en Microsoft SQL Server y Oracle, permitiendo almacenar registros de los

equipos y usuarios. Además, se habilitó un punto de red en la entrada del departamento para la comunicación con los servidores, los cuales almacenaban la información y fotografías de los estudiantes. El sistema operaba detectando automáticamente los transponders al ingresar o salir del departamento, registrando la información en la base de datos y generando alertas en caso de salidas no autorizadas. (Acevedo Duran, Garcia Sandoval , & Sandino Ariza , 2004)

- En la ciudad de Bogotá, la universidad Pontificia Universidad Javeriana, se llevó a cabo el proyecto "Arquitectura de sistema para la localización física de material bibliográfico en unidades de información" fue realizado por Fabio Ángel y Hernán Morales para la localización de material bibliográfico dentro de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal, S.J. de la Pontificia Universidad Javeriana. Su propósito fue mejorar la eficiencia en la búsqueda de libros y documentos dentro de la biblioteca, facilitando su ubicación a través de un sistema basado en tecnología de Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) y Sistemas de Organización del Conocimiento. (Garcia & Morales , 2015)

En el marco internacional se cuenta con que:

- En la Universidad de Córdoba, España, en 2018 se llevó a cabo el proyecto "Diseño de interfaz de una balanza electrónica basada en una celda de carga", realizado por Francisco J. Quiles-Latorre, Carlos D. Moreno-Moreno, Isabel M. Moreno-García, José A. Olmedo Rivera y Manuel A. Ortiz-López, cuyo principal objetivo fue pesar colmenas de abejas. El proyecto pretendió complementar la monitorización de las condiciones climáticas de las colmenas con la medición de peso, mediante el diseño exclusivo del interfaz de la balanza electrónica sin integrarlo en el sistema final de monitorización. Se diseñó una balanza de plataforma, cuya parte hardware estuvo compuesta por una celda de carga, el

circuito para acondicionar la señal de salida proveniente de la misma, el microcontrolador MSC1210 basado en el 8051 y desarrollado por Texas Instruments, un teclado matricial y un visualizador LCD; para el programa de la aplicación se utilizó el entorno de desarrollo Keil μ Vision5 y la programación del código de control de la balanza se realizó en el lenguaje de alto nivel CX-51. (Francisco J. Quiles-Latorre, s.f.)

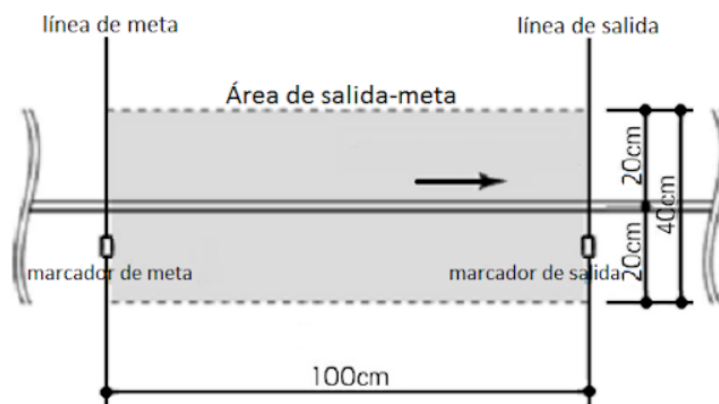
- El evento RobotChallenge llevado a cabo en Bucarest, Rumania, específicamente en la Universidad Politécnica de Bucarest, 2024, donde La pista utilizada en la competencia Line Follower Enhanced consiste en un rectángulo blanco con una línea negra de 15 mm de ancho, que incluye una zona de inicio y una zona de salida marcadas con una línea transversal, además de una interrupción de 10 cm en la línea de inicio y finalización. No presenta cruces en su diseño y puede contener curvas cerradas y en zigzag, siempre que las secciones de la línea adyacentes mantengan una separación mínima de 15 cm entre sus centros. La pista mantiene una distancia mínima de 15 cm desde los bordes hasta la línea más cercana y cuenta con un radio mínimo de curva de 7.5 cm, permitiendo ángulos agudos no menores a 90°. Asimismo, se incluyen obstáculos como la interrupción de línea de 10 cm, un bloque de aproximadamente 25 x 12 x 6.5 cm que los robots deben rodear para continuar el recorrido, y una balanza o seesaw de al menos 50 cm de largo, con un eje montado a máximo 12 cm de altura, sobre la cual continúa la línea negra. El tiempo de recorrido se mide de manera electrónica o con cronómetro manual, mientras que los robots deben operar de forma completamente autónoma desde el inicio hasta el final del trayecto. (Robot Challenge, s.f.)

- En la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Ecuador el 23 de julio de 2024, Jorge Ronaldo Villegas Heredia realizó El proyecto "Desarrollo de un sistema de rastreo y alerta para seguridad de niños en la guardería Mileniums Kids basado en RTLS", con el objetivo de mejorar la seguridad infantil mediante el

monitoreo continuo de su ubicación. Para su implementación, diseñó un sistema de localización y alarma utilizando tecnologías como ESP32 UWB para la triangulación de posición, el módulo SIM800L para la comunicación GSM/GPRS, sensores magnéticos para monitoreo de puertas y un sistema de almacenamiento y visualización de datos en Firebase y Angular. Además, realizaron pruebas en la guardería para validar su efectividad en la detección de movimientos y alertas automáticas. (Villegas Heredia & Tapia Calvopiña, 2024)

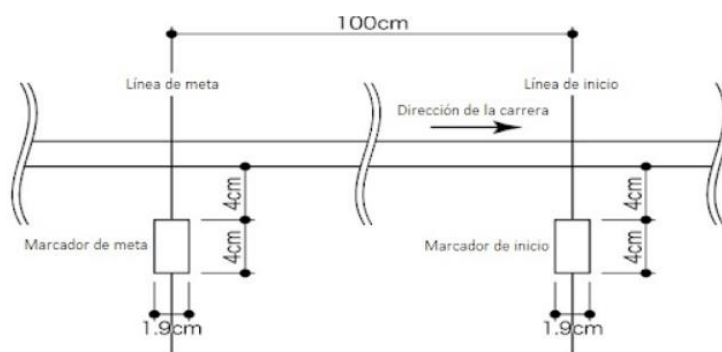
- En el Concurso Nacional de Robótica de Chile 2024, se han establecido reglas precisas para la pista de la competencia Robotracer. La superficie de la pista será de color negro, mientras que el recorrido estará claramente definido por líneas blancas de 20 mm de ancho. El circuito tendrá una longitud máxima de 60 metros, y su diseño incluirá una combinación de líneas rectas y arcos de circunferencia, permitiendo cruces entre las líneas. Los arcos de circunferencia presentes en la pista tendrán un radio de curvatura mínimo de 10 cm. Además, se ha especificado que la distancia entre los puntos de cambio de curvatura deberá ser de al menos 5 cm. En los puntos donde las líneas se crucen, el ángulo de intersección será de 90 grados, con una tolerancia de ± 5 grados. Para asegurar una transición suave, las líneas serán rectas 10 cm antes y después de cada punto de intersección. La zona de meta estará claramente delimitada por dos marcas, denominadas "hits", que se ubicarán a la derecha del sentido de la carrera y estarán separadas por una distancia de 1 metro. Estas especificaciones garantizan un entorno de competencia estandarizado y desafiante para los robots participantes. (Reglamento de la categoría robotracer, s.f.)

Figura 1 zona inicio meta



Fuente: <https://www.robotcontest.cl/reglamento-de-la-categoria-robotracer/>

Figura 2 Marcador de inicio y marcador de meta



Fuente: <https://www.robotcontest.cl/reglamento-de-la-categoria-robotracer/>

Figura 3 Medidas de pista en curvas

ELABORADO POR:

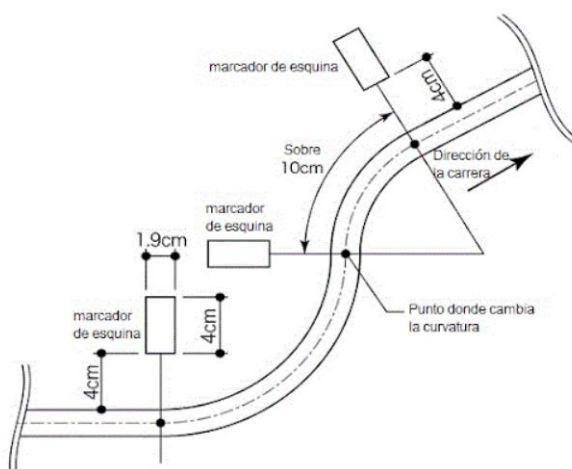
Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: <https://www.robotcontest.cl/reglamento-de-la-categoria-robotracer/>

- El All Japan Robotrace Contest, organizado por la New Technology Foundation (NTF), es una competencia de referencia en el desarrollo de vehículos autónomos velocistas en Japón. La edición más reciente se llevó a cabo en Tokio, en noviembre de 2024, en el marco del All Japan Micromouse Contest. El trazado de la pista para Robotrace se caracteriza por líneas negras de 15 mm sobre fondo blanco, incorporando curvas cerradas, rectas de aceleración y, en algunos casos, obstáculos como balanzas (seesaws). Los robots participantes deben navegar de forma completamente autónoma, optimizando su desempeño en velocidad, estabilidad y reconocimiento de trayectorias. La competencia premia aspectos como la autonomía, la innovación técnica y el tiempo de recorrido mediante categorías como el Smart Trace Prize, Autonomy Prize y New Technology Prize, consolidándose como un espacio clave para el fomento de habilidades tecnológicas en estudiantes y desarrolladores de robótica. (all japan robotrace contest, 2024)

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEORICO

La robótica educativa se ha consolidado como una herramienta fundamental en los procesos de enseñanza-aprendizaje de áreas como la electrónica, la programación y la ingeniería mecánica. Su enfoque permite a los estudiantes experimentar conceptos complejos mediante la construcción de dispositivos reales, fomentando el pensamiento lógico y la solución de problemas. Las competencias de robotracer o seguidores de línea consisten en diseñar robots autónomos capaces de recorrer una pista en el menor tiempo posible, siguiendo un trazo definido por una línea (generalmente negra sobre fondo blanco). Los robots seguidores de línea son vehículos autónomos que detectan y siguen una trayectoria trazada mediante sensores ópticos, como fototransistores, sensores infrarrojos o cámaras. Su sistema de control interpreta las señales captadas para tomar decisiones en tiempo real, ajustando su dirección y velocidad a lo largo del recorrido. (¿Qué es una competencia de robotracer?, 2017)

Las pistas inteligentes no solo guían a los robotracers, sino que también integran tecnologías que permiten evaluar el desempeño de los robots en tiempo real, como sensores de peso, sistemas de identificación y comunicación con plataformas externas.

