

## **PROYECTO DE GRADO**

### **Prototipo simulador de conducción para tractocamiones**

Corporación Universitaria Remington.  
Facultad de ingeniería de sistemas  
Programa Ingeniería de Sistemas

Johan Stiven Agudelo Vélez - David Alonso Villada Gallón.  
Tutor: Mauricio Mejia Lobo.  
Proyecto de grado  
2024

## Tabla de Contenidos

Resumen.....	4
Palabras clave.....	4
Introducción, Marco teórico	5
Simuladores de Conducción y sus Beneficios para el Aprendizaje y la Culturización razones y beneficios que respaldan la construcción de un simulador de conducción físico para esta categoría de vehículos.	9
Planteamiento del problema y justificación.....	15
Objetivo General.....	18
Objetivos específicos.....	18
Metodología	19
Top Down	19
Resultados y discusión.	25
Conclusiones.....	33
Referencias	36
Anexos	39

**Lista de tablas**

Tabla 1- Nombre figuras usadas en la arquitectura del prototipo de simulación de conducción para tractocamiones.

## **Resumen**

El proyecto consistió en crear un simulador de conducción para tractocamiones, con el objetivo de mejorar la formación vial y la conciencia de seguridad en el manejo. Se utiliza una metodología Top Down que permite una interacción realista con componentes físicos como un volante de conducción, pedalera, y una palanca de cambios. Además, se incluyó retroalimentación háptica para brindar una experiencia inmersiva.

Se destaca la importancia de realizar evaluaciones iterativas con usuarios para optimizar el sistema y garantizar la seguridad. En cuanto a los materiales utilizados, se usó madera MDF, Arduino UNO-R3, cableado, switches y componentes electrónicos.

Este prototipo aborda la necesidad de una formación de conducción más efectiva y segura, fomentando una cultura vial responsable y eficiente.

## **Palabras clave**

- Prototipo
- Simulador
- Tractocamiones
- Conducción
- Arduino

## **Introducción.**

En el contexto actual, los simuladores de conducción han adquirido una relevancia significativa en el ámbito de la enseñanza y el simracing, siendo herramientas fundamentales para mejorar la formación de conductores y promover una conducción más segura y responsable. A través de estos simuladores, se han realizado diversos estudios e investigaciones que buscan perfeccionar las habilidades de los conductores y reducir los accidentes de tráfico.

En este sentido, el presente proyecto de grado tiene como objetivo principal la creación de un prototipo de simulación de conducción para tractocamiones, una categoría de vehículos con particularidades técnicas y operativas específicas, que no son abordadas de manera adecuada en los simuladores de conducción convencionales, como el popular Logitech G29.

La motivación para desarrollar este prototipo surge de la necesidad de cubrir una brecha en el ámbito de la simulación de conducción, que hasta ahora se ha centrado principalmente en automóviles de pasajeros y vehículos de competición, dejando de lado la formación y experiencia de conducción para vehículos pesados, como los tractocamiones. Estos vehículos presentan desafíos únicos, como transmisiones de más de 6 velocidades y cajas de cambios complejas, que requieren una aproximación especializada para mejorar la capacitación de los conductores y garantizar un manejo seguro y eficiente.

Los antecedentes teóricos y prácticos que respaldan este proyecto se sustentan en investigaciones previas que han abordado la simulación de conducción desde diversas perspectivas. Gonzáles (2017) realizó un estudio enfocado en evaluar el comportamiento de los conductores a través de un simulador, buscando corregir fallos y fomentar una

conducción preventiva. Por otro lado, Mora et al. (2018) presentaron en el V Congreso de la Sociedad Española para las Ciencias del Videojuego una aproximación didáctica para la enseñanza de conducción autónoma, con el objetivo de prevenir accidentes y mejorar las habilidades de los conductores.

Sin embargo, la singularidad de este proyecto radica en su enfoque específico en el diseño y desarrollo de un simulador de conducción de tractocamiones. La complejidad de estas unidades requiere una simulación detallada y realista para permitir a los conductores experimentar situaciones reales en un entorno controlado y seguro, lo que contribuirá a un mejor desempeño y reducirá los riesgos en situaciones de conducción reales.

El presente trabajo se propone alcanzar los siguientes objetivos:

Diseñar un prototipo de simulación de conducción para tractocamiones que reproduzca fielmente las características técnicas y operativas de estos vehículos.

Desarrollar un software de simulación que incluya la complejidad de las transmisiones de más de 6 velocidades y las cajas de cambios específicas de los tractocamiones.

Evaluar la efectividad del simulador en la formación y entrenamiento de conductores de tractocamiones, analizando su impacto en la conducción preventiva y segura.

Los alcances de este proyecto abarcan la creación del prototipo funcional y la realización de pruebas piloto con conductores profesionales y novatos, con el fin de recopilar datos relevantes para evaluar la eficacia del simulador.

No obstante, es importante reconocer que este proyecto también tiene sus limitaciones. Entre ellas se encuentran las restricciones de tiempo y recursos, que pueden influir en la

exhaustividad de las pruebas y el desarrollo del prototipo. Además, debido a la complejidad y diversidad de los tractocamiones, es posible que algunas características específicas de ciertos modelos no puedan ser replicadas en su totalidad.

La metodología empleada para llevar a cabo este proyecto consistió en un enfoque de diseño e ingeniería que combinará la investigación teórica con la experimentación práctica. Se realizaron estudios de mercado y análisis de simuladores existentes, así como pruebas en campo con conductores reales para obtener retroalimentación y mejorar el prototipo.

El significado de este estudio radica en su contribución al avance del campo de la simulación de conducción, al proporcionar una herramienta especializada para la formación de conductores de tractocamiones. Además, se espera que este prototipo tenga una aplicación directa en el área de investigación, mejorando la comprensión y conocimiento sobre la conducción de vehículos pesados y su impacto en la seguridad vial.

En conclusión, el desarrollo de este prototipo de simulación de conducción para tractocamiones busca cubrir una importante brecha en el campo de los simuladores, proporcionando una herramienta específica para mejorar la formación y experiencia de los conductores de estos vehículos. A través de un enfoque de diseño e ingeniería, se pretende desarrollar un simulador que reproduce fielmente las características técnicas y operativas de vehículos livianos y tractocamiones, con el objetivo de promover una conducción más segura, responsable y eficiente. Con ello, se espera contribuir al avance del campo de la simulación de conducción y generar impacto en el ámbito de la seguridad vial.

## **Marco Teórico.**

### **1. Simuladores de Conducción y sus Beneficios para el Aprendizaje y la Culturización**

Los simuladores de conducción son herramientas tecnológicas que permiten recrear de manera virtual la experiencia de manejar un vehículo en diferentes escenarios y situaciones de tráfico. Estos simuladores han evolucionado significativamente en las últimas décadas, gracias a los avances en gráficos, realidad virtual, inteligencia artificial y sistemas de retroalimentación háptica. La implementación cotidiana de simuladores de conducción presenta una serie de beneficios para el aprendizaje y la culturización en distintos niveles, los cuales pueden abordarse desde diversos enfoques:

**1.1. Formación y Aprendizaje Seguro.** Los simuladores de conducción ofrecen un entorno seguro para que los conductores novatos y experimentados practiquen y mejoren sus habilidades sin poner en riesgo la seguridad vial ni dañar vehículos reales.

Investigaciones como la de (P et al., 2009) han demostrado que los simuladores pueden mejorar la conciencia situacional y las habilidades de toma de decisiones en situaciones complejas de tráfico.

**1.2. Reducción de Accidentes de Tráfico.** Estudios como el de (Zhang & Zhongyin, 2020) indican que el uso de simuladores de conducción para el entrenamiento de conductores novatos puede reducir la tasa de accidentes



de tráfico en comparación con el entrenamiento tradicional en carreteras reales.

