

Diseño y construcción de sistema inteligente para vehículos automotores alertador de impactos frontales.

Ing. Estrada, J.Manuel. Ing. Méndez, César. Mtra. Espinoza, Milagros.

Universidad Panamericana Campus Guadalajara

Chilango105@hotmail.com F8many@hotmail.com milk2k@hotmail.com

Los problemas de tráfico que se dan sobretodo en horas pico debido a la gran sobrepoblación de las grandes ciudades representan una de las principales causas raíz de las grandes pérdidas económicas difíciles de cuantificar y por su puesto, accidentes automovilísticos que representan una seria amenaza para la salud tanto de peatones como de los conductores y ocupantes de toda clase de vehículos automotores que hacen uso de las vías públicas. Dichos accidentes llegan a tener en algunos casos consecuencias fatales para las personas involucradas en los siniestros. Los accidentes automovilísticos no se circunscriben solo a las grandes ciudades, si no que también se presentan en las redes carreteras, lo que indudablemente nos indica que la distracción por parte de los conductores en condiciones de exceso de tráfico no es el único factor que interviene en los accidentes. En muchas ocasiones las circunstancias de manejo salen del rango de percepción y reflejo oportuno por parte del ser humano, y es ahí donde nosotros planeamos aportar algo a la humanidad.

Debido al peligro que inevitablemente implica la velocidad de los automóviles se han inventado muy diversos sistemas de seguridad activa y pasiva. Sin embargo, la función de cada uno de estos sistemas cae en dos casos básicos, o son sistemas que ayudan al conductor a no perder el control del automóvil bajo condiciones extremas de manejo o bien ayudan a disminuir las desaceleraciones brutales a las que se somete una persona en el desarrollo de un accidente, pero no existe al menos de manera comercial algún sistema que alerte al conductor acerca de una situación potencial de accidente en caso de que este se encuentre distraído o limitado en sus capacidades de percepción y reflejo.

El propósito general de este proyecto es diseñar, construir e implementar en cualquier automóvil comercial un sistema inteligente que sea capaz de identificar de manera oportuna las situaciones potenciales de peligro de dar alcance a cualquier obstáculo que se encuentre enfrente de dicho automóvil. En cuanto al sensor, se tiene previsto emplear un modelo que trabaja bajo el principio del láser con puerto de salida RS232 para la comunicación con el controlador. El controlador del sistema será un PLC por sus ventajas de facilidad en programación y depuración en campo.

1.- INTRODUCCIÓN

Los fenómenos físicos estudiados dentro de este proyecto no incluyen los concernientes a los principios bajo los cuales funcionan los distintos sensores que se utilizan como son el Distanciómetro Digital (láser) y sensor de velocidad del automovil VSS (Sensor Inductivo) pero a partir de dichas mediciones, si obtendremos tanto los análisis dinámico como cinemático, que intervienen durante el frenado de un automóvil.

El sistema a analizar en este desarrollo es demasiado complejo como para tratar de considerar todas las variables que intervienen durante la aplicación directa del sistema en el campo, sin embargo, es necesario entender cada uno de los factores que afectan en el desempeño del frenado del auto para así poder llegar a determinar de manera más eficiente, apropiada y tal vez no tan empírica todas aquellas simplificaciones de cálculos y parámetros que serán necesarios. Por lo tanto, el principal objetivo

de los cálculos realizados es tratar de clarificar todos aquellos fenómenos físicos que intervienen en el frenado de un auto, aunque algunos de ellos puedan llegarse a omitirse o simplificarse.

FUERZAS QUE INTERVIENEN EN EL FRENADO

Fuerza de frenado: Es la principal fuerza retardadora del vehículo en el proceso de frenado, se desarrolla en la superficie de las llanta como consecuencia de su contacto directo con el asfalto.

Resistencia a la rodadura: Interviene como fuerza retardadora en el proceso de frenado. Aunque su influencia es pequeña frente a la fuerza de frenado, aún así ayudan en el proceso de desaceleración.