El uso de sistemas RFID (Identificación por Radiofrecuencia) en pistas inteligentes permite identificar la ubicación de los robots durante la competencia. Mediante etiquetas y lectores distribuidos estratégicamente, es posible hacer seguimiento de cada robot a medida que avanza por la pista, lo que facilita la recolección de datos sobre tiempos de paso, velocidad promedio y comportamiento en distintos tramos. (Tecnología RFID en aplicaciones robóticas, 2022)

La implementación del proyecto se apoya en plataformas programables como Arduino, que ofrecen un entorno accesible, flexible y económico para el desarrollo de sistemas embebidos. Junto con lenguajes de programación de nivel medio.

La navegación de vehículos autónomos, como los robotracers, implica la integración de diversos sistemas de control, sensores y algoritmos de procesamiento de datos en tiempo real. Estos sistemas permiten que los robots ajusten sus acciones de manera precisa para seguir la línea en la pista, optimizando su rendimiento y eficiencia. Además, la instrumentación aplicada en estas competiciones no solo se limita a la medición de tiempos y distancias, sino que también incluye la monitorización de parámetros como la temperatura, el consumo energético y las fuerzas aplicadas sobre el vehículo, lo que facilita una evaluación más detallada y precisa del comportamiento del robot en condiciones dinámicas. (Competiciones en el Fascinante Mundo de la Robótica, s.f.)

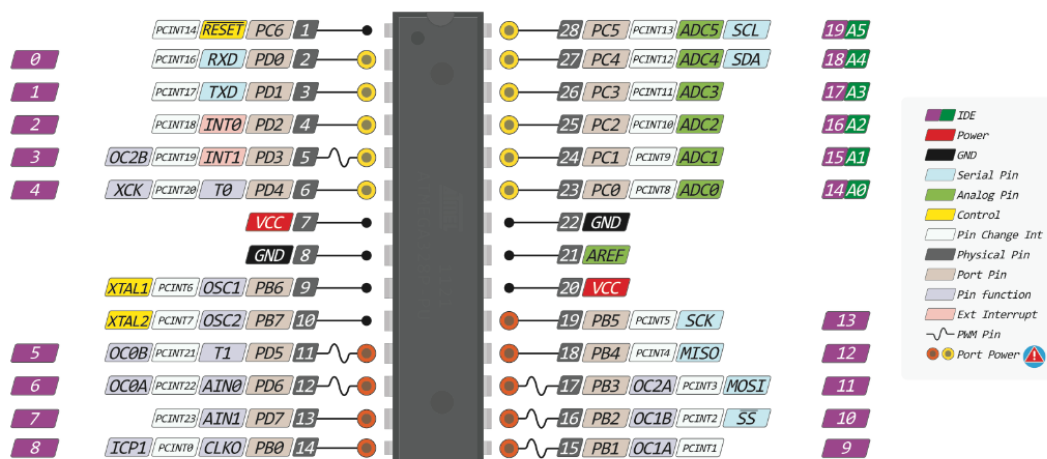
2.2. MARCO CONCEPTUAL

1- Microcontrolador atmega328p

El ATmega328P es un microcontrolador de 8 bits basado en la arquitectura AVR, desarrollado por la empresa Microchip Technology. Se ha consolidado como uno de los componentes más utilizados en el ámbito de la robótica educativa y proyectos de electrónica gracias a su balance entre potencia de procesamiento, eficiencia energética y facilidad de programación. (ic components limited , s.f.). Su bajo costo, disponibilidad en el mercado y amplia documentación lo convierten en una opción ideal para desarrollos que requieren confiabilidad, como es el caso de la pista inteligente para robotracers. Además, su compatibilidad con lenguajes de programación de nivel medio (como C/C++) y entornos de desarrollo integrados

como el IDE de Arduino, permiten una curva de aprendizaje accesible para estudiantes y desarrolladores.

Figura 4 ATmega328P



Fuente: <https://sl.bing.net/iGXqXKMTGqy>

2- Sistemas operativos colaborativos basados en eventos

Este enfoque es especialmente útil en sistemas embebidos y de bajo consumo energético, como los utilizados en robótica, donde se requiere eficiencia en el uso de recursos y tiempos de reacción reducidos ante estímulos imprevistos. La programación basada en eventos se apoya en mecanismos como interrupciones y eventos asíncronos, que permiten que el sistema responda de forma inmediata sin necesidad de consumir recursos en espera activa. (Recopilación de datos y medición de recursos, 2023). Para robotracers, este tipo de sistema operativo permite coordinar eficazmente tareas como la lectura de sensores, la activación de mecanismos de identificación RFID o la comunicación con plataformas de visualización, sin necesidad de recurrir a ciclos de sondeo constantes.

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

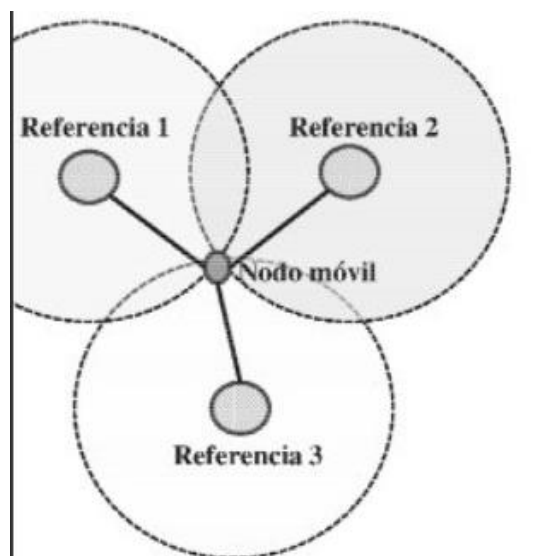
APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

3- Multilateración

Es una técnica de localización que determina la posición de un objeto, como una aeronave, midiendo las diferencias en los tiempos de llegada (TDOA, por sus siglas en inglés) de señales emitidas por dicho objeto y recibidas por múltiples estaciones receptoras ubicadas en posiciones conocidas. Al analizar estas diferencias temporales, es posible calcular con precisión la ubicación del emisor. (Multilateration & ADS-B, s.f.). La multilateración puede aplicarse como complemento a sistemas de identificación como RFID o para mejorar la localización del robotracer en zonas críticas de la pista. Su implementación permite evaluar con mayor facilidad el recorrido, detectar desvíos y validar el comportamiento del robot frente a las condiciones de la pista.

Figura 5 Multilateración



Fuente: <https://sl.bing.net/h5e8SUi3wtg>

4- RFID

La Identificación por Radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite la identificación automática de objetos, personas o animales mediante la transmisión de datos a través de ondas

de radio. Este sistema se compone principalmente de dos elementos: un lector RFID y una etiqueta o transpondedor, la cual almacena un identificador único asociado al objeto en cuestión. (Shrouds of Time the history of RFID, 2001)

La RFID permite registrar de forma automática la posición o paso de los robotracer por determinados puntos de control, optimizando el seguimiento del recorrido y permitiendo la obtención de datos en tiempo real para su análisis posterior.

Figura 6 RFID



Fuente: <https://sl.bing.net/gkDlpDyF99E>

5- Galgas extensiométricas

Las galgas extensiométricas son sensores ampliamente utilizados para la medición de deformaciones mecánicas en materiales sometidos a esfuerzos externos. Su principio de funcionamiento se basa en la variación de la resistencia eléctrica que experimenta un conductor o semiconductor cuando se deforma longitudinalmente, ya sea por tracción o compresión. (Galgas extensiométricas , s.f.). Las galgas extensiométricas se utilizan como parte de las células de carga

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

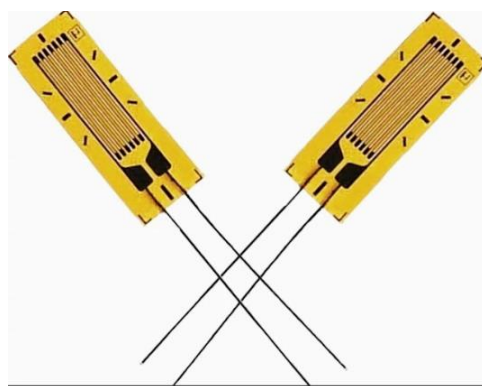
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

para evaluar el rendimiento de los robotracers. De esta forma, es posible caracterizar su masa y su interacción con la pista

Figura 7 Galgas extensiométricas

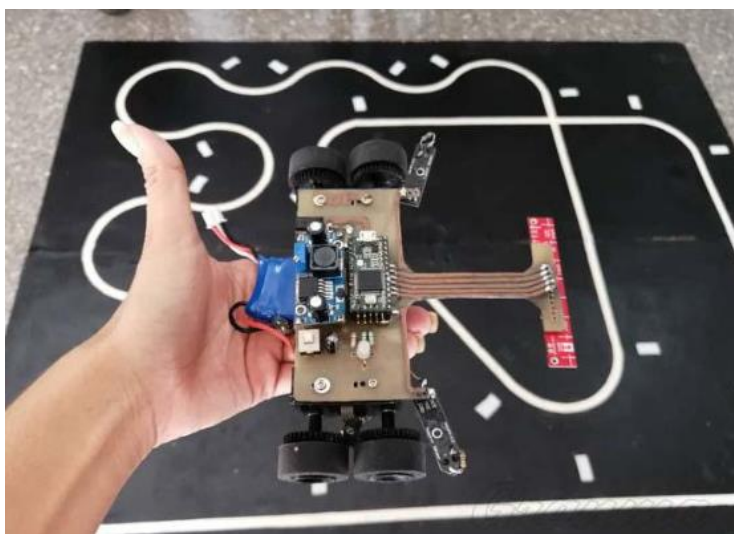


Fuente: <https://sl.bing.net/gKCXa5JvaDs>

6- Robotracer

Un Robotracer es un tipo de robot autónomo diseñado específicamente para participar en competencias de seguimiento de línea, cuyo objetivo principal es completar un recorrido predefinido en el menor tiempo posible. Estos robots son capaces de desplazarse de manera independiente, utilizando sensores ópticos o infrarrojos para detectar una línea guía —generalmente de color contrastante sobre el suelo— y ajustar su dirección y velocidad en función de su trayectoria. (¿Que es una competencia robotracer?, 2017). Los robotracers son los protagonistas principales del entorno de pruebas, ya que se utilizan para validar el correcto funcionamiento de la pista inteligente.

