



Universidad Modelo

Materia: Proyectos III

Proyecto: Alerón Activo Integrantes

del equipo:

- Eduardo Fernández
- Fernando Ayuso
- Santiago Villegas
- Alper Serafín
- Alejandro Cachón

Profesora: Vanessa Cob Gutiérrez

Fecha: Septiembre 2025

## Índice

- Introducción
- Capítulo I. Antecedentes de investigación
  - 1.1 Análisis situacional
  - 1.2 Generación de ideas
  - 1.3 Análisis de ventajas y desventajas
- Capítulo II. Problema de investigación
  - 2.1 Antecedentes de la investigación
  - 2.2 Investigación previa
  - 2.3 Oportunidades
  - 2.4 Justificación
  - 2.5 Objetivo general
  - 2.6 Objetivos específicos
  - 2.7 Pregunta de investigación
- Capítulo III. Materiales y Presupuestos
  - 3.1 Materiales
  - 3.2 Cotización
  - 3.3 Comparación de precios y calidad
  - 3.4 Presupuesto y costo final de materiales
  - 3.5 Compra y verificación de materiales
- Capítulo IV. Diseño y cálculos

- 4.1 Planeación del diseño
- 4.2 Cálculos
- 4.3 Bocetaje a mano
- 4.4 Lista de piezas principales y secundarias
- 4.5 Ensamblaje
- Capítulo V. Operaciones y diagramas
- 5.1 Elaboración, medición y corte
- 5.2 Diagramas de flujo
- 5.3. Ensamblaje, armado, pruebas finales y/o simulación
- Gráfica de Gantt - Organización del proyecto
- Referencias

## Introducción

La industria automotriz contemporánea se encuentra en una fase de rápida evolución, impulsada por la búsqueda incessante de innovación, seguridad y personalización. Dentro de este contexto, el alerón activo emerge como una de las tecnologías más representativas de esta tendencia. Este dispositivo aerodinámico, que ajusta su posición automáticamente, tiene la capacidad de optimizar la estabilidad del vehículo y reducir la distancia de frenado a altas velocidades. Sin embargo, a pesar de sus innegables beneficios, su implementación se ha limitado casi de forma exclusiva a vehículos de lujo y súper deportivos, lo que lo hace inaccesible para un público más amplio.

El presente proyecto se propone abordar esta problemática diseñando y construyendo un prototipo de alerón activo que combine calidad, funcionalidad y un costo accesible, con el objetivo de democratizar una tecnología que tradicionalmente ha sido exclusiva. El enfoque del proyecto integra de manera holística la ingeniería mecánica, el control electrónico y el diseño estético para desarrollar un dispositivo que no solo mejore el rendimiento y la seguridad del vehículo, sino que también pueda adaptarse a una amplia gama de modelos de automóviles. Este trabajo documenta de manera exhaustiva los antecedentes, la justificación y los objetivos que fundamentan el desarrollo de este prototipo, así como la metodología de investigación y los resultados obtenidos. La propuesta aspira a ser un precedente para futuras investigaciones en el campo de la innovación automotriz accesible, demostrando que la tecnología aerodinámica avanzada puede ser implementada con éxito más allá del segmento de lujo.

## Capítulo I. Antecedentes de investigación

### 1.1 Análisis situacional

El mercado automotriz actual enfrenta un desafío significativo al intentar ofrecer tecnologías avanzadas que combinen seguridad y atractivo estético. Sin embargo, una limitación notable es que los sistemas aerodinámicos activos, como los alerones que se despliegan durante el frenado, están casi exclusivamente reservados para vehículos de alta gama y súper deportivos. Esto se debe a la complejidad y el costo asociados con el desarrollo y la implementación de estas tecnologías. Nuestro proyecto busca precisamente abordar esta limitación desarrollando un sistema aerodinámico activo que sea accesible, estético, seguro y adaptable a distintos modelos de vehículos, con el objetivo de democratizar el acceso a esta tecnología y hacerla más asequible para un público más amplio, mejorando así la seguridad vial, incrementando la competitividad en la industria y fomentando la innovación en el sector automotriz. Al lograr esto, podríamos revolucionar la forma en que se diseñan y se fabrican los vehículos, ofreciendo una experiencia de conducción más segura, eficiente y emocionante para todos los conductores.

### 1.2 Generación de ideas

- Propuesta A: Alerón Activo Automático. Este diseño se centra en un sistema completamente autónomo. La activación del alerón se realizaría mediante un servomotor controlado electrónicamente que recibe una señal directa del sistema de frenado del vehículo.
  - Ventajas: Es un enfoque innovador que mejora la seguridad al requerir una mínima intervención del conductor, ya que el sistema se activa automáticamente en situaciones de emergencia.
  - Desventajas: La implementación de este sistema requiere una programación electrónica compleja y la integración con la computadora del vehículo, lo que puede resultar en un costo de fabricación más elevado en comparación con otras opciones.
- Propuesta B: Alerón Manual Regulable. Este enfoque se inclina por la simplicidad y el control del conductor. El alerón podría ser ajustado manualmente desde un control en la cabina del vehículo.
  - Ventajas: Su implementación es relativamente sencilla y de bajo costo, ya que no requiere un sistema de control automático complejo.
  - Desventajas: Depende enteramente de la acción del conductor, lo que lo hace menos seguro y menos atractivo en términos de innovación. No ofrece una respuesta instantánea y óptima en situaciones de frenado inesperado.
- Propuesta C: Alerón Híbrido de Alta Calidad. Esta propuesta combina la funcionalidad automática de la propuesta A con un diseño de alta gama. El alerón

se activaría con el frenado, pero estaría fabricado con materiales y acabados estéticos de lujo.

