

# Guía Experimental 7

## Conversión de un Automóvil Radio-controlado

### 1. Introducción

En este experimento compararemos la eficiencia y potencia que desarrollan un motor de combustión interna versus un motor eléctrico, además de otros atributos tales como la velocidad máxima, RPM del motor, torque, etc.

Para ello mediremos el desempeño de ambos motores en un mismo auto, para lo cual deberemos “convertir” nuestro auto de motor a combustión a eléctrico.

### 1.2 Objetivos

Al final del experimento deberemos ser capaces, en forma general, de entender como funcionan ambos motores. Deberemos saber identificar sus ventajas y desventajas.

Entenderemos que estos resultados pueden ser extendidos, en su justa medida, a una escala real de diseño de automóviles.

Finalmente lo más importante será que habremos adquirido el conocimiento necesario para formarnos un criterio que nos permita elegir entre ambos sistemas de propulsión, evaluando cada una de sus ventajas y desventajas.

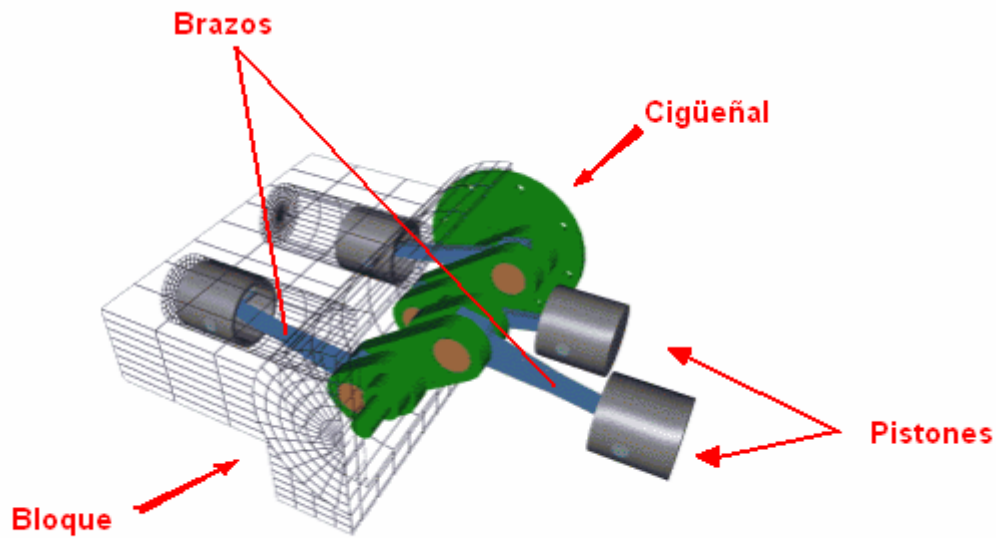
### 1.3 Conocimientos Previos

Antes de realizar nuestro experimento debemos estudiar como se comportan los elementos que usaremos en nuestra experiencia.

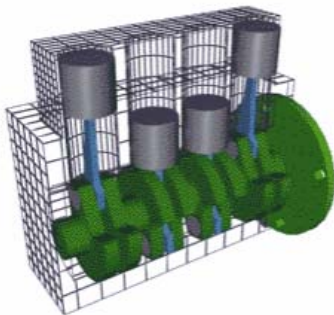
### 1.4 Motor de Combustión (2 tiempos)

Un motor de combustión de 2 tiempos, o motor de 2 tiempos simplemente hablando, es un dispositivo que convierte la energía química contenida en algún compuesto (gasolina, diesel, etc.) en energía mecánica. En general, cuando se habla de un motor de combustión se está haciendo referencia a este tipo de motores.

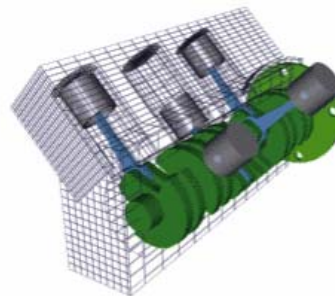
Un motor de combustión en general está constituido de distintas partes, de las cuales para estudiar su funcionamiento consideraremos las siguientes: el bloque, los pistones, el cigüeñal y los brazos.



