



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Propuesta de un Sistema de Contención Vehicular Tipo Barrera Giratoria para Reducir el Riesgo de Accidentes en la Carretera Otuzco Sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco, Región de La Libertad”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Reyna Esquivel, Linder Jossemar (ORCID: 0000-0002-3505-3001)

Rojas Amaya, Robin Jhonatan (ORCID: 0000-0002-9941-3950)

**ASESOR:**

Mgr. Contreras Velásquez, José Antonio (ORCID: 0000-0001-5630-1820)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

TRUJILLO – PERÚ

2021

## Dedicatoria

Para nosotros el haber realizado un proyecto de investigación con los inconvenientes debido a la pandemia no fue nada sencillo y más aun sabiendo que nos podríamos exponer y exponer a nuestros seres queridos, pero aun así desde el primer día que empezamos nuestros estudios sabíamos que llegaría este momento, siendo un desafío que tenemos que vencer dando nuestro mejor esfuerzo y sacrificio, por ello llegamos a esta dedicatoria:

Robín Rojas: A mi madre Edith Amaya, a mi padre Jesús Rojas por ser la inspiración en cada día de mi vida, las mejores personas en mi vida, quienes me enseñaron valores como la perseverancia, respeto hacia mi persona, hacia los demás y la responsabilidad en todo lo que haga; por su apoyo infaltable en los momentos difíciles y su paciencia en mis ratos de locura.

A nuestros hermanos por nunca dejar de confiar en nosotros a pesar de las caídas, por el apoyo incondicional siempre que necesitábamos algún consejo, y siempre motivándonos a seguir adelante con amor y calor de hogar.

## **Agradecimiento**

Agradecer en primer lugar a nuestro asesor el Ingeniero José Antonio Contreras Velázquez. Gracias por su apoyo y paciencia durante todo el proyecto y la fase de desarrollo de nuestra tesis, por el tiempo que nos brinda hacia nosotros como a todos mis compañeros y por ser el profesor amigo quien nos guía en cada paso del camino universitario hasta su finalización. Agradecer grandemente a nuestros amigos por sus consejos y a nuestros compañeros de la universidad por ser parte de este proyecto de vida no solo como colegas sino también como equipo de trabajo en esta nueva etapa que tenemos por recorrer.

# Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes nacionales.....	4
2.2. Antecedentes internacionales .....	5
2.3. Teorías relacionadas al tema .....	10
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización .....	14
3.3. Población, muestra y muestreo .....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	17
3.5. Procedimientos .....	18
3.6. Método de análisis de datos .....	19
3.7. Aspectos éticos .....	22
IV. RESULTADOS.....	23
4.1. Resultados obtenidos .....	23
4.2. Tráfico vehicular.....	25
4.3. Estudio de suelos.....	28
4.4. Análisis de la barrera giratoria de seguridad e interpretación de resultados .....	31
V. DISCUSIÓN.....	59
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES .....	63
REFERENCIAS .....	64
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	14
Tabla 2: Indicadores de la variable dependiente .....	16
Tabla 3: Índice de severidad de impacto .....	20
Tabla 4: IMD anual y clasificación vehicular (veh/día) .....	26
Tabla 5: velocidades máximas de vehículos.....	28
Tabla 6: Constantes.....	35
Tabla 7: Características de los ensayos de choque .....	41
Tabla 8: Propiedades mecánicas de barandales.....	54
Tabla 9: Requisitos mecánicos de postes.....	54
Tabla 10: Deformaciones para combi rural 5000kg a 50km/h .....	54
Tabla 11: Redireccionamiento .....	56

## Índice de gráficos y figuras

Ilustración 1: impacto de la cabeza teórica en el lado izquierdo.....	21
Ilustración 2: Carretera PE 10A - Casmiche Negro a Desvío Otuzco .....	24
Ilustración 3: Topografía zona de estudio - Km 64 + 650.....	25
Ilustración 4: Desnivel de 122m de la carretera Otuzco con el rio Moche .....	25
Ilustración 5: Zona de estudio - Km 64 + 650 .....	26
Ilustración 6: Estudio de tráfico vehicular.....	27
Ilustración 7: Estudio de velocidad vehicular .....	28
Ilustración 8: Ensayo de cargas de placa.....	29
Ilustración 9: perfil estratigráfico del estudio definitivo para la rehabilitación de la carretera Trujillo-Shirán-Huamachuco Tamo: Desvío Otuzco-Desvío Callacuyan.....	31
Ilustración 10: Geometría de la barrera de contención y redirección .....	32
Ilustración 11: Geometría de la barrera y vehículo.....	33
Ilustración 12: Geometría de la baranda de seguridad en ANSYS - SpaceClaim .....	33
Ilustración 13: Interfaz de trabajo principal.....	34
Ilustración 14: Asignación de materiales .....	34
Ilustración 15: Asignación de las constantes.....	36
Ilustración 16: Asignación del cuerpo.....	36
Ilustración 17: Mallado .....	37
Ilustración 18: Ángulo de impacto .....	38
Ilustración 19: Ángulo de la barrera de contención.....	39
Ilustración 20: Descomposición de velocidades.....	39
Ilustración 21: Vectores de velocidad.....	40
Ilustración 22: Tiempo de impacto.....	40
Ilustración 23: Restricción a los postes de la barrera.....	41
Ilustración 24: Impacto en un segmento de la barrera .....	42
Ilustración 25: Angulo vs Deformación.....	55
Ilustración 26: Redireccionamiento .....	56

## Resumen

El presente informe de investigación se realizó en el año 2021, tiene como propósito evaluar el desempeño de un nuevo sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria de seguridad, para reducir el riesgo de accidentes vehiculares, causados por el tráfico vehicular en incremento y las excesivas velocidades, para esta investigación tomamos como muestra para estudio las barreras de contención metálicas de la carretera PE 10A Otuzco, Sector Loma del Viento.

El proyecto tiene como primera etapa del desarrollo de investigación la recolección de información y datos de la zona de estudio, en este caso desde el centro poblado Casmiche Negro en el km 60 hasta el Desvió Otuzco en el km 70, teniendo como método el conteo de barreras metálicas en la zona, el levantamiento topográfico, estudio de clasificación vehicular y el estudio de velocidades vehiculares. Para la segunda etapa nos centramos en cálculo y análisis de los diferentes datos que logramos recolectar en campo mediante el software de simulación ANSYS, teniendo como principal enfoque el análisis de desempeño de la barrera giratoria y así lograr combatir el riesgo de accidentes vehiculares, siendo nuestras principales variables de estudio en la zona.

Gracias al resultados que obtuvimos del análisis, llegamos a la conclusión que al impactar en la barrera giratoria un vehículo de 5000kg con una velocidad de 50km/h y un ángulo de impacto de 8° logrando la contención y redireccionamiento del vehículo, pero causando una deformación en la barrera giratoria de 5.3cm, al introducir un ángulo de impacto de 15° logra contener y deformar la barrera 6.9 cm, para un ángulo de 20° llega a una deformación de 8.6 cm, mientras que para un vehículo de 1500kg a una velocidad de 54km/h, con un ángulo de impacto de 8° logra contenerlo y la barrera se deforma 3.2 cm, para un ángulo de 15° la deformación obtenida fue de 4.5 cm y así mismo para un ángulo de 20° la deformación obtenida es 6.1 cm, sin lograr superar el límite elástico de la barrera giratoria y logrando contener al vehículo y de esa manera evitar accidentes fatales.

La barrera giratoria logra contener a los vehículos con acceso de velocidad de la zona evitando el riesgo de accidentes vehiculares fatales.

Palabras clave: Barrera giratoria, contención vehicular, riesgo de accidente vehicular.