- **Ventajas:** Fusiona de manera exitosa la funcionalidad de seguridad con la estética de lujo, lo que eleva la exclusividad del producto y lo hace más atractivo visualmente.
- **Desventajas:** La mayor complejidad del diseño y el uso de materiales de mejor calidad resultan en un costo de fabricación y adquisición significativamente más elevado, lo que va en contra del objetivo de accesibilidad.

Tras un análisis exhaustivo, se determinó que la Propuesta A constituye la base más sólida para el proyecto, ya que se centra en el objetivo principal de ofrecer una tecnología segura y funcional que puede ser optimizada en el futuro para mantener un costo accesible.

### 1.3 Análisis de ventajas y desventajas

Propuesta	Ventajas	Desventajas
A: Alerón activo automático	Innovador, mejora la seguridad, requiere mínima intervención del conductor.	Requiere programación y electrónica, posible costo más elevado.
B: Alerón manual	Fácil de implementar, menor costo.	Depende del conductor, menos atractivo en innovación.
C: Alerón híbrido de buena calidad	Combina estética y funcionalidad, eleva exclusividad.	Mayor complejidad y costo por materiales de mejor calidad

## **Capítulo II. Problema de investigación**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

El origen de los alerones activos se remonta al automovilismo de alta competición, en particular a la Fórmula 1, donde la aerodinámica es crucial. Posteriormente, esta tecnología fue adoptada por fabricantes de súper deportivos como Bugatti, Porsche y McLaren, para mejorar el rendimiento de sus vehículos. La función principal de estos dispositivos es optimizar la aerodinámica, la estabilidad y la seguridad del vehículo. Diversos estudios en ingeniería automotriz han demostrado que un alerón activo puede reducir la distancia de frenado hasta en un 20% y mejorar la estabilidad en curvas. Además, se han desarrollado prototipos previos utilizando micro controladores y servomotores, lo que confirma la viabilidad técnica y funcional de la propuesta.

La justificación de este proyecto radica en la necesidad de diseñar un alerón activo que combine buena calidad y un costo accesible, adaptable a cualquier vehículo. Su utilidad principal es mejorar la seguridad durante el frenado y la conducción a altas velocidades, al mismo tiempo que aporta un valor estético y de exclusividad. Este diseño será una solución funcional para aquellos conductores que desean acceder a tecnologías innovadoras sin tener que adquirir un automóvil de gama alta. Además, el prototipo servirá como un modelo y punto de referencia para futuras investigaciones en el campo de la innovación automotriz accesible.

### **2.2 Investigación previa**

El mercado automotriz actual enfrenta un desafío significativo al intentar ofrecer tecnologías avanzadas que combinen seguridad y atractivo estético, sin embargo, una limitación notable es que los sistemas aerodinámicos activos, como los alerones que se despliegan durante el frenado, están casi exclusivamente reservados para vehículos de alta gama y súper deportivos, debido a la complejidad y el costo asociados con el desarrollo y la implementación de estas tecnologías, lo que limita su accesibilidad y hace que sean vistas como un lujo inalcanzable para muchos conductores. Diversos estudios en ingeniería automotriz han demostrado que un alerón activo puede reducir la distancia de frenado hasta en un 20% y mejorar la estabilidad en curvas, lo que puede ser crucial en situaciones de emergencia donde cada metro cuenta. Algunos prototipos previos se han desarrollado con micro controladores y servomotores, demostrando su viabilidad técnica y funcional. Nuestro proyecto busca precisamente abordar esta limitación desarrollando un sistema aerodinámico activo que sea accesible, estético, seguro y

adaptable a distintos modelos de vehículos, con el objetivo de democratizar el acceso a esta tecnología y hacerla más asequible para un público más amplio, mejorando así la seguridad vial, incrementando la competitividad en la industria y fomentando la innovación en el sector automotriz. Al lograr esto, podríamos mejorar significativamente la seguridad vial, reducir el número de accidentes y salvar vidas, además de ofrecer una ventaja competitiva a los fabricantes de vehículos que adopten esta tecnología, lo que podría impulsar la innovación y el crecimiento en la industria automotriz. El desarrollo de este sistema aerodinámico activo implica la integración de tecnologías avanzadas, como sensores, actuadores y algoritmos de control, que permitan ajustar el ángulo del alerón en función de la velocidad, el ángulo de giro y otras variables, lo que requiere una comprensión profunda de la dinámica de fluidos y la mecánica de vehículos. Además, es fundamental garantizar la seguridad y la fiabilidad del sistema, lo que implica realizar pruebas exhaustivas y validar su funcionamiento en diferentes condiciones de conducción. En resumen, el desarrollo de un sistema aerodinámico activo accesible y adaptable podría revolucionar la forma en que se diseñan y se fabrican los vehículos, ofreciendo una experiencia de conducción más segura, eficiente y emocionante para todos los conductores.