Figura 8 RobotRacer



Fuente: <https://sl.bing.net/bqQaZ6ALDgG>

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se estructura en fases que permitan abordar de manera sistemática el diseño, implementación y validación de una pista para competencias de Robotracer. Este escenario contará con un sistema de identificación, pesaje y registro de tiempos de recorrido para vehículos seguidores de línea.

FASE 1 – Enfoque cuantitativo y diseño experimental

Debido a que esta investigación requiere analizar variables relacionadas con la posición de un robot seguidor de línea mediante tecnología RFID, se adopta un enfoque cuantitativo. Este enfoque permite diseñar un experimento orientado a la recolección y análisis de datos, facilitando la formulación de hipótesis claras sobre la eficacia del sistema, así como su verificación mediante procedimientos estadísticos, permitiendo establecer relaciones causa-efecto entre las variables y generalizar los resultados obtenidos (Vega-Malagón et al., 2014).

Asimismo, se implementará un aplicación móvil que visualice en tiempo real la información recopilada, utilizando comunicación bluetooth y programación de nivel medio.

FASE 2 – Adaptación de antena y pruebas de compatibilidad

Para la construcción del lector RFID se pretende adaptar una antena con una frecuencia de operación de 134 kHz, fabricada previamente, a una frecuencia de trabajo de 125 kHz. Para ello, será necesario determinar su distancia efectiva de lectura, considerando las dimensiones de pista definidas en el reglamento de competencia Robotracer.

En esta fase, también se analizará la interferencia generada por los materiales de construcción del escenario, con el fin de permitir la instalación de la

antena bajo esta sin comprometer la propagación de la señal ni la precisión de las mediciones.

FASE 3 – Implementación del sistema de posición

Esta fase contempla la implementación práctica del sistema RFID. Se integrará el lector RFID con el microcontrolador encargado de la adquisición y procesamiento de los datos recibidos, operando bajo un sistema basado en eventos.

Las actividades incluyen:

- Integración física y lógica del lector RFID al microcontrolador, asegurando la correcta recepción de datos de las etiquetas.
- Configuración de parámetros de comunicación, frecuencia de lectura y almacenamiento de datos relevantes.

FASE 4 – Elaboración del reglamento técnico de competencia

Para estructurar adecuadamente las pruebas de validación, se elaborará un reglamento técnico de competencia basado en estándares internacionales de Robotracer. Este reglamento definirá los parámetros técnicos y de evaluación: dimensiones del vehículo, condiciones del recorrido, penalizaciones, criterios de éxito y otros aspectos relevantes.

Para ello, se realizarán las siguientes actividades:

- Revisión de reglamentos internacionales: Análisis de documentos de competencias como All Chile Robotcontest, Robotchallenge o All Japan Robotrace contest, entre otros.
- Adaptación de criterios: Ajuste de normas para adecuarlas a las capacidades técnicas del sistema diseñado y al entorno de pruebas disponible.

- Definición de criterios de evaluación: Establecimiento de métricas de éxito (por ejemplo, tiempo de recorrido y número de errores).
- Documentación del reglamento: Redacción formal del reglamento que regirá todas las pruebas experimentales.

Este reglamento garantizará que las evaluaciones realizadas durante las pruebas de campo sean consistentes, reproducibles y comparables con estándares internacionales.

FASE 5 – Diseño y construcción del escenario

Para garantizar la validez y repetibilidad de las pruebas de posición y desplazamiento del robot seguidor de línea, se diseñará y construirá una pista que cumpla con especificaciones establecidas en el reglamento.

Esta fase comprende:

- Diseño de la pista: Definición del trazado, curvas, rectas, zonas de cruce y características especiales.
- Selección de materiales: Identificación de materiales que no interfieran con la propagación de la señal RFID, considerando también la resistencia y durabilidad.
- Construcción física: Montaje del escenario en el entorno de pruebas, asegurando la correcta disposición del lector RFID.
- Pruebas preliminares: Verificación de la compatibilidad del material de la pista con el sistema RFID y ajuste de la configuración de la antena de ser necesario.

Esta pista experimental será la base para realizar todas las pruebas de validación de lectura de etiquetas y desplazamiento de los robots, asegurando así un entorno controlado y representativo.

FASE 6 – Identificación y pesaje del vehículo

Con el objetivo de ampliar la funcionalidad del sistema, se desarrollará un módulo para la identificación mediante la etiqueta RFID y la dirección MAC al robot, así como para la medición de su peso utilizando galgas extensiométricas. Estos datos serán almacenados y vinculados al ID del vehículo para su análisis posterior.

FASE 7 – Validación y pruebas de campo

Una vez implementados los módulos de pesaje e identificación, se ejecutarán pruebas repetidas para validar el escenario, el sistema RFID, la estabilidad de la comunicación, el tiempo de vuelta y la respuesta del módulo de medición de peso; para evaluar aspectos como la distancia efectiva de lectura de los sensores, la tasa de errores de identificación y la estabilidad del sistema.

FASE 8 – Análisis de resultados

Se analizará la distancia efectiva de la medición de los sensores, el alcance de la comunicación y posibles interferencias ambientales, así como la fiabilidad del sistema de pesaje. Estos resultados permitirán validar o refutar las hipótesis planteadas en la fase inicial y generar conclusiones fundamentadas sobre la eficacia del sistema desarrollado.

FASE 9 – Ajustes y mejoras del sistema

Finalmente, se identificarán oportunidades de mejora tanto en hardware como en software, para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos y proponer nuevas funcionalidades para próximas implementaciones.

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Se plantea el uso de una lona banner con impresión de la pista mate, acompañado de una lámina MDF de 15mm de espesor para la base de la pista, debido a su superficie lisa y uniforme, resistencia al impacto y abrasión, baja absorción de humedad y ligereza y fácil manipulación; cuyas dimensiones cumplan con lo especificado en el reglamento de competencia. (MDF o tablero DM: ventajas y desventajas - Majofesa Maderas, 2020)

Adicionalmente, se necesita adaptar una antena tipo panel, de acuerdo con el espacio que se debe cubrir para obtener una medida confiable de la posición del vehículo en la zona de salida/meta, funcionando con una frecuencia de trabajo de 125kHz.

Por otra parte, se requiere verificar la correcta medición del peso indicado por la galga extensiométrica, con el fin de comprobar que el vehículo cumpla con los parámetros establecidos en el reglamento de competencia. Esta se ubicará en un costado de la pista.

Finalmente, se pretende adaptar una antena en el centro del escenario, que monitoree el estado de los módulos de comunicación de los Robotracer, con el fin de evitar modificaciones de parámetros durante la competencia.

4.2. DESARROLLO DEL ESCENARIO

Inicialmente se planteó construir el escenario en una lámina de polietileno de 3m de longitud y 1.20 m de ancho, con el recorrido impreso en vinilo mate. Sin embargo, debido al alto valor de impresión de este material, se decidió reemplazarlo por una lona banner, que es un laminado de PVC con mejor relación entre costo y beneficio y una resistencia adecuada, utilizado para impresión digital de gran

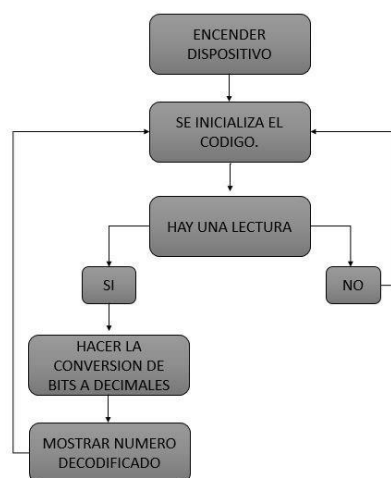
formato, principalmente para el uso en vallas publicitarias (Alianza Digital SYP, 2024). Este será ubicado sobre una lámina de MDF de 15mm de espesor.

4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS

Para la implementación del sistema de etiquetas RFID, se utilizará una antena previamente desarrollada en el proyecto presentado en las Unidades Tecnológicas de Santander en el año 2020 por Nicolás Ramírez Prada, titulado "Implementación de lector RFID de 134,2 KHz de alcance medio para identificación de ganado bovino". Como resultado de dicho proyecto, se obtuvo una antena tipo panel rectangular, basada en el chip EM4095, cuyas dimensiones son 60 centímetros de altura y 30 centímetros de ancho, fabricado con un alambre calibre 22AWG.

El chip EM4095 genera la resonancia necesaria y demodula la señal RFID, convirtiéndola en una secuencia de bits, que será procesada por el microcontrolador, para convertir los datos en formato decimal y almacenarlos en su memoria. (Prada, 2020), como lo indica el esquema de la *Figura 9*.

Figura 9 Esquema básico de lectura



Fuente: (Prada, 2020)

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Tal como se mencionó anteriormente, la antena opera a una frecuencia de 134,2 KHz. Al modificar sus dimensiones actuales a 30 cm de ancho por 40 cm de alto, se genera un cambio en su inductancia. Este valor es calculado y posteriormente ingresado en la calculadora proporcionada por el fabricante del chip EM4095, la cual permite obtener parámetros clave como la resistencia de la antena, la corriente de operación, el voltaje de funcionamiento y el voltaje de entrada al demodulador.