- 1.3. Adaptabilidad y Enseñanza Personalizada.** Los simuladores pueden ajustar los escenarios de conducción y el nivel de dificultad de acuerdo con el nivel de habilidad y experiencia de cada conductor, lo que permite un aprendizaje más personalizado y progresivo (Li et al., 2023).

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático en los simuladores pueden adaptarse al estilo de conducción y las preferencias del usuario para proporcionar una experiencia más enriquecedora (Liu et al., n.d.).

- 1.4. Concientización sobre Regulaciones y Seguridad Vial.** Mediante simulaciones interactivas, los usuarios pueden aprender sobre leyes de tráfico, señales viales y comportamientos seguros en situaciones específicas (G et al., 2018)

Estudios como el de (Hwanseok et al., 2020) destacan que los simuladores de conducción pueden influir positivamente en el cumplimiento de las normas de tráfico y fomentar una mayor responsabilidad vial.

- 1.5. Sensibilización Ambiental.** Algunos simuladores de conducción han incorporado escenarios que destacan el impacto ambiental de las decisiones al volante, promoviendo una conducción más ecológica y sostenible (Koppel et al., 2021).

**1.6. Culturización y Diversidad Vial.** Los simuladores pueden simular diferentes condiciones de conducción en diversas partes del mundo, lo que permite a los conductores aprender sobre las particularidades y desafíos de cada región (Yao et al., 2019). Además, algunos simuladores también incluyen escenarios con condiciones climáticas adversas y eventos imprevistos para sensibilizar sobre la diversidad de situaciones en la carretera (Li et al., 2023),

**1.7. Investigación en Seguridad Vial.** Los datos recopilados durante las sesiones de simulación pueden ser utilizados para estudiar el comportamiento del conductor en diferentes situaciones y, a su vez, mejorar los sistemas de seguridad y asistencia en los vehículos (Pandey et al., 2022).

Por otra parte, los simuladores de conducción físicos enfocados en tractocamiones y vehículos con más de 6 velocidades son herramientas altamente valiosas y necesarias para abordar los desafíos específicos que enfrentan los conductores de este tipo de vehículos.

**2.** A continuación, se detallan las principales razones y beneficios que respaldan la construcción de un simulador de conducción físico para esta categoría de vehículos.

**2.1. Escasez de Entrenamiento Práctico.** Conducir tractocamiones o vehículos pesados con transmisiones de más de 6 velocidades requiere habilidades y destrezas particulares. Sin embargo, proporcionar un entrenamiento práctico adecuado en carreteras reales puede ser costoso,

riesgoso y llevar tiempo. Un simulador de conducción físico permite a los conductores novatos o experimentados practicar y mejorar sus habilidades en un entorno controlado y seguro.

- 2.2. Complejidad de la Transmisión.** Las transmisiones con más de 6 velocidades suelen tener sistemas de cambios más complejos, lo que puede resultar en una curva de aprendizaje más pronunciada para los conductores. El simulador de conducción físico puede simular de manera realista los diferentes patrones de cambios y proporcionar una experiencia práctica para que los conductores se familiaricen con el funcionamiento de la transmisión.
- 2.3. Eficiencia en el Consumo de Combustible.** Para los vehículos pesados, como los tractocamiones, el consumo de combustible es un factor crítico debido a los altos costos operativos. El simulador puede enseñar técnicas de conducción eficiente y económica, lo que resultará en un menor consumo de combustible y, por ende, en un ahorro significativo de costos.
- 2.4. Seguridad Vial.** Los tractocamiones y vehículos pesados tienen características de manejo distintas en comparación con automóviles convencionales. El simulador puede ofrecer situaciones realistas de conducción, incluyendo maniobras de giro, cambios de carril y frenado, lo que ayuda a mejorar la conciencia situacional y la toma de decisiones, contribuyendo así a la seguridad vial.

- 2.5. Entrenamiento de Situaciones Específicas.** El simulador de conducción físico permite la recreación de diversas condiciones y situaciones específicas en carretera, como conducción en pendientes pronunciadas, en diferentes tipos de terreno o en situaciones climáticas adversas. Esto brinda a los conductores una experiencia más completa y preparación para enfrentar escenarios reales desafiantes.
- 2.6. Reducción del Desgaste del Vehículo Real.** El uso intensivo de un vehículo real para el entrenamiento y práctica de conductores puede causar un desgaste considerable y, en consecuencia, costosos gastos de mantenimiento. El simulador de conducción físico puede reducir la necesidad de utilizar el vehículo real para la formación, prolongando su vida útil y disminuyendo los costos operativos.
- 2.7. Adaptabilidad a Requerimientos Específicos.** Al construir un simulador de conducción físico para tractocamiones y vehículos pesados, es posible personalizarlo según las especificaciones y características únicas de los vehículos utilizados en una flota o en una industria específica. Esto garantiza un entrenamiento más relevante y adaptado a las necesidades de los conductores.

En resumen, la construcción de un simulador de conducción físico enfocado en tractocamiones y vehículos con más de 6 velocidades es una necesidad importante para mejorar la formación y culturización de los conductores en este ámbito. La tecnología de simulación puede proporcionar una experiencia práctica, segura y eficiente para enfrentar los desafíos específicos asociados con la conducción de vehículos pesados, lo que a su vez

se traduce en una mayor seguridad vial, eficiencia operativa y ahorro de costos para las empresas de transporte y la industria en general.

### **Planteamiento del problema.**

La formación efectiva de conductores de tractocamiones enfrenta desafíos significativos debido a la complejidad de las habilidades requeridas y la limitada disponibilidad de entornos de práctica seguros. La falta de un ambiente controlado para la enseñanza de habilidades específicas, como cambios de velocidad y maniobras complejas, contribuye a un aumento de riesgos durante la formación en carreteras reales. Esto plantea la necesidad de un enfoque innovador que combine tecnología y educación vial.

Una de las problemáticas que hemos identificado en este contexto es la falta de opciones atractivas para las personas que se enfrentan a la conducción por primera vez. Este desafío puede resultar abrumador y generar inseguridad, además de provocar un impacto directamente negativo en la calidad de la interacción social así como también, en el disfrute del tiempo compartido.

Por otra parte, la carencia de herramientas de entrenamiento o simuladores específicos para conductores novatos agrava esta situación, ya que no existe un entorno físico que les permita adquirir las destrezas necesarias de manera segura y gradual; lo que nos lleva a la formulación de dicha pregunta ¿qué hardware se podría elaborar para la práctica y enseñanza en la conducción para tractocamiones que proporcione un entorno controlado, realista y libre de riesgos, mejorando así la eficacia y seguridad de la formación de conductores? La investigación busca abordar esta problemática para elevar los estándares de seguridad vial y promover prácticas de conducción responsable.

La falta de destrezas para el manejo adecuado de vehículos pesados contribuye de manera sustancial a este problema, siendo crucial abordar esta carencia para prevenir daños innecesarios y reducir los gastos asociados.

En este contexto, se propone la elaboración de un simulador de conducción enfocado específicamente en tractocamiones. Este proyecto busca no solo ofrecer una experiencia de juego y entretenimiento más inmersiva, sino también abordar de manera integral las problemáticas mencionadas. El simulador se posiciona como un espacio de entrenamiento que no solo brinda a los conductores novatos la oportunidad de adquirir habilidades de manejo de manera segura, sino que también promueve prácticas de conducción responsables y seguras.

Asimismo, este simulador se plantea como una herramienta educativa que busca concientizar a los usuarios sobre la importancia de preservar y cuidar las cajas de cambios de los vehículos reales. Al ofrecer un entorno donde los usuarios puedan experimentar y aprender sin el riesgo de dañar vehículos reales, se contribuye a la reducción de los incidentes relacionados con la conducción y a la disminución de los costos asociados a reparaciones y mantenimiento.