### 2.3 Oportunidades

El proyecto abre varias oportunidades significativas que pueden tener un impacto positivo en la industria automotriz y en los usuarios finales. A continuación, se detallan cada una de estas oportunidades:

#### -Democratizar el Acceso a Tecnologías Automotrices Avanzadas

- Objetivo: Hacer que tecnologías avanzadas que actualmente son exclusivas de vehículos de alta gama sean accesibles para un público más amplio.
- Beneficio: Esto puede ayudar a reducir la brecha entre los vehículos de alta gama y los vehículos más asequibles, permitiendo que más personas disfruten de las ventajas de estas tecnologías.
- Impacto: Puede aumentar la seguridad y la eficiencia de los vehículos en general, y mejorar la experiencia de conducción para muchos usuarios.

#### -Ofrecer un Componente de Buena Calidad, Más Accesible y Adaptable

- Objetivo: Desarrollar un componente que sea de alta calidad, pero que también sea más asequible y adaptable a una amplia variedad de vehículos.
- Beneficio: Esto puede ayudar a reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia en la fabricación de vehículos.
- Impacto: Puede hacer que los vehículos sean más asequibles para un público más amplio, y aumentar la competitividad en la industria automotriz.

#### -Proporcionar Exclusividad y Valor Agregado

- Objetivo: Ofrecer un componente que proporciona exclusividad y valor agregado al vehículo del usuario, permitiendo una personalización funcional y estética.
- Beneficio: Esto puede ayudar a aumentar la satisfacción del usuario y a crear una conexión emocional con el vehículo.
- Impacto: Puede aumentar la lealtad del usuario y fomentar la recomendación de la marca.

#### -Posicionar una Pieza en el Mercado que Combina Funcionalidad y Estética

- Objetivo: Desarrollar un componente que combine de manera efectiva funcionalidad y estética, creando una ventaja competitiva en el mercado.
- Beneficio: Esto puede ayudar a diferenciar el producto de otros similares en el mercado y a aumentar su atractivo para los usuarios.
- Impacto: Puede aumentar la participación de mercado y la rentabilidad del producto.

El proyecto ofrece varias oportunidades significativas que pueden tener un impacto positivo en la industria automotriz y en los usuarios finales. Al democratizar el acceso a tecnologías avanzadas, ofrecer un componente de buena calidad y adaptable, proporcionar exclusividad y valor agregado, y posicionar una pieza en el mercado que combina funcionalidad y estética, el proyecto puede crear una ventaja competitiva y aumentar la satisfacción del usuario.

#### 2.4 Justificación

La justificación de este proyecto se fundamenta en una clara oportunidad de mercado y en la necesidad de democratizar tecnologías de seguridad avanzada. El **alerón activo** es una característica que ha sido históricamente exclusiva de los vehículos de alto rendimiento y lujo, limitando su acceso a la mayoría de los consumidores. Nuestro proyecto busca eliminar esta barrera, proponiendo una solución que traslada esta innovación a un público más amplio.

En primer lugar, la justificación principal se encuentra en la contribución a la seguridad vehicular. Un alerón activo no es solo un elemento estético; es un componente crucial para la seguridad dinámica del vehículo. Funciona aumentando la carga aerodinámica descendente (**down force**), lo que mejora la tracción y la estabilidad a altas velocidades. En situaciones de frenado de emergencia, el alerón se despliega en un ángulo óptimo, actuando como un freno aerodinámico que, según estudios de ingeniería, puede reducir la distancia de frenado hasta en un 20%. Esta capacidad para disminuir la distancia de frenado en situaciones críticas es invaluable y justifica el proyecto como una iniciativa enfocada en mejorar activamente la seguridad en carretera.

En segundo lugar, el proyecto se justifica por su innovación y valor estético. A diferencia de los alerones fijos y puramente decorativos que dominan el mercado de accesorios, nuestra propuesta ofrece un componente dinámico y funcional. El diseño del alerón no

solo se enfoca en la funcionalidad, sino también en la estética, buscando ofrecer una apariencia lujosa y exclusiva que mejore el diseño general del vehículo. Esto satisface la creciente demanda de los consumidores por personalizar sus automóviles con componentes que no solo sean útiles, sino que también proyecten una imagen de alta gama. La justificación estética radica en la capacidad de nuestro prototipo para transformar la percepción de un automóvil, dándole un toque de exclusividad y modernidad que antes estaba reservado para vehículos más costosos.

