

## Transferencia tecnológica para el control de velocidad en vehículos de servicio pesado mediante un sistema óptico-acústico

S. Vazquez Rosas<sup>1\*</sup>, J. A. Arroyo Quevedo<sup>2</sup>, R. Ramos Tejeda<sup>1</sup>, A. C. López Chacón.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Av. Universidad No 350 Carr. Federal Cuitláhuac – La Tinaja, Loc. Dos Caminos, C.P. 94910 Veracruz., México

<sup>2</sup>Departamento de Posgrado, Universidad del Valle de Orizaba, C.P. 94300, Orizaba, Veracruz., México

\*sergio.vazquez@utcv.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

### Resumen

De acuerdo a la NOM-012-SCT-2014 un vehículo de servicio pesado en cualquiera de sus modalidades no deberá de sobre pasar los 80 km/h, personal académico y facilitadores del caso de estudio deciden desarrollar un dispositivo POKA-YOKE para reducir las incidencias por excesos de velocidad que se presentan en las 78 unidades que controlan el tráfico de sus productos en la región centro, sureste e Inter plantas. El dispositivo al detectar que la unidad esta por superar la velocidad permitida acciona una señal óptico-acústica para informar al operador, el presente proyecto redujo en un 90% la presencia de esta, con lo cual se le da cumplimiento a la legislación vigente y se controla el riesgo por accidentes debido al exceso de velocidad. El proyecto sirve como apoyo para los sistemas de control de las unidades como lo son un GPS y un sistema de gobierno para las unidades.

**Palabras clave:** Velocidad, Prevención, Seguridad, Monitoreo

### Abstract

Due to the NOM-012-SCT-2014 a heavy-duty vehicle in any of its modalities should not exceed 80 km / h, academic staff and facilitators of the case study decide to develop a POKA-YOKE device to reduce incidents Because of the excesses of speed that are present in the 78 trucks that control the traffic of its products in the central, southeast and Inter plants. The device to detect that the unit is to exceed the permitted speed triggers an optical-acoustic signal to inform the operator, the present project reduced by 90% the presence of this, which complies with current legislation and is Controls the risk of accidents due to speeding. The project serves as support for the control systems of the units as they are a GPS and a system of government for the units.

**Key words:** Speed, Prevention, Security, Monitoring

### Introducción

Antes de iniciar a hablar de seguridad vial es importante hacer mención del primer automóvil de tres ruedas el cuál se patentó en 1886 por el ingeniero Karl Friedrich Benz, este, se considera como el primer vehículo de combustión interna. A partir del inicio de producción de este en 1888 se presentan el primer accidente de vial y es hasta el año de 1889 cuando ocurre el primer atropellado (Dorado, Mendoza & Abarca. 2016).

De acuerdo a la NOM-012-SCT2-2014 en su punto 6.1.2.2.3.1 menciona que la velocidad máxima a la cual un vehículo de carga en cualquiera de sus configuraciones no debe de exceder de 80 km/h, en la actualidad no existen los controles suficientes para poder cumplir con esta especificación. En el caso de la empresa de estudio, sus unidades cuentan con un sistema de gobierno el cual imposibilita superar la velocidad permitida, pero existen malas prácticas por parte de los operadores; olvido de la persona, errores a propósito, ignorar reglas o políticas lo cual propicia a que se exceden los límites permitidos por la SCT.

El presente proyecto busca impactar en la reducción de un 90% en las incidencias en el exceso de velocidad para los 78 operadores que integran el área de tráfico. En la Imagen 1 se observa un análisis realizado a una muestra de 227 incidencias por superar los 80 km/h de un total de 1954, se sometieron a un análisis estadístico y se pudo observar que la velocidad media de las unidades fue 83.91 km/h. Para este análisis se aplicó un intervalo de confianza del 95% lo cual generó que la velocidad media sea entre 83.376 y 84.447.

