

# **Análisis de la suspensión frontal izquierda de vehículo todo terreno AWD a escala 1:10 de radio control**

**Miguel Angel Rodríguez Fuentes**

Intituto Politécnico Nacional-UPIITA, México, D.F., mrodriguezf@ipn.mx

**Alejandro Escamilla Navarro**

Intituto Politécnico Nacional-UPIITA, México, D.F., aescamillan@ipn.mx

**Alfonso Campos Vázquez**

Intituto Politécnico Nacional-UPIITA, México, D.F.,

## **ABSTRACT**

The suspension system is one of the main factors that affects the traction and maneuverability of a moving vehicle, therefore their analysis in real tests. The scale radio controlled vehicle used has a double wishbone suspension with geometry setup capabilities, oil filled dampers, and interchangeable springs. As a case of study left frontal suspension was selected, and a proposal for analysis. For measuring the displacement of the damper, a digital system based in an FPGA board was used. Several tests were performed and later analyzed considering damper displacement, damper velocity displacement, and considering the geometry of the suspension the computation of instant centers and dynamic roll center. All data measured is the basis for further tests involving the set up of the suspension. The use of a scale vehicle simplifies the run of all tests, and involves all the physical phenomena present in a real scale vehicle.

**Keywords:** Suspension, damper, FPGA, roll center.

## **RESUMEN**

La suspensión es uno de los factores principales en cuanto a la tracción y maniobrabilidad de un vehículo, por lo cual es fundamental su análisis en pruebas reales. El vehículo a escala tiene una suspensión de doble brazo con posibilidad de ajustarse y amortiguadores de aceite con la posibilidad de cambiar los resortes. Como caso de estudio se seleccionó solamente la suspensión frontal izquierda del vehículo y se presenta una metodología de análisis. Se diseñó un sistema de adquisición de datos basado en una tarjeta con un dispositivo lógico programable (FPGA) para medir y almacenar el desplazamiento del amortiguador en un vehículo a escala de radio control. Se realizaron pruebas en diversas condiciones analizando desplazamientos del amortiguador, velocidades de desplazamiento del amortiguador, histogramas de velocidades, y a partir de la geometría de la suspensión del vehículo se realizó el cálculo de los centros instantáneos y el centro de balanceo dinámico. Los datos recolectados serán utilizados para realizar pruebas en configuración y puesta a punto de la suspensión. La ventaja del vehículo a escala es la facilidad en cuanto a realizar pruebas y ajustes, donde los principios físicos de la suspensión se presentan al igual que en un vehículo a escala real.

**Palabras claves:** Suspensión, amortiguador, FPGA, centro de balanceo.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La suspensión de un vehículo en movimiento está sometida a fuerzas generadas por la aceleración, el frenado, toma de curvas, las condiciones del pavimento, etc., un sistema de amortiguamiento correctamente ajustado puede hacer la mayor contribución en obtener un eficiente sistema de suspensión. Se ha probado por mucho tiempo en diseño de amortiguadores y de ingeniería en las pistas, que un buen diseño del sistema de amortiguamiento con un

buen ajuste de los componentes de la suspensión hará la diferencia en cuanto a tracción, desempeño en el frenado, agarre lateral, mejor aceleración y mejor desempeño al tomar las curvas. El propósito principal de un amortiguador en una suspensión es convertir la energía cinética almacenada en un resorte comprimido debida al movimiento de la masa del vehículo en energía térmica. La energía térmica se disipa en el flujo del aire a través de cuerpo del amortiguador que actúa como un intercambiador de calor. Un amortiguador disminuye y controla el movimiento de la suspensión tanto en compresión como en extensión. En esta época donde la electrónica parece tomar control de los autos, un hecho permanece constante, sin importar lo avanzado de los sistemas electrónicos, los autos aún giran sobre cuatro ruedas con un área de contacto reducida. El amortiguamiento de compresión (control de la masa no suspendida) es más importante para el agarre y maniobrabilidad del auto que el amortiguamiento de extensión (control de la masa suspendida) (Zuijdijk,2013).