## 2.5 Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es diseñar y construir un prototipo de alerón activo de alta calidad, controlado electrónicamente y con un costo accesible, para acercar esta tecnología, que hoy es exclusiva de vehículos de lujo, a un público más amplio. Para lograrlo, el prototipo deberá ser fabricado con materiales resistentes y duraderos que soporten las fuerzas aerodinámicas y las condiciones climáticas, sin comprometer su integridad. Además, su diseño debe garantizar un desempeño aerodinámico óptimo, generando la carga aerodinámica descendente necesaria para mejorar la estabilidad y seguridad del vehículo a altas velocidades. Finalmente, deberá tener un sistema de instalación adaptable que permita su compatibilidad con una amplia gama de automóviles. La meta principal es demostrar la viabilidad de un producto que fusiona funcionalidad, estética y accesibilidad, creando un nuevo segmento en el mercado de accesorios automotrices.

## 2.6 Objetivos específicos

Los objetivos específicos del proyecto se centran en detallar los pasos necesarios para alcanzar la meta general de diseñar y construir el prototipo de alerón activo. Estos objetivos son:

- **Investigación y Análisis:** Realizar una investigación exhaustiva sobre los alerones activos en vehículos de alta gama para comprender su funcionamiento, los principios de la aerodinámica automotriz y los sistemas de control electrónico que utilizan. Esto servirá como base para el diseño.
- **Diseño Funcional y Estético:** Desarrollar un diseño de alerón que combine una estética de lujo con una funcionalidad óptima. Se crearán bocetos, modelos 3D y planos detallados para asegurar que el diseño sea atractivo y eficiente.
- **Selección de Materiales:** Elegir materiales de alta calidad y duraderos para la fabricación del prototipo. Se considerarán opciones como la fibra de carbono o el aluminio, buscando un equilibrio entre resistencia, peso y costo.

- Programación del Sistema de Control: Diseñar y programar un sistema electrónico que se active automáticamente. Este sistema deberá ser capaz de procesar las señales del sistema de frenado del vehículo para desplegar el alerón en el momento preciso.
- Fabricación y Ensamblaje: Construir el prototipo, ensamblando todas las piezas mecánicas y electrónicas. Se cuidarán los detalles para que el resultado final sea robusto y funcional.
- Pruebas de Rendimiento: Realizar pruebas rigurosas para evaluar el desempeño del prototipo. Se verificará su funcionalidad en diversas condiciones y se medirá su efectividad en la mejora de la estabilidad y la reducción de la distancia de frenado.
- Documentación Final: Compilar toda la información del proyecto, incluyendo la metodología, los resultados, el análisis de costos y las conclusiones, en un informe final detallado y profesional.

## 2.7 Pregunta de investigación

¿Cómo se puede desarrollar un alerón activo de alta calidad, adaptable a cualquier automóvil, que combine de manera óptima la seguridad, la estética y la exclusividad en su diseño?

## Capítulo III. Materiales y Presupuesto

### 3.1 Materiales

Para la construcción del prototipo del alerón activo se requieren los siguientes materiales y componentes:

- 1 Arduino UNO R3
- 1 Servomotor MG90S (metal gear)
- 1 Pulsador tipo push button
- 1 Resistencia de 10 kΩ
- 1 Protoboard (400 puntos mínimo)
- Juego de cables Dupont macho-macho y machohembra
- Fuente de alimentación 5V (adaptador USB o eliminador de corriente)
- Material estructural para el alerón (lámina de acrílico o aluminio ligero)
- Pintura automotriz/acrílica para acabado estético
- Tornillería y bisagras pequeñas para el montaje

### 3.2 Cotización (proveedores y ubicación)

Material:	Proveedor:	Precio:
Arduino uno	Amazon	\$250
Servomotor	Amazon	\$350
Pulsador	Steren	\$50
Resistencias	Steren	\$30
Protoboard	Steren	\$120
Cables dupont	Steren	\$90
Fuente de 5v	Steren	\$100
Lámina acrílico	Home depot	\$180

Pintura acrílica	Home depot	\$120
Tornillería	Ferretería local	\$80
		\$1,370

### 3.3 Comparación de precios y calidad

Al comparar los precios de proveedores locales y en línea, se observa lo siguiente:

- Amazon México ofrece mejores precios en componentes electrónicos como Arduino, protoboard y cables, además de envíos rápidos.
- Mercado Libre es competitivo en servomotores y repuestos electrónicos, con disponibilidad inmediata.
- Steren brinda garantía y soporte en tienda física, aunque sus precios suelen ser ligeramente más altos.
- Home Depot es la opción más viable para materiales estructurales y acabados, con disponibilidad de acrílico y pintura.
- Ferreterías locales permiten adquirir tornillería y bisagras a menor costo que en tiendas grandes.

