

# BÓLIDO INDIMA

Una máquina muy real. Poco virtual.

---

## Breve descripción del proyecto:

Construiremos un BÓLIDO simulador de movimiento usando materiales reciclados como palets, neumáticos y muelles. El "bólide" será una estructura en la que una persona se sienta en el asiento de coche (modificado), montado sobre sistemas de amortiguación (neumáticos y muelles). Tendrá una pantalla que muestre un video de un camino en movimiento, y barras traseras que permiten a otras personas simular el movimiento empujando. El objetivo es crear una sensación de movimiento y realismo a través de principios físicos como inercia, fuerzas G y amortiguación. Todo sin moverse del sitio.

El bólide utilizará varias cámaras de neumáticos de coches en su base para proporcionar una sensación de bote. Las palancas permiten a otras personas simular el movimiento del vehículo, creando la sensación de inercia y fuerzas G en el piloto.

Se podrán controlar las experiencias en una plataforma de mando, lo que refuerza la experiencia visual del desplazamiento y la interacción del público, que podrá ver lo que ocurre desde diferentes puntos de vista.

En resumen, la actividad combina ingeniería física y percepción visual para crear una experiencia inmersiva que simula estar en un vehículo en movimiento, utilizando materiales reciclados y principios de mecánica como la Ley de Hooke y la inercia de Newton. Es una máquina muy real, movida por la fuerza de los componentes del equipo y un poco virtual, por la electrónica añadida.

## Materiales adicionales necesarios:

1. **Neumáticos de camioneta con sus cámaras** (2 para el asiento)
2. **Muelles fuertes** para las palancas de Arquímedes, colaboran según ley de Hooke.
3. **Tornillos y soportes metálicos** (para fijar los neumáticos o muelles a la base y a el asiento)
4. **Tablas de madera adicionales** (para crear una estructura de soporte rígido, aprovechando la elasticidad de la madera)

## Instrucciones de construcción:

1. **Desmontar los palets:**
  - Utilizando una palanca, desmontamos los palets y obtenemos las tablas de madera necesarias. No desmontarlo todo.
  - Lijamos las tablas para eliminar astillas y suavizar la superficie.
  - Pintarlo de negro para recordar el color del coche fantástico.
2. **Construir la base:**
  - Formamos un rectángulo grande usando palets y las tablas de palets necesarios, con dimensiones suficientes para que una persona adulta se siente cómodamente.
  - Reforzamos las esquinas y los lados con más tablas y clavos/tornillos para asegurar una estructura sólida, a la que fijaremos los neumáticos. Tendremos cuidado de permitir el paso a las palancas para ajustarse al fulcro.

### 3. **Montar el asiento con movilidad:**

- Construimos un soporte de asiento dentro del rectángulo base. Usamos más tablas de palet para crear una estructura simple de base para el asiento reutilizado de coche (en nuestro caso de un Honda Civic de 1997).
- En lugar de fijar el asiento directamente a la base, colocaremos un neumático pequeño o una cámara de neumático de bicicleta bajo el asiento. Alternativamente, usaremos muelles fuertes. (Este paso estará sujeto a pruebas de resistencia ya que se nos antoja un poco delicado debido a las fuertes tensiones que se producirán en este punto).
- Aseguraremos los neumáticos o muelles a la base del bólido usando soportes metálicos y tornillos. Luego, fijaremos el asiento sobre los neumáticos o muelles de manera que puedan moverse ligeramente hacia arriba y hacia abajo.
- Nos aseguraremos de que el asiento esté bien anclado para evitar movimientos laterales excesivos. (Todo deberá estar libre de aristas cortantes y/o punzantes)

### 4. **Incorporar la cámara de neumático de camioneta:**

- Colocamos la cámara de neumático de la camioneta en el centro de la base del bólido, y los dos neumáticos de la camioneta bajo la estructura.
- Nos aseguramos de que las cámaras estén bien infladas para aprovechar la compresibilidad de los gases. Proporcionaremos así la capacidad de bote. No la inflamamos demasiado; buscamos un punto de equilibrio donde proporcione buena amortiguación sin ser demasiado rígida.