Los factores que afectan el manejo de un vehículo son: carga de un neumático, transferencia de peso, presión de las llantas, ángulo de caída de la rueda, ganancia del ángulo de caída de la rueda, convergencia o divergencia, inclinación longitudinal, distancia al piso, resortes, barras estabilizadoras, amortiguadores, cojinetes, soportes del chasis, ajustes, sistema de tracción (delantera FWD, trasera RWD, cuatro ruedas AWD), y aplicación del vehículo. El corazón de un sistema de suspensión son los resortes ya que realizan cinco tareas críticas: a) protegen al chasis y a la suspensión de golpear al pasar un tope, b) controlan los neumáticos al pasar los topes, c) controlan el balance del chasis al acelerar, frenar o tomar las curvas, d) determinan la variación de la carga de un neumático sobre el pavimento al acelerar, frenar o tomar curvas, e) definen la distancia entre el chasis y el piso. Los amortiguadores controlan las oscilaciones de los resortes, determinando que tan rápido el resorte se comprime o expande. Generalmente se le llama velocidades de compresión o expansión del amortiguador. Las velocidades bajas del desplazamiento se presentan durante el balanceo, y las velocidades altas se presentan al pasar por topes o baches, y afectan la carga del neumático sobre el piso; y las velocidades medias tienen influencia tanto en los topes, como en el manejo del vehículo (Alexander,2011).

## **CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DE ESTUDIO (TRAXXAS, 2012)**

### **A) DIMENSIONES**

Longitud: 568mm

Anchura: 296mm

Altura al piso: 72mm

Peso: 2.73Kg

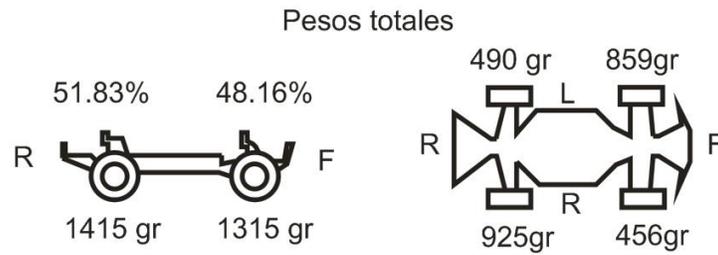
Distancia entre ejes: 324mm

### **B) CARACTERÍSTICAS GENERALES**

- Traxxas Slash Ultimate 4x4.
- Diseño de chasis con bajo centro de gravedad.
- Motor eléctrico sin escobillas Velineon 3500
- Baterías de alimentación LiPo de 2 celdas de 5000mAh.
- Amortiguadores de aluminio GTR con cilindro de 13mm de diámetro y flechas de 3.5mm de diámetro con recubrimiento de nitruro de titanio.
- Sistema de radio control TQi 2.4 GHz.
- Mazas de aluminio anodizado.
- Barra estabilizadora delantera y trasera.
- Neumáticos de compuesto S1 todoterreno.
- Diferencial sellado lubricado.

### **B) DISTRIBUCIÓN DE PESOS**

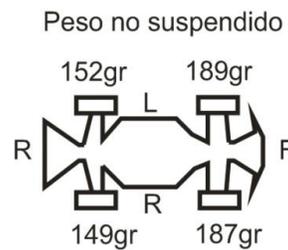
Para medir la distribución de pesos del vehículo se colocó sobre básculas digitales idénticas con la capacidad máxima de 5.0 Kg y precisión de 1gr. La distribución de los pesos se muestra en la Figura 1.



**Figura 1: Distribución de pesos del vehículo de prueba**

El peso suspendido (*sprung weight*) es el peso de todos los elementos del vehículo soportados por la suspensión, y el peso no suspendido (*unsprung weight*) incluye a todos los componentes de la suspensión, incluyendo ejes, ruedas, baleros, brazos de la suspensión, etc. La técnica para medir el peso no suspendido, es retirar los amortiguadores y las barras estabilizadoras, soportar el chasis, y colocar básculas debajo de la suspensión. Los resultados se muestran en la Figura 2.

- Peso no suspendido = 187 + 189 + 149 + 152 = 677gr
- Peso suspendido = 2730 – 677= 2053 gr

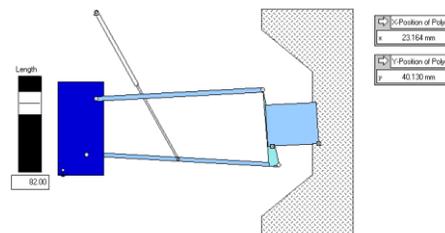


**Figura 2: Peso no suspendido**

## 2. ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO DE LA SUSPENSIÓN (RUEDA) RESPECTO AL DESPLAZAMIENTO DEL AMORTIGUADOR