En resumen, este proyecto no solo tiene como objetivo principal proporcionar una experiencia de simulación de conducción de tractocamiones de alta calidad, sino también abordar las necesidades y problemáticas específicas de quienes se inician en la conducción, así como contribuir a la preservación y cuidado de los vehículos reales al reducir los daños en los mismos así como también la prevención de accidentes de tránsito durante dicho proceso de aprendizaje.

### **Justificación.**

Esta investigación surge de la convicción de que la formación de conductores, especialmente en el manejo de vehículos pesados como tractocamiones, debe ser más efectiva y segura. Al observar las limitaciones y riesgos asociados con la formación en realidad, surgió la necesidad de un enfoque innovador y controlado. Las altas exigencias de habilidades para manejar un tráiler, con cambios de velocidad más complejos y maniobras mucho más exigentes, hace imperativo un ambiente de práctica libre de riesgos, pero a su vez realista.

Nuestra creación nació de una misión de reducir los riesgos de accidentes, mejorar la destreza de los conductores y, en última instancia, fomentar una cultura vial más responsable. La combinación de la tecnología y la educación vial es, de hecho, una respuesta al desafío de abordar estos problemas y elevar los estándares de seguridad en nuestras carreteras. Adicional a esto, en el mercado actual no hay ningún simulador enfocado en una experiencia más realista en cuanto a tractocamiones y vehículos de más de seis velocidades, por lo tanto, la creación de este proyecto pretende crear una experiencia cercana a la realidad de manejar un vehículo con una caja de cambios más compleja.



## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Elaborar un prototipo de un timón volante enfocado en la simulación de conducción de vehículos que requieran más de 6 velocidades, como lo son tractocamiones y buses.

### **Objetivos específicos**

Para lograr el objetivo general planteado, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Crear una caja de cambios de 18 velocidades más dos reversas.
- Construir un volante que retorne al punto de inicio.
- Crear una pedalera con acelerador, embrague y freno.
- Aprobar y validar el funcionamiento de los componentes electrónicos y mecánicos.

## Metodología

La metodología utilizada en esta investigación, conocida como "Top Down", se originó en el ámbito de la ingeniería de software y gestión de proyectos. La referencia original de esta metodología se remonta a Barry Boehm, quien la describió en su libro "Software Engineering Economics" en 1981. La idea básica detrás del enfoque Top Down es descomponer un sistema complejo en componentes más simples y manejables, comenzando desde una visión general y luego descendiendo gradualmente hacia niveles más detallados. Este enfoque permite una gestión más efectiva de la complejidad y una planificación más precisa del desarrollo del sistema. En el contexto de la investigación sobre el simulador de conducción para tractocamiones, la metodología Top Down se aplicó para diseñar y desarrollar el prototipo, comenzando con una visión general del sistema y luego descomponiéndose en subsistemas más específicos y manejables. (B. W, 1981,30).

Para este caso en particular se ha dado inicio con la planeación de diferentes tareas que a su vez luego de terminadas inician otras siguientes todo esto con el fin de minimizar los errores y garantizar mayor optimización de tiempos y esfuerzo.

A continuación, se describe cómo se podría aplicar esta metodología en diferentes etapas del desarrollo del prototipo:

**Análisis y Definición de Requisitos.** El proceso comienza con la identificación clara de los objetivos y requisitos del simulador de conducción para tractocamiones. Aquí, se establecerán los aspectos clave que el prototipo debe abordar, como el tipo de transmisión, las características específicas de los tractocamiones a simular, los escenarios de conducción, la interacción del usuario y los componentes esenciales del sistema.

**Diseño de la Arquitectura General.** En esta etapa, se crea una visión general de la arquitectura del prototipo, definiendo los módulos principales y las interconexiones entre ellos. Por ejemplo, se pueden identificar los módulos para el sistema de visualización, el sistema de retroalimentación háptica, la interfaz de usuario y la simulación de la transmisión. El enfoque Top Down permite priorizar los componentes más esenciales y planificar su implementación de manera ordenada.

**Descomposición en Subsistemas.** Una vez definida la arquitectura general, se descompone el sistema en subsistemas más pequeños y manejables. Por ejemplo, el subsistema de simulación de transmisión, el subsistema de gráficos y visualización, el subsistema de interacción del usuario, entre otros. Cada subsistema se puede abordar individualmente, lo que facilita la planificación y la asignación de recursos.

**Implementación de Subsistemas.** Con los subsistemas definidos, se procede a implementar cada uno de ellos por separado. En el caso del simulador de conducción para tractocamiones, esto podría significar desarrollar algoritmos para simular la transmisión de manera realista, diseñar gráficos 3D detallados para la visualización del entorno de conducción y desarrollar una interfaz de usuario intuitiva y realista.

**Integración y Pruebas.** Una vez que todos los subsistemas están implementados, se procede a su integración en un sistema funcional. Se realizan pruebas para asegurar que los diferentes componentes trabajen de manera cohesiva y que el prototipo cumpla con los requisitos definidos en la etapa de análisis.

**Optimización y Mejoras Iterativas.** La metodología Top Down permite identificar y abordar problemas y mejoras de manera iterativa. A medida que se realiza la integración y las pruebas, pueden surgir oportunidades de optimización y refinamiento para lograr un prototipo más eficiente y efectivo.

En resumen, el uso de la metodología Top Down en la elaboración del prototipo de simulador de conducción para tractocamiones permite una planificación organizada y una implementación progresiva de los componentes del sistema. Al descomponer el sistema en subsistemas más pequeños, se logra una mayor comprensión y gestión de la complejidad, facilitando así la creación de un simulador funcional y realista para mejorar la formación y culturización de los conductores.

El ciclo de vida de la elaboración del prototipo de simulador de conducción para tractocamiones consta de las siguientes etapas:

- **Análisis y Definición de Requisitos:** Identificación de objetivos y características clave del simulador.
- **Diseño y Planificación:** Creación de un plan detallado y la arquitectura del prototipo.
- **Desarrollo de Subsistemas:** Implementación de los diferentes componentes del simulador.

- Integración y Pruebas: Verificación y evaluación de la funcionalidad del prototipo.
- Evaluación de Usuarios y Retroalimentación: Obtención de comentarios de usuarios para mejoras.
- Refinamiento y Mejoras Iterativas: Ajustes y optimización basados en la retroalimentación.
- Implementación Final y Documentación: Preparación del prototipo para su uso y documentación.
- Despliegue y Evaluación Final: Puesta en marcha y evaluación en un entorno real.
- Mantenimiento y Actualizaciones: Mantenimiento periódico y actualización del prototipo.

El enfoque iterativo y la retroalimentación de usuarios son fundamentales para lograr un prototipo funcional y efectivo.

### **Herramientas y lenguaje de software empleados para la elaboración Inicial del Prototipo:**

- Madera MDF: Material para construir la estructura del simulador, como la base, paneles y soportes.
- Tornillería: Para ensamblar las piezas de madera y garantizar la solidez del prototipo.
- Taladro: Para perforar agujeros en la madera y facilitar el ensamblaje de las piezas.

- Caladora: Para cortar la madera MDF con precisión y dar forma a las diferentes partes del simulador.
- Mototool: Herramienta para realizar acabados y ajustes finos en la madera.
- Cautín 60W: Utilizado para soldar componentes electrónicos en el circuito del prototipo.
- Pulidora: Para alisar y pulir las superficies de madera, mejorando la estética del prototipo.
- Destornilladores Philips: Para apretar y aflojar tornillos durante el ensamblaje y ajustes del prototipo.