## Abstract

This research report was carried out in the year 2021, its purpose is to evaluate the performance of a new vehicle containment system of the revolving safety barrier type, to reduce the risk of vehicular accidents caused by increasing vehicular traffic and excessive speeds, for this research we took as a sample for study the metal containment barriers of the Otuzco PE 10A highway, Loma del Viento Sector.

The first stage of the project is the collection of information and data from the study area, in this case from the Casmiche Negro population center at km 60 to the Otuzco detour at km 70, using as a method the counting of metal barriers in the area, the topographic survey, the study of vehicle classification and the study of vehicle speeds. For the second stage we focused on the calculation and analysis of the different data that we were able to collect in the field through the ANSYS simulation software, having as main focus the analysis of the performance of the rotating barrier and thus being able to combat the risk of vehicular accidents, being our main variables of study in the area.

Thanks to the results obtained from the analysis, we came to the conclusion that when impacting on the rotating barrier a 5000kg vehicle with a speed of 50km/h and an impact angle of  $8^\circ$  achieving the containment and redirection of the vehicle, but causing a deformation in the rotating barrier of 5.3cm, when introducing an impact angle of  $15^\circ$  manages to contain and deform the barrier 6.9 cm, for an angle of  $20^\circ$  it reaches a deformation of 8.6 cm, while for a 1500kg vehicle at a speed of 54km/h, with an impact angle of  $8^\circ$  it manages to contain it and the barrier deforms 3.2 cm, for an angle of  $15^\circ$  the deformation obtained was 4.5 cm and likewise for an angle of  $20^\circ$  the deformation obtained is 6.1 cm, without exceeding the elastic limit of the rotating barrier and managing to contain the vehicle and thus avoid fatal accidents.

The rotating barrier manages to contain the vehicles with speed access to the area avoiding the risk of fatal vehicular accidents.

Keywords: Rotating barrier, vehicle containment, risk of vehicular accidents.

## I. INTRODUCCIÓN

Cada año en las carreteras del mundo, alrededor de 1.25 millones de personas mueren en accidentes vehiculares, mientras que entre 2 y 50 millones sufren lesiones no mortales, la infraestructura vial insegura aumenta el riesgo de accidentes (OMS, 2013).

Para (Alayo Giraldo, 2017, pág. 79) según su estudio de las 25 regiones del Perú, realiza un análisis estadístico de los diferentes tipos de accidentes ocurridos durante 2011 - 2015. Utiliza la variable accidentes de tráfico. Sobre la dimensión despiste, concluye que las regiones con mayor siniestralidad fueron Lima (7,826), Cajamarca (2,270), Lambayeque (1,868), Junín (1,488), La Libertad (1,277) entre otras.

(Guevara Delgado & Norabuena Ita, 2019, pág. 67) también señalaron en su trabajo "Análisis y Propuesta de Mejora de la Seguridad Vial en la Carretera Panamericana Norte, tramo Variante de Pasamayo del km 55 al km 70 aplicando la Metodología del Manual de Seguridad vial" entre 2015 y 2017, hubo un aumento de accidentes de tráfico en las redes viales no urbanas (carreteras), lo que puede deberse a un mayor tráfico de vehículos, mal diseño geométrico, rutas en deterioro y falta de mantenimiento. Dependiendo del tipo, esto se refleja en el porcentaje de accidentes de tráfico: 42% de accidentes causados por despiste y volcadura, 13% causados por solo despiste.

Asimismo, (Guzmán-Valdiviezo, 2014, pág. 22) proporcionó un análisis de las bases de datos de accidentes de tránsito registradas en los cuatro sectores de la carretera IIRSA Norte, dos costas y dos selvas. El tipo de accidente más común en la carretera son los accidentes por despiste, que representan el 38%, seguido del 29% de los accidentes por volcadura.

La carretera Otuzco cuenta con alto índice de accidentes mortales, según reporte de la (Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías, 2013, pág. 13) el 13 de abril, siendo las 04:00 de la mañana, se produjo un accidente vehicular por despiste y volcadura, ocasionando daños a la vida y salud de las personas, 40 fallecidos y 9 heridos. Así también, según el reporte del (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional, 2019), el 29 de



septiembre, a las 11:00 horas, se produjo un accidente vehicular en la carretera de Otuzco a la altura del sector Loma del Viento, distrito de Otuzco, provincia de Otuzco, resultando 5 fallecidos y 1 herido.

Conocido el problema de accidentes vehiculares por despiste de la carretera de penetración a la sierra de la región La Libertad en el sector Loma del Viento, es muy importante incorporar un sistema de barrera de protección con los últimos avances tecnológicos, de esa manera reducir el riesgo de accidentes por despiste.

Por lo expuesto en la problemática es importante buscar responder a la siguiente pregunta: ¿De qué manera un sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria puede reducir el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad?

La presente investigación se justifica tecnológicamente, porque se demandará del uso de un nuevo sistema de barrera giratoria que no solo absorban la energía del impacto, sino que también la convierte en energía rotacional, que ayuda al vehículo a mantener el rumbo y evitar una volcadura o despiste (Wadekar, Tilekar, & Sawalkar, 2017, pág. 49).

Asimismo, genera nuevo conocimiento al proponer una barrera de protección vehicular que no se utiliza en el país, y lo más importante cumplir con las normativas del MTC, la realidad nacional y determinar su usabilidad.

Del mismo modo, el proyecto se justifica socialmente al mostrar la posibilidad de reducir el riesgo de accidentes por despistes y volcaduras en la carretera Otuzco en el sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad, que ha causado pérdidas humanas como materiales. Además, más adelante, ser propuesta para más vías de comunicación del país.

Finalmente, los costos económicos no son elevados, debido a que los rodillos de las barreras están hechos de etilvinilacetato (EVA) que es un polímero termoplástico compuesto por unidades repetidas de etileno y acetato de vinilo (Wadekar, Tilekar, & Sawalkar, 2017, pág. 51) disponibles en el mercado, asumidos por los investigadores.

El objetivo general es reducir el riesgo de accidentes vehiculares en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad, a través de un sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria de seguridad.

El primer objetivo específico es determinar la deformación que puede soportar el sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria.

El segundo objetivo específico es determinar la capacidad de redireccionamiento que puede soportar el sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria.

El tercer objetivo específico es determinar el nivel de contención que pueden soportar el sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria.

Se plantea la hipótesis: Un sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria de seguridad reducirá el riesgo de accidentes vehiculares en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad.

La primera hipótesis específica: El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria cumple el parámetro de deformación del sistema de barrera de contención, se mide a través del análisis con el método computarizado de elementos finitos.

La segunda hipótesis específica: El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria logra redireccionar los vehículos a la vía, se mide a través del análisis con el método computarizado de elementos finitos.

La tercera hipótesis específica: El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria soporta el nivel de contención de los vehículos, se mide a través del análisis con el método computarizado de elementos finitos.

## II. MARCO TEÓRICO

En la investigación realizada se presenta diferentes antecedentes de diversas fuentes tanto nacionales como internacionales, relacionadas con el tema de estudio:

### 2.1. Antecedentes nacionales

(Cobeñas Silva, 2012, pág. 25) en su tesis define al sistema de contención vehicular como cualquier tipo de mecanismo que se instala en el borde de la carretera, al centro de la carretera, puentes, pasos a desnivel u otra estructura que impide, a los vehículos poder salirse descontrolados de la vía, permitiendo cierta contención de manera que llegue a minimizar los accidentes catastróficos que pueden ocurrirles a quienes están dentro del vehículo impactado, peatones cercanos a la carretera u otros usuarios en la carretera.