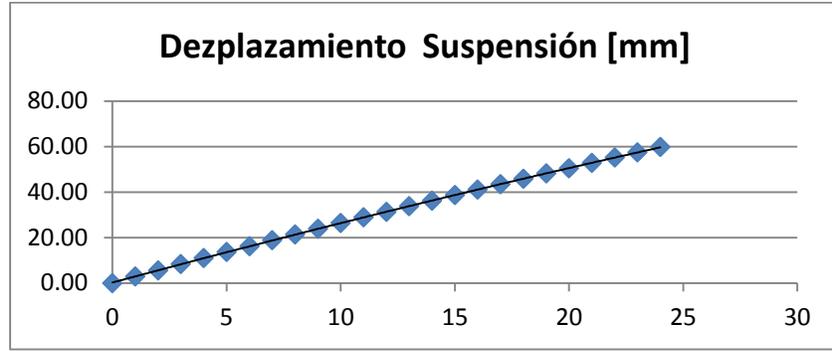
Para el análisis de desplazamientos se midió la geometría actual sobre el vehículo de prueba utilizando una metodología similar a la presentada en (Bolles, 2010). Se desmontó la rueda frontal delantera izquierda para poder realizar las mediciones utilizando una estructura con hilos y plomadas para medir por medio de un calibrador los puntos importantes de la geometría de la suspensión.

Para analizar el desplazamiento de la suspensión (rueda) respecto al desplazamiento del amortiguador se utilizaron las medidas y se dibujó el modelo de la suspensión en el software *working model* (Figura 3). Modificando los desplazamientos del amortiguador se calculó por el software el cambio de posición de la rueda y exportando los datos a una hoja de cálculo, se determinó la ecuación de segundo orden (1) para la serie de datos. Donde la  $x$  es la compresión en milímetros del amortiguador y  $y$  el desplazamiento en milímetros de la rueda (Figura 4).



**Figura 3: Análisis de la geometría de la suspensión**

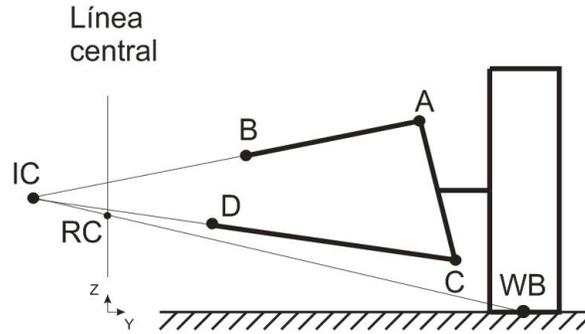
$$y = -0.0098x^2 + 2.7149x + 0.191 \quad (1)$$



**Figura 4:** Gráfica del desplazamiento de la suspensión (rueda) vs desplazamiento del amortiguador

### 3. ANÁLISIS DE LOS CENTROS INSTANTÁNEOS Y EL CENTRO DE BALANCEO (ROLL CENTER)

El centro instantáneo se encuentra intersección de líneas proyectadas a lo largo de los brazos de la suspensión superior e inferior. El centro instantáneo (IC) es el centro de rotación de todo el sistema de suspensión. El centro de balanceo (RC) se encuentra al trazar una línea del centro instantáneo a la base de la rueda (WB), el punto en el cual la línea intersecciona la línea central del vehículo es el RC mostrado en la Figura 5. (Blundell, Harty, 2004).



**Figura 5:** Determinación geométrica del centro instantáneo (IC) y del centro de balanceo (RC)

$$GR1 = \frac{(BZ - AZ)}{(BY - AY)} \quad (2)$$

$$GR2 = \frac{(DZ - CZ)}{(DY - CY)} \quad (3)$$

$$ICY = \frac{(GR1 \times AY - GR2 \times CY + CZ - AZ)}{(GR1 - GR2)} \quad (4)$$

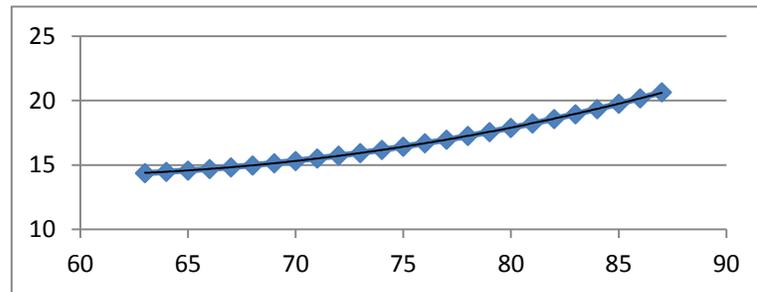
$$ICZ = AZ + GR1 \times (ICY - AY) \quad (5)$$

$$GR3 = \frac{(ICZ - WBZ)}{(ICY - WBY)} \quad (6)$$

$$RCY = 0 \quad (7)$$

$$RCZ = WBZ + GR3 \times (RCY - WBY) \quad (8)$$

En base a la geometría medida en el vehículo de estudio, y utilizando el software *working model*, se obtuvieron los valores de las coordenadas de los puntos A,B,C,D y WB de la suspensión para poder calcular por las ecuaciones (2) a (8) los centros instantáneos IC y el RC para todo el recorrido del amortiguador . Obteniendo la ecuación (9) donde  $x$  es el desplazamiento del amortiguador y  $RCZ$  la distancia en Z del RC.