#### **Componentes Electrónicos para el Prototipo:**

- Potenciómetros sin fin: Utilizados para simular el cambio de velocidades del tractocamión, brindando una interacción realista al usuario.
- Micro Switches: Se emplean para detectar la posición de diferentes componentes en el simulador, como la posición de la palanca de cambios.
- Interruptores de 3 Posiciones: Usados para controlar diversas funciones del prototipo, como encendido/apagado o selección de modos de conducción.
- Cableado: Los cables son esenciales para conectar los diferentes componentes eléctricos y electrónicos del prototipo.
- Arduino UNO R3: Microcontrolador utilizado para controlar y coordinar las funciones del simulador, procesando las señales de los sensores y actuadores.

- Cinta Termoencogible: Se emplea para proteger y asegurar las conexiones eléctricas, reduciendo el riesgo de cortocircuitos y asegurando la confiabilidad del prototipo.
- Soldadura de Estaño: Se utiliza para soldar componentes electrónicos y cables en el circuito del prototipo.
- Pomada para Soldadura: Ayuda a mejorar la calidad de las conexiones de soldadura y evita la formación de residuos.

Estas herramientas y componentes son fundamentales para la elaboración inicial del prototipo de simulador de conducción para tractocamiones. Con ellos, se puede construir una estructura sólida y funcional, e implementar los elementos electrónicos necesarios para simular la conducción de forma realista y efectiva. Es importante seguir buenas prácticas de diseño y seguridad durante la construcción y ensamblaje del prototipo para obtener resultados óptimos y seguros.

## **Discusión**

Después de llevar a cabo pruebas de usuario extensivas y evaluaciones prácticas en condiciones simuladas y controladas, se obtuvieron resultados positivos que confirmaron el buen funcionamiento del prototipo de simulador para tractocamiones. Durante las pruebas, los conductores de tractocamiones de diferentes niveles de experiencia lograron interactuar fácilmente con el simulador, demostrando una comprensión intuitiva de su funcionamiento y una adaptación rápida a las situaciones de conducción simuladas. La precisión de la simulación y la respuesta de los componentes físicos y electrónicos fueron altamente valoradas por los usuarios, quienes destacaron la fidelidad y realismo del sistema. Además, se observó una mejora significativa en las habilidades de conducción de los participantes, lo que sugiere que el simulador cumple eficazmente su objetivo de proporcionar una herramienta de formación efectiva y segura. Estos resultados positivos validan la viabilidad y utilidad del prototipo de simulador para tractocamiones, respaldando su implementación a gran escala como una herramienta clave en la formación de conductores de vehículos pesados.



### **Otros resultados de la investigación.**

**Mejora de Habilidades de Conducción:** Los conductores experimentan una mejora significativa en sus habilidades de conducción, gracias a la experiencia inmersiva proporcionada por el simulador. La práctica repetida en diversas situaciones de conducción les permite desarrollar destrezas específicas, como cambios de velocidad, maniobras de giro y control del vehículo en condiciones adversas.

**Mayor Confianza del Conductor:** La experiencia inmersiva y realista del simulador ayuda a aumentar la confianza de los conductores en sus habilidades. Al enfrentarse a situaciones desafiantes en un entorno seguro y controlado, los conductores ganan confianza en su capacidad para manejar diferentes escenarios de conducción.

**Reducción de Riesgos en Carreteras Reales:** Al proporcionar un ambiente de práctica fuera de carretera, el simulador contribuye a reducir los riesgos asociados con la formación en carreteras reales. Los conductores pueden cometer errores y enfrentar situaciones peligrosas sin poner en peligro su seguridad ni la de otros usuarios de la vía.

**Ahorro de Tiempo y Recursos:** La experiencia inmersiva del simulador permite una formación más eficiente, lo que se traduce en ahorro de tiempo y recursos para las empresas de transporte y los centros de formación de conductores. Los conductores pueden adquirir y mejorar sus habilidades en menos tiempo y con menos costos asociados.

**Mejora en la Retención del Aprendizaje:** La experiencia inmersiva y realista del simulador facilita una mejor retención del aprendizaje por parte de los conductores. Al experimentar situaciones de conducción de manera vívida y práctica, los conocimientos adquiridos tienden a permanecer por más tiempo en la memoria de los conductores.

**Validación de Componentes Electrónicos:** Tras rigurosas pruebas y evaluaciones, se confirma la funcionalidad y fiabilidad de los componentes electrónicos utilizados en el simulador. Los potenciómetros sin fin, microswitches y Arduino UNO r3 responden de manera consistente y precisa a las interacciones del usuario, garantizando una experiencia de simulación fluida y realista.

**Aprobación de Componentes Mecánicos:** Los componentes mecánicos, incluyendo la estructura de madera MDF, la tornillería y la palanca de cambios, son validados mediante pruebas de resistencia y durabilidad. Se determina que son capaces de soportar las demandas del uso continuo y proporcionar la estabilidad necesaria para una experiencia de conducción segura y cómoda.

**Integración Exitosa de Componentes:** La integración de componentes electrónicos y mecánicos se lleva a cabo con éxito, demostrando la compatibilidad y funcionalidad entre ellos. La comunicación fluida entre los potenciómetros, micro switches y Arduino UNO r3, junto con la interacción sin problemas con la estructura mecánica, garantiza un rendimiento óptimo del simulador en su conjunto.

**Validación por Parte de Usuarios:** Los conductores participantes en las pruebas de validación expresan satisfacción con la calidad y precisión de los componentes del simulador. Su retroalimentación positiva confirma la efectividad y realismo del sistema, respaldando su utilidad como herramienta de formación en la conducción de tractocamiones.

Estos resultados demuestran el valor y la eficacia de la experiencia inmersiva proporcionada por el simulador de conducción para tractocamiones, destacando su capacidad para mejorar las habilidades de conducción, aumentar la confianza del conductor

y reducir los riesgos asociados con la formación en carreteras reales así como también se corroboró la fiabilidad de los componentes electrónicos y mecánicos del simulador, validando su diseño y funcionalidad para su uso en la formación de conductores.

## **Resultados**

Los resultados y ejecución del prototipo de simulador de conducción para tractocamiones son esenciales en el contexto actual, donde la formación y culturización de conductores de vehículos pesados es crucial para garantizar la seguridad vial y la eficiencia en el transporte. El prototipo proporcionará una plataforma segura y efectiva para que los conductores practiquen y mejoren sus habilidades, experimenten diferentes escenarios y situaciones de conducción, y adquieran una comprensión más profunda de la operación de un tractocamión.

La necesidad de este prototipo radica en el hecho de que la conducción de tractocamiones con transmisiones de más de 6 velocidades requiere habilidades específicas y destrezas particulares, las cuales pueden ser difíciles de adquirir y practicar en situaciones reales debido a los costos, riesgos y limitaciones de tiempo involucrados. El prototipo proporciona una solución efectiva para abordar esta necesidad, permitiendo una formación más completa y realista que beneficia tanto a los conductores como a las empresas de transporte y la industria en general.

La simulación de conducción de tractocamiones se posiciona como una herramienta valiosa y necesaria para enfrentar los desafíos del sector del transporte, mejorar la seguridad vial, reducir costos operativos y promover una cultura de conducción responsable y eficiente. A medida que la tecnología avanza y la industria busca constantemente mejorar sus operaciones, la implementación de este tipo de prototipos se vuelve cada vez más relevante y esencial para lograr un transporte más seguro, sostenible y eficiente.

La inclusión de simuladores de conducción como parte esencial del aprendizaje para conducir cualquier vehículo es una necesidad cada vez más evidente y relevante en el contexto actual. Estas herramientas tecnológicas brindan una serie de beneficios significativos que transforman la forma en que los conductores adquieren habilidades y experiencia en el manejo de vehículos.