(Villanueva Arteaga, 2018) indica que al instalar un sistema de barrera de seguridad en el borde de la carretera debería ser la última medida a considerar en la implementación de seguridad en el borde. Se debe considerar como una traba al costado de la carretera el sistema de contención y solo debe instalarse cuando su ausencia pueda ser el motivo de un accidente mucho más severo que un choque directo con la barrera de contención. Tomando como ejemplo, una zona de terraplén bastante alta, los accidentes serían muy graves y desde un punto de vista rentable, la instalación de barreras de seguridad puede ser la opción más adecuada.

Por otro lado, la directiva peruana N° 007-2008 del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008) indica que el sistema de contención, son aquellos mecanismos que se instalan en la vía, teniendo como finalidad poder conceder un cierto grado de control a los vehículos con pérdida de control que pueden golpear objetos fijos o salirse de la vía, reduciendo daños y lesiones a los ocupantes y otros usuarios de la vía. Del mismo modo indica que el sistema de contención vehicular debe realizar las funciones básicas de mantener el vehículo dentro de la vía, regresar el vehículo a la vía y reducir el nivel de gravedad de la colisión en los ocupantes.

(Tristan Lanazca, 2018, pág. 87) Concluye en su tesis que la barrera de contención metálica en la carretera estudiada tiene la capacidad de redirigir vehículos cuya velocidad no exceda los 80 km/h, después de lo cual la barrera alcanza la resistencia máxima a la tracción; y ha excedido la rotura límite de 320.13MPa a una velocidad de 100 km/h, y allí no hay posibilidad de redirigir el vehículo.

El riesgo potencial de accidentes vehiculares es la posibilidad de ocurrir un accidente vehicular por despiste, volcadura o choque en la carretera (Villanueva Arteaga, 2018, pág. 86).

## 2.2. Antecedentes internacionales

(Hasan, Ahmed, Asifuzzaman, Ahmed Bin Azad, & Arafat, 2018, pág. 1) en su investigación define la barrera como un tipo de obstrucción que intenta mantener vehículos dentro de su carril en la carretera y evitar que colisionar con obstáculos u otros vehículos.

(Sarver Zahoor, 2018) señala que la barrera de acero está formada por una viga metálica, el cual tiene la forma como una W, que es compatible con una sucesión de postes hechos de madera o hechos de acero que están diseñados para poder doblarse rápido bajo impacto, evitando que de esta manera el vehículo llegue a salir de la carretera, ayudando a reducir el impacto del vehículo y los que están en el automóvil.

(Hasan, Ahmed, Asifuzzaman, Ahmed Bin Azad, & Arafat, 2018) señala que la barrera rodante es una estructura equipada con tubos continuos cubiertos con rodillos de Uretano. Su característica general se asemeja a un ábaco erigido. Como la barrera rodante activa la fricción rodante cuando los vehículos chocan contra la barrera, reduciendo la gravedad de los accidentes de tráfico. La barrera rodante puede girar cuando es golpeado por el tráfico, está hecho de un químico especial compuesto como caucho duro que es capaz de absorber el impacto del vehículo, las barreras de cables, concreto o acero tienen el objetivo de salvar la vida de los humanos. Se crea un nuevo tipo de barrera "Barrera rodante" donde se puede decir que la barrera rodante tiene las mismas características de estos tres tipos de barreras simultáneamente.

(Nagadarshan Rao B J, 2017) comenta que una pequeña empresa de Corea del Sur inventó la "barrera rodante", después de que la barrera rodante se instaló en dos secciones de carreteras curvadas y degradadas en Busan (Corea del Sur), los accidentes en las secciones se redujeron en más del 50% en el año.

(Vivek Lodhia, 2021) y (Hasan, Ahmed, Asifuzzaman, Ahmed Bin Azad, & Arafat, 2018) en sus investigaciones detallan las ventajas de usar la barrera giratoria:

**Sistema de absorción de impactos:** El material de tipo caucho duro para los rodillos puede absorber el choque de los vehículos reduciendo la velocidad del vehículo luego de impactar la barrera. Si el automóvil llegara a tener una velocidad de 40 km/h, el porcentaje de accidentes se reduce en un 80%. Si el conductor procura controlar su velocidad la cual falla y el vehículo choca contra la barrera de contención entonces la velocidad va a llegar a reducirse y estará bajo control.

**Acero inoxidable:** viene a ser un elemento muy importante de la barrera rodante, donde el rodillo está apoyado por este acero inoxidable.

**Color de barrera:** Se puede variar los colores, pero el color adecuado del rodillo es amarillo, el cual se aprecia a distancias largas. El conductor del vehículo entonces se mantendrá alerta al poder observar la barrera. Es por eso que se prefiere el pintado de ese color algunas barreras de concreto y acero.

**Cinta reflectante:** Es un tipo de cinta que brillará cuando la luz de un vehículo golpee la cinta. Se utiliza cinta reflectante en cada rodillo para advertir al conductor, es útil por la noche porque cuando las luces del automóvil golpean la cinta reflejándose claramente y advierten al conductor de la barrera.

**Fácil instalación:** Una ventaja apreciable es que el proceso para instalar la barrera rodante es mucho más sencillo que otra barrera, también es fácil para los trabajadores cambiar los rodillos, simplemente se retiran las varillas de acero inoxidable colocadas horizontalmente, se retiran los rodillos dañados, se colocan nuevos rodillos y los pasadores de acero horizontalmente.

Materiales reciclables: El uso de Etilvinilacetato (EVA) como material para los rodillos, llegan a ser ecológicos y reciclables, reduciéndose el costo de mantenimiento.

Impacto medioambiental: La barrera de concreto no es de un material ecológico, porque el concreto también emite dióxido, pero los materiales de la barrera giratoria son totalmente ecológicos evitando dañar el medio ambiente.

El diseño de la barrera rodante corre a cargo de la empresa surcoreana “Korea Safety Innovation”. Este diseño se encuentra acotado en mm. El diámetro de los rodillos es de 370 mm y el diámetro de las piezas de acero inoxidable redondeado es de 246 mm, para la distancia entre un poste y otro poste debajo del suelo debe ser 1400 mm. Para la distancia de uno de los tramos es de 4200 mm, la distancia del centro de un rodillo al otro es de 700 mm, la distancia vertical que va desde el nivel del suelo hacia dentro del terreno será 1200 mm y 1000 mm de altura en el lado superior, se tendrá poste interior, poste secundario de acero inoxidable estilo riel, rodillo amortiguador, tapa de poste, etc. (Hasan et al., 2018, p. 10).

(Hasan, Ahmed, Asifuzzaman, Ahmed Bin Azad, & Arafat, 2018) y (Muhammad Farhan, 2018) señala dentro de los hallazgos de la prueba de choque el desempeño de seguridad hacia los pasajeros, siendo 32,4 km/h la velocidad teórica de choque de la cabeza (THIV), por debajo de 33 km/h, la desaceleración de la cabeza tras el choque (PHD): 9,9 m/s<sup>2</sup> (por debajo de 20 m/s<sup>2</sup>), sin dispersiones de las cincuenta barreras, en la prueba el rendimiento del comportamiento del vehículo que consiste en no arrojarse demasiado o detenerse repentinamente después de una colisión fue del 76,9%, velocidad de salida de 74,8 km/h, 43,7%, Ángulo de salida: 8,74°, siendo los resultados satisfactorios con criterios.

(Punnamaraju, 2016) en su publicación indica que la prueba de choque se realizó en tres vehículos diferentes y la barrera rodante cumplió satisfactoriamente todos los criterios.