**Figura 6: Gráfica del desplazamiento del centro de balanceo vs desplazamiento del amortiguador**

$$RCZ = 0.0075x^2 - 0.8628x + 39.072 \quad (9)$$

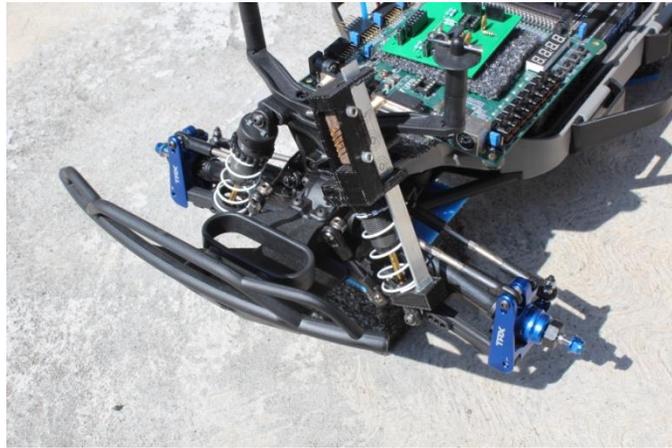
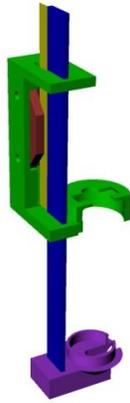
#### 4. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Para analizar la suspensión frontal izquierda en condiciones reales se diseñó e implementó un sistema de adquisición de datos para medir la velocidad del vehículo y los desplazamientos del amortiguador frontal izquierdo.

##### A) SENSORES Y ACOPLAMIENTO

La velocidad del vehículo se mide mediante un sensor de efecto Hall y con un imán montado en el engrane de salida de la transmisión. Mientras el imán no pase por el sensor se tiene un 1 lógico a la salida, de lo contrario un 0 lógico. El vehículo ya cuenta con el sensor montado el cual se conectó con el sistema de adquisición de datos.

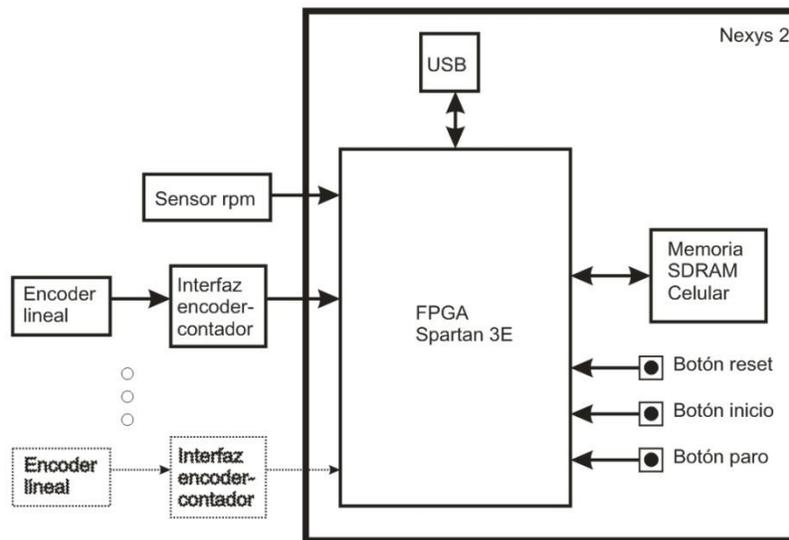
Para medir los desplazamientos del amortiguador se utiliza un encoder lineal incremental EM1-0-127-N de USDigital (USDigital,2013) junto con una tira o cinta lineal de 127 líneas por pulgada a fin de medir desplazamientos lineales con una resolución de 0.2mm. Las señales provenientes del encoder (cuadratura) pasa por el circuito integrado LS7184, de donde se obtienen tanto el sentido de desplazamiento y los pulsos. Para acoplar físicamente el encoder y la cinta lineal al amortiguador diseñó un sistema de montaje a la medida para soportar el acoplamiento y mantener la distancia de la cinta al encoder dentro de los parámetros del fabricante. El soporte para el encoder y el movimiento de la cinta se diseñó utilizando Rhinoceros 4.0 y las piezas se fabricaron utilizando una impresora 3D por deposición de material PLA (Ácido Poliláctico) de color negro. El encoder se acopla a la parte superior del amortiguador y la cinta se desplaza por medio de una barra de aluminio acoplada al soporte inferior del amortiguador. El soporte inferior original del amortiguador se retiró, se diseñó y fabricó uno nuevo que incluye el soporte para la barra de aluminio. El soporte para encoder se colocó sobre la parte superior del amortiguador por medio de un pegamento plástico. En la Figura 7 se muestra el diseño para la medición de los desplazamientos lineales del amortiguador y se aprecia una fotografía del sistema montado en el auto.