### 5. **Fijar los neumáticos grandes:**

- Colocamos un neumático en cada esquina de la base del bólido.
- Usamos soportes de metal o madera para fijar los neumáticos a la base de forma segura. Los neumáticos no necesitan girar, ya que el bólido no se moverá realmente. (Podemos estudiar la posibilidad de que puedan girar para dar más sensación de realismo), sobre todo los delanteros, aprovecharemos la fuerza de un motor de lavadora antiguo.

### 6. **Crear el soporte para la pantalla:**

- Construimos una estructura en la parte delantera del bólido para sostener la pantalla, se propone también la utilización de un trípode caballete de pintor, por la posibilidad de ajustar en altura la pantalla y el atractivo de reutilizar un trípode reciclado. Finalmente utilizamos dos viejos soportes de pared para asegurar la resistencia y soporte del TV.
- Nos aseguramos de que la pantalla esté a una altura y distancia adecuadas para que el ocupante la vea claramente.
- En una fase avanzada del proyecto fabricaremos el frontal de "Knight Industries Two Thousand" utilizando arduino e impresión 3D.

### 7. **Instalar las barras para el movimiento simulado:**

- Fijamos dos barras largas (palancas de Arquímedes) en la parte trasera del bólido. Estas barras serán movidas por alumnos del equipo que estarán fuera del bólido para simular el movimiento.
- Nos aseguraremos de que las barras estén bien aseguradas y sean lo suficientemente largas para ser movidas fácilmente. Con la posibilidad de poder alargarlas más para poner en práctica la ley de la palanca.

### 8. **Acabado:**

- Pintaremos y barnizaremos el bólido según las indicaciones recibidas de "Knight Industries Two Thousand". Intentaremos hacerlo realista y atractivo.
- Nos aseguraremos de que no haya bordes afilados o astillas que puedan causar lesiones.

## 9. Instalación de la pantalla y reproductor Raspberry Pi:

- Colocaremos la pantalla en el soporte delantero y procederemos a su conexión.
- Nos aseguraremos de que el video sea realista y de buena calidad para mejorar la experiencia. Trabajaremos en la edición de varias experiencias utilizando el programa OBS Estudio, software gratuito.

## Explicaciones físicas:

- **Amortiguación y bote:** La cámara de neumático de camioneta y los neumáticos o muelles bajo los asientos actúan como sistemas de resorte. Cuando se aplica un peso sobre ellos, se comprimen almacenando energía, y al liberarse, retornan a su forma original liberando esa energía. Esto proporciona una capacidad de amortiguación, permitiendo que los asientos se muevan hacia arriba y hacia abajo, y proporcionando una sensación de bote. Este principio se basa en la Ley de Hooke
  - $(F = -kx)$ .
- **Distribución de peso y estabilidad:** La distribución de peso es crucial para la estabilidad del bolido. La cámara de neumático de tractor centraliza la amortiguación, mientras que los neumáticos o muelles bajo los asientos distribuyen el peso del ocupante de manera uniforme, ayudando a mantener la estructura estable. Situaremos pesos estratégicamente para equilibrar el bolido.
- **Movimiento simulado:** Las barras largas permiten que otras personas simulen el movimiento del bolido, creando una sensación de inercia para los ocupantes. La inercia es la tendencia de un objeto a resistir cambios en su estado de movimiento, lo que contribuye a la sensación de realismo.
- **Sistema de muelles, neumáticos y motores de lavadora:** Los muelles o neumáticos pequeños bajo los asientos proporcionan un sistema adicional de amortiguación. Cuando una persona se sienta o se mueve en el asiento, los muelles/neumáticos se comprimen y luego se expanden, creando un movimiento vertical controlado que mejora la sensación de bote y realismo del bolido. Los motores de lavadora simularán las vibraciones del motor del bolido que se transmitirá por toda la estructura del bolido.