Carro pequeño: Coche de 900 kg a 20° colisión lateral, se llegó a observar que el producto ETI devuelve el vehículo accidentado en movimiento a la pista con normalidad, protegiendo a los ocupantes de accidentes dentro vehículo.

Carro grande: Camión de 10 toneladas a 15° colisión lateral, se llegó a observar que el producto ETI llega a cambiar el método de impacto a fricción rotacional para hacer la colisión secuencial durante el mayor tiempo, para así llegar a minimizar el impacto.

Autobús: Bus de 13 toneladas a 20° colisión lateral, se llegó a observar que el producto ETI logró cambiar el método de impacto a una fricción rotacional para poder hacer que la colisión continúe durante un tiempo prolongado y así poder minimizar el impacto.

(Hasan, Ahmed, Asifuzzaman, Ahmed Bin Azad, & Arafat, 2018) indica las diferencias entre las barreras comunes y la barrera giratoria:

Las barreras de concreto tienen algunas ventajas, pero también desventajas, la principal diferencia entre la barrera de concreto y la barrera rodante está en el costo. La barrera rodante es más económica que la barrera de concreto, el costo de mantenimiento también es más alto que la barrera rodante, si un vehículo choca contra una barrera de concreto, se dañará y tendrá que repararlo inmediatamente y, a veces, hay que cambiar el bloque completo. El costo de reparación de la barrera de concreto es mucho mayor que el costo de reparación de la barrera rodante, en la barrera rodante solo se necesita el cambio del rodillo dañado hecho de un material de tipo caucho duro, mientras que la parte dañada de la barrera de concreto no se puede reparar de nuevo. También se debe pensar en los problemas de carácter ambiental, puesto que la tierra se calienta día a día debido a que el concreto libera dióxido de carbono y esto afecta el medio ambiente, mientras que el material característico en la barrera rodante es ecológico. logrando minimizar el impacto ambiental y cuidando el medio ambiente. Hay variados tipos de barreras, pero las de concreto y acero son más comunes, también tenemos las barreras de cable, pero no son duraderas, la principal característica encontrada en la barrera de cable es absorber la energía de choque del vehículo, siendo de menor costo la barrera de cable que la barrera

rodante, pero es mejor la durabilidad de la barrera rodante y los daños que recibe el vehículo llega a ser menor que en la barrera de cable.

(Mr. Dnyaneshwar J. Ghadge, 2018) en su investigación concluye que las barreras y sus pruebas dice que los sistemas de barrera giratoria son una alta prioridad hacia la seguridad, mejor que otros tipos de barreras en términos de rigidez y fuerza, altos resultados positivos en las pruebas de choque, etc. En definitiva, la vida es más valiosa que los vehículos, pero cuando se trata del uso del sistema de barrera giratoria, es seguro para la vida y también previene el nivel máximo de daño de los vehículos.

El sistema de barrera tradicional que incluye barreras de concreto como las barandillas de acero intentan absorber la mayor cantidad de energía de impacto de la colisión como sea posible y por lo tanto potencialmente romper el impulso de la colisión del vehículo, sin embargo, aún se puede ver en el número de accidentes mortales en la carretera, el sistema habitual ha demostrado ser deficiente (Wadekar, Tilekar, & Sawalkar, 2017).

(Punnamaraju, 2016) en su publicación indica que el funcionamiento del sistema inicia cuando el automóvil llega a impactar en la barrera, entonces el rodillo giratorio transforma el impacto en la barrera en energía rotacional. Por otro lado, los bastidores superior e inferior acomodan las ruedas de los vehículos grandes y pequeños para evitar la pérdida de funcionalidad del sistema de dirección. Los rieles y los apoyos logran absorber los golpes generados por los vehículos, y los bastidores de superficie lisa cumplen la función de ajustar las ruedas de los vehículos para guiar a la dirección de movimiento, logrando evitar segundas colisiones en la parte de atrás. El diseño tridimensional del marco que tiene la forma de letra D y el soporte amortiguador son quienes distribuyen y logran absorber el segundo impacto. Los apoyos en un intervalo de 0,7 m son quienes van a aumentar la potencia de apoyo y así poder evitar que se puedan desviar más los vehículos, ya que los puntales logran ser independientes, se necesitaría solo reemplazar las partes afectadas manteniendo los costos para el mantenimiento reducidos.



(Sarver Zahoor, 2018) en su investigación señala que los barriles giratorios están hechos de etilvinilacetato (EVA), que es un copolímero de etileno y acetato de vinilo. Es extremadamente elástico y material transparente, se produce bajo alta temperatura y alta presión, ofrece buen brillo, tenacidad a baja temperatura, buena resistencia química, alto coeficiente de fricción y resistencia a los rayos UV, además tiene la ventaja de ser 100% reciclable de todos los residuos de producción, lo que significa que no hay desperdicio producido a partir del material, el EVA está libre de cloruros, metales pesados, fenoles, látex y todos los tóxicos, el uso de rodillos de EVA hacen que todo el sistema de barrera rodante sea rentable y respetuoso con el medio ambiente, que es la necesidad de hoy en día.

### 2.3. Teorías relacionadas al tema

(Portal, s.f.) en su publicación indica que Ansys es un conjunto de programas CAE para el diseño, análisis y simulación de piezas mediante elementos finitos. Incluye etapas de mallado o preparación de mallado, ejecución y post procesamiento, el programa ejecuta un análisis de las piezas, las cuales son sometidas a fenómenos físicos usados en diseño mecánico e ingeniería. El análisis puede predecir el rendimiento y la respuesta de productos específicos en entornos reales. ANSYS continúa desarrollando tecnología que se enfoca en la simulación y se han creado otros softwares a lo largo del tiempo para proporcionar un conjunto de aplicaciones que pueden resolver de manera uniforme los problemas más complejos.

Software ANSYS: Es un software de simulación de ingeniería (Computer - Aided Engineering o CAE). Ofrece paquetes de simulación en ingeniería cuando un diseño requiere de un proceso de simulación. Empresas de una amplia variedad de industrias vienen utilizando el software ANSYS. Las herramientas ponen un producto virtual a través de un procedimiento de prueba riguroso (como chocar un automóvil contra una pared de ladrillos, o corriendo durante varios años sobre una carretera) antes que el diseño se convierta en un objeto físico, comprende cuatro procesos: creación de la geometría de los elementos para análisis, creación del mallado de la geometría, cálculo y resultados del ensayo. (G.Udayakumar, 2014).

(Yi Cuazo, 2018) en su tesis define a la capacidad portante como la resistencia que tiene el suelo para soportar las presiones y cargas, logrando así de este modo que no lleguen a generarse fallas en su estructura, basándose en ciertos principios funcionales.

La capacidad de carga en suelos, indica que es el soporte que presenta un determinado suelo a la deformación ocasionadas por las diversas cargas aplicadas de tránsito y esto se rige de acuerdo a su densidad como a su humedad, del mismo modo la resistencia a la fuerza cortante del suelo que la conforma (Durand M, 2015).

El Estudio de Tráfico viene a ser el recuento de tráfico, hallando estadísticas reales del tráfico de vehículos diario que pasa por un punto predeterminado (Comunicaciones, 2018).

Índice Medio Diario (IMD), ésta es la medida más utilizada en condiciones de carreteras. Se utiliza para caracterizar el tráfico cuando no hay congestión. Expresado en vehículos que transitan todos los días. El flujo de tráfico se puede resumir o subdividir por categoría de vehículo (Comunicaciones, 2018).

Índice Medio Diario Anual (IMDA), Representaría el promedio aritmético del volumen de tránsito diario para así poder calcular el volumen de todos los días del año, previsible en un tramo de carretera a considerar (Comunicaciones, 2018).