**Figura 7: Imagen del sistema de soporte para el encoder lineal para el amortiguador**

## B) UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO

El diagrama a bloques del sistema de adquisición de datos se presenta en la Figura 8.



**Figura 8: Diagrama a bloque del sistema de adquisición de datos**

La parte central de procesamiento del sistema está programado en un FPGA (Arreglo de Compuertas Programables en Campo) Spartan3E utilizado en la tarjeta de desarrollo Nexys 2 (Digilent,2013). Un FPGA permite implementar circuitos digitales a la medida (*custom digital circuits*) con la capacidad de ejecutar procesamientos en paralelo (Vahid, 2010).

Si bien en la etapa inicial solo se tiene el sensor de velocidad (sensor rpm) y se mide el desplazamiento de un solo amortiguador por medio de un encoder lineal, el código puede fácilmente escalar para poder medir el desplazamiento de múltiples sensores (por ejemplo el de los 4 amortiguadores) al mismo tiempo.

Los dos elementos básicos dentro de un FPGA son cientos de patrones de tablas de verdad y matrices de interruptores, a fin de implementar un circuito digital. El código de programación del FPGA se realizó utilizando el lenguaje de descripción de hardware VHDL (lenguaje de descripción de hardware de muy alta velocidad). De forma general el sistema funciona de la siguiente manera, el programa del FPGA se carga a través del puerto USB de la tarjeta y por medio de una computadora personal. Pulsando momentáneamente el botón de reset, el usuario

puede limpiar los registros y contadores utilizados dentro del FPGA. Cuando se desea iniciar el proceso de adquisición de datos, el usuario oprime momentáneamente el botón de inicio, con lo cual se adquieren una determinada cantidad de datos (establecida por el usuario previamente) del sensor de rpm y del encoder líneal. El tiempo de muestreo también lo define el usuario previamente. Cada que se adquiere un par de datos (sensor rpm y encoder) se almacenan en una localidad de memoria de la memoria SDRAM (memoria de acceso aleatoria dinámica y síncrona) y el proceso se repite hasta terminar el número de muestras o bien que el usuario oprima el botón de paro. Posteriormente, por medio del software del fabricante de la tarjeta Nexys, el usuario puede leer la memoria SDRAM, y guardar los datos en un archivo binario para su posterior análisis.

## 5. PRUEBAS DE LA SUSPENSIÓN EN CONDICIONES DE MANEJO

Se realizaron múltiples pruebas con el vehículo en condiciones diversas de trayectorias y condiciones del terreno, las pruebas se realizaron tres veces y utilizando una velocidad de muestreo en cuanto al desplazamiento del amortiguador delantero izquierdo de 400 muestras por segundo. Las pruebas fueron las siguientes:

P1: Desplazamiento en línea recta partiendo del reposo hasta aceleración máxima sobre piso liso de cemento.

P2 y P3: Partiendo del reposo, aceleración máxima en línea recta 7.75m y vuelta en U a la izquierda o derecha, sobre piso liso de cemento.

P4: Partiendo del reposo, aceleración máxima en *slalom* sobre piso liso de cemento.

P5: Partiendo del reposo, aceleración máxima en línea recta sobre pasto.