## Explicaciones físicas detalladas:

### Sensación de Movimiento:

#### 1. Inercia:

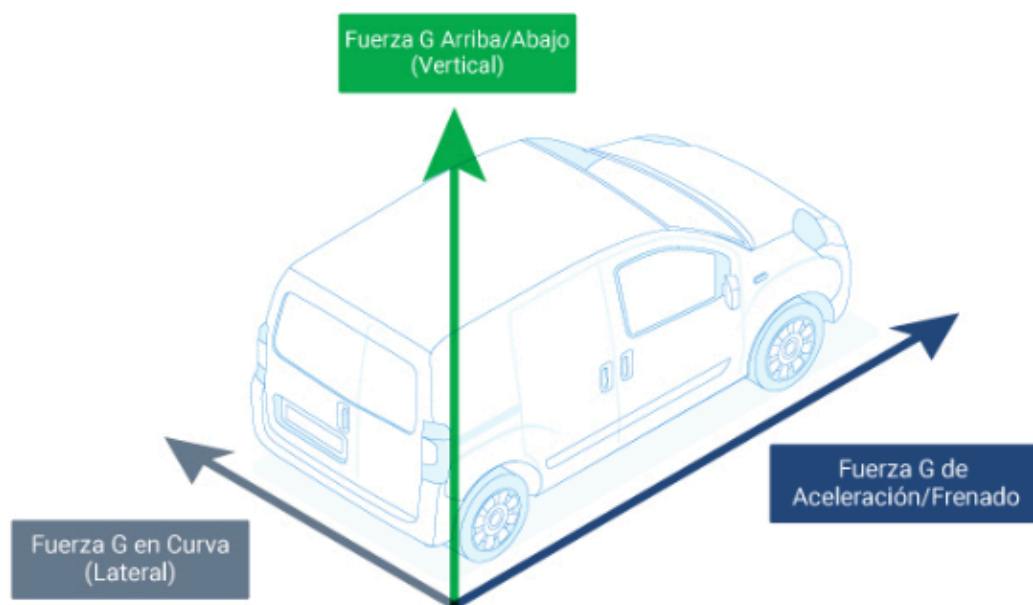
- La **inercia** es la resistencia de cualquier objeto a cambiar su estado de movimiento. Cuando las personas en la parte trasera mueven las barras y, por ende, el bolido, el piloto sentirá esta inercia como resistencia a esos movimientos. Según la **Primera Ley de Newton** (Ley de Inercia), un objeto en reposo permanecerá en reposo y un objeto en movimiento permanecerá en movimiento a menos que una fuerza externa actúe sobre él. Y la segunda ley de Newton, ley de la dinámica.
- Fórmula:  $F=m \cdot a$ 
  - Donde F es la fuerza aplicada, m es la masa del objeto (en este caso, el bolido y el piloto) y a es la aceleración.

#### 2. Aceleración y Fuerzas G:

- La **aceleración** del bolido debido a los movimientos simulados causará que el piloto sienta fuerzas G, similares a las experimentadas en una montaña rusa.

Estas fuerzas son el resultado de la aceleración en diferentes direcciones y pueden ser verticales (hacia arriba y abajo) u horizontales (adelante y atrás).

- Fórmula:  $a = \Delta v / \Delta t$ 
  - Donde  $a$  es la aceleración,  $\Delta v$  es el cambio en la velocidad y  $\Delta t$  es el cambio en el tiempo.



### 3. Sensación de Bote:

- La **cámara de neumático de la camioneta** y los **neumáticos/muelles** bajo los asientos proporcionan una capacidad de amortiguación que permite un movimiento vertical. Cuando el ocupante se mueve hacia arriba y hacia abajo debido a estos sistemas de resorte, sentirán una sensación de bote similar a estar en un coche.
- Fórmula de Hooke:  $F = -k \cdot x$ 
  - Donde  $F$  es la fuerza restauradora del resorte,  $k$  es la constante del resorte (rigidez) y  $x$  es el desplazamiento del resorte desde su posición de equilibrio.

### 4. Sensación Visual:

- La **pantalla** que muestra un video de un camino en movimiento contribuye significativamente a la sensación de movimiento. Esto se debe a que la percepción visual juega un papel crucial en la orientación espacial y el equilibrio. Cuando el piloto ve imágenes en movimiento, su cerebro interpreta que están en movimiento, amplificando la sensación creada por las fuerzas físicas.
- Efecto visual-cinético: la discrepancia entre la información visual y la real puede causar la ilusión de movimiento (similar a la **percepción vestibular** en el oído interno que detecta cambios en la posición y movimiento).

## Explicaciones físicas del conjunto:

### 1. Sistema de Resorte (Cámara de Neumático y Muelles):

- La cámara de neumático de camioneta y los muelles/neumáticos pequeños bajo los asientos actúan como resortes que almacenan energía cuando se comprimen y la liberan cuando se descomprimen, proporcionando amortiguación y bote.