Figura 10. Calculadora para la adecuación del circuito

P4095 calculation spreadsheet						
V1.0, 14-9-2000						
Description	Abbr.	Unity	Inputs	Results 1	Results 2	Results 3
P4095 transceiver:						
frequency of operation	f_0	[Hz]	1,25E+05			Enter the driving frequency of the reader
power supply	V_{DD}	[V]	5			Enter your power supply values
ground	V_{SS}	[V]	0			
inductivity of antenna	L_R	[H]	0,000189			Enter your antenna inductivity
quality factor	Q_R	[-]	50			Enter your antenna quality factor
res. cap. = $f(f_0, L_{ANT})$	C_0	[F]		8,58E-09		required resonance capacitor value This value helps choosing Cres (D22)
ohmic resistance	$R_{ANT,R}$	[Ω]		2,97		
serial resistor	R_{SER}	[Ω]	51,00			Adjust this resistor value to adjust the antenna current
antenna current	I_{ANT}	[A]			0,088458	
Max. ant. voltage = $f(d_c, V_{DEMODO_IN_max})$	$V_{ANT_max(pp)}$	[V]			180,00	ok: capacitive divider is fulfilling maximum voltage on DEMOD_IN pin
antenna voltage = $f(I_{ANT})$	$V_{ANTI(pp)}$	[V]				26,26
DEMODO_IN voltage = $f(V_{ANT_max(pp)}, C_{dv1}, C_{dv2})$	$V_{demod_in(pp)}$					0,58
divider capacity	C_{DV1}	[F]	2,50E-10			Adjust Cdv1 to control division factor
divider capacity	C_{DV2}	[F]	1,10E-08			Adjust Cdv1 to control division factor
resonance capacity	C_{RES}	[F]	8,40E-09			Enter the resonance capacitor value (rounded from E12)
division factor	d_c	[-]		45,00		
Antenna resonant frequency	f_0	[Hz]		1,25E+05		Final antenna resonant frequency
From P4095 datasheet:						
max. antenna supply current	I_{DDin}	[A]	0,01			
minimum sensitivity	V_{SENSE}	[V]	0,00085			
DEMODO_IN voltage max.	$V_{DEMODO_IN_max}$	[V]	4,00			
antenna driver resistor	R_{AD}	[Ω]	9,00			

Fuente: EM MICROELECTRONIC - MARIN SA()Read/Write analog front end for
125 kHz RFID Basestation[ilustracion]

<https://www.emmicroelectronic.com/product/rf-reader-ics/em4095>

La antena será ubicada en la parte inferior de la pista, para lo cual se construirá un bastidor bajo la lámina de MDF, específicamente en la zona de salida/meta.

Figura 11 Prototipo modificado

ELABORADO POR:

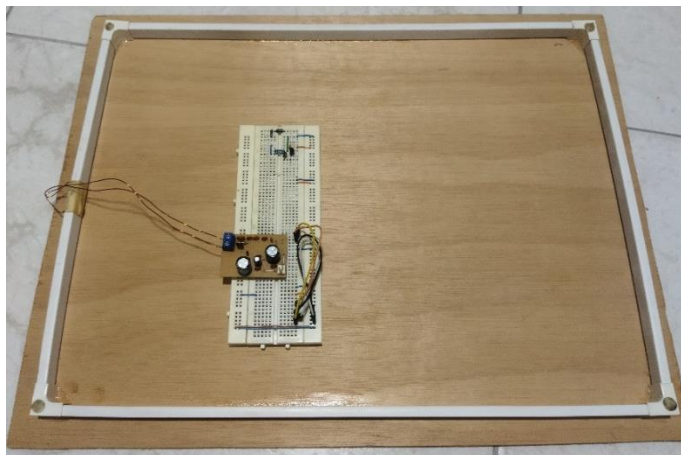
Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: Autor

Para la construcción del módulo de pesado del robot se usará una galga extensiométrica conectada a un módulo HX711 conversor análogo digital de 24 bits transmisor de celda de carga (Avia Semiconductor Co., Ltd., s.f.) que será ubicada a un costado de la pista.

Este módulo consta de un puente de Wheatstone, conformado por la galga extensiométrica y tres resistencias integradas a la tarjeta. Esta configuración permite que el módulo interprete la deflexión generada en la galga, lo cual provoca una variación en su resistencia. Dicha variación es detectada y procesada, permitiendo al módulo enviar al microcontrolador Arduino la información correspondiente al peso del objeto aplicado sobre la galga. (Módulo HX711 Transmisor de celda de carga, s.f.)

Figura 12 Prototipo galga extensiométrica

ELABORADO POR:

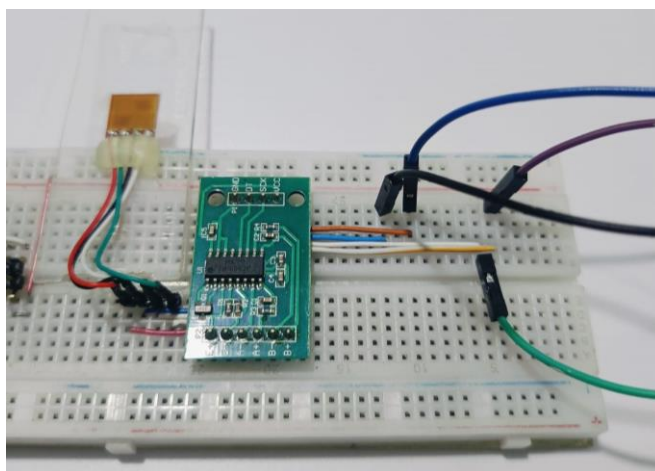
Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: Autor

Se realizan pruebas con una gramera previamente verificada por patrones certificados como se ve en la *Figura 13* y *Figura 14*, con el fin de garantizar la fiabilidad de la medición entregada por el prototipo de la galga.

Figura 13 Verificación de peso con báscula externa



Fuente: Autor

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Figura 14. Prueba del sistema de medición



Fuente: Autor

En la Figura 15 y la Figura 16 se observa el prototipo del sistema de pesaje, el cual entrega una medida aproximada del peso del vehículo, con una precisión y exactitud considerables.

Figura 15 Prototipo de sistema de pesaje

ELABORADO POR:

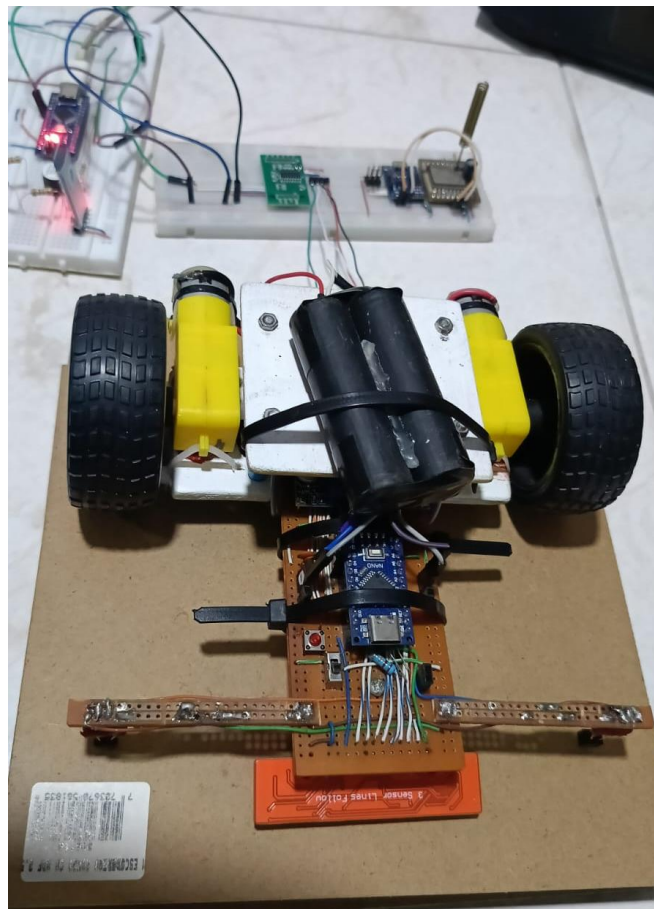
Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: Autor

Figura 16 Mediciones con el prototipo de balanza

```
Lectura actual: 373.86
Lectura actual: 373.85
Lectura actual: 373.86
Lectura actual: 373.84
Lectura actual: 373.83
Lectura actual: 373.93
Lectura actual: 373.88
Lectura actual: 373.90
Lectura actual: 373.85
Lectura actual: 373.88
```

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

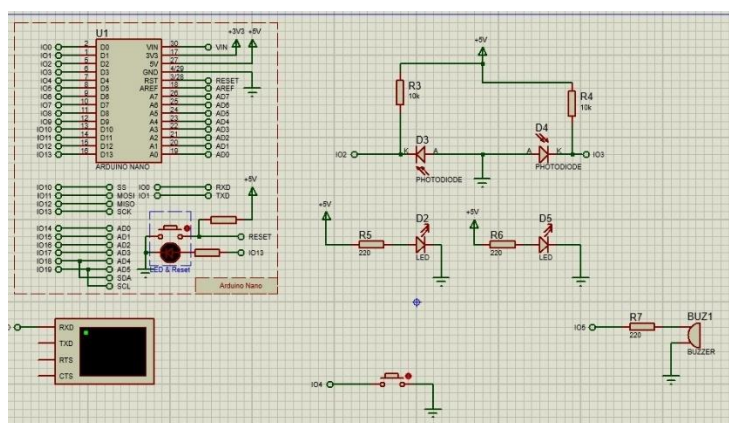
APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Fuente: Autor

Para la construcción de los arcos de salida y meta se utilizaron materiales como canaletas plásticas de 10 x 10 mm, junto con fotodiodos capaces de detectar objetos a una distancia máxima de 20 cm. En la Figura 17 y Figura 18 se muestra la conexión de los componentes, evidenciando la integración del sistema de detección con la estructura física.

Figura 17 Esquemático de arcos META/SALIDA



Fuente: Autor

Figura 18 construcción estructura física de arcos META/SALIDA

ELABORADO POR:

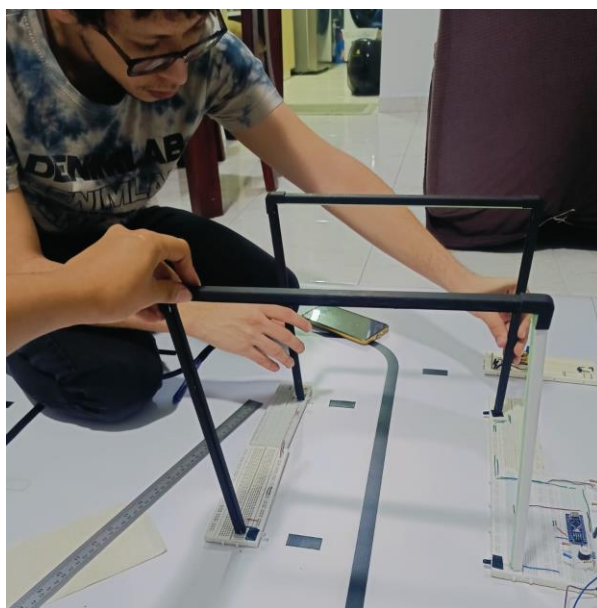
Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: Autor

4.4. VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se desarrolló una interfaz de usuario que permita observar los datos obtenidos durante el evento, así como los resultados de la competencia. Para ello se planteó inicialmente utilizar la plataforma Firebase, que almacena la información en la nube de Google, sin embargo, debido al bajo nivel de complejidad requerido, se optó por una solución más sencilla, como lo es MIT App Inventor, que permite desarrollar aplicaciones móviles usando un entorno de programación visual, almacenando y procesando los datos de forma local.