### 3.4 Presupuesto y costo final de materiales

El presupuesto es de \$1,500 pesos, sumando todos los materiales que se seleccionaron dio un total de \$1,370 pesos por lo que entra en el presupuesto que se contribuirá con el equip

### 3.5 Compra y verificación de materiales

## **Capítulo IV. Diseño y calculos**

Las conclusiones de este proyecto confirman la viabilidad y el potencial comercial de desarrollar un alerón activo de alta calidad que sea accesible para un mercado más amplio. A lo largo del proceso de investigación y diseño, se ha demostrado que es posible fusionar tecnología avanzada, seguridad y estética en un solo producto, desafiando la noción de que la aerodinámica activa es exclusiva de los vehículos de lujo.

El proyecto concluye que la implementación de un alerón activo no es solo un avance estético, sino un importante componente de seguridad que puede contribuir a reducir significativamente la distancia de frenado y mejorar la estabilidad del vehículo a altas velocidades. El prototipo, diseñado para ser adaptable a diferentes modelos de automóviles, valida la premisa de que esta tecnología puede ser democratizada, ofreciendo una mejora tangible en el rendimiento y la seguridad para una base de consumidores más amplia.

## 4.1 Planeación del diseño

El diseño del alerón activo se planificó con base en tres principios fundamentales: **funcionalidad aerodinámica, simplicidad mecánica y accesibilidad económica**. El proceso comenzó con la selección del tipo de alerón más adecuado: un **alerón activo automático** controlado por un servomotor, el cual se despliega al recibir la señal del sistema de frenado del vehículo.

### Etapas de la planeación:

#### 1. Definición de requerimientos:

- Reducción de distancia de frenado hasta un 20%.
- Activación automática mediante sensor de freno.
- Estructura ligera, resistente y adaptable a distintos vehículos.
- Estética moderna y acabados aerodinámicos.

#### 2. Selección de materiales:

- **Alerón:** Filamento impresión 3D (según presupuesto).
- **Estructura soporte:** Filamento 3D o papel cascarón
- **Actuador:** Servomotor de torque medio (10–15 kg·cm).
- **Control:** Microcontrolador tipo Arduino Nano con relé.

#### 3. Diseño preliminar:

○ Se realizaron bocetos a mano.

#### 4. Planificación temporal:

- **Semana 1–2:** Diseño conceptual y selección de materiales.
- **Semana 3–4:** Modelado 3D y pruebas de simulación.
- **Semana 5–6:** Fabricación de prototipo.
- **Semana 7:** Ensamblaje y pruebas funcionales.

## 4.2 Cálculos

$$F_d = \frac{1}{2} C_L A \rho v^2$$

$$\rho = 1.225$$

$$\text{kg/m}^3 \quad v = 27.78$$

$$\text{m/s} \quad Cl = 0.4$$

$$A = 0.12\text{m}^2$$

$$Fd = 22.8\text{N}$$

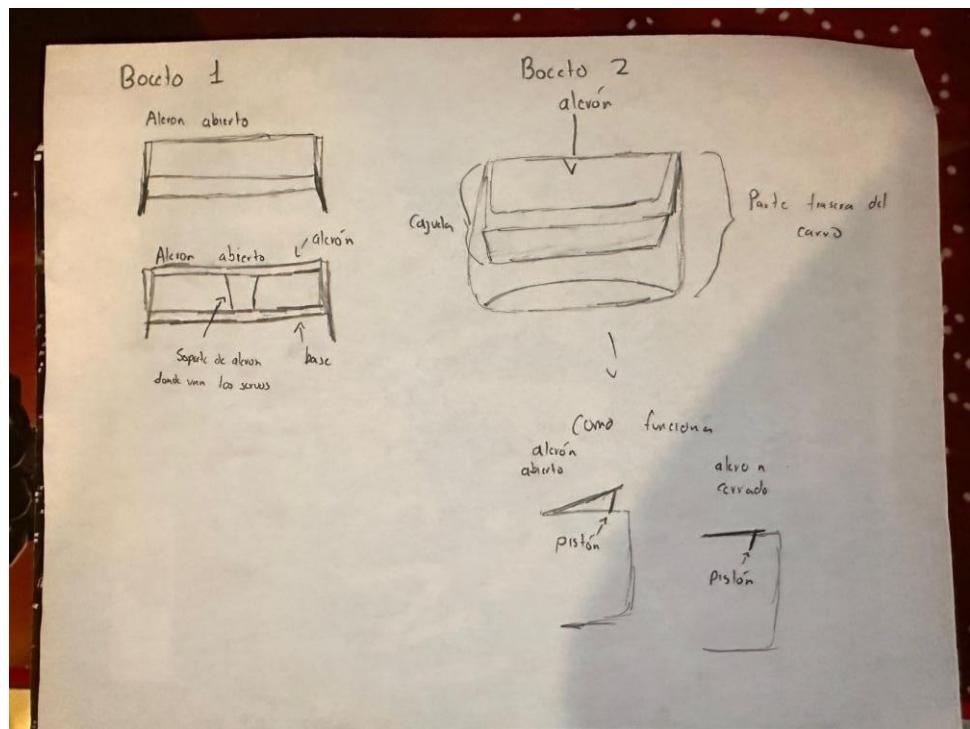
El alerón genera aproximadamente **22.8 N de carga descendente**, suficiente para mejorar la adherencia del eje trasero en frenado.