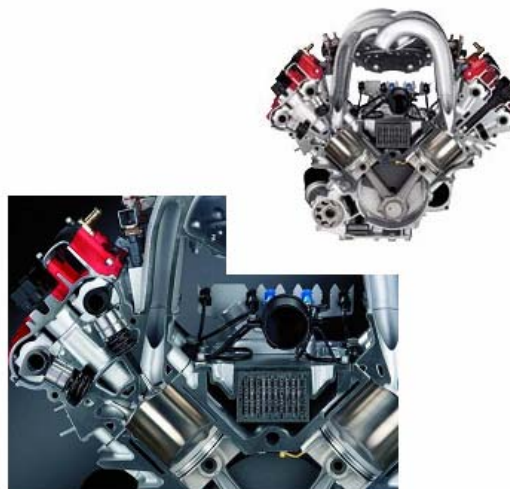
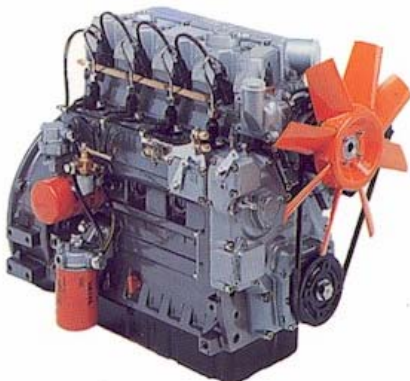
Hay varios tipos de motores de combustión, los más usados son los de 4 tiempos, los cuales podemos encontrar en autos, buses, camiones, barcos e incluso en algunos aviones. Aunque hay distintas configuraciones para los motores de 4 tiempos, el modo de funcionamiento para todos ellos es el mismo.



**Motor configuración  
cilindros en línea**



**Motor configuración V8**



Después tenemos los motores de 2 tiempos, los cuales tienen los mismos 4 tiempos del motor de 4 tiempos, pero realizan los 2 primeros tiempos en un solo ciclo y los 2 siguientes en otro ciclo, por lo que solo se observan 2 tiempos en un ciclo completo. Debido a que estos motores contienen los 4 tiempos en solo 2 pueden alcanzar altas revoluciones, muchas más que un motor de 4 tiempos. En general, un motor de 4 tiempos puede alcanzar alrededor de 3200 hasta 6000 RPM (revoluciones por minuto) mientras que un motor de 2 tiempos pueden alcanzar sobre los 30000 RPM.

Para que un motor de 2 tiempos pueda alcanzar tan altos RPM es necesario que el pistón haga carreras cortas, lo que implica que el motor no será de grán tamaño. Así mismo, dado que los pistones en un motor de 4 tiempos son de mayor tamaño, estos se demorarán más tiempo en realizar una carrera, por lo que este tipo de motores no alcanzarán altos RPM como ya mencionamos. Así, el tamaño del motor define los RPM.

En la práctica los motores de 2 tiempos son ocupados principalmente en aparatos de uso doméstico o industrial, como sierras, cortadoras de pasto, bombas de agua o en generadores de energía eléctrica. Su uso en transporte solo se limita a motocicletas, motonetas, motos de nieve, motos de agua y motores fuera de borda para lanchas.

Otro motor de combustión que tiene mucho menos uso en la industria, pero su desempeño y prestaciones lo hacen digno de mención, es el motor tipo Wankel o motor rotatorio, el cual posee un solo pistón en forma triangular.