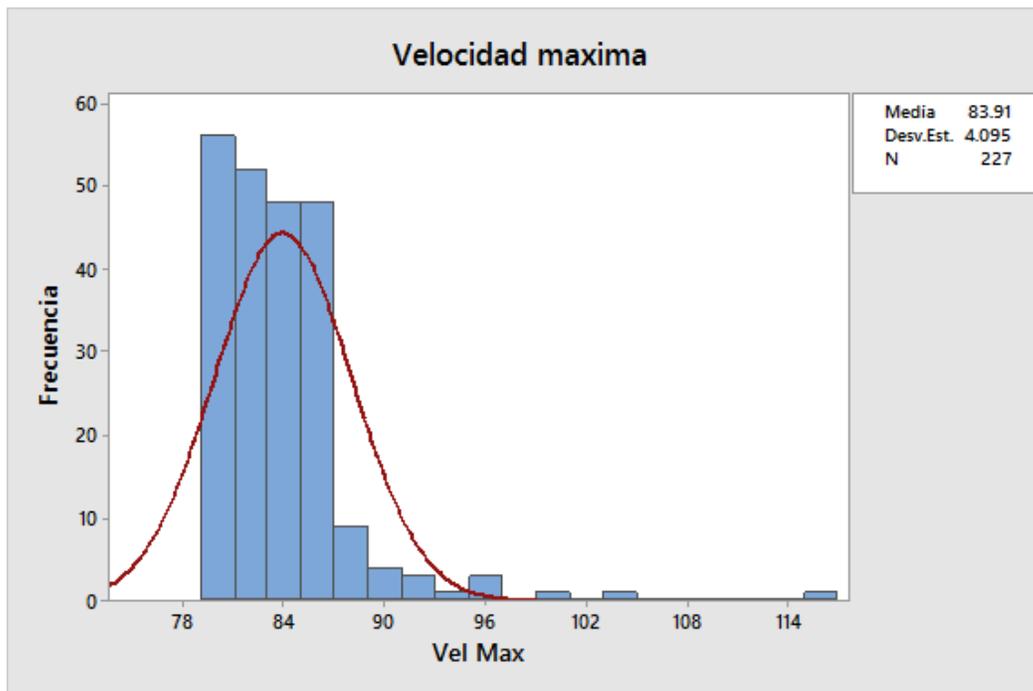


Imagen 1. Incidencias generadas en 2016

De acuerdo a Mayoral et al. (2014) datos a la Australian Transport Safety Bureau (ATSB) cuando un vehículo circula en piso seco a una velocidad en de 80 km/h, el operador tarda 22 metros aproximadamente en generar una reacción ante un hecho inesperado, y un total 57 metros para frenar completamente la unidad e impactar a una velocidad de 63 km/h, lo anterior puede incrementar la velocidad de impacto al tratarse de unidades de servicio pesado. Por ello, el presente trabajo busca investigar las diferentes formas en las cuales se pueda reducir el índice de accidentabilidad, al reducir la velocidad de los conductores de vehículos de carga se busca reducir el número y la severidad de los accidentes. Si un vehículo circula a una velocidad de aproximadamente 50 km/h cuenta con un campo visual de 100° mientras que el que circula a 100 km/h cuenta con un campo visual de 40°, como consecuencia de esto podemos determinar que el operador no se puede percatar de los riesgos existentes en las zonas laterales y otros obstáculos en la vía.

De acuerdo a Duque (2011) en materia de transporte federal de carga en México, el autotransporte es de gran importancia para el país ya que mueve aproximadamente 83% del total de la carga que se exporta y un 84% de la carga interna. Para el año 2007 se tenían registradas un total de 556,150 unidades las cuales circulan en más de 360,075 kilómetros de red nacional, como ejemplo podemos resaltar que en la ciudad de México anualmente

se transportan aproximadamente 400 millones de toneladas de insumos a los cuales se les anexas los miles de toneladas diarias de desechos. Por lo que se puede decir que en la actualidad el sistema de autotransporte es fundamental para el desarrollo de la economía del país.