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008) su directiva menciona que una barrera de seguridad que ha sido debidamente certificada debe pasar las pruebas de choque según los criterios mencionados en la norma NCHRP Report 350 de los Estados Unidos de Norteamérica o por la EN 1317 de la comunidad Europea, en el informe emitido por el laboratorio de prueba de choque tiene que indicar la severidad del impacto, la deformación del sistema, nivel de contención y capacidad de redireccionamiento de la barrera de contención y también cada componente del diseño de la barrera, adjuntando planos donde se pueda apreciar el diseño de la barrera, también se debe indicar el tipo de suelo donde fue instalada la barrera, videos mostrando el funcionamiento durante la prueba de choque y la documentación necesaria en dichas normas.

**NIVEL DE CONTENCIÓN:** Capacidad que cuenta la barrera de contención vehicular para así lograr absorber la energía de choque de un vehículo con la barrera, consiguiendo una correcta deceleración, deformación y capacidad para poder redireccionar el vehículo impactado. Dentro de los niveles de contención tenemos:

P1 – Bajo, de uso donde el nivel de servicio es bajo, tenemos zonas urbanas o en carreteras con volumen de tránsito bajo, predominando vehículos de pesos ligeros y con velocidades que llegan hasta 50 km/h.

P2 – Medio, para carreteras de velocidades altas, predominando la circulación de vehículos ligeros, siendo el nivel mínimo requerido.

P3 – Medio alto, nivel recomendado en carreteras con tráfico de vehículos de transporte público y autobuses interurbanos, teniendo pesos que llegan hasta 10 Tn.

P4 – Alto, es el nivel recomendable en carreteras donde tienen la circulación de vehículos de mucho peso como camiones y autobuses, los cuales tienen pesos brutos que llegan hasta 30 Tn.

P5 – Muy alto, es el nivel recomendable en carreteras con tráfico importante de camiones tráiler y semi tráiler.

**NIVEL DE SEVERIDAD DEL IMPACTO:** viene a ser la capacidad de la barrera para medir el daño que llegarán a sufrir los ocupantes dentro del vehículo que llega a chocar contra la barrera al borde de la vía.

ASI – Índice de severidad de la aceleración.

VCDI – Índice de la deformación de la cabina del vehículo.

THIV – Velocidad teórica de choque de la cabeza.

OIV – Velocidad de choque del ocupante.

PHD – Deceleración de la cabeza tras el choque.

ORA – Deceleración del ocupante.

**DEFORMACIÓN DEL SISTEMA:** Indica que es la absorción de energía de choque es llevada a cabo en su mayoría por la deformación de los elementos del sistema que llegara a contener al vehículo y el mismo vehículo, debiendo reducir las deformaciones y deben tener compatibilidad con la zona y el entorno donde se llevara a cabo la implementación. Durante la prueba de choque las deformaciones de las barreras de seguridad están caracterizadas por la deflexión dinámica (D) el cual es el máximo desplazamiento dinámico lateral de la cara del sistema más próximo al tráfico, y también por el ancho de trabajo (W) siendo la longitud entre la cara más cercana a la circulación antes del choque, y la posición más lejana que durante el choque llega alcanzar cualquier parte principal del sistema que contiene al vehículo (González, 2011).

**REDIRECCIONAMIENTO DEL SISTEMA:** Consiste en redireccionar el vehículo gracias a la barrera de contención, de esa forma luego del choque, la proyección de las ruedas del vehículo no debe pasar una línea paralela a la posición de inicio de la cara de la barrera de contención que se encuentra más cercana a la circulación de vehículos, que se sitúa a una distancia A y sobre una distancia B, la cual tendrá como medición desde la intersección final (ruptura) de la proyección de las llantas del vehículo con la cara de la barrera de contención que se encuentre más cerca al tráfico (González, 2011).

**REDIRECCIONAMIENTO DEL SISTEMA:** Consiste en redireccionar el vehículo gracias a la barrera de contención, de esa forma luego del choque, la proyección de las ruedas del vehículo no debe pasar una línea paralela a la posición de inicio de la cara de la barrera de contención que se encuentra más cercana a la circulación de vehículos, que se sitúa a una distancia A y sobre una distancia B, la cual tendrá como medición desde la intersección final (ruptura) de la proyección de las llantas del vehículo con la cara de la barrera de contención que se encuentre más cerca al tráfico (González, 2011).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es aplicada ya que la problemática está establecida y es conocida, por lo tanto, la investigación se utiliza para responder preguntas específicas (Borja S., 2016, pág. 10), se toma los conceptos y conocimientos de un sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria se relacionan con las barreras tradicionales y se aplicarán en la ingeniería civil para reducir el riesgo de accidentes vehiculares por despiste, volcadura o choque en la carretera.

El diseño de la investigación es pre experimental ya que su grado de control es mínimo, es decir es un nivel sencillo de control de las variables independientes y dependientes (Hernández Sampieri, 2014, pág. 141), las variables de la investigación no son totalmente controladas debido al corto tiempo que tomará realizar la investigación, pero se llegará a cumplir los objetivos.

#### 3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria. Se define como barreras equipadas con rodillos giratorios que se instalan en las secciones curvas de peligro potencial de despiste de vehículos (PRIYA & REDDY, 2017).

Variable dependiente: Riesgo potencial de accidentes vehiculares. Se define como la posibilidad de ocurrir un accidente vehicular por despiste, volcadura o choque en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad (Villanueva Arteaga, 2018, pág. 86).

Tabla 1: Operacionalización de variables

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de Medición</b>
Variable independiente: Sistema de	Barreras equipadas con rodillos	Recolección de datos y ensayos de	Nivel de contención	Bajo Medio Medio alto	Toneladas

contención vehicular tipo barrera giratoria	giratorios que se instalan en las secciones curvas de peligro potencial de despiste de vehículos (PRIYA & REDDY, 2017).	laboratorios para determinar el impacto, contención y deformación del sistema.		Alto	
				Muy alto	
			Severidad del impacto	ASI	
				THIV	Km/h
				OIV	m/s
				ORA	m/s <sup>2</sup>
				PHD	m/s <sup>2</sup>
	VCDI	mm			
Deformación del sistema	Ancho de trabajo (W)	metros			
	Deflexión dinámica (D)	metros			
Capacidad de redireccionamiento	Distancia de Salida	metros			
Variable dependiente: Riesgo potencial de accidentes vehiculares	Posibilidad de ocurrir un accidente vehicular por despiste, volcadura o choque en la carretera (Villanueva Arteaga, 2018, pág. 86).	Accidentes que ocurren en un determinado tiempo de cierta cantidad de vehículos que circulan en un periodo de tiempo.	Riesgo potencial de accidentes	Riesgo	Evento / Nivel de exposición

Fuente: elaboración propia

Tabla 2: Indicadores de la variable dependiente

Indicador	Objetivo	Modo de Cálculo
Riesgo potencial de accidentes	Reducir el riesgo de accidentes vehiculares en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad.	$\text{RIESGO} = \frac{\text{EVENTO}}{\text{NIVEL DE EXPOSICIÓN}}$ <p>RIESGO: accidentes / vehículos  EVENTO: accidentes / año  NIVEL DE EXPOSICIÓN: vehículos / año</p>

Fuente: elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

(Hernández Sampieri, 2014, pág. 174) La población debe estar claramente relacionada con las características de contenido, ubicación, tiempo y espacio. Una vez designada la unidad de análisis, se prosigue delimitando la población o grupo a estudiar y en él se difundirán los resultados.

La población objeto de estudio se considera las 54 barreras de contención vehicular de los tramos entre los Km 60+000 y Km 70+000 de la carretera nacional PE 10A (Casmiche Negro - Desvío Otuzco) ubicado en el departamento La Libertad.