Inicialmente se estableció una interfaz que permita registrar y visualizar los competidores, iniciar la competencia, ver el historial de ruta y el ranking como se aprecia en la Figura 19.

Figura 19 Interfaz tentativa de app

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

Para registrar la información del equipo y datos del vehículo, como lo son su nombre, peso, dimensiones y la dirección MAC de su módulo de comunicaciones, se ingresa a la ventana 'Añadir competidores', lo que lleva a la pantalla de la Figura 20.

Figura 20. Interfaz añadir competidores

Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

En la interfaz ‘ver competidores’ se visualiza los datos ingresados en la Figura 20, se observa a través de un visor web, puesto que la información se almacena en una hoja de cálculo de Google utilizando la plataforma de Google forms. Ver Figura 21.

ELABORADO POR:

Docencia

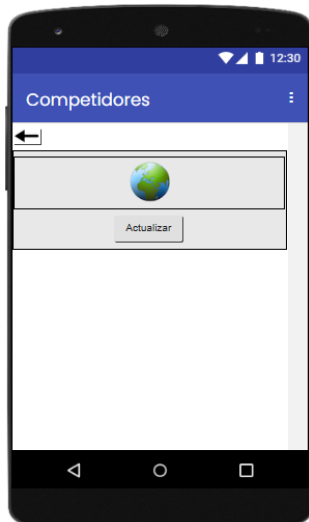
REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

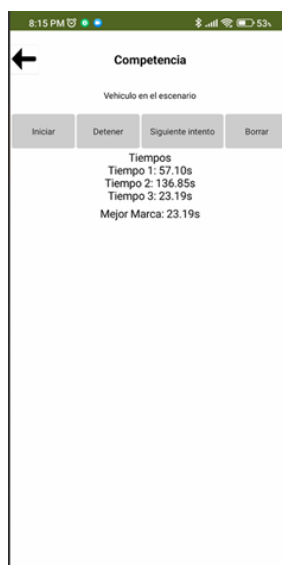
Figura 21 Interfaz ver competidores



Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

Para visualizar los datos del tiempo de la vuelta, la posición sobre salida/meta que entrega el módulo de comunicación se ingresa a la interfaz 'iniciar competencia'. Ver Figura 22. Allí se puede observar que la interfaz muestra el tiempo de vuelta de los tres intentos e indica cuál es el mejor tiempo.

Figura 22 Interfaz iniciar competencia



Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

5. RESULTADOS

El reglamento que rige el funcionamiento del sistema propuesto, incluido en el Anexo 9.1, fue elaborado con base en las normativas de competencias internacionales de robotracer, tales como el All Japan Robotracer Contest y el All Chile Robot Contest. Este reglamento sirvió como guía para establecer los criterios técnicos de diseño tanto del escenario como de los módulos que lo componen.

El escenario físico, presentado en el Anexo 9.2, fue construido sobre lona tipo banner con impresión en vinilo mate, lo que permite una superficie uniforme y duradera para el desplazamiento del robot. Está compuesto por dos arcos ubicados en la zona de salida y meta, los cuales incorporan detectores de paso contruidos a partir de fotodiodos y LEDs infrarrojos. Estos sensores de barrera fueron calibrados mediante pruebas de campo para determinar su alcance efectivo, el cual se estableció en un máximo de 20 cm antes de que la señal se dispersara y dejara de detectar el paso del vehículo. Este dato es relevante para futuras versiones del

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

sistema, ya que el reglamento sugiere una distancia superior que actualmente no se alcanza.

El sistema de pesaje fue desarrollado a partir de una galga extensiométrica conectada al módulo HX711, previamente verificada con una masa patrón certificada. Se realizaron pruebas de validación comparando las lecturas del sistema con una gramera verificada, logrando una precisión y exactitud adecuadas para el propósito de la competencia. Este sistema permite conocer el peso del robot antes de cada intento, conforme a lo establecido en el reglamento técnico.

La aplicación móvil, presentada en el Anexo 9.3, fue desarrollada en MIT App Inventor 2 y permite la interacción en tiempo real con el sistema físico. La interfaz incluye un cronómetro visible para el público, el registro de los tres intentos por participante, el cálculo automático del mejor tiempo y el almacenamiento de los datos del competidor y del vehículo en una hoja de cálculo de Google. Para esto, se integraron conocimientos de programación web utilizando HTML y Google Apps Script.

Si bien el sistema cumplió con los objetivos técnicos fundamentales, se identificaron oportunidades de mejora para futuras versiones. Entre ellas, la incorporación de una interfaz que muestre la tabla de posiciones en tiempo real, la implementación de un lector de direcciones MAC para supervisar el apagado de módulos Bluetooth por parte de los competidores, y la integración de un módulo de evaluación de faltas y sanciones durante la competencia.

Finalmente, como apoyo para la difusión académica y la estandarización del desarrollo, se construyó un borrador de artículo técnico en formato IEEE para su eventual presentación en eventos o publicaciones relacionadas con robótica educativa.

6. CONCLUSIONES

El desarrollo de la pista inteligente para competencias de robotracer permitió consolidar un sistema automatizado capaz de evaluar, de forma precisa y autónoma, el desempeño de los vehículos durante las pruebas preliminares. La integración de sensores de paso y módulos de pesaje, junto con un diseño modular, facilitó una arquitectura flexible que admite futuras ampliaciones tecnológicas. Esto habilita, a mediano plazo, la construcción de un sistema más autónomo y escalable, orientado a disminuir la intervención humana y los costos logísticos en eventos de robótica educativa.

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Durante la implementación se presentaron diversos desafíos técnicos. Inicialmente, se emplearon LEDs rojos como fuente de emisión en los sensores de paso, pero se identificaron problemas de interferencia con la luz ambiente y baja confiabilidad en la detección. Esto se resolvió mediante la sustitución por emisores y receptores infrarrojos, que ofrecieron una mayor estabilidad operativa. En el diseño físico de la pista surgieron inconvenientes con las dimensiones de la zona de salida y meta, debido a que los arcos que contenían los sensores generaban colisiones con los vehículos. Este problema se solucionó mediante la reubicación estratégica de los arcos, asegurando un recorrido fluido.

El diseño del trazado de la pista presentó limitaciones adicionales. Si bien se utilizó una librería de Python para generar el circuito, dicha herramienta no permitía modificar parámetros clave como el tamaño de las curvas ni añadir marcas de control laterales. Ante esta limitación, se recurrió a la edición del diseño preliminar en un software gráfico especializado, lo cual exigió un esfuerzo técnico adicional.

Finalmente, el desarrollo de la aplicación móvil representó un reto significativo, ya que implicó la combinación de múltiples lenguajes de programación. Mientras que la lógica de control del sistema se implementó en lenguaje C para la plataforma Arduino, la visualización de datos y su almacenamiento se integraron mediante HTML y Google Apps Script. Esta experiencia fortaleció las habilidades técnicas del equipo en áreas de programación embebida, desarrollo web y conectividad en tiempo real.

La experiencia obtenida confirma que es posible construir entornos inteligentes de competencia con recursos limitados, promoviendo no solo el desarrollo técnico, sino también habilidades interdisciplinarias esenciales para el fortalecimiento de la formación tecnológica en contextos educativos.

7. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos durante el desarrollo del sistema y los desafíos identificados durante las pruebas preliminares, se proponen las siguientes recomendaciones para futuras versiones del proyecto:

- **Mejoras en la aplicación móvil:** Se recomienda ampliar la funcionalidad de la app desarrollada en App Inventor, incorporando una tabla de posiciones en tiempo real, un sistema de alertas ante faltas o irregularidades, y una sección para registrar y aplicar sanciones conforme al reglamento. Adicionalmente, se sugiere rediseñar la interfaz gráfica para hacerla más intuitiva y visualmente atractiva para los usuarios.
- **Optimización del bastidor de la pista:** Es conveniente rediseñar la estructura física que soporta la lona del escenario, con el fin de facilitar su montaje, desmontaje y transporte. El nuevo bastidor debe permitir una sujeción uniforme de la lona, evitando pliegues o desplazamientos que puedan afectar el rendimiento de los robots, y asegurar su integridad durante múltiples usos.
- **Mejoramiento de los sensores de paso:** Se recomienda intervenir el sistema de detección de paso para alcanzar la distancia estipulada por el reglamento. Esto podría lograrse mediante el uso de lentes que enfoquen el haz de luz emitido por los LEDs infrarrojos, en lugar de incrementar su potencia, a fin de mantener una buena eficiencia energética y autonomía del sistema.
- **Desarrollo de herramientas de diseño de pistas:** La librería de Python utilizada actualmente para generar el trazado del escenario presenta limitaciones en cuanto a la edición de curvas y la incorporación de marcas laterales. Por ello, se sugiere trabajar en la ampliación de dicha herramienta, ya sea mediante la modificación directa del código fuente, o mediante el análisis y edición del documento base que emplea la librería. Esto permitiría generar diseños más personalizados sin depender de ajustes posteriores en software gráfico.

- **Automatización del control de especificaciones técnicas:** Se plantea la inclusión de sensores de distancia acoplados al sistema de pesaje para medir automáticamente las dimensiones del vehículo. Esto permitiría verificar simultáneamente el peso y las dimensiones del robot, optimizando el tiempo de preparación y mejorando el cumplimiento del reglamento técnico.
- **Implementación de un sistema de localización RFID:** Se recomienda continuar el desarrollo del sistema RFID para que, además de validar la posición del robot en la zona de meta, permita identificar su ubicación exacta a lo largo de la pista. Esto permitiría monitorear salidas de trayectoria y generar reportes más detallados del comportamiento del vehículo.
- **Supervisión automatizada del apagado de módulos Bluetooth:** Finalmente, se sugiere implementar un sistema de detección de direcciones MAC mediante un lector específico, que permita verificar si los módulos Bluetooth de los competidores han sido apagados antes de iniciar la competencia. Esta funcionalidad debería estar vinculada a la aplicación móvil, enviando alertas automáticas en caso de incumplimiento y facilitando el proceso de aplicar sanciones de forma inmediata.