## **Metodología**

Una investigación puede presentar dos tipos de enfoque: cualitativo y cuantitativo; a los cuales se les aplica procesos cuidadosos, sistemáticos y empíricos. En el enfoque cualitativo el investigador realiza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afirmar preguntas de investigación en el proceso de interpretación. En el enfoque cuantitativo el investigador recolecta datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y análisis estadístico, para poder probar sus teorías (Hernández, Fernández y Baptista, 2006). Con fundamento en las características de los tipos de enfoque y en la investigación, esta se desarrolla mediante el enfoque cuantitativo.

Existen cuatro tipos de investigación, acorde al alcance: exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa. Dependiendo del tipo alcance serán los procedimientos y otros componentes los cuales se reflejarán en la estructura de la presente investigación. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas o procesos se someten a un análisis para su medición, evaluación o recolección de datos sobre diversas variables, aspectos, dimensiones o componentes del tema a investigar (Hernández et al. 2006). De acuerdo a lo anterior, se desarrolla la presente investigación eligiendo el tipo de alcance descriptivo debido a que se determinaron y detallaron las variables, parámetros e indicadores que ayuden a los operadores a no sobrepasar los 80 km/h y se cumpla con la regulación que estipula la Secretaría de Comunicaciones y transporte.

El diseño de una investigación hace referencia al plan de trabajo que se llevará a cabo para recabar la información necesaria para poder dar respuesta a la pregunta anteriormente planteada. Según Hernández et al. (2006) existen dos tipos de diseño: experimental y no experimental. La presente investigación se realiza mediante la aplicación del tipo no experimental debido a que no se manipulan variables; por lo que solo se realiza la recolección de datos de una población determinada la cual se encuentra en su contexto natural y no requiere la manipulación de variables, las cuales sirven como base para el desarrollo de un prototipo el cual sirve como apoyo a los conductores a no exceder la velocidad permitida. (Hernández et al. 2006).

Un sistema Poka-Yoke busca obviar la presencia de errores de una manera sencilla, por lo que se desarrolló un dispositivo que evite que los operadores cometan el error de exceder la velocidad máxima permitida. Se puede analizar que con este sistema se realizan dos funciones; alertar o corregir, los cuales se apoyan de tres métodos para alertar o corregir errores los cuales funcionan de la siguiente manera: se alerta de la presencia del error, separando al producto o evitando que se genere el error. Estos métodos funcionan a través de dispositivos mecánicos o electrónicos (Shingo, 1986). El presente trabajo se basa en el funcionamiento de alertamiento ante la presencia del error.

De acuerdo a Gutiérrez et al. (2008) define al error como un acto en el cual, debido a la falta de conocimiento, deficiencia o accidente, en donde se pueden identificar los principales tipos de errores que aquejan al caso de estudio para el control de la velocidad; error por olvido de la persona, errores a propósito por ignorar reglas o políticas. Para que un sistema Poka-Yoke pueda ser considerado como eficiente es necesario contar con los siguientes puntos; ser sencillos, estar integrados al proceso, su instalación debe de ser en el lugar donde ocurre el error.

## **Descripción del Método**

En México en el año 2015 según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en su informe estadística accidentes de tránsito se presentaron 7,488 como agentes causantes los vehículos de carga en modalidad sencilla y combinada involucrados en 7,744 accidentes en toda la república mexicana. El análisis presenta que el total de heridos es de 15,470, el saldo de muertos es de 3,490 a causa de accidentes viales y un monto que

asciende a los 1,195.4475 en millones de pesos. De acuerdo con Aguilar-Zinser (2010) se cuenta con datos de las Secretaria de Seguridad Publica en el año 2008 se presentaron en promedio 9.6 fallecimientos al día debido a accidentes viales, mientras que en promedio se presentaron 57.6 lesiones por la misma causa.

La SCT resalta la presencia de 4 factores que conlleva a la generación de un accidente; Factor humano, vehículo, carretera y medio ambiente. En el año 2015 se tiene registros de que el factor humano represento un 89.06% de los factores que contribuyeron al accidente, es importante hacer un énfasis en las circunstancias del factor humano de acuerdo con la Imagen 2 el exceder los límites de velocidad representa un 47.9% de las causas que contribuyen a que se genere un accidente (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2015).