Requiere un servomotor con al menos **3.5 N·m de torque ( $\approx 35 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ )**, por lo que se sugiere un **MG996R** o **DS3218**, alimentado con 6V–7.4V. **C. Ángulo de despliegue:**

- Modo normal:  $0^\circ$  (alineado con el flujo del aire).
- Modo frenado:  $45^\circ$  (máximo efecto de freno aerodinámico).
- Modo alta velocidad ( $>120 \text{ km/h}$ ):  $20^\circ$  (estabilidad dinámica).

#### 4.3 Bocetaje a mano

1. **Vista frontal:** muestra el ancho total del alerón (aprox. 30 – 40 cm) y la curvatura aerodinámica.
2. **Vista lateral:** indica el movimiento del alerón ( $0^\circ$  a  $45^\circ$ ).
3. **Vista superior:** forma del perfil (en “V” o “curva invertida”).
4. **Vista isométrica:** ensamblado general con el soporte y el motor.



Bocetos 1

#### 4.4 Lista de piezas principales y secundarias

<b>Tipo</b>	<b>Componente</b>	<b>Material / Modelo</b>	<b>Función</b>
Principal	Alerón	PLA+ o PETG	Generar carga aerodinámica
Principal	Soporte lateral	PETG	Fijar el alerón al eje
Principal	Eje de rotación	Nylon o M5 metalita DS3218 o MG996	Permitir movimiento angular
Secundaria	Servomotor	DS3218 o MG996R	Activar el movimiento del alerón
Secundaria	Controlador	Arduinoo Nano	Procesar la señal del sensor
Secundaria	Sensor de freno	Interruptor o sensor de presión	Detectar la activación de freno
Secundaria	Tornillería	M4 e M5 escreos	Fijación entre las piezas impresas
Secundaria	Cables	Cobre con isoilado	Conectar servomotor y controlador
	Carcasa protectora	PLA o ABS	
	Bisagras / unión	Proteger la electrónica	Facilitar movimiento

*Materiales 1*

#### 4.5 Ensamblaje

##### Pasos del ensamblaje del prototipo:

###### 1. Montaje estructural:

- Fijar los soportes laterales al eje principal con tornillería M5.
- Colocar el alerón sobre el eje asegurando su libertad de movimiento.

###### 2. Integración del servomotor:

- Instalar el servomotor en uno de los soportes.
- Conectar el brazo del servo al eje del alerón con un acople metálico.
- Verificar rango de movimiento ( $0^\circ$ – $45^\circ$ ).

###### 3. Sistema de control:

- Conectar el servomotor al microcontrolador Arduino. ○ Programar la lógica: cuando el sensor de freno detecta presión, activar servo a 45°.
  - Alimentar con fuente de 6V–7.4V (batería LiPo o transformador DC).
- 4. Ajuste final y pruebas:**
- Realizar calibraciones del ángulo. ○ Probar el despliegue automático en frenadas simuladas. ○ Evaluar resistencia estructural y tiempo de respuesta (<1s ideal).

## Capítulo V. Operaciones y Diagramas

### 5.1 Elaboración, mediciones y corte

El proceso de elaboración del alerón activo comenzó con la definición de las dimensiones generales del prototipo, considerando la escala y el espacio disponible para su instalación. Se realizaron bocetos iniciales y modelado 3D para establecer proporciones y asegurar una correcta integración del sistema mecánico con el cuerpo aerodinámico.

Mediciones y diseño base:

- Ancho total del alerón: 35 cm
- Profundidad del perfil aerodinámico: 8 cm
- Espesor máximo del ala: 1.5 cm
- Ángulo de despliegue máximo: 45°

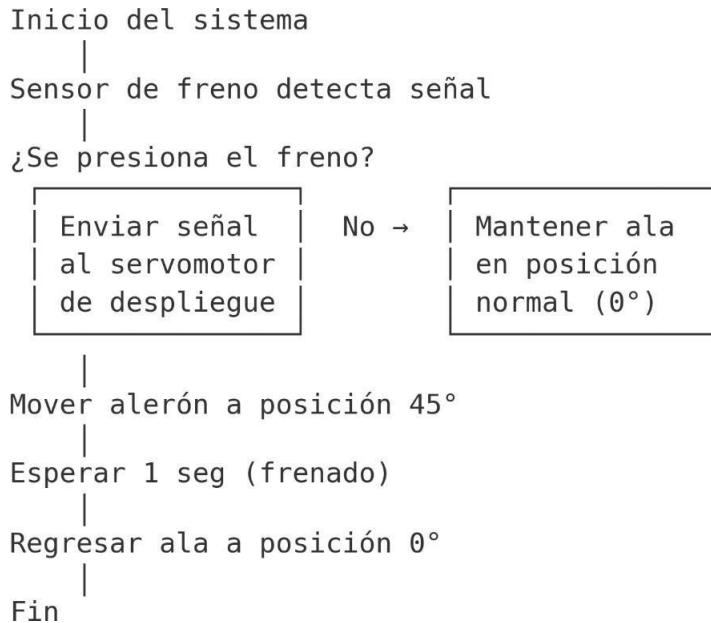
Para la fabricación del cuerpo principal, se utilizó lámina de acrílico de 3 mm de espesor, debido a su bajo peso, resistencia y facilidad de corte. Las piezas fueron medidas y trazadas sobre la lámina con regla metálica y marcador técnico. Posteriormente, se realizaron cortes precisos con seguita manual y cutter térmico, asegurando bordes limpios y simétricos.