(Hernández Sampieri, 2014, pág. 75) La muestra es la base del subgrupo general. Declaremos que es un subconjunto de varios componentes, correspondiente al grupo especificado por la característica que llamamos población.

Para obtener la muestra de una barrera con más peligros potenciales se realiza un juicio de expertos, a través de una encuesta a los pobladores de zona, en el distrito de Otuzco, centros poblados de Casmiche Negro y Tayahual.

Para obtener la muestra de personas a encuestar se calcula del universo es finito de 115 pobladores según INEI (Anexo 3). Se conoce el total de la población y se desea saber la muestra a estudiar la fórmula sería:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Dónde:

- N: Total de la población
- Z<sub>α</sub>: 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- p: Proporción esperada (en este caso 50% = 0.5)
- q: 1 – p (en este caso 1 – 0.5 = 0.5)
- d: Precisión (en la investigación se usa un 5%)

$$n = \frac{115 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (115 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 88.683154$$

La muestra para la encuesta será de 89 personas.

El muestreo es no probabilístico, es un muestro intencional. (Cortés Cortés & Iglesias León, 2004, pág. 99) El investigador elige los elementos que considera representativos, lo que requiere que el investigador tenga un conocimiento previo del conjunto.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos de campo se utilizan técnicas e instrumentos confiables y válidos:

Técnica	Instrumento	Fuente	Informante
Encuesta	Cuestionario	Población de personas de los centros poblados Casmiche Negro y Tayahual	Personas de los centros poblados Casmiche Negro y Tayahual
Observación	Contador de barreras	Población de barreras de contención vehicular del tramo entre los Km	Observador



		60 y Km 70 de la carretera nacional PE 10A.	
Observación	Pistola radar de velocidad	Velocidad de los vehículos que circulan por el tramo entre los Km 60 y Km 70 de la carretera nacional PE 10A.	Observador
Observación	Formato de clasificación vehicular	Clasificación de los vehículos que circulan por el tramo entre los Km 60 y Km 70 de la carretera nacional PE 10A.	Observador

### 3.5. Procedimientos

#### Técnicas de investigación

- Toma de datos en campo
  1. Definir los objetivos que se deben cumplir
  2. Delimitar el tramo para análisis
  3. Definir el lugar para los estudios
  4. Formato de estudio de tráfico vehicular
  5. Formato de estudio de velocidad vehicular
  6. Datos de la vía
- Ensayos de laboratorios (Nápoles Padrón, Gonzales Carbonell, & Olivares Díaz, 2015)
  1. Utilización del método computarizado de elementos finitos
  2. Creación de la geometría de la barrera
  3. Creación del mallado para la geometría
  4. Cálculos del análisis
  5. Resultados del análisis

6. Solución computacional de tensiones y deformaciones
7. Determinar el nivel de contención
8. Determinar la deformación del sistema
9. Determinar la capacidad de redireccionamiento

### 3.6. Método de análisis de datos

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), Una vez que se obtenga el estudio de muestra adecuada y el diseño de investigación, se recolectarán datos y las variables de investigación contarán con procedimientos detallados para fines específicos.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones indica, en su Manual de Seguridad Vial – 2016, las clasificaciones de barandas para contener vehículos, terminales de las barandas y atenuadores de impacto. Asimismo, se hace referencia el Manual for Assessing Highway Safety Hardware de AASHTO, la norma de ensayo El National Cooperative Highway Research Report 350 del Transportation Research Board y la EN 1317 de la comunidad Europea de Normas.

#### 3.6.1. Metodología de análisis operacional

Se dan tres factores de evaluación dinámica del desempeño junto con los criterios de evaluación recomendados y las pruebas aplicables. Los factores son: adecuación estructural, riesgo de los ocupantes y respuesta vehicular posterior al impacto.

##### 3.6.1.1. Riesgo de accidente

La severidad de impacto (IS) es la medida del impacto de un vehículo de masa  $M$ , impactando a una velocidad  $V$ , con un ángulo de impacto  $\theta$ . Y se define:  $IS = \frac{1}{2}M(V \sin \theta)^2$ , lo que ocasiona daños a los ocupantes.

Índice de severidad de impacto. Las aceleraciones y desaceleraciones de impacto resultantes se miden utilizando: El Índice de Severidad de la Aceleración (ASI), que caracteriza la intensidad del impacto, y se considera la tasa de impacto más importante sobre los ocupantes. La velocidad teórica de impacto en

la cabeza (THIV), describe la velocidad teórica de la cabeza al chocar con un obstáculo durante un impacto; tiene que ser inferior a 33 km/h. La desaceleración de la cabeza después del impacto (PHD) describe la desaceleración de la cabeza después de un impacto y debe ser inferior a 20g (aceleración de la gravedad).

La EN 1317 determina 2 niveles de impacto de severidad en función de los índices ASI y THIV (PHD)

*Tabla 3: Índice de severidad de impacto*

Índice de Severidad del Impacto	Valor del Índice		
	ASI	THIV(Km/h)	PHD(g)
A	$ASI \leq 1$	$\leq 33$	$\leq 20$
B	$1 \leq ASI \leq 1.4$	$\leq 33$	$\leq 20$
C	$1.4 \leq ASI \leq 1.9$	$\leq 33$	$\leq 20$

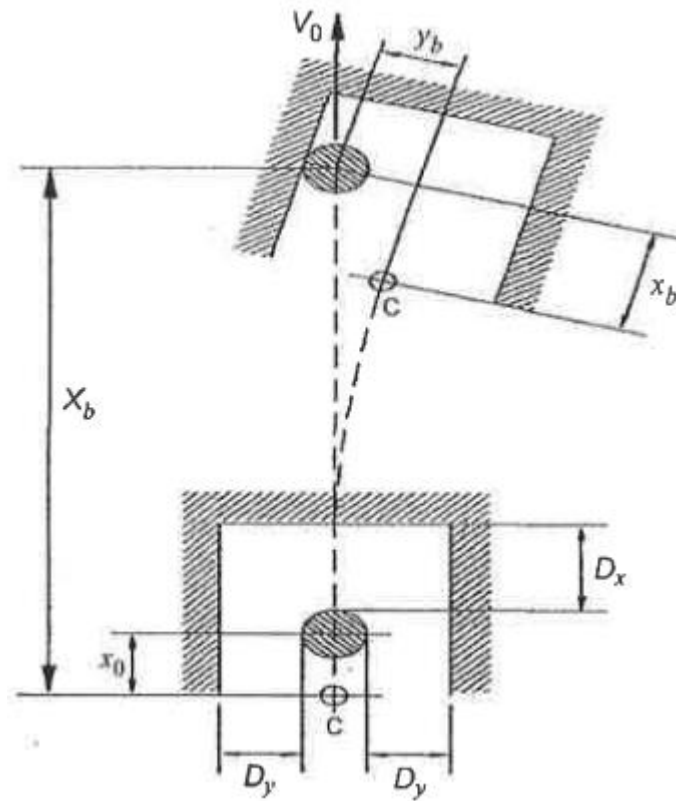
Fuente: norma EN 1317-2

#### 3.6.1.1.1. Velocidad Teórica de Impacto en la Cabeza (THIV)

Se ha desarrollado para evaluar la gravedad del impacto de los ocupantes en vehículos involucrados en colisiones. Se considera que el ocupante es un objeto que se mueve libremente, a medida que el vehículo cambia su velocidad durante el contacto, continúa en movimiento hasta golpear una superficie dentro del vehículo. La magnitud de la velocidad del impacto teórico en la cabeza se considera una medida de la gravedad del impacto.