Estas recomendaciones buscan orientar a futuros desarrolladores interesados en mejorar y escalar el sistema, así como aportar insumos relevantes para la organización de competencias de robótica más eficientes, justas y alineadas con estándares internacionales.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Villegas Heredia, J. R., & Tapia Calvopiña, V. V. (2024). *desarrollo de un sistema de rastreo y alerta para seguridad de niños en la guardería mileniums kids basado en rtls*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28175/1/TTS1874.pdf>
- ¿Qué es una competencia de robotracer? (9 de Agosto de 2017). Obtenido de lamborghini: <https://lamborghini.com/que-es-una-competencia-robotracer/>
- ¿Que es una competencia robotracer? (9 de Agosto de 2017). Obtenido de Lamborghini: <https://lamborghini.com/que-es-una-competencia-robotracer/>
- Acaya. (16 de Enero de 2019). *La importancia de la robótica en la educación*. Obtenido de Acaya Servicios Sociales, Educativos y Culturales: <https://acaya.es/robotica-educacion/>
- Acevedo Duran, V. J., Garcia Sandoval , A., & Sandino Ariza , J. S. (Noviembre de 2004). *sistema de registro y control de salida de elementos mediante dispositivos RFID*. Obtenido de <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/d42e0df7-7fd5-46d0-a06c-73ac6658bc32/content>
- Alianza Digital SYP. (7 de Mayo de 2024). *Banner Brillante y Mate AD - Alianza Digital SYP*. Obtenido de Alianza Digital SYP: <https://alianzadigitalsyp.com/producto/banner/>
- all japan robotrace contest*. (Noviembre de 2024). Obtenido de <https://www.ntf.or.jp/new/>
- Asociación Red Universitaria Bogotá - Robot. (2 de Marzo de 2025). *RUNIBOT*. Obtenido de RUNIBOT - Educación basada en Robótica de Competencia: <https://drive.google.com/file/d/1gt7dkqMPjDkpmZAIaQX9hxj3GwZL2-XH/view>
- Asociación Red Universitaria Bogotá - Robot. (s.f.). *RUNIBOT*. Obtenido de RUNIBOT - Educación basada en Robótica de Competencia: <https://www.runibot.com/#runibot2021>
- Avia Semiconductor Co., Ltd. (s.f.). *alldatasheet.com*. Obtenido de HX711 Datasheet(PDF) - Avia Semiconductor Co., Ltd.: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132222/AVIA/HX711.html>

Competiciones en el Fascinante Mundo de la Robótica. (s.f.). Obtenido de innovaciontech: https://innovaciontech.com/competiciones-en-el-fascinante-mundo-de-la-robotica/#Impacto_de_las_Competiciones_de_Rob%C3%B3tica_en_la_Sociedad

Corzo Ruiz, C. L., & Ramírez Prada, N. (2020). *Implementación de Lector RFID de 134.2kHz de alcance medio, para identificación de ganado bovino. (Trabajo Final de Grado)*. Bucaramanga, Colombia: Unidades Tecnológicas de Santander. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/3613>

Francisco J. Quiles-Latorre, C. D.-M.-G.-R.-L. (s.f.). *Diseño del interfaz de una balanza electrónica basada en una celda de carga*. Obtenido de researchgate: https://www.researchgate.net/publication/326508615_Disen%C3%B1o_del_interfaz_de_una_balanza_electr%C3%B3nica_basada_en_una_celda_de_carga

Galgas extensiométricas . (s.f.). Obtenido de omega : <https://es.omega.com/prodinfo/galgas-extensiometricas.html>

García , F., & Morales , H. (2015). *ARQUITECTURA DE SISTEMA PARA LA LOCALIZACIÓN FÍSICA DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO EN UNIDADES DE INFORMACIÓN*. Obtenido de <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/d07b1e09-4ae0-4ea1-90c9-76544db461aa/content>

Gutiérrez Fernández, M., Romero Cuadrado, M. S., & Solórzano García, M. (Enero de 2011). *El aprendizaje experiencial como metodología docente: aplicación del método Macbeth*. *Argos*, 28(54), 127-158. Obtenido de SciELO: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-16372011000100006&script=sci_arttext

ic components limited . (s.f.). Obtenido de Explorando el microcontrolador ATMEGA328P: características, aplicaciones y guía de uso: <https://www.ic-components.es/blog/exploring-the-atmega328p-microcontroller-features,applications,and-usage-guide.jsp#:~:text=El%20ATMEGA328P%20emerge%20como%20un%20microcontrolador%20de%208,mill%C3%B3n%20de%20instrucciones%20por%20segundo%20por%20megahert>

Márquez Sánchez, C., García Sánchez, J. R., Sandoval Gutiérrez, J., & Nicolás, M. F. (10 de Mayo de 2019). *ROBOTS SEGUIDORES DE LÍNEA: GENERALIDADES*. Obtenido de Boletín UPIITA Instituto Politécnico Nacional: <https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/813-cyt-numero-72/1677-robots-seguidores-de-linea-generalidades>

MDF o tablero DM: ventajas y desventajas - Majofesa Maderas. (27 de Enero de 2020). Obtenido de MAJOFESA: <https://www.majofesa.com/mdf-o-tablero-dm-ventajas-y-desventajas/>

Módulo HX711 Transmisor de celda de carga. (s.f.). Obtenido de Naylamp Mechatronics - Perú: <https://naylampmechatronics.com/fuerza-peso/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html>

Multilateration & ADS-B. (s.f.). Obtenido de <https://www.multilateration.info/>

Ocampo Casados, J. L., Maya Palacios, E. U., Rosette García, J., Martínez Gámez, J. C., & Barrios Aguilar, M. E. (5 de Julio de 2017). *Ocampo Casados*. Obtenido de Pistas Educativas: <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/747/731>

Prada, N. R. (2020). *Implementación de lector RFID de 134,2 KHz de alcance medio, para identificación de ganado bovino*. .

Quimicos del Eje. (s.f.). *Quimicos del Eje*. Obtenido de <https://quimicosdeleje.com/disenio-grafico/lona-banner-152-metro>

Recopilación de datos y medición de recursos. (2023). Obtenido de ieeexplore: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10790016>

Reglamento de la categoria robotracer. (s.f.). Obtenido de all chile robot contest: <https://www.robotcontest.cl/reglamento-de-la-categoria-robotracer/>

Robot Challenge. (s.f.). *Seguidor de linea*. Obtenido de Robot Challenge: <http://www.robotchallenge.org.cn/competition-LineFollower.html>

Sagarza. (s.f.). *Propiedades físicas del polietileno*. Obtenido de <https://sagarza.com/blog/propiedades-fisicas-polietileno/>

Shrouds of Time the history of RFID. (01 de Octubre de 2001). Obtenido de [https://web.archive.org/web/20090327005501/http://www.transcore.com/pdf/](https://web.archive.org/web/20090327005501/http://www.transcore.com/pdf/AIM%20shrouds_of_time.pdf)
[AIM%20shrouds_of_time.pdf](https://web.archive.org/web/20090327005501/http://www.transcore.com/pdf/AIM%20shrouds_of_time.pdf)

Tecnología RFID en aplicaciones robóticas. (31 de Octubre de 2022). Obtenido de Revista de robots: <https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/tecnologia-rfid-en-aplicaciones-roboticas/?cn-reloaded=1>

Téllez Garzón, J. L., Lisbeth Haydee, R. B., Pimiento Velasco, K. Y., & Serrano Gómez, C. C. (2021). *Sistema de monitoreo de localización de vehículo motorizado para acciones antirrobo de activación o desactivación remota mediante acceso inalámbrico móvil. (Trabajo Final de Grado).* Bucaramanga, Colombia: Unidades Tecnológicas de Santander. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/5879>

Unidades Tecnológicas de Santander. (16 de Octubre de 2019). *Portal Archivos.* Obtenido de UTS: <https://uts.edu.co/portal/files/?C=N;O=D>

Vega Malagón, G., Ávila Morales, J., Vega Malagón, A. J., Camacho Calderón, N., Becerril Santos, A., & Leo Amador, G. E. (Mayo de 2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15), 523-528. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/236413540.pdf>

9. ANEXOS

9.1. REGLAMENTO PARA COMPETENCIA DE ROBOTRACER

REGLAS PARA EL ROBOTRACER

- El Robotracer debe operar de forma completamente autónoma. Excepto en la zona de inicio, no se permite ningún tipo de control externo, ya sea por medios alámbricos o inalámbricos.
- Durante la competencia, no se permite añadir, remover, reemplazar o modificar hardware o software del Robotracer. Se permiten reparaciones menores, sujetas a la aprobación de los jueces.
- El Robotracer debe caber dentro de un cilindro de 20 cm de diámetro y no superar los 20 cm de altura, incluso si cambia de forma durante la carrera.
- No se permite aumentar excesivamente la fuerza de adherencia al suelo mediante sustancias o mecanismos adicionales.
- El participante debe proporcionar los datos del Robotracer, como nombre y dirección MAC. El robot será pesado y medido antes de iniciar el recorrido en el escenario.
- Se permite limpiar las ruedas del Robotracer con cinta adhesiva u otros métodos no químicos. Está prohibido el uso de solventes o sustancias que aumenten la fricción.

REGLAS PARA EL RECORRIDO ESTABLECIDO

El escenario está hecho de tela banner impreso con vinilo mate. No se aceptan reclamos sobre el agarre de la superficie.

- El fondo del escenario es de color blanco, con una línea negra de 1.8 cm de ancho que indica el recorrido. La longitud máxima del circuito es de 60 metros.

- El trazado incluye líneas rectas y curvas. Las líneas pueden cruzarse en ángulos de 90 ± 5 grados, con al menos 10 cm de línea recta antes y después de la intersección.
- El radio mínimo de las curvas es de 10 cm desde el centro de la línea. La distancia entre puntos de cambio de curvatura es superior a 5 cm.
- Las líneas de inicio y meta se colocan en secciones rectas, con la línea de meta situada 30 cm detrás de la línea de inicio. Ambas líneas están ubicadas en el lado derecho del sentido del recorrido.
- Se define un área de inicio/meta de 20 cm de ancho y 30 cm de alto, ubicada entre 10 cm a la derecha e izquierda desde la línea de inicio hasta la de meta.
- Debe haber un tramo recto de al menos 10 cm antes de la meta y después de la salida.
- En cada punto de cambio de curvatura, se coloca un marcador en el lado izquierdo en la dirección de la carrera. Estos marcadores no se superponen.
- La superficie de la pista es generalmente plana, horizontal, pero puede contener una pendiente parcial de hasta 5 grados en el área de salida/llegada.
- El borde exterior del recorrido está al menos a 20 cm del centro de la línea.
- Una vez presentado el escenario a los competidores, no podrán modificar la programación del Robotracer o cargar ningún tipo de información a este.
- La pista cuenta con una antena central que detecta señales Wi-Fi o Bluetooth. Si se detecta que el módulo de comunicaciones del vehículo está encendido durante el recorrido, el Robotracer será descalificado.