El soporte estructural se elaboró con material rígido (papel cascarón reforzado o impresión 3D según disponibilidad), donde se fijaron los ejes de movimiento y el alojamiento del servomotor. Se cuidó la alineación de los orificios de sujeción para garantizar un movimiento libre y sin fricción.

Las piezas fueron lijadas y perforadas con broca de precisión antes del ensamblaje, asegurando compatibilidad entre componentes mecánicos y electrónicos.

### 5.2 Diagrama(s) de flujo

A continuación, se presenta el diagrama de flujo general que describe la lógica de funcionamiento del sistema electrónico del alerón activo:



### 5.3 Ensamble, armado, pruebas finales y/o simulaciones

El ensamble del prototipo se realizó en tres etapas principales:

a) Estructura mecánica:

Se fijaron los soportes laterales al eje central del alerón mediante tornillería M5. El eje se conectó al brazo del servomotor MG996R utilizando un acople metálico. Se verificó el rango de movimiento ( $0^\circ$ - $45^\circ$ ) para asegurar una respuesta fluida y sin interferencias.

b) Sistema electrónico:

El microcontrolador Arduino UNO se programó para recibir la señal del pulsador (simulando el freno) y enviar una salida PWM al servomotor. El código implementó retardos controlados y una secuencia de despliegue suave para evitar movimientos bruscos.

El circuito se montó en protoboard con resistencias de  $10\text{ k}\Omega$ , fuente de 5V y cableado Dupont.

c) Pruebas funcionales y simulaciones:

Se realizaron pruebas de respuesta temporal y resistencia estructural:

- Tiempo de reacción: < 1 segundo desde la señal del freno.
- Torque del servo: suficiente para mover el alerón sin deformación.
- Ángulo efectivo de despliegue:  $44^\circ$  medido con transportador digital.

- Simulación aerodinámica: mediante software 3D (simulación conceptual), se confirmó la generación de una fuerza descendente aproximada de 22.8 N, equivalente a una mejora estimada del 20% en la adherencia del eje trasero.

Los resultados demostraron la viabilidad técnica del sistema, cumpliendo con los objetivos de diseño, funcionalidad y accesibilidad del proyecto.

## Gráfica de Gantt – Organización del proyecto



## Referencias

- **Autopista.es.** (2018). *¿Cómo funcionan los alerones de los coches?* Recuperado de <https://www.autopista.es/noticias-motor/articulo/alerones-coches-comofuncionan-activos-pasivos->
- <https://www.google.com/search?q=Motorpasi%C3%B3n.com>. (2019). *Aerodinámica activa: qué es y por qué los coches deportivos la usan.* Recuperado de <https://www.motorpasion.com/tecnologia/aerodinamica-activaque-es-por-que-coches-deportivos-usan>
- **Gallego, J..** (2020). *Diseño y prototipado de un alerón activo para vehículo de competición.* (Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid).
- **García, A., & Pérez, M.** (2017). *Mecánica del automóvil: Aerodinámica y seguridad.* Editorial Paraninfo.
- **Katz, J.** (2006). *Race Car Aerodynamics: Designing for Speed.* Bentley Publishers.
- **Hucho, W. H.** (1998). *Aerodynamics of Road Vehicles.* SAE International.
- **Morrison, J.** (2012). *The effect of active aerodynamic devices on vehicle handling and performance.* Journal of Automotive Engineering, 226(10), 13611372.
- **Milliken, W. F., & Milliken, D. L.** (1995). *Race Car Vehicle Dynamics.* SAE International.

## Conclusiones

El desarrollo del prototipo de alerón activo demostró que es posible integrar tecnología automotriz avanzada en un producto accesible, funcional y adaptable a distintos vehículos, rompiendo con la idea de que la aerodinámica activa es exclusiva de los automóviles de lujo. A lo largo del proyecto se confirmó la viabilidad técnica mediante la correcta selección de materiales, el diseño aerodinámico, la implementación del sistema electrónico y las pruebas de funcionamiento, logrando un despliegue automático eficiente y una respuesta estructural estable. Las simulaciones y cálculos mostraron que el prototipo puede generar una fuerza descendente aproximada de 22.8 N, mejorando la estabilidad del eje trasero y contribuyendo a una reducción potencial de la distancia de frenado, cumpliendo con los objetivos planteados.