**Motor Tipo Wankel**

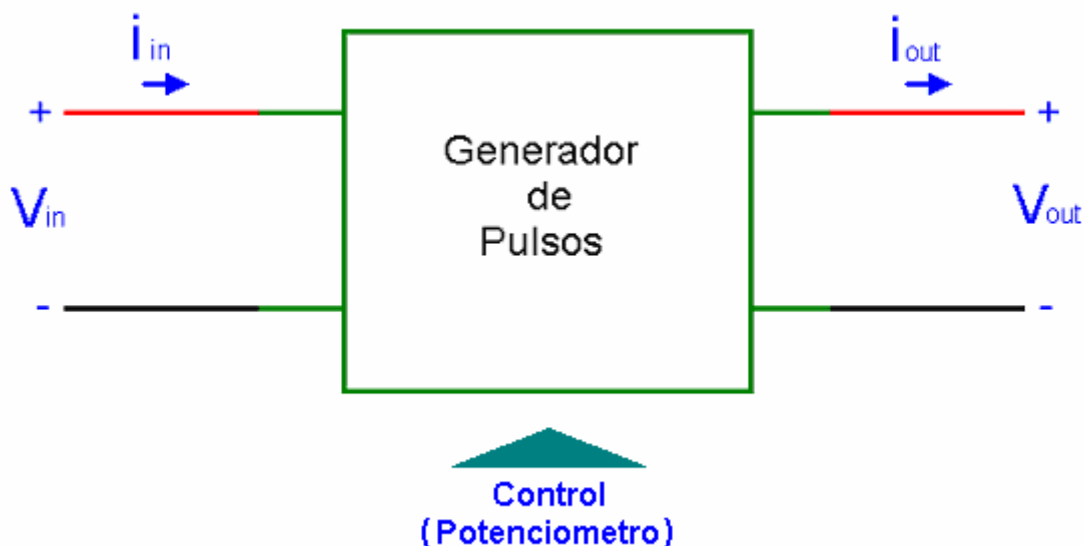
## 1.5 2 tiempos vs 4 tiempos

Es curioso que un motor que desarrolle muchas más RPM se ocupe solo en aplicaciones de baja potencia. La razón principal de esto es que la eficiencia de un motor de 2 tiempos es muy inferior a la de un motor de 4 tiempos, esto es, los motores de 2 tiempos tienen un menor aprovechamiento de la energía química que los motores de 4 tiempos. Esto se debe principalmente a que un motor de 2 tiempos utiliza la energía de la explosión no tan solo para propulsión, si no también para comprimir la mezcla de gasolina y aire, y para expulsar el combustible quemado. De este modo, solo una pequeña porción de la energía liberada en la explosión es aprovechada y convertida en energía mecánica. En cambio, los motores de 4 tiempos desarrollan mayor torque que los motores de 2 tiempos, lo que en palabras más simples significa que se pueden usar neumáticos más grandes.

## 1.6 Generador de Pulsos

Un generador de pulsos, o más conocido en jerga eléctrica como “Chopper”, es un dispositivo al cual se le entrega un voltaje continuo y lo transforma en una serie de pulsos o “escalones” de voltajes continuos. Algo similar ocurre con la corriente. Los generadores de pulsos son también conocidos como convertidores cd-cd.

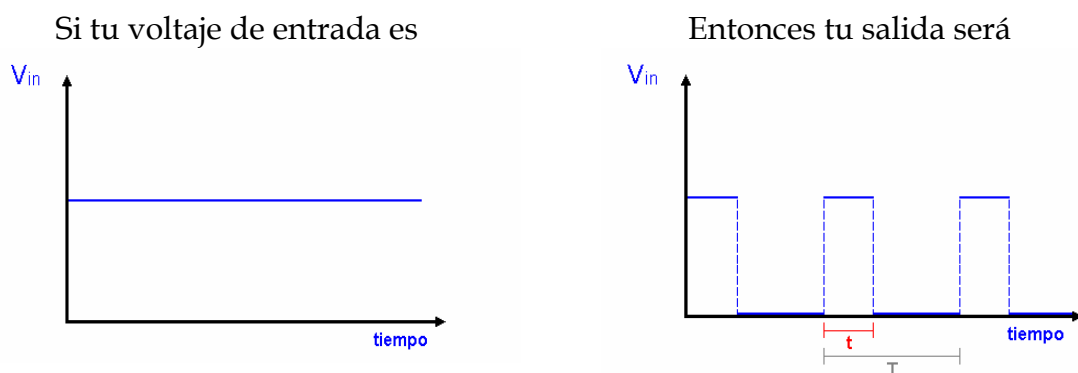
No intentaremos analizar como es que el “chopper” realiza esta acción, tampoco describiremos su funcionamiento interno, nos limitaremos a verlo como una especie de caja negra, entendiendo su comportamiento en base a sus voltajes de entrada y salida.