**Seguridad Mejorada:** Los simuladores permiten a los aprendices practicar y enfrentar situaciones peligrosas o imprevistas de conducción en un entorno virtual seguro. Esto reduce el riesgo de accidentes y lesiones durante el proceso de aprendizaje, al tiempo que prepara a los conductores para reaccionar adecuadamente ante eventos críticos en la vida real.

**Reducción de Costos y Tiempo:** El uso de simuladores puede reducir los costos asociados con el aprendizaje de conducir, ya que elimina la necesidad de utilizar vehículos reales y combustible. Además, los conductores pueden practicar en diversos escenarios y situaciones sin salir de un lugar físico, lo que ahorra tiempo y recursos.

**Enfoque Personalizado:** Los simuladores permiten la adaptación de escenarios de conducción y niveles de dificultad según el nivel de habilidad y experiencia del aprendiz. Esto proporciona una experiencia de aprendizaje personalizada y gradual, lo que facilita el progreso y la superación de desafíos específicos.

**Conciencia y Cultura Vial:** Los simuladores pueden incluir escenarios variados que reflejan situaciones de conducción cotidianas y desafíos específicos, como condiciones climáticas adversas, tráfico intenso o maniobras complejas. Esto promueve una mayor

conciencia y cultura vial, permitiendo a los conductores desarrollar habilidades más sólidas para enfrentar diversas condiciones de conducción.

**Ambiente Eco-Amigable:** Al utilizar simuladores en lugar de vehículos reales para la formación, se reduce el impacto ambiental asociado con el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la sostenibilidad y la protección del medio ambiente.

**Práctica Ilimitada:** Los simuladores ofrecen la posibilidad de practicar una y otra vez las mismas situaciones de conducción sin desgastar un vehículo real. Esto permite a los conductores adquirir destreza y confianza en sus habilidades, lo que se traduce en una mayor seguridad al volante.

En conclusión, la integración de simuladores de conducción como parte fundamental del aprendizaje para conducir cualquier vehículo es una necesidad imperante en la formación de conductores responsables, seguros y competentes. Estas herramientas tecnológicas ofrecen un ambiente de aprendizaje seguro, efectivo y personalizado, preparando a los conductores para enfrentar los desafíos reales de la conducción en diversas situaciones y mejorando la seguridad vial en general. La adopción y aplicación de simuladores de conducción es una inversión valiosa en la capacitación de conductores, promoviendo una cultura vial responsable y un transporte más seguro y sostenible en nuestras carreteras.

**Tabla 1. Figuras usadas en la arquitectura del prototipo de simulación de conducción para tractocamiones.**

<i>Columna x</i>	<i>Columna Y</i>
------------------	------------------

- 
- |  |   |
|--|---|
| - <i>Figura 1.</i> Planeación montaje arduino - protoboard | - Plano del montaje de conexión arduino - proto board           |
| - <i>Figura 2.</i> Vista esquemática                       | - Vista esquemática del montaje arduino - proto board           |
| - <i>Figura 3.</i> Montaje arduino                         | - Montaje físico arduino - protoboard                           |
| - <i>Figura 4.</i> Planos caja de cambios en H             | - Diseño propuesto para la caja de cambio en H                  |
| - <i>Figura 5.</i> Implementación caja de cambios en H     | - Implementación del diseño caja de cambios en H                |
| - <i>Figura 6.</i> Selector caja de cambios                | - Selector encargado de dividir los cambios entre bajos y altos |
| - <i>Figura 7.</i> Planos pedalera                         | - Diseño propuesto para la pedalera                             |
| - <i>Figura 8.</i> Implementación pedalera                 | - Implementación del diseño para la pedalera                    |
| - <i>Figura 9.</i> Plano volante                           | - Diseño propuesto para el volante                              |
| - <i>Figura 10.</i> Implementación volante                 | - Implementación del diseño para el volante                     |
-

## Conclusiones

**Crear una caja de cambios de 18 velocidades más dos reversas.** La creación exitosa de la caja de cambios de 18 velocidades más dos reversas representa un logro significativo en el desarrollo del simulador de conducción. Esta innovación permite simular de manera precisa y realista la experiencia de cambio de marchas en tractocamiones, mejorando la autenticidad y efectividad del entrenamiento para los conductores.

**Construir un volante que retorne al punto de inicio.** La construcción del volante que retorna al punto de inicio garantiza una experiencia de conducción más ergonómica y controlada para los usuarios del simulador. Esta característica mejora la comodidad y precisión durante la práctica de conducción, facilitando el aprendizaje y la adquisición de habilidades por parte de los conductores.

**Crear una pedalera con acelerador, embrague y freno.** La implementación exitosa de la pedalera con acelerador, embrague y freno ofrece una simulación completa de los controles de vehículos pesados. Esto permite a los conductores practicar y perfeccionar el uso de estos componentes clave en un entorno seguro y controlado, preparándolos de manera efectiva para situaciones reales en la carretera.

**Aprobar y validar el funcionamiento de los componentes electrónicos y mecánicos.** La aprobación y validación del funcionamiento de los componentes electrónicos y mecánicos del simulador son fundamentales para garantizar su calidad, fiabilidad y seguridad. Estos resultados confirman que los componentes cumplen con los estándares establecidos y funcionan de manera óptima, proporcionando una experiencia de simulación realista y efectiva para los usuarios.



**Beneficios del Simulador.** La simulación de conducción de tractocamiones ofrece una herramienta efectiva para mejorar la formación y culturización de los conductores. El prototipo permitirá practicar y mejorar habilidades específicas de conducción, mejorar la seguridad vial y promover la eficiencia en el consumo de combustible.

**Metodología Top Down Efectiva.** El enfoque Top Down facilitó la planificación y desarrollo del prototipo, permitiendo una descomposición clara de los subsistemas y una implementación progresiva. Esto aseguró una gestión eficiente de la complejidad y una construcción más organizada.

**Interacción Realista con Componentes Físicos.** La incorporación de potenciómetros sin fin, palanca de cambios y panel de control con interruptores permitirá una experiencia de conducción más inmersiva y realista, lo que mejorará la efectividad del prototipo.

**Importancia de la Retroalimentación Háptica.** La inclusión de retroalimentación háptica, como vibraciones, brindará una experiencia táctil y enriquecedora al conductor, mejorando la inmersión y realismo del simulador.

**Evaluación Iterativa con Usuarios.** La evaluación continua con usuarios será crucial para identificar posibles mejoras y ajustes. La retroalimentación recibida permitirá optimizar el prototipo y asegurar que cumpla con las necesidades y expectativas de los conductores.

**Enfoque en la Seguridad.** La estructura sólida y resistente del prototipo, junto con mecanismos de emergencia, garantizará la seguridad del conductor durante las sesiones de simulación.