BASES DEL TORNEO

- Previo a la presentación del escenario, los competidores deberán apagar el módulo de comunicaciones de su Robotracer, en caso de disponer de uno.
- Cada participante dispone de un máximo de 3 intentos para completar el recorrido, dentro de un límite de tiempo 5 minutos.

ELABORADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

Docencia

Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

- En cada intento, el Robotracer debe comenzar desde la zona de inicio/meta en la dirección especificada.
- Después de completar el recorrido, el Robotracer debe detenerse automáticamente en la zona de inicio/meta durante al menos 2 segundos.
- El tiempo oficial se registra desde que el sensor de inicio detecta al Robotracer hasta que el sensor de meta lo detecta completamente dentro del área de meta. Si el Robotracer no se detiene adecuadamente, el tiempo no será registrado.
- Si el Robotracer se sale completamente de la línea del recorrido o se detiene por más de 2 segundos durante la carrera, se considera un intento fallido.
- El tiempo más rápido registrado en los intentos válidos se considera el tiempo oficial del participante.
- En caso de empate, se realizará un nuevo intento y se tomará el mejor tiempo como definitivo.
- Una vez que el recorrido se hace público, el operador no puede cargar ninguna información sobre este al Robotracer ni modificar parámetros utilizando interruptores u otros medios.
- El operador no puede tocar el Robotracer durante la carrera, a menos que reciba autorización de un juez o árbitro.
- La iluminación, temperatura y humedad del lugar de la competencia serán las del ambiente. No se aceptarán solicitudes para ajustar estas condiciones.
- El juez principal tiene permitido solicitar al competidor información adicional al operador sobre su Robotracer, a modo de esclarecer algún inconveniente, así como detener una vuelta, establecer sanciones, declarar descalificación o dar instrucciones según lo considere necesario.

9.2. ESCENARIO DE COMPETENCIA

El diseño preliminar del escenario se realiza utilizando Python, en su versión 3.12, la cual es compatible con la librería Line-Track-Designer. Para ello se instaló el compilador, que se encuentra en su página web de forma gratuita; luego se descargó la librería, utilizando la interfaz de líneas de comando (CLI) con los siguientes comandos: “pip3 install line-track-designer” y “pip install pillow==9.5.0”.

Una vez instalados los recursos necesarios, las pistas se generan de la siguiente manera:

Figura 23 Comandos diseño preliminar

```
C:\Users\roman>linetrack --help
Usage: linetrack [OPTIONS] COMMAND [ARGS]...

Generate line following tracks for robots.

Options:
  -v, --verbosity Set the verbosity
  --help          Show this message and exit.

Commands:
  addcol    Add a column to track FILENAME.
  addrow    Add a row to track FILENAME.
  create    Create empty track FILENAME.
  delcol    Delete column COL from track FILENAME.
  delrow    Delete row ROW from track FILENAME.
  doc       Open the documentation.
  edit      Edit track FILENAME.
  pdf       Open the PDF file containing the tiles.
  printing  Print track FILENAME.
  rotate    Rotate track FILENAME.
  savemd    Save track FILENAME as MD file.
  savepng   Save track FILENAME as PNG file.
  show      Show track FILENAME as PNG file.
  showtile  Show tile NUMBER.
  write     Write track FILENAME in the command prompt.

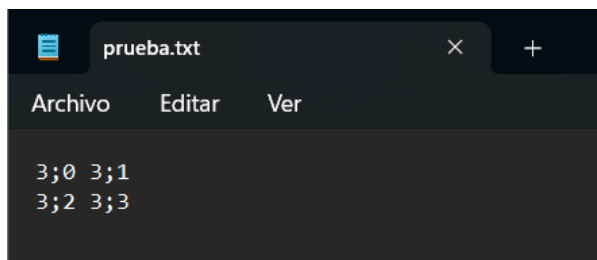
C:\Users\roman>linetrack create prueba.txt 2 2
```

Fuente: <https://github.com/Quentin18/Line-Track-Designer?tab=readme-ov-file>

Se genera un archivo de texto, en el que se establecen las dimensiones de la pista al plantear dos matrices en las que se especifica el tipo de

tramo que se quiere ubicar y su orientación. Usando el comando “linetrack pdf” se puede observar el documento con los segmentos disponibles en su orientación original.

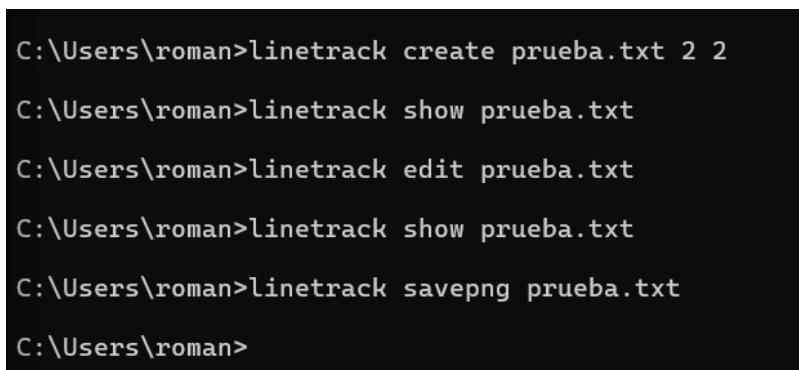
Figura 24 Matriz de prueba



Fuente: <https://github.com/Quentin18/Line-Track-Designer?tab=readme-ov-file>

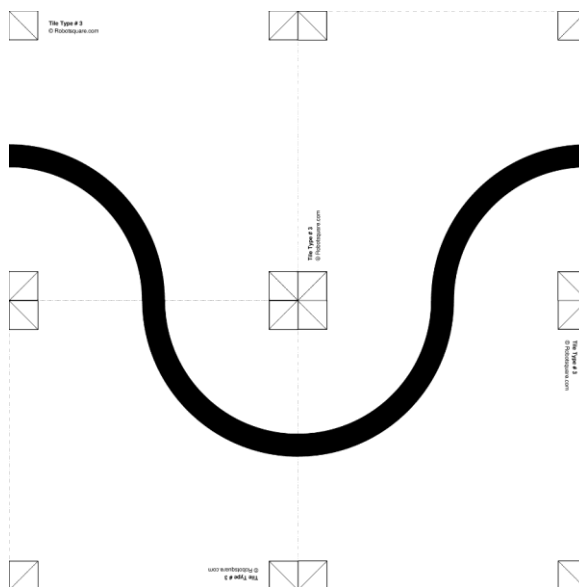
En el archivo de texto, el primer número indica el tipo de tramo a usar y el segundo la cantidad de veces que se gira 90° en sentido antihorario. Usando esta matriz de prueba, se obtiene la imagen de la pista de la siguiente manera:

Figura 25 Comandos diseño



Fuente: <https://github.com/Quentin18/Line-Track-Designer?tab=readme-ov-file>

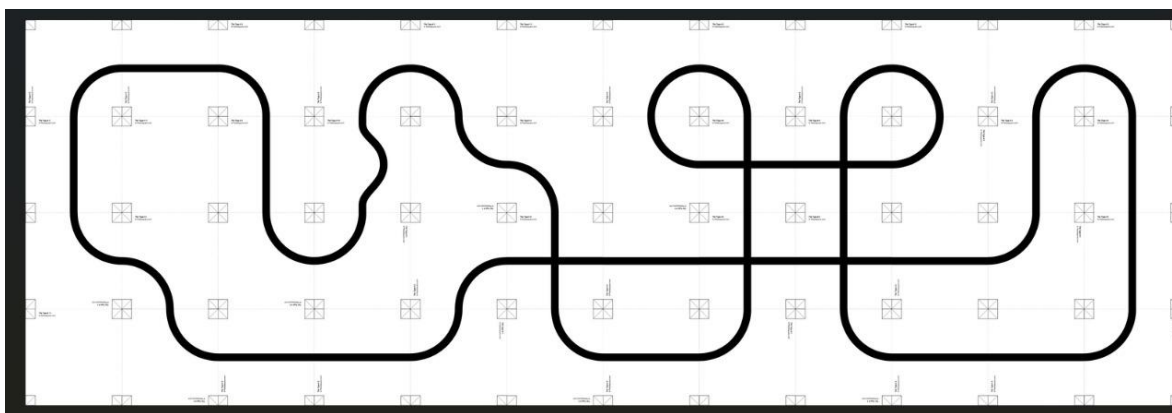
Figura 26 Grafica de comandos



Fuente: <https://github.com/Quentin18/Line-Track-Designer?tab=readme-ov-file>

Probado el funcionamiento de la librería, se procedió a generar el diseño preliminar del escenario, que se puede observar en la *Figura 27*

Figura 27. Escenario preliminar



Fuente: <https://github.com/Quentin18/Line-Track-Designer?tab=readme-ov-file>

Sin embargo, al revisar las medidas, se obtuvo que las curvas no cumplen con lo establecido en el reglamento de competencia y que carece de las marcas de hits. Dado lo anterior, se editó el diseño preliminar, con la ayuda de un software de

ELABORADO POR:

Docencia

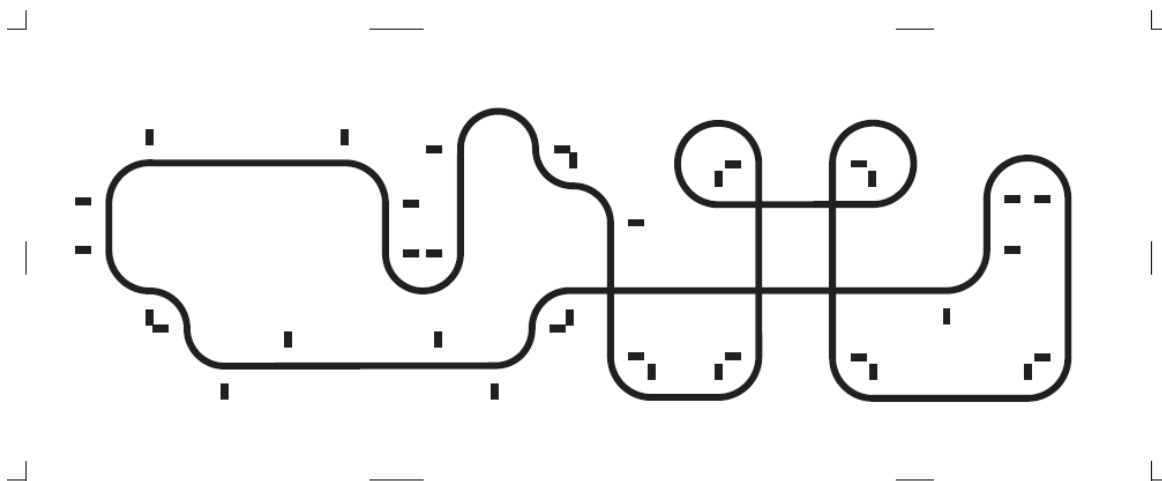
REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

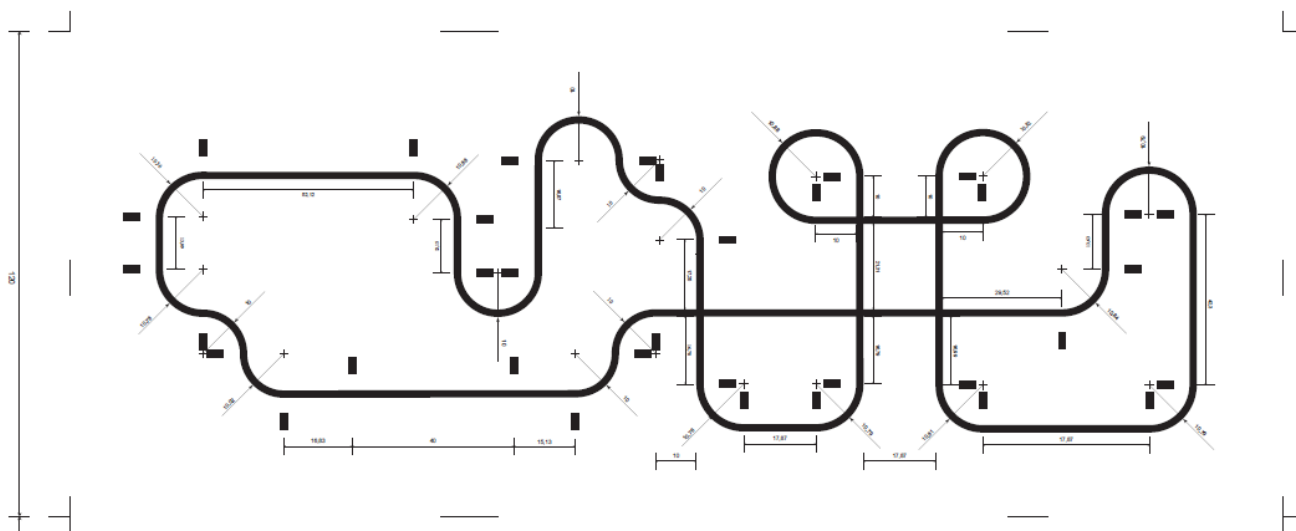
Figura 28 Diseño con hits



Fuente: Autor

Asimismo, se presenta en la Figura 29 las medidas de cada tramo del escenario, los radios de las curvas y la distancia entre los hits de salida y meta. Dando como resultado un escenario con una longitud total de 9,5m.

Figura 29 Diseño con medidas del escenario



Fuente: Autor

En la Figura 30 se observa el resultado físico del diseño e impresión previamente mencionados, junto a los módulos a implementar, como la balanza y los detectores de paso.

Figura 30 Escenario impreso

ELABORADO POR:

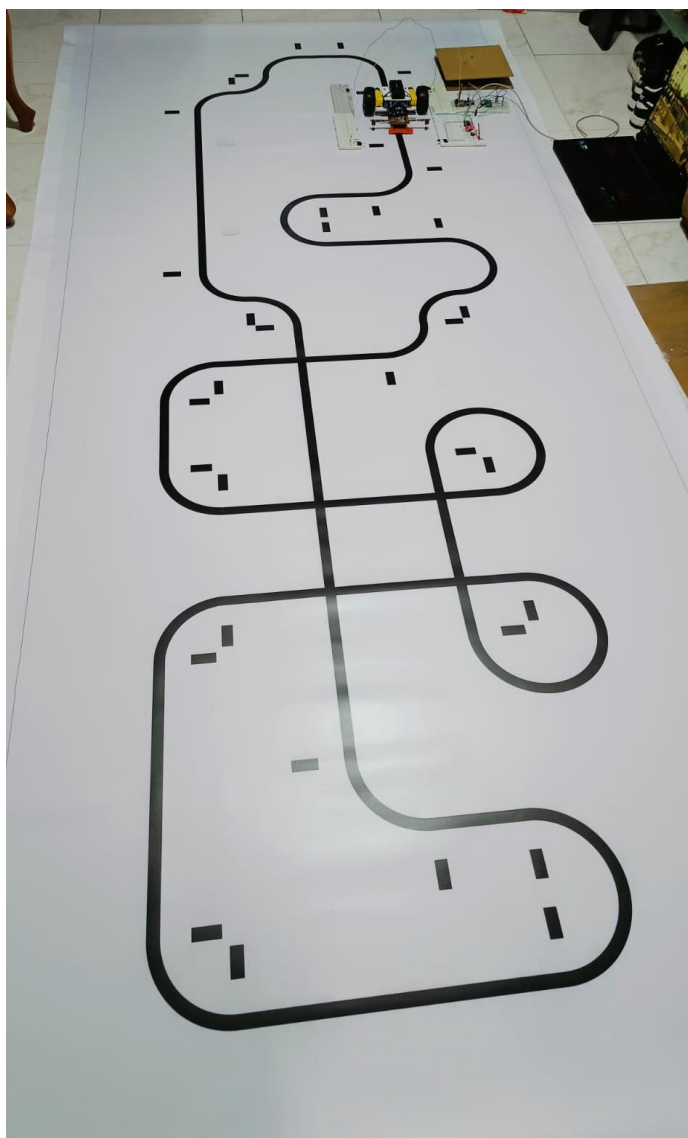
Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: Autor

9.3. APLICACIÓN MÓVIL

La aplicación móvil se diseñó en MIT App Inventor 2. Se utilizaron etiquetas, botones, casillas de texto, así como diversos componentes no visibles para el control del reloj interno del celular, su módulo bluetooth para la comunicación con

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

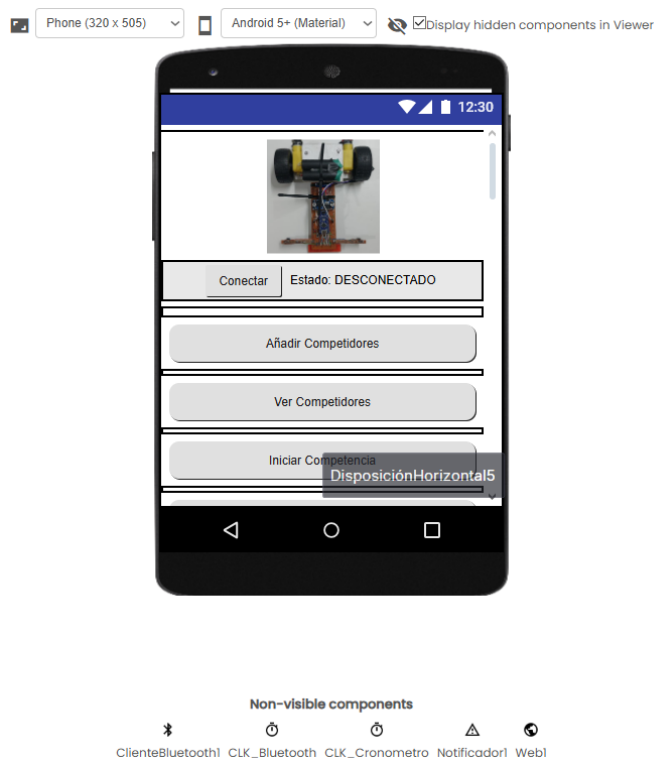
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

e microcontrolador y el acceso al navegador para el envío del formulario, dando como resultado las siguientes interfaces:

Figura 31 Interfaz principal



Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

Figura 32 Añadir competidores

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

Figura 33 Ver competidores

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

Figura 34 Historial

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

Figura 35 Competencia

ELABORADO POR:

Docencia

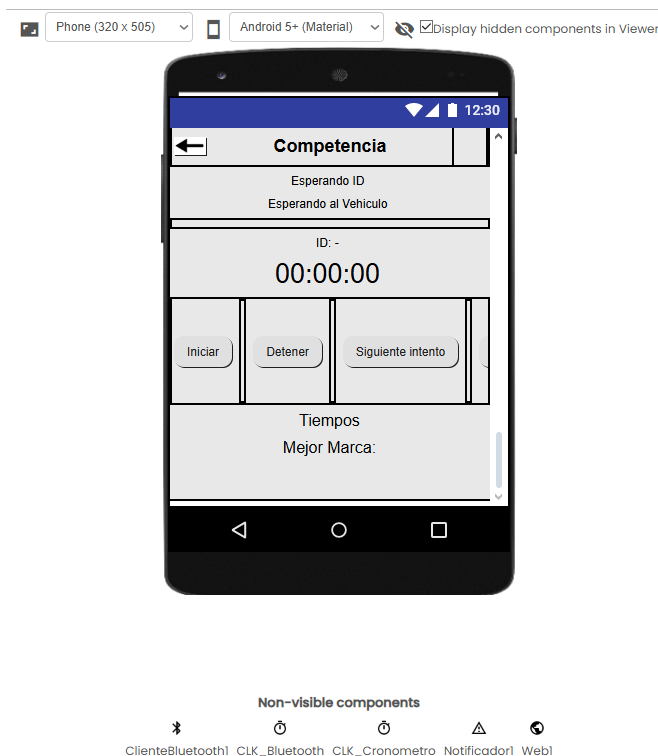
REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO



Fuente: https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4563044897193984

ELABORADO POR:

Docencia

REVISADO POR:

Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión

FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023