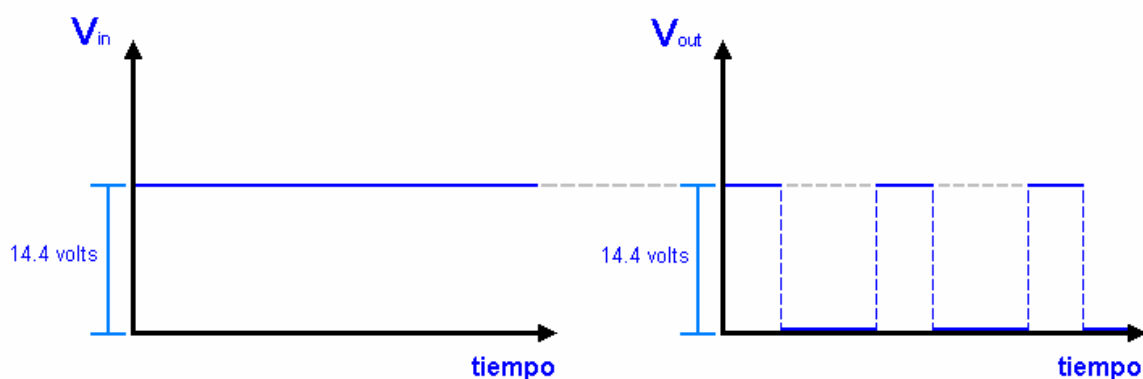
Para nuestro experimento, el voltaje de entrada al chopper será  $V_{in}$ , el cual es suministrado por un par de baterías, y el voltaje de salida será  $V_{out}$ , el cual se suministrará al motor de corriente continua. El voltaje de entrada que usaremos tendrá un valor de 14.4 volts aproximadamente, mientras que la corriente podrá tomar valores cercanos e incluso mayores a 1 ampere.

¿Cómo funciona un Chopper?, ¿Qué hace?

Un chopper simplemente hace lo siguiente:

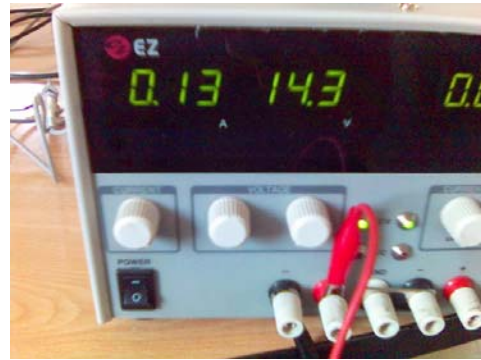


El ancho de  $t$  y  $T$  se regula mediante un potenciómetro. Un potenciómetro es una resistencia variable, la cual puede adquirir valores entre cero y algún valor determinado, en nuestro caso, ocupamos un potenciómetro de 50 k $\Omega$ , esto significa que nuestro potenciómetro puede alcanzar como valor máximo 50 k $\Omega$ . Observemos que la amplitud de la señal de salida (voltaje de salida  $V_{out}$ ) se mantiene con respecto al valor de la señal de entrada (voltaje de entrada  $V_{in}$ ), es decir :



Si quisiéramos aumentar el ancho de pulso (el valor de  $t$ ) basta con regular el potenciómetro, como se muestra a continuación :

La fuente nos entrega 14.4 volts aprox. fijo



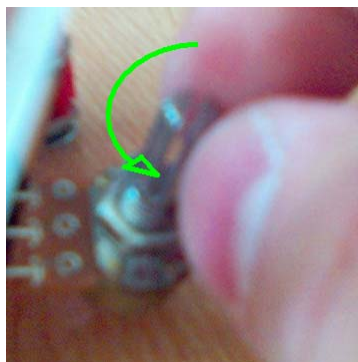
El potenciómetro está en su mínimo valor resistivo