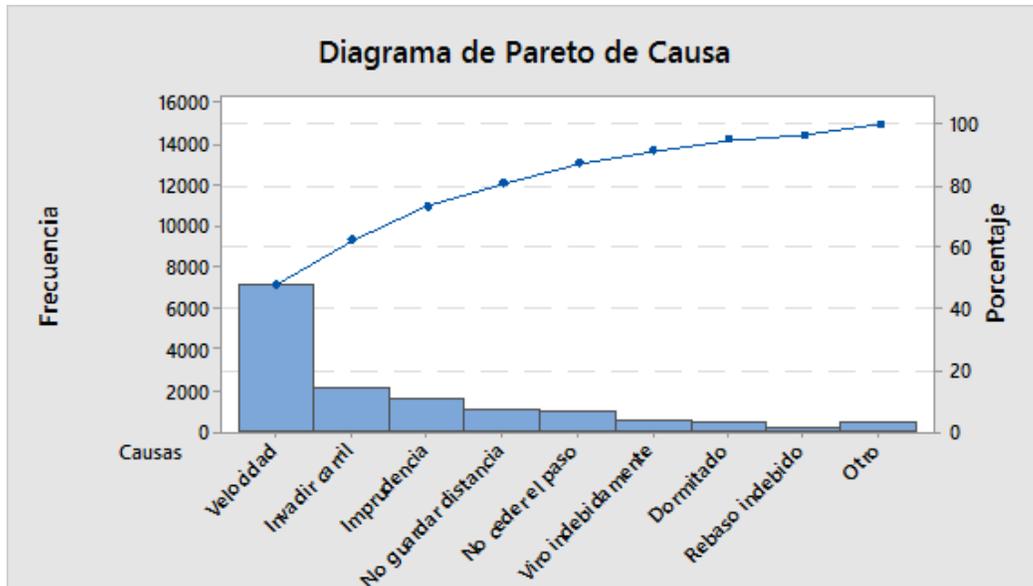


Imagen 2. Circunstancias que contribuyen al accidente

De acuerdo a la Tabla 1 los estados en donde se han presentado una tasa alta de accidentabilidad en el servicio de transporte pesado son en la Zona Metropolitana del Valle de México, el Estado de México, Chihuahua, Jalisco, Sonora y Veracruz este último con un indicador del 79.3 lo cual representa 66.3 accidentes por cada 100,000 vehículos que transitan en su red de carreteras.

Estados	Tasa de accidentabilidad	Tasa de morbilidad
Veracruz	79.3	66.3
Sonora	46.2	35.8
Jalisco	39.0	31.6
Chihuahua	33.7	26.7
México	15.7	21.2
ZMVM	2.7	4.5

El Objetivo principal del presente proyecto es desarrollar un “Dispositivo Poka-Yoke para el monitoreo de velocidad en vehículos de servicio pesado, el cual activará un Sistema óptico-acústico para informar al operador a los 79 km/h, con lo cual evita que la unidad sobre pase los 80 km/h. El presente trabajo se aplicará al departamento de logística y transporte de una empresa transnacional productora de botanas ubicada en la zona centro del estado de Veracruz la cual cuenta con una flotilla para producto terminado, el cual se distribuye de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2. Inventario de unidades

Destino	Unidades
Zona Sursureste	28
Zona Centro	14
Zona Bajío	15
Inter plantas	8
Valle	13

### Diseño del dispositivo

En el mes de marzo del 2017 después de analizar la información sobre las incidencias presentadas en el 2016 al sobre pasar la velocidad de 80km/h, se inicia con el desarrollo de un dispositivo que sirva como apoyo para los operadores de tracto camiones de una empresa dedicada a la elaboración de botas a base de maíz y papa. La metodología está basada en la incorporación de un asistente inteligente de velocidad a las unidades de servicio pesado de acuerdo a Dorado et al. (2016), el cual tendrá la función de indicar al operador cuando este por sobrepasar el indicador máximo permitid por la legislación vigente. De acuerdo a Guerrero et al. (2007) es posible establecer controles a los equipos de servicio pesado para el control de la velocidad a través de componentes electrónicos y dadas las características de estos puede ser replicada en otros entornos de similares características.