Acciones aerodinámicas: Esta fuerza tiene efecto retardador no despreciable solo a altas velocidades, ya que el valor de dicha fuerza aumenta con el cuadrado de la misma velocidad.

Resistencia del motor y transmisión: La resistencia que ofrece el motor constituye, en muchos casos, un factor importante en el proceso de frenado. La potencia, como el par resistente, que aporta el motor en procesos de frenado en los que permanece conectado a las ruedas a través de la transmisión, es importante cuando gira a un gran número de revoluciones y disminuye con la velocidad, hasta hacerse pequeño en el último intervalo del frenado.

ANÁLISIS DINÁMICO DEL SISTEMA

Para fines de este proyecto de investigación, por análisis dinámico se entenderá como el proceso de monitoreo de las 2 entradas al controlador (sensores de distancia y de velocidad) y de cálculo de las variables cinemáticas correspondientes tanto al automóvil como al obstáculo, todo esto hecho en tiempo real, para que en base a dichos cálculos se puedan detectar situaciones potenciales de alcance. Las fórmulas generales que se requieren para el análisis dinámico son:

$$V = V_o + a_o (t - t_o)$$

$$S = S_o + V_o (t - t_o) + \frac{1}{2} a_o (t - t_o)^2$$

$$V^2 = V_o^2 + 2 a_o (S - S_o)$$

Donde:

V = Velocidad
 V_o = Velocidad inicial
 a_o = Aceleración.
 t = Tiempo
 t_o = Tiempo inicial
 S = Posición
 S_o = Posición inicial

Para calcular la velocidad y aceleración absoluta del obstáculo se requiere de las 2 lecturas de los sensores, del tiempo que transcurrió para hacer las lecturas de las entradas y de las variables necesarias que ya fueron sobrescritas durante el ciclo anterior:

$$V_{rel} = (d_i - d_{(i-1)}) / t$$

V_{rel} = Velocidad relativa entre el obstáculo y el automóvil.

d_i = Distancia actual entre el obstáculo y el automóvil.

d_(i-1) = Distancia entre el obstáculo y el automóvil en el muestreo anterior.

t = Tiempo transcurrido entre la medición anterior y la actual.

i = muestreo actual

$$V_{abs} = V_{rel} + V$$

V_{abs} = Velocidad absoluta del obstáculo.

V = Velocidad absoluta del automóvil.

$$a_{abs} = (V_{abs} - V_{abs(i-1)}) / t$$

a_{abs} = Aceleración absoluta del obstáculo.

V_{abs(i-1)} = Velocidad absoluta del obstáculo durante el muestreo anterior.

Para el cálculo del tiempo requerido para que el obstáculo llegue al reposo, se asumirá que el obstáculo va a mantener su aceleración constante hasta que llegue al reposo, una vez alcanzado el reposo se supondrá que el objeto permanecerá así indefinidamente. Para este cálculo se necesita de las variables anteriormente calculadas y se parte de la ecuación:

$$t_p = -V_{abs}/a_{abs}$$

t_p = Tiempo para que el obstáculo llegue al reposo. Para el cálculo del tiempo que le tomara al auto para llegar al reposo se parte de las interpolaciones de la distancia mínima de frenado y la velocidad instantánea del automóvil. Partiendo de la ecuación :

$$a_f = -V^2/(2*D)$$

a_f = Aceleración máxima de frenado del automóvil.

Partiendo de la ecuación :

$$t_f = -V/a_f$$

t_f = tiempo mínimo de frenado del automóvil.

Para el cálculo de la distancia recorrida por el obstáculo, se usará el menor entre t_p y t_f . Para esto se parte de la ecuación:

$$D_{obst} = d + V_{abs} * t_p + 1/2 * a_{abs} * t_p^2$$

$$D_{obst} = d + V_{abs} * t_f + 1/2 * a_{abs} * t_f^2$$

D_{obst} = Distancia recorrida por el obstáculo.