## **Referencias Bibliográficas**

- Boehm, B. (1981). *Software Engineering Economics*. Ed. Prentice Hall.
- G, S., Pedersen, P., Robertsen, R., Haukeberg, P., Rasmussen, M., & Lindheim, C. (2018). Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World. In *Simulator training in driver education—potential gains and challenges*.  
<https://doi.org/10.1201/9781351174664>
- Hwanseok, J., Shen, Y., Jeong, J., & Oh, T. (2020, Agosto 22). *A comprehensive survey on vehicular networking for safe and efficient driving in smart transportation* [A focus on systems, protocols, and applications, Vehicular Communications].  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214209621000188>
- Li, Zhang, Z., Xu, Z.-G., Yang, W.-C., & Lu, Q.-C. (2023). *The role of traffic conflicts in roundabout safety evaluation: A review*, *Accident Analysis & Prevention*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457523004773>
- Li, X., Zhang, Y., Dong Yan, X., & Wang, Y. (2015). *Drivers' right-angle collision avoidance behaviors at non-signalized intersection — A driving simulator based study*.  
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7232173&isnumber=7232046>
- Liu, X., Chen, Z., Wang, J., & Li, H. (n.d.). *Personalized Driving Training Using Deep Reinforcement Learning on Simulators*.  
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8969457&isnumber=8969078>
- P, Z., Y, Z., & G-L, C. (2009). *Metamodel-based lightweight design of an automotive front-body structure using robust optimization*. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2009;223(9):1133-1147.  
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1243/09544070JAUTO1045>

- Pandey, Neeraj, Ram, & Sundar, S. (2022). *Clasificación de objetivos automotrices utilizando imágenes de radar de apertura sintética inversa*.  
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9695280&isnumber=9927386>
- W, B. B. (1981). *Software Engineering Economics*. Prentice-Hall.  
<https://staff.emu.edu.tr/alexanderchefranov/Documents/CMPE412/Boehm1981%20COCOMO.pdf>
- Yao, Y., Zhao, X., Ma, J., Liu, C., y Rong, & J. (2019). *Estudio de simulador de conducción: sistema de entrenamiento de conducción ecológica basado en características individuales*. *Transportation Research Record* , 2673 (8), 463-476.  
<https://doi.org/10.1177/0361198119843260>
- Zhang, Y. N., & Zhongyin, G. (2020). *Simulador de conducción Validez del comportamiento al volante en zonas de obras*.  
<https://doi.org/10.1155/2020/4629132>.
- Zhang, Y., Guo, Z., & Sun, Z. (2020). <https://www.hindawi.com/>. *Obtenido de Simulador de conducción Validez del comportamiento de conducción en zonas de trabajo: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2020/4629132/>*

## **Anexos**

### **Desarrollo del Proyecto**

#### **Ingeniería del Software.**

##### **Levantamiento de Requerimientos.**

###### **1. Hardware.**

###### **1.1. Aro Volante**

- 1.1.1.** Debe contar con un diámetro adecuado para proporcionar una sensación cómoda natural para el usuario.
- 1.1.2.** El aro volante debe regresar al punto de inicio para proporcionar una sensación más realista al usuario.

###### **1.2. Pedalera**

- 1.2.1.** La pedalera debe incluir pedales de acelerador, freno y embrague.
- 1.2.2.** Los pedales deben ser ajustables en recorrido y sensibilidad para adaptarse a las preferencias del usuario y proporcionar una experiencia de conducción realista.
- 1.2.3.** La construcción de la pedalera debe ser robusta y estable para resistir el uso intensivo y mantenerse firme durante la simulación.

###### **1.3. Caja de Cambios de 18 Velocidades con Divisor.**

- 1.3.1.** La caja de cambios debe simular las 18 velocidades de un tractocamión real, incluyendo marchas altas y bajas.
- 1.3.2.** Es fundamental que la caja de cambios se incluya un divisor que permite cambiar entre las marchas altas y bajas, ya que esto es una característica clave de los tractocamiones.
- 1.3.3.** Los cambios deben ser precisos y suaves para brindar una experiencia realista al conductor.

## **2. Software**

**2.1 Desarrollar un Software de Conversión.** El software debe permitir la transformación de una placa Arduino en un dispositivo emulador de joystick para su uso en simuladores de conducción.

**2.2 Reconocimiento de 4 Potenciómetros Ajustables.** El software debe ser capaz de reconocer y asignar cuatro potenciómetros que representen el acelerador, freno, embrague y un cuarto control ajustable, como el volante o una función adicional.

La sensibilidad de cada potenciómetro debe ser ajustable para adaptarse a las preferencias del usuario y garantizar una experiencia de conducción realista.

**2.3 Reconocimiento de 6 o más Pulsadores.** El software debe ser capaz de detectar al menos seis pulsadores o botones que se utilizarán para como los cambios del tracto camión

Debe ser posible configurar cada pulsador y asignarle una función específica según el simulador de conducción utilizado.

## **Modelo de Casos de Uso para el Prototipo de Simulador de Conducción de Tractocamiones**

El modelo de casos de uso es una herramienta de análisis y especificación que permite identificar las interacciones entre los actores (usuarios) y el sistema (prototipo). A continuación, se presenta un modelo de casos de uso para el prototipo de simulador de conducción de tractocamiones, donde se especifican los requerimientos del sistema.

### **3. Actores.**

- 3.1. Conductor:** Usuario del simulador que interactúa con el prototipo y realiza acciones de conducción.
- 3.2. Administrador:** Usuario responsable de la configuración y mantenimiento del simulador.

### **4. Casos de Uso**

- 4.1. Iniciar Simulador.** Descripción: El conductor inicia el simulador para comenzar la experiencia de conducción.
- 4.2. Flujo Básico.**
  - 4.2.1.** El conductor enciende el sistema.
  - 4.2.2.** El sistema muestra una interfaz de bienvenida y solicita que el conductor tome su lugar en el simulador.

- 4.2.3. El conductor se sienta en la posición adecuada y ajusta el volante y los pedales si es necesario.
- 4.2.4. El sistema carga el escenario de conducción predeterminado.
- 4.2.5. El conductor comienza la simulación.

## **5. Seleccionar Modo de Conducción.**

- 5.1. Descripción: El conductor elige el modo de conducción deseado.
- 5.2. Flujo Básico:
  - 5.2.1. El conductor accede al menú de selección de modos de conducción.
  - 5.2.2. El sistema muestra una lista de modos disponibles (Ej. Principiante, Avanzado, Eco-Conducción).
  - 5.2.3. El conductor selecciona el modo deseado.
  - 5.2.4. El sistema carga la configuración correspondiente al modo seleccionado.

## **6. Realizar Cambio de Velocidades:**

- 6.1. Descripción: El conductor simula cambios de velocidades usando la palanca de cambios o los potenciómetros sin fin.
- 6.2. Flujo Básico:

- 6.2.1.** El conductor interactúa con la palanca de cambios o los potenciómetros sin fin para realizar cambios ascendentes o descendentes.
- 6.2.2.** El sistema detecta el cambio de velocidad realizado por el conductor.
- 6.2.3.** El sistema actualiza la visualización y la respuesta del vehículo en consecuencia.

## **7. Interacción con el Panel de Control:**

- 7.1.** Descripción: El conductor interactúa con los botones y controles del panel de control del simulador.
- 7.2.** Flujo Básico:
  - 7.2.1.1.** El conductor accede al panel de control, que puede incluir interruptores y botones de funciones específicas.
  - 7.2.1.2.** El conductor interactúa con los botones y controles para realizar acciones como encender/apagar el motor, activar luces, etc.

## **8. Finalizar Simulación:**

- 8.1.** Descripción: El conductor termina la simulación y sale del simulador.
- 8.2.** Flujo Básico:



- 8.2.1.** El conductor accede al menú de opciones o finalización.
- 8.2.2.** El sistema muestra la opción para finalizar la simulación.
- 8.2.3.** El conductor confirma la finalización de la simulación.
- 8.2.4.** El sistema guarda el progreso y reinicia el simulador para una nueva sesión.

## **9. Requerimientos del Sistema:**

- 9.1. RS1:** El sistema debe proporcionar una experiencia realista de conducción de tractocamiones.
- 9.2. RS2:** El sistema debe admitir al menos 6 velocidades simuladas.
- 9.3. RS3:** El sistema debe contar con diferentes modos de conducción con niveles de dificultad y características específicas.
- 9.4. RS4:** El sistema debe permitir la interacción física mediante una palanca de cambios o potenciómetros sin fin.
- 9.5. RS5:** El sistema debe tener una interfaz de usuario intuitiva y realista para facilitar la interacción del conductor.
- 9.6. RS6:** El sistema debe responder en tiempo real a las acciones del conductor.