La velocidad teórica de impacto en la cabeza (THIV) es la velocidad relativa en el tiempo T:  $THIV = [v_x^2(T) + v_y^2(T)]^{1/2}$

Ilustración 1: impacto de la cabeza teórica en el lado izquierdo



Fuente: Manual for Assessing Safety Hardware

### 3.6.1.1.2. Desaceleración de la Cabeza después del Impacto (PHD)

Es el valor máximo de la aceleración filtrada por un filtro de paso bajo de 10 Hz, que ocurre después del tiempo T de la colisión teórica de la cabeza. Si  $\mathfrak{F}_{10}$  representa el filtrado, entonces:

$$PDH = MAX(\mathfrak{F}_{10}(\ddot{x}_c^2 + \ddot{y}_c^2)^{1/2})$$

### 3.6.1.1.3. Índice de Severidad de la Aceleración (ASI)

Desarrollado por TTI (100), es una función del tiempo, calculado con

$$\text{la siguiente fórmula: } ASI(t) = \left[ \left( \frac{\bar{a}_x}{\hat{a}_x} \right)^2 + \left( \frac{\bar{a}_y}{\hat{a}_y} \right)^2 + \left( \frac{\bar{a}_z}{\hat{a}_z} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Dónde  $\hat{a}_x$ ,  $\hat{a}_y$ ,  $\hat{a}_z$  son valores límite para las componentes de la aceleración a lo largo de los ejes del cuerpo x, y, z;  $\bar{a}_x$ ,  $\bar{a}_y$ ,  $\bar{a}_z$  son los componentes de la aceleración de un punto P seleccionado del

vehículo, promediados sobre un intervalo de tiempo en movimiento  $\delta=50$  ms, de modo que:

$$\bar{a}_x = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} a_x dt; \bar{a}_y = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} a_y dt; \bar{a}_z = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} a_z dt$$

El ASI está destinado a dar una medida de la severidad del movimiento vehicular durante un impacto para una persona sentada cerca del punto P.

El MTC indica que este requisito es indispensable para las barreras de contención, e implanta que el tipo de ASI para los sistemas de seguridad vial que son destinados a las vías tendrá que ser de clase A, en casos extremos será la clase B, pero de ninguna manera la clase C.

### 3.7. Aspectos éticos

El desarrollo de nuestro proyecto de investigación se logró realizar en base de los valores éticos de los investigadores. Asimismo, con el fin de asegurar la objetividad del trabajo realizado en la carretera a Otuzco, sector Loma del Viento, se asegura que se sigan los parámetros establecidos al momento de extraer las muestras y datos para luego llevarlas al laboratorio.

Los principios de nuestra investigación están relacionados con el respeto, responsabilidad, tolerancia, honestidad y la transparencia del contenido presentado y las citas de los autores, teniendo muy en consideración los derechos de autor, para su validez en futuras investigaciones. Por tanto, se da prioridad al cumplimiento de la normativa y protocolos encomendados por la universidad, dentro de ellas tenemos la Resolución del vicerrectorado de investigación W 008-2017-VI/UCV, Guía - Proyectos de investigación UCV, Referencias estilo ISO 690 y 690-2, Respetar los parámetros establecidos por la SUNEDU y la Universidad, Se debe tener coherencia entre la metodología y la investigación científica aplicada, Ser transparentes antes, durante y después del proyecto de investigación, sin alteraciones ni manipulaciones, usando Turnitin para validar la información y evitar el plagio.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Resultados obtenidos

En este capítulo se presenta el desempeño de la barrera de contención vehicular tipo giratoria, así mismo los posibles riesgos de accidente vehicular; a través de la información obtenida mediante la recolección de datos como el tráfico vehicular, de tal manera pasar a realizar el análisis del sistema, para la interpretación de cada uno de los cuadros con los resultados generales los mismo que serán observados mediante gráficos.

##### 4.1.1. Descripción de la vía

La carretera PE 10A es una vía que conecta la ciudad de Trujillo con el Ande Liberteño, en donde podemos encontrar el sector Loma del Viento, el cual es una zona con velocidades de circulación de 30 a 45 km/h que, en la actualidad se ha vuelto motivo de accidentes vehiculares entre el km 60 y km 70. Esto debido al incremento de tráfico vehicular y demasiada velocidad.

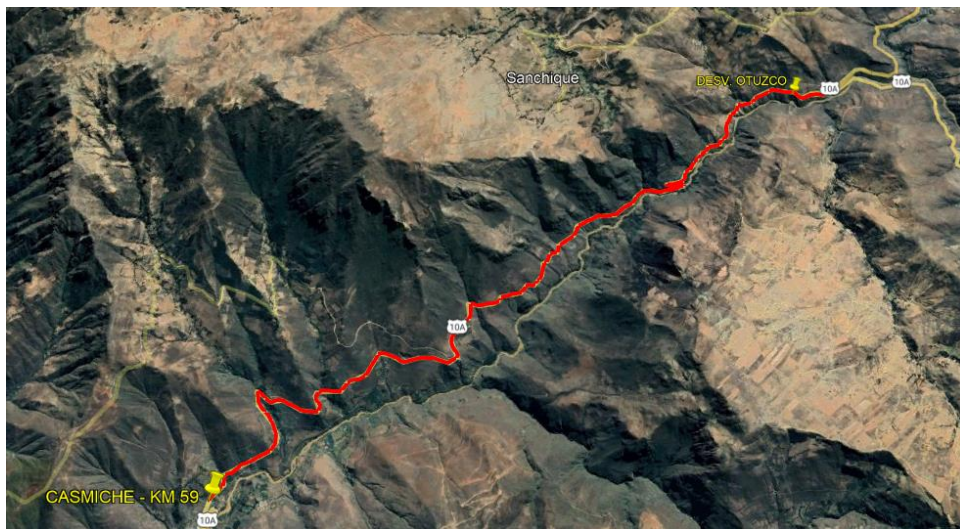
Por el motivo de las barreras metálicas de contención vehicular es que ocurren accidentes por despiste y volcadura, pues al confiarse y la condición del clima de la zona; ahí donde ocurren choques entre vehículos o impactos hacia el sistema de contención metálica, cayendo al abismo, perjudicando al conductor y a los ocupantes del vehículo.

Conocido el problema de accidentes vehiculares por despiste de la carretera de penetración a la sierra de la región La Libertad en el sector Loma del Viento, es muy importante incorporar un sistema de barrera de protección con los últimos avances tecnológicos, de esa manera reducir el riesgo de accidentes por despiste, para tal es oportuno evaluar la pregunta ¿De qué manera un sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria puede reducir el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad? Luego frente a la problemática, amerita encontrar una propuesta de solución.

En el siguiente capítulo de resultado se evaluará el desempeño del sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria para lograr minimizar los accidentes por despiste y volcadura vehicular. Para lo cual se realiza el modelado de la barrera para luego hacer el análisis por simulación aplicando diferentes velocidades, ángulo de impacto de acuerdo a la norma UNE EN 1317 y masas de acuerdo al tipo de vehículo.

Se observa toda la trayectoria de la Carretera Otuzco PE 10A, la cual se estudia.

*Ilustración 2: Carretera PE 10A - Casmiche Negro a Desvío Otuzco*



Fuente: Google earth.

#### 4.1.2. Topografía

La información obtenida del levantamiento topográfico con dron en la zona de estudio presenta una topografía de desniveles con pendiente de más de 70% en casi todo el tramo de la carretera que está paralelo al río Moche, presenta una distancia de 2m del borde de la vía hacia el borde del abismo.

*Ilustración 3: Topografía zona de estudio - Km 64 + 650*



Fuente: elaboración propia.