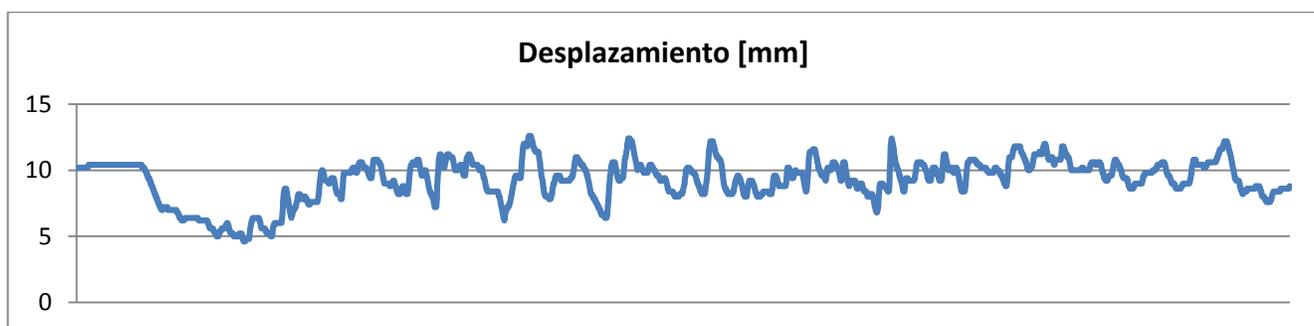
P6: Partiendo del reposo, aceleración máxima en línea recta 2.5m y paso sobre tope cilíndrico de 1 pulgada de diámetro.

P7: Partiendo del reposo, aceleración máxima en línea recta sobre empedrado uniforme.

P8: Partiendo del reposo, aceleración máxima en línea recta sobre pista de grava roja.

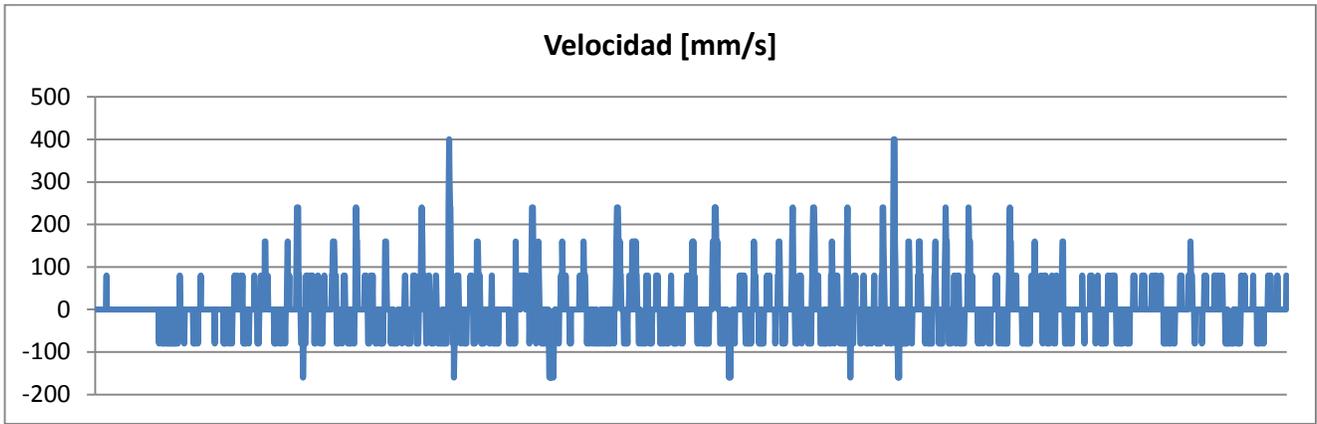
P9: Partiendo del reposo, 20s en trayectorias diversas sobre terreno de pasto con irregularidades (*off-road*), incluyendo giros, brincos, baches, arbustos, etc.

Para cada prueba se obtuvieron los desplazamientos (compresión o extensión) del amortiguador (Figura 9), con éstos datos se calculó la velocidad instantánea del amortiguador (Figura 10), los histogramas de velocidad (Figura 11), y utilizando la ecuación (9) la posición del RC (Figura 12). A continuación se muestran solo como ejemplo las gráficas de la P5.



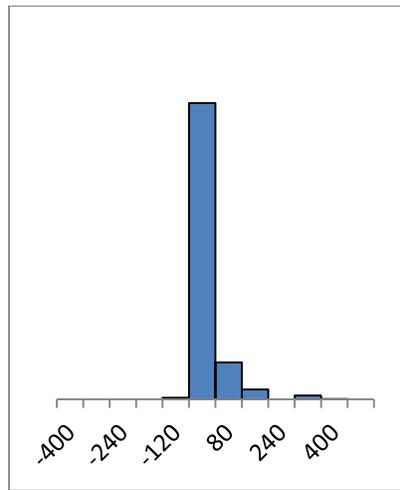
**Figura 9: Gráfica del desplazamiento del amortiguador durante P5**

Como se ve en la Figura 9, el vehículo tiene una compresión inicial del 10.2mm en estado estático y debido al propio peso del vehículo, después el vehículo acelera a su máxima capacidad por lo cual el amortiguador se extiende hasta llegar aproximadamente a 4.6mm debido a la transferencia de peso por la aceleración a la parte posterior del vehículo, y a lo largo de su recorrido, se detectan las variaciones en el desplazamiento del amortiguador. En la Figura se muestran 2400 datos correspondientes a 6s de recorrido.