- 9.7. RS7:** El sistema debe ser seguro para su uso y contar con mecanismos de emergencia en caso de fallos.
- 9.8. RS8:** El sistema debe tener una estructura sólida y resistente que garantice la seguridad del usuario.
- 9.9. RS9:** El sistema debe tener un panel de control con interruptores y botones para simular funciones del vehículo.
- 9.10. RS10:** El sistema debe proporcionar retroalimentación háptica realista, como vibraciones, al conductor para mejorar la inmersión en la simulación.

Este modelo de casos de uso y los requerimientos especificados proporcionan una base sólida para el desarrollo del prototipo de simulador de conducción de tractocamiones. Al seguir este enfoque, se garantiza que el sistema cumpla con las expectativas del usuario y ofrezca una experiencia de simulación efectiva y realista.

## **10. Diseño: Arquitectura del Sistema:**

### **Lista de figuras**

*Figura 1.* Planeación montaje arduino - protobard

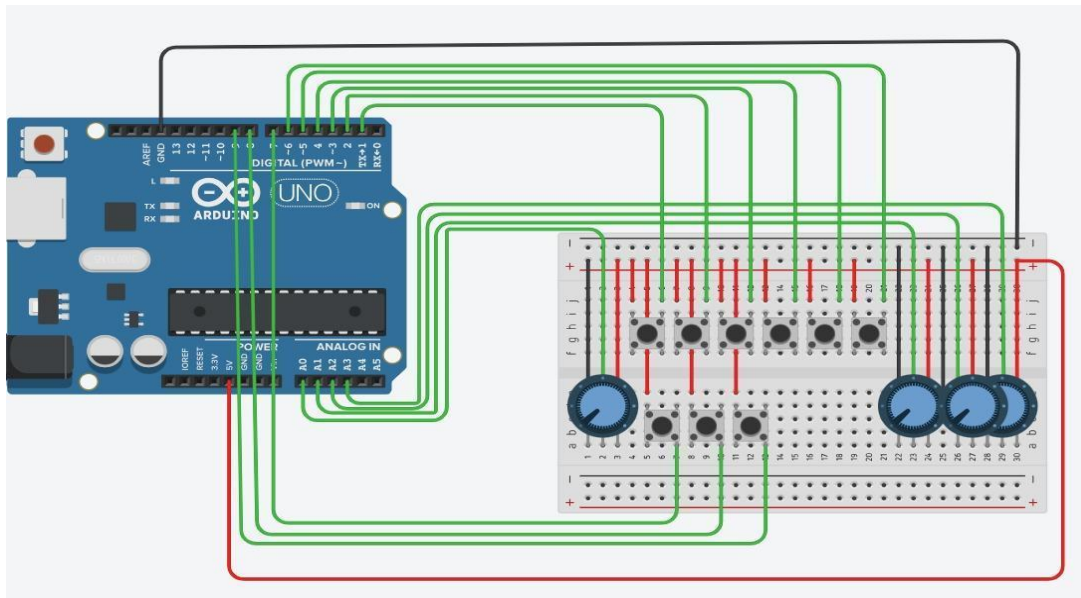


Figura 2. Vista esquemática

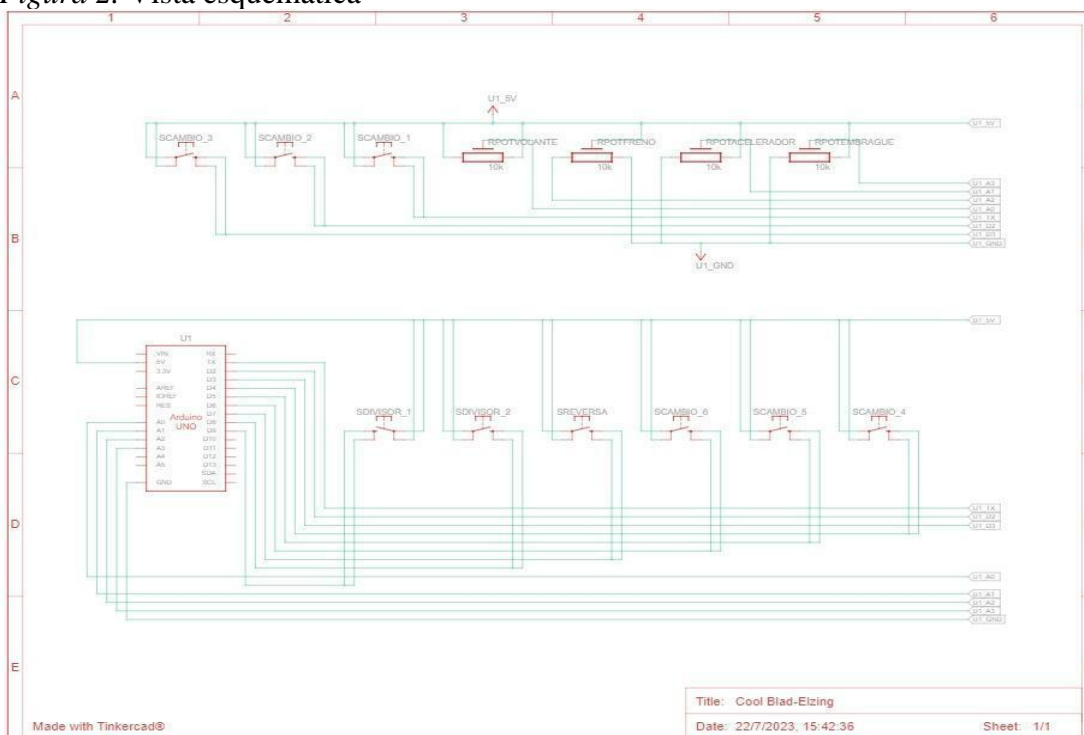


Figura 3. Montaje arduino - protoboard

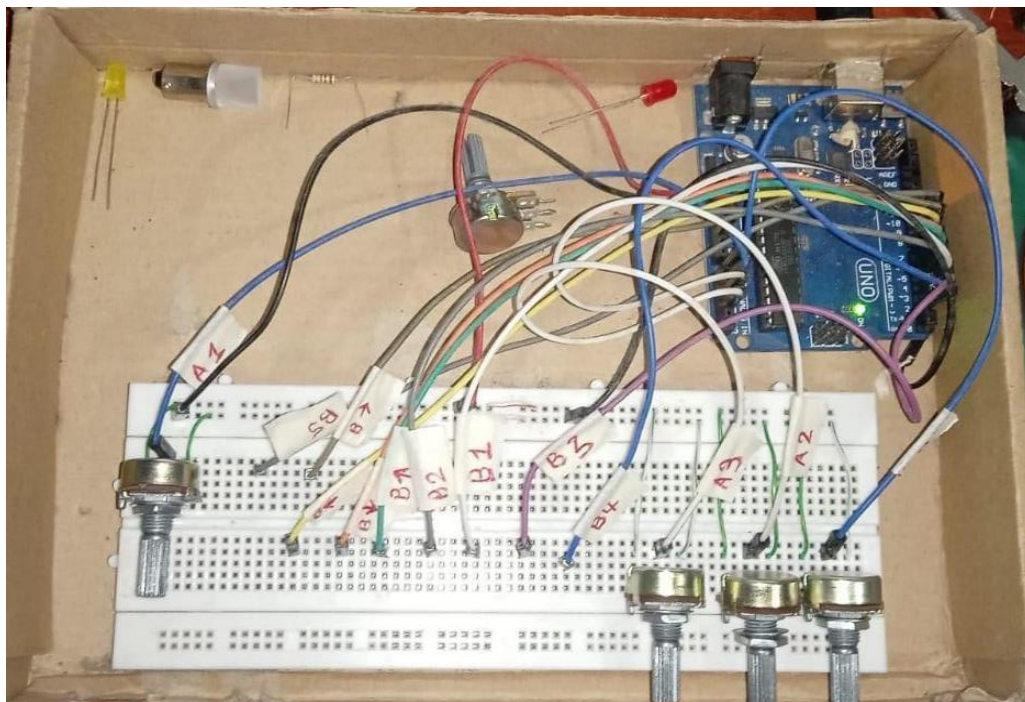
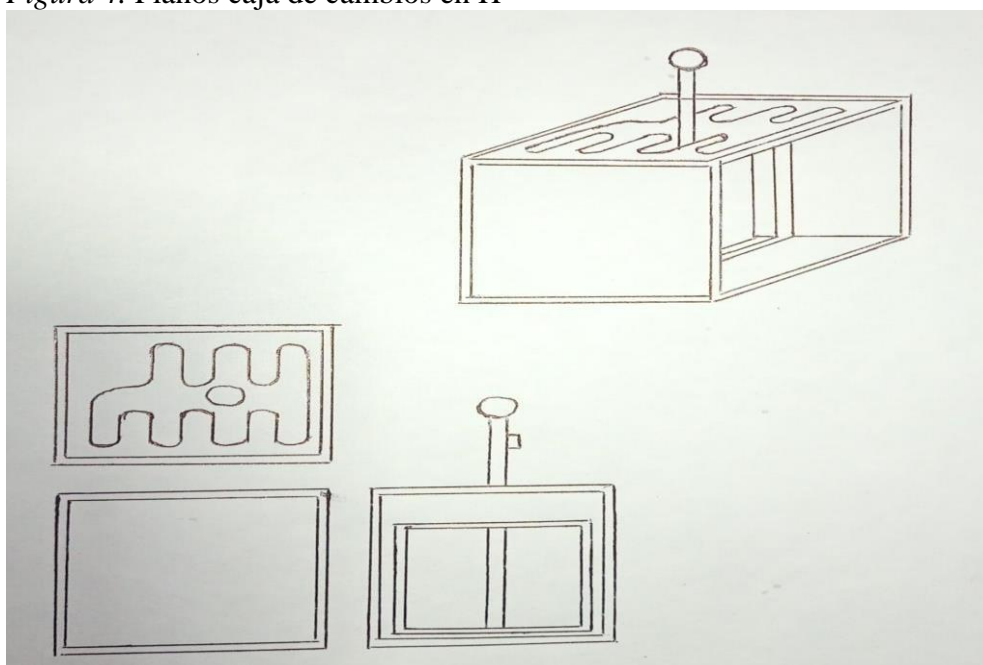


Figura 4. Planos caja de cambios en H



*Figura 5.* Implementación caja de cambios en H



*Figura 6.* Selector caja de cambios



Figura 7. Planos pedalera

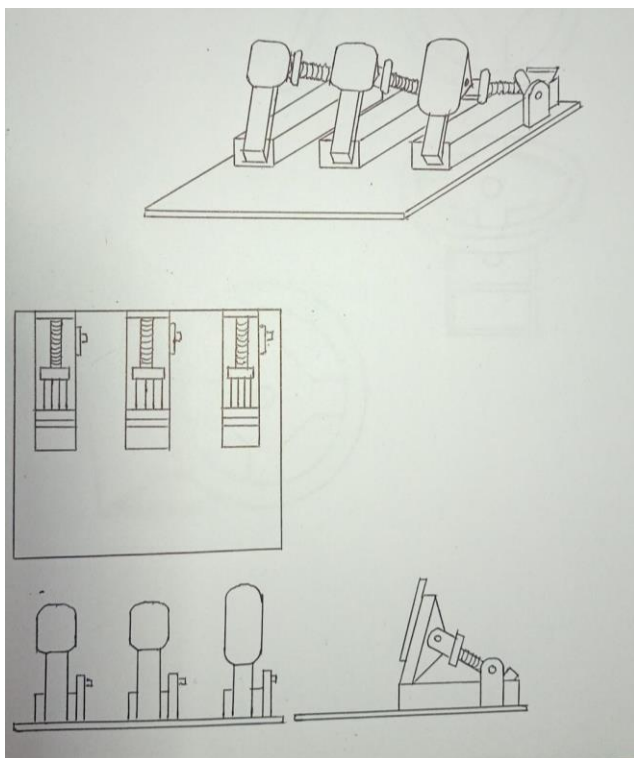


Figura 8. Implementacion pedalera

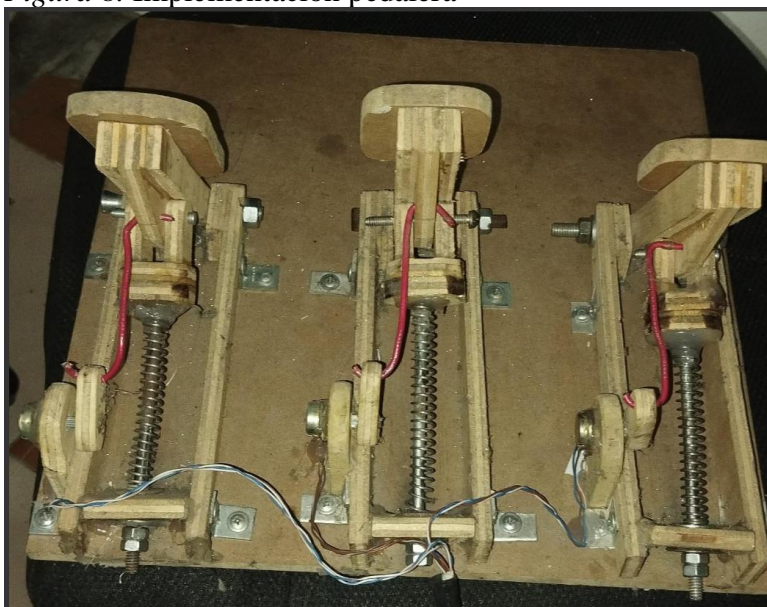


Figura 9. Plano volante

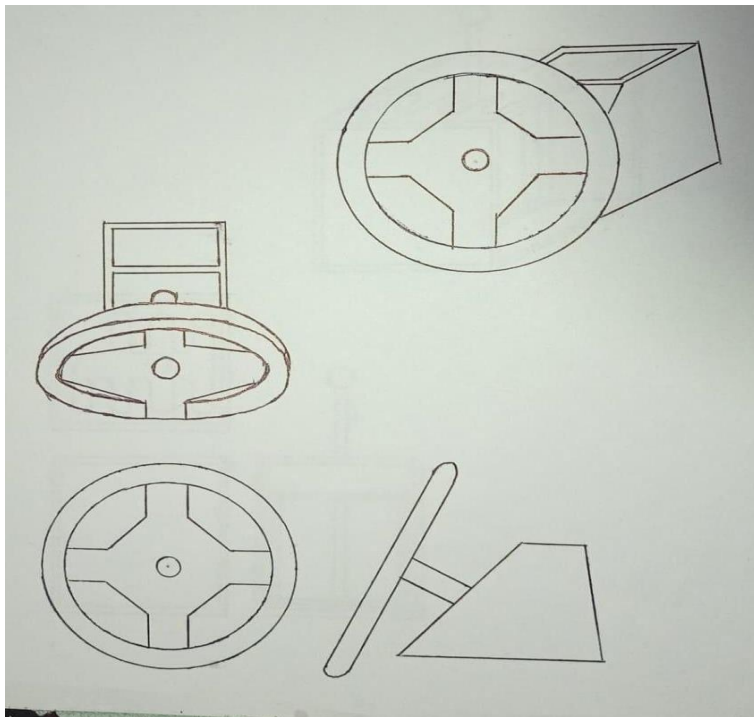


Figura 10. Implementación volante