Finalmente:

$$D_{fin} = D_{obst} - D$$

D_{fin} = Distancia entre el obstáculo y el automóvil en el tiempo mínimo de frenado.

ALGORITMO DEL PROGRAMA

Obedeciendo a situaciones prácticas que cotidianamente se presentan en el tránsito vehicular y a limitaciones propias del controlador empleado en este primer prototipo del sistema, en el diseño del análisis dinámico se adoptaron las siguientes consideraciones:

- El obstáculo mantendrá su aceleración absoluta constante hasta que alcance el reposo o transcurra el

tiempo mínimo de frenado del vehículo.

- Las condiciones del asfalto son siempre las mismas con las que se obtuvieron experimentalmente las distancias mínimas de frenado.
- Aceleraciones absolutas del obstáculo fuera de cualquier caso práctico son ignoradas para evitar accionamiento de alarma por cambios de carriles de los obstáculos.

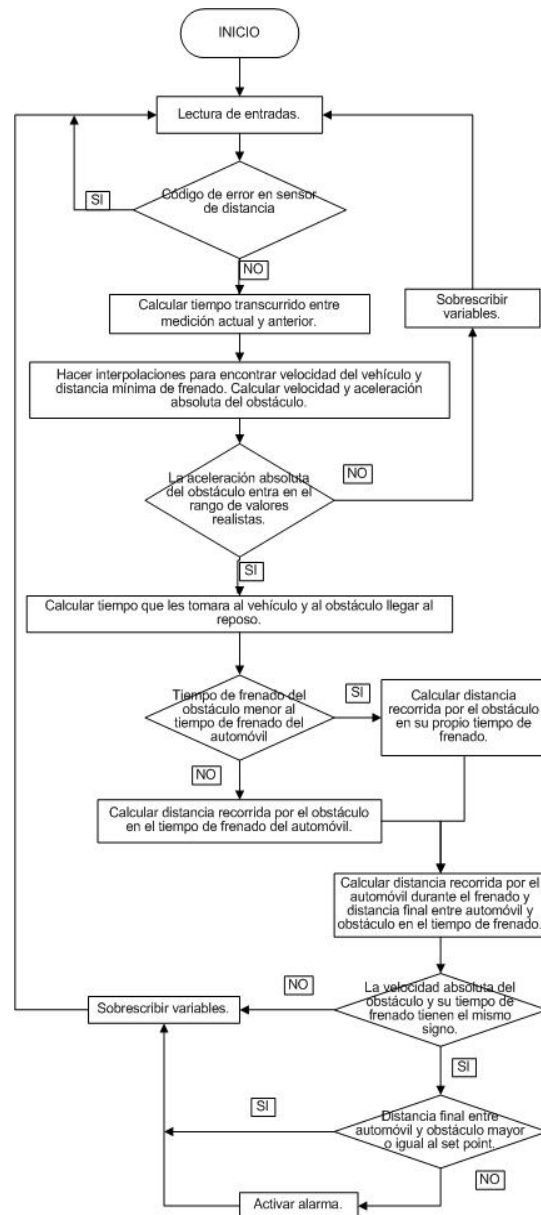


Figura 1. Algoritmo del análisis dinámico. Fuente: Méndez y Estrada, 2003.

OBTENCIÓN DE SEÑAL DEL VSS

Para poder obtener de un automovil la información de su sensor de velocidad (VSS) es necesario consultar su manual de referencia técnico. En nuestro caso, un Century 1992 Motor 3.1 L presenta la siguiente configuración de entrada del VSS a su computadora de control:

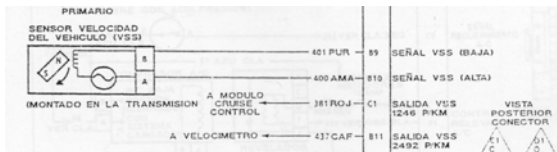


Figura 2. Pines de Conexión del ECM de Gm Century 1992 Motor 3.1L.