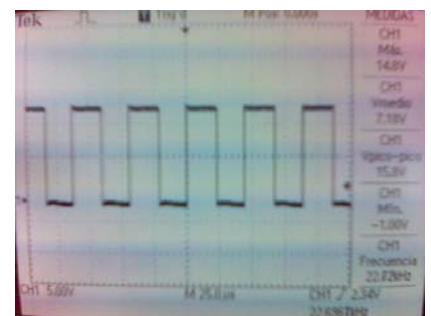
El osciloscopio nos muestra



A medida que vamos aumentando el valor resistivo del potenciómetro



El osciloscopio nos muestra entonces

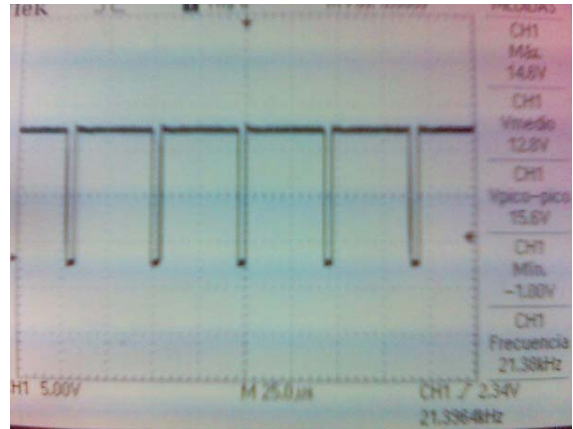




Cuando el valor resistivo del potenciómetro va llegando a su máximo



El osciloscopio nos muestra ahora



De este modo al girar la perilla (potenciómetro) producimos un cambio en el valor del ancho de pulso, ya sea aumentando o disminuyendo su valor. Esto significa que podemos entregar al motor un pulso de 14.4 volts durante  $t$  segundos, para luego detener el motor por otros  $(T - t)$  segundos para luego volver a encenderlo usando nuevamente un pulso de 14.4 volts y así sucesivamente.

Si los pulsos duran más tiempo (ancho de pulso  $t$  mayor), el motor funcionará mas rápido (se tendrán más revoluciones por minuto, RPM). Por el contrario, si el ancho de pulso  $t$  es corto, entonces el motor andará más despacio, es decir, se tendrán menos RPM.

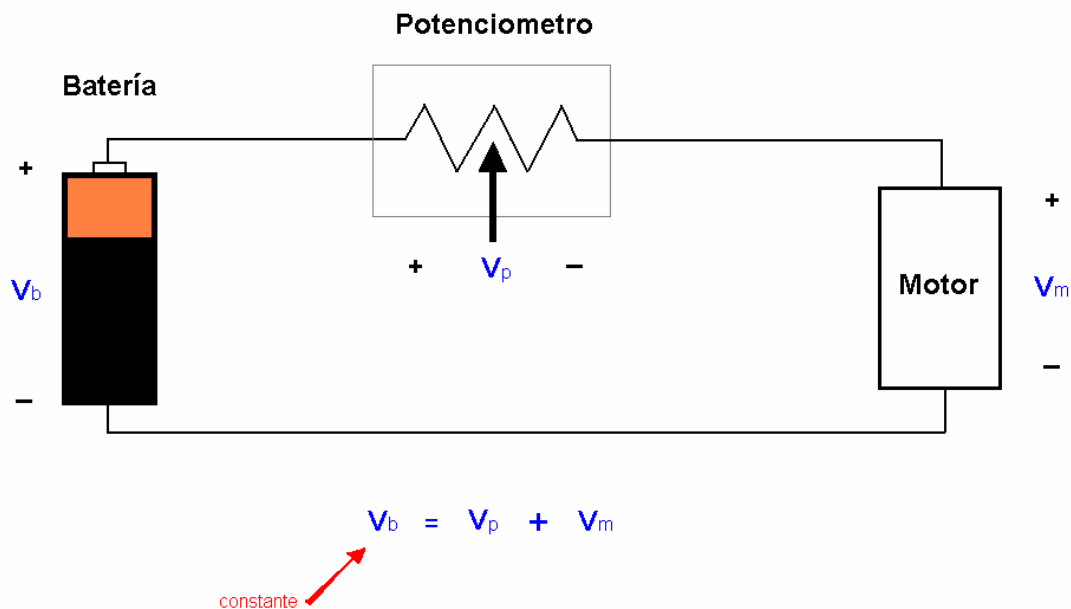
Observemos que al aumentar o disminuir el valor de  $t$ , el valor de  $T$  se mantiene constante, por lo que nuestro motor operará siempre a una misma frecuencia. Y siempre tendremos la misma cantidad de pulsos por segundo.