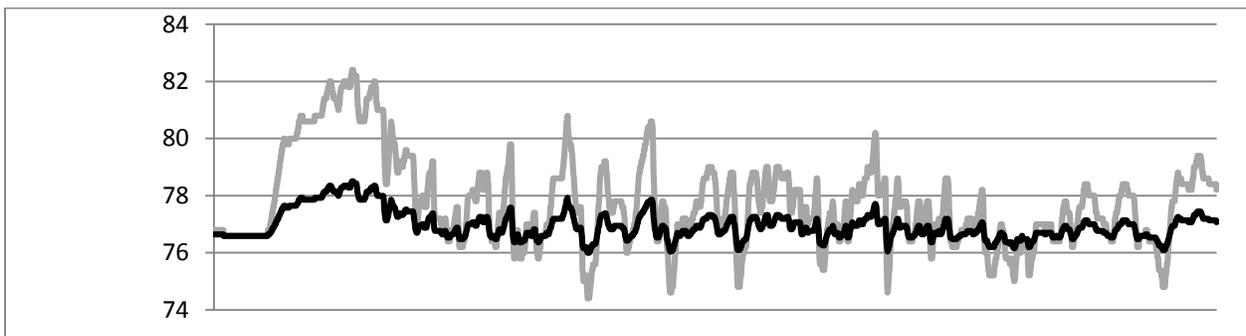
**Figura 10: Gráfica de las velocidades de desplazamiento del amortiguador durante P5**

En base a los desplazamientos del amortiguador, se calculó las velocidades instantáneas (Figura 10) para el conjunto, al utilizar una velocidad de muestreo de 400 muestras por segundo, el tiempo correspondiente a dos medidas de desplazamiento es de 0.005s.



**Figura 11: Histograma de velocidades durante P5**

Con las velocidades de desplazamiento del amortiguador se calculó el histograma de velocidad (Segers,2010) mostrado en la Figura 11, las velocidades bajas son propias del movimiento del chasis y las altas al pasar irregularidades del camino. Para el histograma se tiene una asimetría de 1.41 y coeficiente de curtosis de 5.37.



**Figura 12: Gráfica comparativa del desplazamiento del amortiguador (color gris) y del centro del balanceo (color negro)**

En base a la ecuación (9), se calculó el centro de balanceo (RC) para la P5. Se desplazaron (offset) los valores del RC un valor tal que permite poder comparar las dos gráficas mostradas en la Figura 12. Los desplazamientos del amortiguador son en base a la longitud del amortiguador desde su punto de soporte superior al inferior en milímetros.

## 6. RESULTADOS Y TRABAJOS FUTUROS

En P1 a P4 se observó valores de velocidad de desplazamiento del amortiguador entre -80mm/s, 0mm/s y +80mm/s. Los valores de velocidad positivos corresponden a los fenómenos de compresión del amortiguador y los valores de velocidad negativos a los de extensión. Los valores en los rangos de -80mm/s a +80mm/s son propios del movimiento del vehículo en superficies uniformes, y se presentan y mantienen dentro del rango en condiciones de giros del vehículo, y aceleraciones desde el reposo. En P1 a P4 se observaron patrones previstos del desplazamiento del amortiguador, por ejemplo como todas las pruebas parten del reposo, se observó una extensión del amortiguador debida a la transferencia de peso de la parte frontal a la parte posterior durante la aceleración del vehículo, y se estabiliza conforme se llega a la velocidad máxima.

En P5 también se observa durante la aceleración del vehículo la transferencia de peso a la parte posterior del vehículo, y al tratarse de una superficie no uniforme y con irregularidades, en las velocidades del amortiguador se tienen las componentes fundamentales que van de  $\pm 80$  mm/s, se presentan algunas velocidades de  $\pm 160$  mm/s, y en compresión de +240mm/s y hasta 400mm/s.

En P6 resultó interesante al ser en condiciones de piso uniforme, en recto y con un tope cilíndrico. En cuanto al desplazamiento del amortiguador, se presenta la transferencia de peso al acelerar, y al llegar a tope aparece el fenómeno de compresión-extensión por brincar el tope, compresión-extensión al volver a caer al piso y poder llegar nuevamente a un valor estable. Durante los fenómenos de compresión debido al tope se presenta la mayor velocidad +400mm/s, y durante la compresión por volver a caer al piso se midió hasta +240mm/s. En el caso de la extensión, las velocidades máximas al pasar el tope fueron de -120mm/s, y al caer nuevamente el vehículo al piso de -80mm/s.