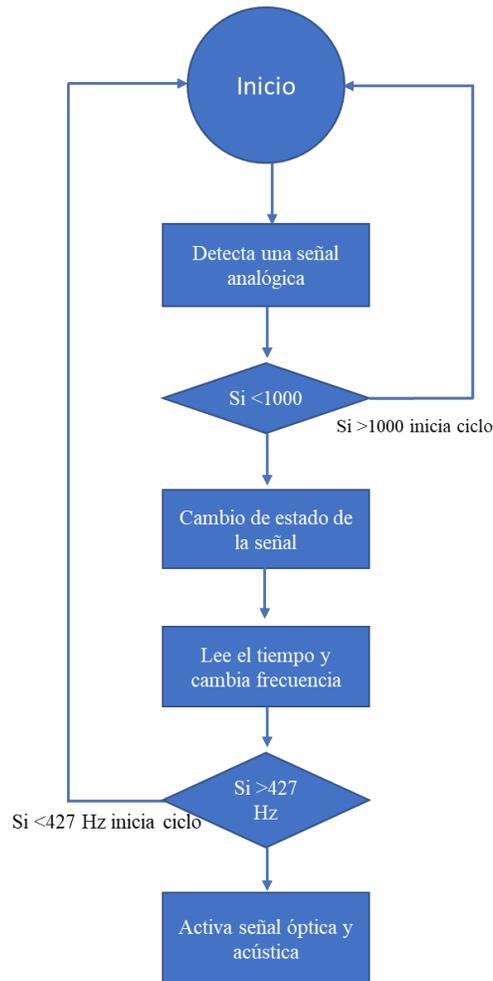


Imagen 3. Diagrama de flujo del dispositivo Poka-Yoke

Se analizaron los componentes electrónicos con los que cuentan las unidades y a través de un osciloscopio se buscó una señal analógica o digital que al ser tratada pueda activar un sistema de alertamiento para el operador. Se determinó que la señal que podría apoyar el presente proyecto es la emitida por un sensor de efecto Hall colocado en la transmisión de la unidad, el cual nos genera una señal analógica y a partir de ella se inicia el procesamiento de la señal en un microcontrolador el cual seguirá la secuencia del programa, en la Imagen 3 se observa el diagrama de flujo del dispositivo POKA-YOKE; en donde el sensor de tipo Hall genera pulsaciones al aproximarse el campo magnético generado en la transmisión de la unidad, esta señal se envía al microcontrolador que de acuerdo al programa cargado previamente inicia la ejecución y realiza la conversión de la señal analógica a digital, esta variable es enviada a un comparador de frecuencia con lo cual se determina si esta es mayor a 427 Hz se accionará el dispositivo óptico acústico que informará al operador que está por llegar a la velocidad máxima permitida, con lo cual se tiene un control en el origen, a través de la instalación del dispositivo el cual monitorea y previene el error (exceder los 80 km/h).

### Prueba piloto

Para determinar el impacto que tendría el dispositivo sobre el desempeño de los operadores se optó por realizar una prueba piloto en los tractocamiones para analizar si la implementación de este sistema de apoyo sirve para prevenir que la unidad llegue a una velocidad mayor a los 80 km/h. de acuerdo a la tabla 3 se observa a los conductores que hasta la semana 47 en 2016 generaron el mayor número de incidencias. El proceso de la prueba piloto se desarrolló con el apoyo de la empresa caso de estudio en donde el departamento de taller mecánico se encargó de realizar la instalación del cableado en las unidades, la adquisición de los sensores tipo Hall. Todas las unidades se probaron en carretera para validar el funcionamiento adecuado además de validar que el sonido emitido por el dispositivo no excediera los 80 dB, ya que de acuerdo a la NOM-011-STPS-2001 no se deberá de exceder los 90 dB en un lapso mayor a 8 horas.