En la práctica los valores de  $t$  y  $T$  son muy pequeños como para poder darnos cuenta de su duración. Es necesario ocupar ciertos instrumentos, tales como el osciloscopio, para poder medir estos tiempos y saber calcular cuantos RPM se tienen para una salida específica.

Finalmente cabe mencionar que este tipo de control es llamado “control por ancho de pulso”.

¿Porqué ocupar un Chopper?

Una de las maneras más simples de controlar un motor eléctrico es usando un potenciómetro “en serie” con el motor, obteniendo una configuración como se muestra en la figura :



Esta configuración es también conocida como “divisor de voltaje”, pues, como deberíamos saber, el voltaje entregado por la batería debe ser igual a la suma de los voltajes en el motor y en el potenciómetro. De este modo si aumentamos la resistencia en el potenciómetro, como el voltaje entregado por la batería se mantiene constante, entonces el voltaje en el motor deberá forzosamente disminuir, con lo cual su velocidad también lo hace.

A pesar de su evidente simpleza de implementación, este método de control es para nada efectivo cuando se necesita controlar un motor, debido a que gran parte de la energía entregada por la batería se desperdiciará en el potenciómetro y no en el motor, como nos gustaría. Este tipo de control se denomina “control por ancho de amplitud”, pues si nos damos cuenta, lo que se hace variar en el motor es el voltaje sobre éste, que no es nada mas que la amplitud de la señal de salida de nuestro potenciómetro.



A diferencia del caso anterior, en la utilización de un Chopper la energía es aprovechada de mejor manera, existe mucho menos disipación de energía en el Chopper que en un potenciómetro. Cabe mencionar que el potenciómetro que se ocupa en un Chopper no tiene una función disipativa como la que tiene en configuración “divisor de voltaje”, aunque por ser un elemento resistivo disipará energía, su función es la de un regulador de pulso, por lo que disipará mucho menos energía que en la configuración “divisor de voltaje”. De este modo nuestras baterías durarán más y tendremos más tiempo de operación para nuestro motor.

Sin embargo, es necesario pagar un costo para poder obtener esta ventaja energética. Implementar un Chopper es un poco más costoso económicamente, además de ser técnicamente mucho más complicado en su diseño y construcción.

## 2.Sobre como manejar el auto

Manejar el auto es muy fácil, pero debe hacerse con cuidado, para no echar a perder los elementos que controlan el auto. Para controlar los movimientos del auto hacemos uso del radio-control disponible, muy similar al que se muestra a continuación:



En la figura se señalan principalmente 3 elementos del radio-control, los cuales serán los que usaremos para controlar prácticamente todos los movimientos del auto.

No está demás decir que con el manubrio controlamos la dirección del auto, con el gatillo controlamos la velocidad del auto y con el botón On/Off, encendemos o apagamos el auto (es como obvio).

Tampoco está demás decir que si giramos el manubrio hacia nosotros o atrás o sentido antihorario (como quieran llamarle), es decir, como se muestra en la figura:



Entonces el automóvil girará hacia la derecha, por el contrario si giramos el manubrio en el sentido horario o hacia delante (como se muestra en la siguiente figura) el automóvil girará hacia la izquierda.



Si para alguna persona resultara incomodo manejar el auto en esta configuración, es posible cambiar el sentido de giro del manubrio, es decir, sentido antihorario implica giro hacia la izquierda, sentido horario implica giro hacia la derecha. De este modo, el manejo del auto sea siempre cómodo para el sujeto. En tal caso consulte a su auxiliar sobre como cambiar el sentido de giro del manubrio.

### **Sobre el Gatillo - MUY IMPORTANTE**

Este auto no consta de un sistema de transmisión motor-eje variable, es decir, no existe una caja de transmisión (mas conocida como caja de cambio), por lo que el auto acelera muy rápido si presionamos el gatillo en su totalidad. Dado que si hacemos esto mientras el auto esté quieto, demandamos una sobre-exigencia al motor (tanto eléctrico como de combustión). En el caso de motor a combustión, si presionamos el gatillo por completo, puede que el motor se ahogue y se apague. Como el motor estará ahogado nos costará más prenderlo que si no lo estuviera. No es conveniente prender un motor ahogado, el motor puede sobrecalentarse y esto puede provocar severos daños en el motor.