En P7 se presentan nuevamente desplazamientos por la transferencia de pesos al acelerar, al ser una superficie empedrada no es tan estable la gráfica de los datos, aunque la tendencia es la misma que en piso uniforme. En las velocidades la mayoría de las componentes están entre  $\pm 80$  mm/s, sin embargo hay tres valores de +160mm/s y uno de +320mm/s, corresponden a las propias irregularidades del empedrado que actúan como topes.

En P8 el piso presenta una combinación de partes un piso uniforme, y otro donde existen piedras pequeñas, ya que se trata de una pista para correr. Si bien la superficie es plana, si hay partes de la superficie donde existen más piedras que en otras, lo cual se percibe por los desplazamientos del amortiguador. El fenómeno es muy similar al empedrado, sin embargo existen valores de compresión de hasta +240mm/s y de extensión de hasta -160mm/s.

En P9 se hizo un recorrido arbitrario por pasto en diversas condiciones y recolectando datos durante 20s. Hay brincos, baches, giros, etc. La mayor velocidad de compresión fue de hasta +480mm/s y de extensión de -240mm/s.

Analizando todas las gráficas de velocidades, para la suspensión de estudio las velocidades de compresión siempre son mayores a las de extensión.

En las pruebas con piso uniforme, los histogramas de velocidad son prácticamente simétricos, en los casos donde aparecen velocidades superiores a los +80mm/s, la distribución del histograma es hacia el lado positivo. Al ser pruebas por poco tiempo (6s), se tiene solo 2400 datos, sin embargo, en una prueba alrededor de una pista y durante un mayor tiempo, el histograma serviría para saber la distribución de frecuencias en baja, media y alta velocidad para poder realizar puesta a punto del vehículo.

Es recomendable que el centro de balanceo estático RC (en reposo) y dinámico varíen lo menos posible. Conforme a las pruebas, hay casos donde la variación es mayor, su ajuste dependerá directamente de la modificación de la geometría de la suspensión.

El trabajo presenta una forma de poder analizar una suspensión a partir de medir solamente el desplazamiento del amortiguador, y poder calcular parámetros para poder analizar su comportamiento, implementado en un sistema basado en FPGA y con aplicación a cualquier vehículo. Una aplicación futura será utilizada para analizar la suspensión de un vehículo Baja (todo terreno) categoría SAE diseñado y construido en el Instituto Politécnico Nacional.

La siguiente etapa de pruebas futuras consiste en encontrar las relaciones para puesta a punto del vehículo y validarlo con las pruebas. Los ajustes van desde la modificación del amortiguador (tensión inicial, constante del resorte, constante de amortiguamiento) hasta la modificación de la geometría de la suspensión (brazos de suspensión, soportes del amortiguador, barra estabilizadora). El cambio de geometría repercute en la posición del RC, ligado a la manejabilidad del vehículo. Otra parte, implican el análisis montando el sistema medición en las 4 ruedas con las pruebas respectivas para analizar el comportamiento de todo el vehículo.

## REFERENCIAS

- Alexander, D. (2011). High-Performance Handling for Street or Track, 1<sup>st</sup> edition. Motorbooks, USA.
- Blundell, M., Harty, D. (2004). The Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics. SAE. Elsevier. Great Britain.
- Bolles, B. (2010). Advanced Race Car Chassis Technology, 1<sup>st</sup> edition. HPBooks, USA.
- Digilent Inc. (2013). Nexys 2 Board,  
<http://www.digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,400,789&Prod=NEXYS2>, (agosto 2013)
- Dixon, J. (2007). The shock absorber handbook, 2<sup>nd</sup> edition. Wiley, Great Britain.
- Segers, J. (2010). Analysis Techniques for Race Car Data Acquisition. SAE International. Pennsylvania, USA.
- Traxxas. (2013). Traxxas Slash Ultimate 4x4, <http://traxxas.com/products/models/electric/6807Rslash4x4ultimate>, (junio 2013)
- USdigital. (2013). Encoders lineales incrementales,  
<http://www.usdigital.com/products/encoders/incremental/linear/LIN>, (agosto 2013)
- Vahid, F. (2010). Digital design with RTL Design, 2<sup>nd</sup> edition. Wiley, USA.
- Zuijdijk, J. (2013). Vehicle Dynamics and Damping, 1<sup>st</sup> edition. AuthorHouse, USA.

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*