Tabla 3. Incidencias 2016

Operador	Incidencias	Velocidad $\bar{x}$
455292	61	83.7
339368	38	84.5
455340	61	84.5
455295	44	87.3
455289	36	82.9

### Resultados y discusión

Se logró el diseño y puesta en marcha de los prototipos los cuales cumplen con las necesidades que presentan los operadores de las unidades de servicio pesado, una vez instalados los dispositivos se pudo observar que las incidencias generadas al circular los tractocamiones en las distintas modalidades con las que cuenta el caso de estudio se redujeron en un 95% las incidencias. De acuerdo a la imagen 5 se observa el comportamiento de la velocidad registrada por el GPS con el dispositivo Poka-Yoke instalado la velocidad promedio de las incidencias se encuentra en 84.7 km/h.

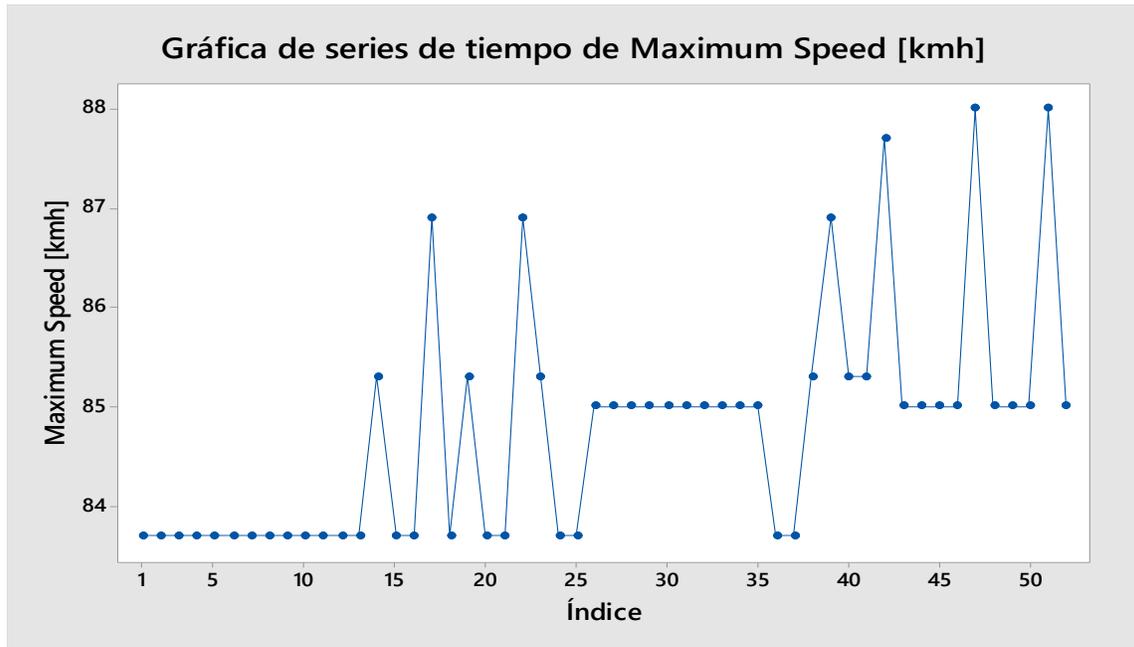


Imagen 5. Incidencias registradas a partir de prueba piloto.

Para la determinar el costo del dispositivo óptico-acústico se tomó en cuenta los costos de producción, en el cual se tomaron en cuenta los materiales que integran el componente, entre los que destacan de acuerdo a la tabla 4; microcontrolador, Leds, Buzzer, resistencias, diodos, conexiones, acrílico, cables, sensor tipo Hall, pasta para soldar, cloruro férrico, soldadura, así como la mano de obra del personal que intervino en el desarrollo del mismo. Una vez desarrollo el cálculo de los costos, se puede obtener un costo de \$ 1, 390.87 al cual se le puede aplicar un margen de ganancia del 40% para poder ofrecerlo en un monto de \$ 2,002.85.