En el caso de un motor eléctrico, los daños que causa un repentino aumento de sobretensión en el motor pueden provocar (y de hecho lo hará) un brusco aumento de corriente que puede sobrepasar fácilmente los 60 AMPERES por un lapso de tiempo de alrededor de 1 segundo, lo cual es suficiente para quemar nuestro chopper y acabar con nuestro experimento, por lo que, dada la extrema sensibilidad del gatillo, se ruega **NO PRESIONAR EL GATILLO EN SU TOTALIDAD DE UNA SOLA VEZ**. Para presionar el gatillo debe hacerse de a poco, con **MUCHO CUIDADO** y precaución. Se aconseja que ensaye primero unas pocas veces, con el auto en el aire para que el motor haga menos fuerza, y así se acostumbre a la sensibilidad del gatillo.

### **3. Parte Experimental**

#### **Medición de potencia**

El objetivo principal del experimento será medir la potencia y los RPM que ambos motores pueden alcanzar. Todas las mediciones que haremos se anotarán en la tabla que está al final de la guía.

#### **Mediciones sin carga**

Las mediciones que se describen a continuación deben hacerse para ambos motores.

a) Teniendo el auto suspendido en el aire procederemos a medir los RPM que desarrolla el motor sin carga usando el medidor de RPM que dispone el laboratorio (consulte a su auxiliar sobre como utilizar el instrumental). Tenga en cuenta que debido a que la llanta del auto tiene 3 radios, por cada vuelta el medidor registrará 3 mediciones, por lo que el resultado deberá dividirse por 3.

b) Mida el radio de la transmisión del eje (engranaje que está en el eje) y el radio del reductor conectado al motor (engranaje conectado al motor). Registre sus mediciones.

c) Calcule con la ayuda de su auxiliar el RPM para el motor. Tenga en cuenta la relación de que por 1 vuelta de la rueda, el engranaje en el eje dará X vueltas. Obtenga esta relación. Recuerde que el cálculo de RPM teniendo el motor sin carga es solo un estimativo, una cosa superior del valor real que puede llegar a desarrollar el auto.

d) (Solo Motor eléctrico) realice lo siguiente: usando un multitester y el osciloscopio en paralelo con el motor y un amperímetro de tenaza mida voltaje y corriente en el motor cuando esté el gatillo en su máximo. Luego calcule la potencia a partir de estos valores. Recuerde anotar los valores medidos con sus unidades respectivas. Observe que sucede en el osciloscopio cuando varía la velocidad, describa lo que ve.

Tabla de mediciones sin carga

	Motor de Combustión	Motor Eléctrico
RPM Registrado		
RPM Rueda		
Radio Engranaje		
RPM Motor		
Voltaje	-----	
Corriente	-----	
Potencia	-----	

#### Mediciones con carga

Medir con carga significa medir teniendo el auto en el piso, es decir, llegó la hora de conducir nuestro auto. La carga se refiere a que el motor deberá mover su propio peso además del peso del auto completo. Las mediciones que realizaremos a continuación son idénticas para ambos tipos de motores.

Con el uso de una huincha mida el perímetro en donde se desplazará nuestro auto. Luego con un cronómetro mida el tiempo que se demora en recorrer el dicho perímetro. Repita al menos 5 veces su medición y registre sus datos en la tabla. Calcule los datos faltantes en la tabla con la ayuda de su auxiliar.

Tabla de mediciones con carga

Motor de Combustión		Motor Eléctrico	
Masa		Masa	
Distancia Rec.		Distancia Rec.	
Tiempo 1		Tiempo 1	
Tiempo 2		Tiempo 2	
Tiempo 3		Tiempo 3	
Tiempo 4		Tiempo 4	
Tiempo 5		Tiempo 5	
Potencia Media		Potencia Media	
Vel Media		Vel Media	
Vel max aprox		Vel max aprox	
Acel aprox		Acel aprox	