- Ley de Hooke:  $F=-k.x$ 
  - k: constante del resorte que depende del material y la construcción de la cámara/neumáticos.
  - x: desplazamiento de la cámara/neumáticos cuando los ocupantes se sientan o se mueven.

## 2. Distribución de Peso y Estabilidad:

- La distribución de peso adecuada es crucial para mantener la estabilidad del bolido. La cámara de neumático en el centro ayuda a distribuir el peso de manera uniforme, mientras que los neumáticos en las esquinas proporcionan puntos de apoyo estables.
- Centro de gravedad: la posición del centro de gravedad afecta la estabilidad del bolido. Mantenerlo bajo y centrado reduce el riesgo de vuelco.

## 3. Movimiento Simulado (Inercia y Fuerzas G):

- Las barras largas permiten que otras personas simulen el movimiento del bolido, creando aceleraciones que los ocupantes sentirán como fuerzas G. Estas fuerzas son similares a las que se experimentan en un coche, donde los cambios rápidos en la dirección y velocidad causan una sensación de movimiento intenso.
- Aceleración:  $a=\Delta v/\Delta t$ 
  - Variaciones rápidas en  $\Delta v$ (cambio de velocidad) en intervalos cortos ( $\Delta t$ ) producen mayores fuerzas G.

## 4. Sensación de Movimiento (Percepción Visual y Física):

- La combinación de movimiento físico y visual (pantalla con video de un camino en movimiento) crea una experiencia inmersiva. La percepción visual engaña al cerebro para creer que están en movimiento, mientras que las fuerzas físicas (inercia y bote) complementan esta sensación.
- Percepción sensorial: la integración de señales visuales y físicas en el cerebro crea la sensación de movimiento. El sistema vestibular (oído interno) detecta movimientos del cuerpo, mientras que los ojos ven el movimiento en la pantalla, combinando ambas informaciones para una experiencia realista.

## Seguridad y pruebas adicionales:

- **Revisaremos la estabilidad y reforzaremos** cualquier punto débil en la estructura.
- **Realizaremos una prueba de carga:** Añadiremos peso adicional para asegurarnos de que la estructura soporta el peso de los adultos.
- **Realizaremos una prueba de movimiento:** Nos aseguraremos de que las barras y sistemas de amortiguación funcionan correctamente y de manera segura.

Para que les cueste menos a las personas que mueven las palancas traseras, el asiento debería situarse más bien hacia el centro del bolido.

## Principios físicos relevantes de esto último:

1. **Momento de Fuerza (Torque):**
  - El **momento de fuerza** es una medida de la tendencia de una fuerza a causar rotación alrededor de un punto. Se calcula como el producto de la fuerza aplicada y la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza al eje de rotación.

- Fórmula:  $M=F \cdot d$ 
    - Donde M es el momento, F es la fuerza aplicada y d es la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza al eje de rotación.
2. **Centro de Masa:**
- El **centro de masa** de un sistema es el punto en el cual la masa total del sistema puede considerarse concentrada para analizar su movimiento. La ubicación del centro de masa afecta la distribución del peso y la facilidad de movimiento.
3. **Palanca de Primer Género:**
- En una **palanca de primer género**, el punto de apoyo (fulcro) está entre la fuerza aplicada y la carga. En este caso, el bólido actúa como una palanca donde el fulcro sería el punto donde las barras traseras están fijadas.

## **Análisis de la ubicación de los asientos:**

1. **Centro del Bólido:**
- Si el asiento está situado más cerca del centro del bólido, el **momento de fuerza** necesario para mover el bólido se distribuye más uniformemente a ambos lados del centro. Esto significa que la fuerza aplicada por las personas que mueven las barras traseras se aprovecha más eficientemente.
  - Colocar el asiento en el centro reduce la distancia (d) entre el punto de aplicación de la fuerza y el centro de masa del bólido, disminuyendo el momento necesario para mover el bólido. Menor momento implica menor esfuerzo.
2. **Hacia Atrás del Bólido:**
- Si el asiento está situado más hacia atrás, el centro de masa del bólido se desplaza hacia atrás. Esto disminuye la distancia (d) desde el punto de aplicación de la fuerza (las barras traseras) al centro de masa del bólido.
  - Disminuir esta distancia disminuye el momento necesario para mover el bólido, ya que  $M=F \cdot d$ . Menor distancia requiere mayor fuerza, lo que hace que sea más difícil mover las barras traseras.