Fuente: Chevrolet, 1992

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

El equipo está constituido por los siguientes elementos:

Sensor VSS: Es el encargado de informarle al sistema la velocidad a la que el elemento con el dispositivo se desplaza. Todos los automóviles con sistema Fuel Inyection (todos desde 1992) lo tienen instalado de fábrica.

Distanciómetro Digital: Su tarea es informar la distancia a la que se encuentra el obstáculo frontal más cercano. El que se utilizó es Marca Leyca Modelo Disto Pro A.

Cable de interface RS232: Se usa para comunicar el distanciómetro con el PLC.

PLC: Recibe las dos señales de entrada del sistema (sensores), las procesa y emite una señal de alarma en caso de ser necesario. Se usó un PLC de Mitsubishi modelo FX2N.

Tarjeta de interface: Gracias a esta tarjeta, el PLC puede recibir e interpretar la información que el Distanciómetro le envía vía puerto RS232, el modelo de dicho elemento es FX232BD.

Modulo de Entradas Analógicas: Es el encargado de convertir la señal analógica del

sensor VSS a una señal Digital para su posterior utilización. Se uso una 4AD que cuenta con 4 canales de entrada.

Alarma: Consta de un sistema simple de aviso para el usuario activado por el PLC cuando este detecta a través de sus datos de entrada que existe una situación potencial de impacto frontal.

Bases y Soportes: Las estructuras que soportan el hardware del sistema tienen que ser capaces de proteger dichos componentes de la contaminación propia del medio ambiente en que van a operar, el calor excesivo, humedad y vibraciones propias del tránsito sobre el asfalto. En el caso específico del primer prototipo de este sistema, el Distanciómetro es el único componente que necesitara del diseño de una base ya que será instalado justo debajo de la placa delantera del vehículo. La figura 3 muestra e diseño final de la base del sensor que fue realizado por los titulares de este proyecto.

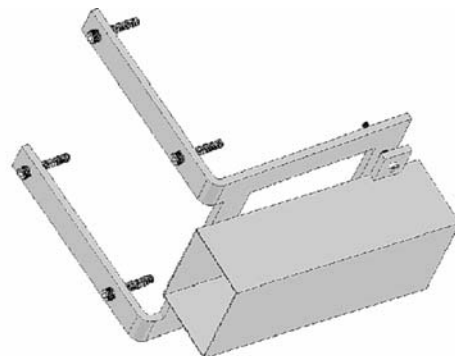


Figura 3. Soporte y Base del Distanciómetro.
Fuente: Méndez y Estrada, 2003

La base fue sometida a un estudio de vibraciones bajo un perfil propio del transporte terrestre, según se puede ver en la figura 4, para de esta manera asegurar que los tornillos van a resistir los eventuales valores de frecuencia instantáneos en los cuales la base vibra en su frecuencia natural; además de esto también se asegura que el sensor no va a ser sometido a aceleraciones que puedan llegar a representar un peligro para los delicados componentes electrónicos del sensor de distancia, como los fotodiodos emisores y los lentes.

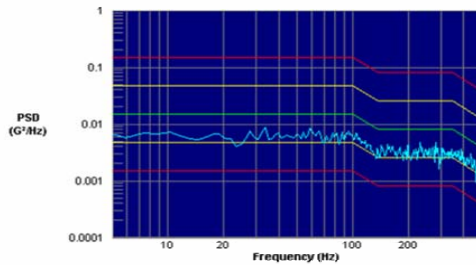


Figura 4. PSD de la señal de respuesta al perfil de vibración típico del transporte terrestre.

Fuente: Méndez y Estrada, 2003.