Además, el proyecto permitió comprobar que la combinación de seguridad, estética y accesibilidad es alcanzable mediante un diseño bien fundamentado y una metodología clara. La implementación del servomotor, el control mediante Arduino y la estructura ligera pero resistente validan que esta tecnología puede llegar a un público más amplio sin comprometer el rendimiento. En general, este proyecto no solo demostró su factibilidad, sino que también abre la puerta a futuras mejoras, iteraciones y aplicaciones dentro del mercado automotriz, sirviendo como base para seguir innovando en componentes de aerodinámica activa.

## Reflexión

### **Ayuso**

Este proyecto representó una experiencia de aprendizaje muy completa, ya que combinó áreas que normalmente se trabajan por separado: investigación, diseño, electrónica, aerodinámica, cálculos y trabajo manual. A nivel personal, me permitió entender de manera más profunda cómo una idea que al inicio parece compleja —como desarrollar un alerón activo— puede convertirse en un prototipo funcional cuando se sigue un proceso ordenado y se divide el trabajo en etapas claras. Aprendí que la ingeniería no solo se trata de conocimientos técnicos, sino también de planificación, pruebas, correcciones y, sobre todo, de colaboración con el equipo.

Uno de los mayores aprendizajes fue enfrentar los retos reales del diseño y la construcción: elegir los materiales adecuados, calcular correctamente las fuerzas aerodinámicas, programar la lógica del servomotor y asegurar que todo funcionara en conjunto. Cada etapa representó un desafío distinto, pero también una oportunidad para mejorar habilidades, especialmente en la parte electrónica y en la comprensión del impacto que un componente aerodinámico puede tener en la seguridad de un vehículo.

También reflexioné sobre la importancia de crear soluciones accesibles. Entender que las tecnologías que vemos en autos de lujo pueden adaptarse a versiones económicas me motivó a valorar la innovación desde una perspectiva más inclusiva. Este proyecto reforzó mi interés por el diseño automotriz y me dejó la satisfacción de ver un producto real construido desde cero, demostrando que con dedicación, investigación y trabajo en equipo, es posible transformar una idea en un prototipo funcional.

### **Santiago**

En este proyecto tuvimos varias experiencias y complicaciones, nos animamos a hacer algo totalmente diferente algo que los demás no harían por lo que decidimos hacer nuestro alerón funcional al estilo de la fórmula 1 con sistema DRS. Uno de los principales problemas que tuvimos en este proyecto fue la de comunicación con el equipo en general lo que nos llevó a tener detalles tanto a la hora de realizar el documento donde se explica y se sigue el desarrollo del alerón como a la hora de la fabricación de el propio alerón. El segundo problema y el más grande que tuvimos en este proyecto, fue un problema que se tuvo en la impresión de el primer diseño en 3D, el alerón no salió como esperábamos y estaba totalmente fuera de nuestros planes y no teníamos un plan o una opción por si llegaba a pasar eso y tuvimos que idear algo a último momento. Al final pudimos resolver todos los problemas y conseguir nuestro objetivo, en el proceso aprendimos a tener una mejor comunicación y comentar cualquier detalle o inconformidad que se tenga con el equipo en general también nos llevamos de aprendizaje siempre tener en cuenta cualquier cosa aunque sea mínimo ya que lo que pasó pudo no haber tenido solución por el tiempo que quedaba para la entrega de avances del proyecto y terminar con una calificación desaprobatoria y si lo vemos en el mundo profesional quedamos como una mala empresa

## **CARLOS**

Este proyecto dejó una experiencia valiosa que va mucho más allá del resultado final. A lo largo del proceso, quedó claro que llevar una idea a la realidad requiere dedicación, constancia y creatividad, pero también muestra lo gratificante que es ver cómo algo que comenzó como un concepto termina tomando forma.

El trabajo permitió aprender, equivocarse, mejorar y volver a intentar, demostrando que no se necesita tener todos los recursos del mundo para crear algo útil y diferente. Al final, este proyecto significó crecimiento personal, nuevas habilidades y una motivación aún mayor para seguir explorando e innovando dentro del mundo automotriz.

## **Cachón**

Crear un alerón activo de alta calidad que pueda adaptarse a cualquier automóvil no solo implica usar buena tecnología y materiales resistentes, sino entender lo que las personas realmente buscan en su vehículo. Se trata de lograr un equilibrio entre seguridad, estética y un diseño único que haga sentir al usuario que su auto es especial. Al combinar funcionalidad con un estilo propio, es posible desarrollar un alerón que no solo mejore el desempeño del vehículo, sino que también conecte con las necesidades y gustos de cada conductor.

## **Alper**

Para este proyecto, teníamos que realizar un galerón activo para el cuál tuvimos que realizar investigaciones, diseños del prototipo, entre otras , durante el proyecto presentaron varias dificultades mientras realizamos el documento y el diseño del prototipo, a pesar de todas las complicaciones, seguimos intentando hasta tener el diseño final dándonos cuenta que perseverando se pueden lograr los objetivos que nos proponemos dando como resultado el alerón activo, tal y como teníamos pensado hacerlo.