## **Conclusión:**

Para que las personas que mueven las palancas traseras necesiten aplicar menos fuerza, los asientos deben situarse más hacia el centro del bólido. Esto optimiza el uso de la fuerza aplicada y reduce el momento necesario para mover el bólido, haciendo que el movimiento sea más eficiente y menos agotador para quienes manejan las barras.

# **PREGUNTAS PARA LA FERIA MADRID ES CIENCIA**

**¿Serás capaz de mantener el control del Bólide INDIMA hecho con palets y motores de lavadora a toda velocidad?**

Solo si dominas el equilibrio entre fuerza y precisión. Las palancas responden a tu control y el sistema de vibración añade realismo. ¡Tendrás que sentirlo para saberlo!

**¿Qué se siente al conducir el Bólide INDIMA que es más real que virtual?**

Se siente intensidad y emoción: vibraciones reales, sonido envolvente y la resistencia de los controles te hacen olvidar que no estás conduciendo de verdad.

**¿Cómo convertir materiales reciclados en una experiencia inmersiva?**

Combinando creatividad e ingeniería: motores de lavadora para el movimiento, neumáticos como pivotes, cajas de resonancia para el sonido, una máquina de humo para la atmósfera y mucho más.

**¿Cómo el sonido y la vibración pueden hacer que tu cerebro crea que vas conduciendo?**

Gracias a la combinación de ondas sonoras y estímulos físicos. La vibración sincronizada con el sonido del motor engaña a tu sistema vestibular, dándote la sensación de velocidad y conducción.

**¿Es posible que una máquina poco virtual te haga sentir en un circuito de carreras?**

¡Sí! La simulación real se basa en sensaciones físicas: fuerzas G simuladas, vibraciones, sonido y movimiento real.

**¿Cómo se usa una lavadora para moverte como un piloto?**

Los motores de lavadora generan el movimiento de las ruedas y las vibraciones del chasis, simulando la respuesta del coche a la aceleración y las curvas.

**¿Puedes manejar la tensión de la pista mientras todo vibra, ruge y se llena de sensaciones?**

Solo si mantienes el control y te adaptas a la respuesta física del bólide. La vibración extrema y la atmósfera del humo pondrán a prueba tus reflejos.

**¿Cómo el sonido y la física pueden engañar a tu cerebro y hacerte sentir la velocidad sin moverte del sitio?**

A través de un efecto llamado ilusión multisensorial: cuando el sonido, la vibración y los estímulos visuales coinciden, tu cerebro los interpreta como movimiento real.

**¿Un coche de carreras sin realidad virtual ni pantallas puede ser más inmersivo que cualquier videojuego?**

¡Definitivamente! Al estimular tus sentidos con movimiento real, vibración y sonido, tu cerebro se sumerge completamente en la experiencia. Y además ¡es muy divertido!

## ¿Tienes lo que se necesita para sentir la adrenalina de la velocidad del Bólide INDIMA?

Solo los más valientes lo descubren. La intensidad de la simulación te hará sentir cada giro, aceleración y vibración como si estuvieras en la pista. ¿Te atreves?

## ¿Cómo la Ley de la Palanca te permite controlar la dirección de un bólide hecho con palets?

- La Ley de la Palanca (de Arquímedes) establece que cuanto más lejos apliques la fuerza del punto de apoyo, mayor será el efecto de la palanca. En el **Bólide INDIMA**, las palancas conectadas a los neumáticos pivotantes permiten cambiar la dirección con más facilidad cuanto más lejos estén del eje central.  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$
- Arquímedes resumió este principio con su famosa frase: *"Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo."*

## Si aplicas más fuerza a nuestras palancas, ¿girarás más rápido o perderás el control?

- Depende de la cantidad de fuerza y la velocidad del giro. Según la **Segunda Ley de Newton** ( $F = m \cdot a$ ), más fuerza genera una mayor aceleración, pero si giras demasiado rápido, podrías perder el control por la inercia.