CONCLUSIONES

La frecuencia de muestreo del sensor fue una limitante muy importante para que se pudiera hacer un análisis dinámico de manera continua y estable ya que a mayores distancias mayor tiempo de muestreo es por esto que el sistema trabaja de manera satisfactoria cuando el automóvil se encuadra cerca del obstáculo (20m o menos), pero cuando esta distancia va aumentando, también lo hace el tiempo que el sensor de distancia tarda en hacer las mediciones. Y esto sin considerar que cuando el rayo láser se pierde, el tiempo para excitarlo y esperar respuesta también llega a ser considerable.

Al emplear un PLC como controlador se evitó la necesidad de diseñar y construir los circuitos necesarios para la comunicación con los sensores y la alarma por que ya existen módulos a nivel comercial que se instalan fácilmente y desempeñan estas funciones. Aunque otro factor a mejorar es el tiempo que este tarda en hacer sus operaciones lógicas. La elección del PLC como controlador fue una decisión acertada para la construcción del prototipo sin embargo es necesario buscar otra opción para aplicaciones en el campo obedeciendo no tanto a problemas técnicos, si no a razones económicas y de tiempos de procesamiento, pero habría que poner especial atención a la interferencia (ruido) que se pudiera presentar.

Al momento de diseñar estructuras de soporte o mecanismos de amortiguación que van a trabajar bajo un amplio rango de frecuencias, como en este caso una aplicación automotriz, es necesario evitar al máximo los puntos de frecuencia natural aplicando diferentes estrategias de diseño sin embargo, no siempre es práctico quitar cierto punto de resonancia por la complejidad del cambio de diseño que sería requerido en cuyo caso la mejor opción es hacer el sistema mecánico lo suficientemente robusto como para que resista los efectos de la respuesta del sistema a esa frecuencia. En el diseño de la base del sensor no fue necesario hacer un análisis a la resistencia a la fatiga por que al tratarse de un prototipo experimental, su tiempo de vida no es lo suficientemente prolongado como para que llegue a ser un factor.

BIBLIOGRAFÍA

- AUTOCAR. (2003). MICO showcases future offerings.
<http://www.autocarindia.com/news/newsinside.asp?newsid=2874>
- AUTOCITY. (1998). Sensor Inductivo.
<http://www.autocity.com/documentos-tecnicos/?cat=3&codigoDoc=99>
- BEDFORD, A. y FOWLER, W. Dinámica. Addison Wesley. Delaware E.U.A. 1996
- CHEVROLET, Manual de Referencia Técnica Buick Century, Daytona E.U.A. 1992.
- ESCUELA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DEGUATEMALA. (2000). Resumen de los resultados del proyecto de Arquitectura de Computadoras II.
http://www.geocities.com/plc_usac
- HARRIS, C. Shock & Vibration Handbook. McGraw-Hill. EUA. 1987
- LASER MEASUREMENT SYSTEMS. (2002). Operation of a pulsed Laser Distance Meter.
http://www.riegl.co.at/principles/e_gi002.htm
- MITSUBISHI ELECTRONIC. (2002). Programmable Logic Controllers FX2N. SuperMicro.
http://www.meau.com/epri/ise/main/Web_Site_Pages/Public/Pro

- [ducts/Product Selection Guide/PLC-FX-Family/P-PLC-FX-Family-FX2N](#)
- MOTORPRESS. (2000). Sistema De Frenos.
<http://www.terra.com.mx/Automovil/articulo/040519/pagina2.htm>
- NOVA. (2000). Escape through Time.
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/escape/timecar.html>
- PLANFX SYSTEMS. (2003). DISTO™ Pro⁴ Hand-held Laser Meter.
<http://www.planfx.com/distopro.htm>
- ROADHOUSE. (2002). Manual técnico de las pastillas de freno.
<http://www.roadhouse.es/manual/cap1.PDF>
- RÖHRL, W. (2000). Technical highlights: Five years of the Electronic Stability Program ESP®.
<http://www.whnet.com/4x4/esp5y.html>
- TRUJILLO, D. (2003). Sistemas de estabilidad.
<http://automotriz.elnorte.com/novedades/articulo/000618/>