**Tabla 4. Costos del dispositivo**

<b>Material</b>	<b>Costo</b>
Microcontrolador	\$ 315.00
Leds	\$ 15.00
Buzzer	\$ 39.00
Resistencias	\$ 5.00
Diodos	\$ 3.00
Conexiones	\$ 15.00
Acrílico	\$ 78.00
Cables	\$ 100.00
Sensor tipo Hall	\$ 600.00
Pasta para soldar	\$ 25.00
Cloruro Férrico	\$ 14.00
Soldadura	\$ 10.00
Mano de obra	\$ 171.87
<b>Total</b>	<b>\$1.390.87</b>

Este prototipo se continúa mejorando y se desea implementar en las demás unidades de negocio de la empresa caso de estudio con la cual facilito el desarrollo del presente trabajo. Además de iniciar una relación de trabajo entre ambas partes, por parte de la universidad permitirá la inclusión de alumnos y docentes en proyectos de estadía y escuela práctica los cuales buscaran la mejora y optimización de sus procesos.

## Trabajo a futuro

El presente trabajo debe de someterse a la mejora continua, por lo que se debe dar seguimiento al funcionamiento que presente en campo, en un trabajo a futuro se deberá de realizar un rediseño del dispositivo a partir de las áreas de mejorar que proporcionen los operadores. Una vez concluida la instalación en un 100% de unidades se tiene programado el inicio de la gestión del modelo de utilidad lo cual permitirá que se pueda replicar en todas las empresas que deseen apegarse a la NOM-012-SCT-2014.

## Conclusiones

Se diseño, elaboro e implemento un dispositivo Poka-Yoke para el monitoreo de la velocidad en las unidades de servicio pesado en una empresa dedicada a la elaboración de botas a base de maíz y papa, la cual deseaba apegarse a los lineamientos gubernamentales en materia de seguridad vial. El dispositivo al detectar que la unidad circula a más de 80 km/h acciona un led y buzzer, los cuales indican al operador que debe de reducir la velocidad; a partir de la implementación se puede ver que las incidencias se redujeron en un 95% ya que a la fecha solo se han presentando 53 incidencias. Para aquellos operadores que aún continúan presentando excesos de velocidad se les aplica una plática en donde se les retroalimenta sobre sus áreas de oportunidad y ellos replican si existen fallas en el GPS o la unidad, para una segunda reincidencia se genera una acta administrativa por el cumplimiento a las políticas de la empresa.

## Referencias

- Aguilar-Zinser, J. V. (2010). La situación actual de los accidentes en el mundo . *Gaceta Médica de México* , 384-388.
- Diario Oficial de la Federación . (2014). *NOM-012-SCT-2-2014, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de*. México : Diario Oficial de la Federación .
- Dorado Pineda, M. L., Mendoza Díaz, A., & Abarca Pérez, E. (2016). *Visión cero en seguridad vial: Algunas oportunidades de implementación en México*. Sanfandila: Instituto Mexicano del Transporte.
- Duque Sarabia , F. (2011). Importancia del autotransporte de carga en México. *Vinculando*, 50-62.
- Guerrero , F. G., Puentes , J., & Montaña , A. F. (2007). Desarrollo de una aplicación interactiva en internet para el registro de violaciones de velocidad en puestos de control para automotores equipados con interfaz bluetooth. *Ingeniería y competitividad* , 77-92.
- Gutiérrez Pulido , H., & De la Vara Salazar , R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México : McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Mayoral Grajeda, E. F., Cuevas Colunga, A. C., & Mendoza Díaz, A. (2015). *Análisis de siniestralidad de los usuarios vulnerables en carreteras federales*. San Fandila: Instituto Mexicano del Transporte .
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2015). *Estadística Accidentes de Tránsito*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México : SCT.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source inspection and the Poka Yoke*. USA: Productivity Press.