## ¿Cómo afecta la Ley de Hooke a la vibración del simulador cuando pisas el acelerador?

- La **Ley de Hooke** dice que la deformación de un resorte es proporcional a la fuerza aplicada. En el **Bólide INDIMA**, los neumáticos y las cajas de resonancia actúan como sistemas elásticos que se comprimen y expanden, generando vibraciones realistas al acelerar.

## ¿Sabías que la Ley de Hooke explica por qué nuestro bólide tiembla y ruge al máximo?

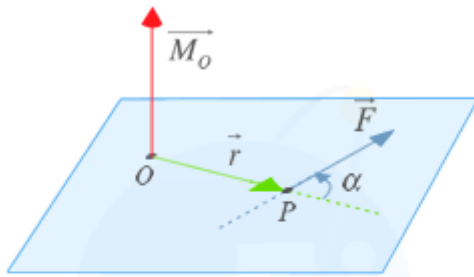
- Sí, porque los materiales elásticos (como los neumáticos y las suspensiones improvisadas) almacenan y liberan energía de manera periódica. Cuando el simulador vibra, está oscilando según esta ley.

## ¿Cómo las Leyes de Newton te harán sentir cada giro y aceleración sin salir del sitio?

- La **Primera Ley de Newton (Inercia)** explica que tu cuerpo seguirá en movimiento cuando el simulador vibre o se incline, creando la sensación de velocidad. La **Tercera Ley (acción-reacción)** justifica por qué al empujar una palanca, sientes resistencia del sistema.

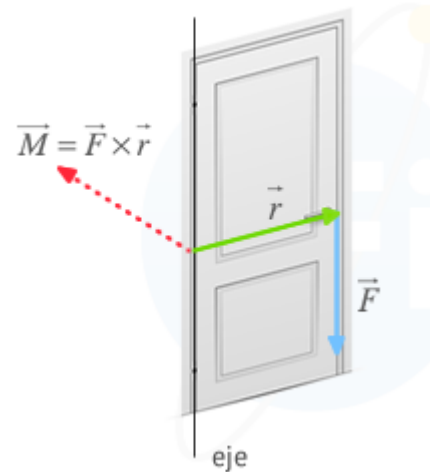
## Si aplicas el doble de fuerza a la palanca, ¿girarás el doble de rápido?

- No necesariamente. La aceleración angular depende no solo de la fuerza aplicada, sino del punto de apoyo y la resistencia del sistema. Según la **Segunda Ley de Newton para rotación** ( $M = I \alpha$ ), la velocidad del giro también depende del momento de inercia ( $I$ ) cuanto mayor sea la masa, más difícil será cambiar su velocidad de rotación. **M (MOMENTO)** es el **torque** o **momento de fuerza**, que mide la fuerza y en qué punto aplicas la fuerza para girar el sistema.



### Momento de una fuerza respecto a un punto

El momento del vector  $\vec{F}$  respecto a  $O$  ( $\vec{M}_O$ ) es perpendicular al plano que este forma con su vector de posición  $\vec{r}$ . Podemos determinar su sentido con la regla de la mano derecha.



Si el simulador deja de vibrar, ¿seguirá la sensación de movimiento?

- Sí, pero solo por un momento. Gracias a la **Primera Ley de Newton (Inercia)**, tu cerebro sigue creyendo que te mueves hasta que recibe suficiente información para corregir la sensación.

¿Cómo la acción y la reacción de Newton convierten un motor de lavadora en pura adrenalina?

- La **Tercera Ley de Newton** dice que a toda acción le corresponde una reacción. Cuando los motores de lavadora giran y generan vibraciones, la estructura del **Bólide INDIMA** responde transmitiendo la sensación de movimiento realista.

¿Cómo afecta la deformación de los neumáticos al realismo del simulador?

- Según la **Ley de Hooke**, los neumáticos actúan como resortes, absorbiendo y devolviendo energía. Esto crea pequeñas oscilaciones que simulan el contacto con el asfalto, aumentando la inmersión.
- La **Ley de Hooke** establece que la fuerza ejercida por un resorte es proporcional a su deformación, es decir,  $F = -kx$ , donde  $k$  es la constante elástica del material y  $x$  es la deformación sufrida.

## ¿SE TE OCURREN MÁS?