*Ilustración 4: Desnivel de 122m de la carretera Otuzco con el rio Moche*



Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Tráfico vehicular

### 4.2.1. Índice medio diario anual (IMDA)

La información obtenida mediante el estudio de clasificación vehicular realizado nos brindó datos importantes de la zona de estudio que nos servirán para el índice medio diario (IMDA), que se puede apreciar el flujo vehicular del carril izquierdo que va en dirección de OESTE - ESTE



(Casmiche Negro a Desvío Otuzco) y por el carril derecho en dirección de ESTE- OESTE (Desvío Otuzco a Casmiche Negro).

*Ilustración 5: Zona de estudio - Km 64 + 650*



Fuente: Elaboración propia

*Tabla 4: IMD anual y clasificación vehicular (veh/día)*

Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos	620	24.9%
Satation Wagon	277	11.1%
Camioneta Pick Up	577	23.2%
Camioneta Panel	25	1.0%
Combi Rural	433	17.4%
Micro	1	0.0%
Omnibus 2E y 3E	90	3.6%
Camión 2E	217	8.7%
Camión 3E	229	9.2%
Camión 4E	9	0.4%
Semi trayler	12	0.5%
Trayler	2	0.1%
<b>TOTAL IMD</b>	<b>2492</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: elaboración propia (Anexo 12).

*Ilustración 6: Estudio de tráfico vehicular*



Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2. Velocidad vehicular

La información obtenida del estudio de velocidad vehicular nos arrojó que la gran mayoría de los vehículos no respetan los límites de velocidad siendo la mayor de 45km/h y siendo los vehículos ligeros los que sobrepasaban desde 50km/h hasta 66km/h, para hacer la medición se utilizó la pistola radar de velocidad de marca BUSHNELL con error de +/- 1km/h.

Tabla 5: velocidades máximas de vehículos

VEHICULOS		VELOCIDAD MAXIMA Km/h
MOTOS		66
AUTO		54
STATION WAGON		57
CAMIONETAS	PICK UP	61
	PANEL	53
	RURAL	50
	Combi	50
MICRO		26
BUS	2 E	37
	3 E	34
CAMION	2 E	40
	3 E	40
	4 E	39
SEMI TRAYLER	2S1/2S2	34
	2S3	30
	3S1/3S2	33
	>= 3S3	35
TRAYLER	2T2	0
	2T3	29
	3T2	0
	3T3	28

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 7: Estudio de velocidad vehicular



Fuente: elaboración propia.

#### 4.3. Estudio de suelos

Para poder saber si el tipo de suelo de la carretera Otuzco era apta para la propuesta de barrera giratoria se tomó como referencia el laboratorio geotécnico SOGEA SRL, quien realizó los ensayos de suelos para el test de impacto en las barreras rodantes de la compañía SHINDO INDUSTRY

CO., LTD, en donde sus resultados del tipo de suelo fueron GRAVA ARENOSA marrón claro.

Ilustración 8: Ensayo de cargas de placa

MODIFIED PROCTOR COMPACTION TEST					
Methods: Standard ASTM D 1557					
Optimum water content (%):	5,6	Specimen n°	Water content %	Wet unit weight kN/m <sup>3</sup>	Dry unit weight kN/m <sup>3</sup>
Maximum dry density (kN/m <sup>3</sup> ):	22,0	1	2,1	21,15	20,71
		2	4,1	22,66	21,77
		3	5,6	23,25	22,02
		4	7,7	23,02	21,37
Material with Ø > 20,00 mm (%):	-	----	----	----	----
		----	----	----	----
Mold volume (cm <sup>3</sup> ):	944	----	----	----	----
		----	----	----	----

FIELD DENSITY TEST	
Methods: Standard ASTM D 1556	

Sand cone method	
Calibrated sand mass (g):	1226,8
Calibrated sand density (kN/m <sup>3</sup> ):	13,57
Test hole volume (cm <sup>3</sup> ):	604
Mass (g):	1401,0

Water content (%):	3,8
In-place wet density (kN/m <sup>3</sup> ):	22,75
In-place dry density (kN/m <sup>3</sup> ):	21,91

Base		Md(I° Cycle) / Md(II° Cycle) = 0,273			
I° Cycle	Deformation modulus: Md(250-350 kPa) = 90909 kPa	Deform.: d(250-350 kPa) = 0,33 mm			
	Total deformation = 1,38 mm	Rebound deflection = 9,18 %		Residual deflection = 90,82 %	
II° Cycle	Deformation modulus: Md(250-350 kPa) = 333333 kPa	Deform.: d(250-350 kPa) = 0,09 mm			
	Total deformation = 1,43 mm				
OTHER PARAMETERS					
Poisson's ratio = 0,35		Ks(I° Cycle) = 300,8 MN/m <sup>3</sup>		Ks(II° Cycle) = 48785,3 MN/m <sup>3</sup>	
I° Cycle	Young's modulus (kPa)	E(50-150) = 44924	E(150-250) = 46966	E(250-350) = 62622	
	Oedometric modulus (kPa)	Ed(50-150) = 149747	Ed(150-250) = 156554	Ed(250-350) = 208739	
II° Cycle	Young's modulus (kPa)	E(50-150) = 1033256	E(150-250) = 295216	E(250-350) = 229613	
	Oedometric modulus (kPa)	Ed(50-150) = 3444188	Ed(150-250) = 984054	Ed(250-350) = 765375	
Note: All parameters are calculated from the experimental points					

Sandy gravel light brown.

Fuente: Centro Prove Aisico.

Para poder saber el tipo de suelo de la carretera Otuzco, obtuvimos el expediente técnico de la carretera Otuzco PE 10A, en donde pudimos corroborar que el tipo de suelo en la zona según la clasificación SUCS es:

GC, Grava arcillosa.

GM, Grava limosa.

Así mismo para la clasificación AASHTO nos detallas los valores:

A-2-4, Suelos granulados arcillosos o barrosos. Arenas y gravas con un alto contenido de finos.

A-2-6, Suelos granulados arcillosos o barrosos. Arenas y gravas con un contenido de arcilla.

Ilustración 9: perfil estratigráfico del estudio definitivo para la rehabilitación de la carretera Trujillo-Shirán-Huamachuco Tamo: Desvió Otuzco-Desvió Callacuyan

PROGRESIVA	0+000	0+250	0+500	0+720
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
PROFUNDIDAD (m)	0,00 - 0,20	0,00 - 0,20	0,00 - 0,15	0,00 - 0,10
PASA MALLA 200 (%)	15.69	15.82	16.61	15.83
L.L. (%)	29.40	26.97	28.05	28.60
L.P. (%)	23.05	20.79	22.29	22.53
I.P. (%)	6.35	6.18	5.76	6.07
CLASIFICACIÓN SUCS	GM	GC-GM	GM	GM
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-1-b (0)	A-2-4 (0)
HUMEDAD (%)	4.21	3.88	4.21	4.37
P. VOLUMETRICO	2.534	2.557	2.579	2.498
MUESTRA	M-2	M-2	M-2	M-2
PROFUNDIDAD (m)	0,20 - 0,35	0,20 - 0,30	0,15 - 0,25	0,10 - 0,20
PASA MALLA 200 (%)	18.89	17.78	16.85	17.75
L.L. (%)	25.00	24.80	24.66	25.00
L.P. (%)	18.44	17.99	18.04	18.49
I.P. (%)	6.56	6.81	6.62	6.51
CLASIFICACIÓN SUCS	GC-GM	GC-GM	GC-GM	GC-GM
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
HUMEDAD (%)	4.55	4.35	4.59	3.31
P. VOLUMETRICO	2.559	2.583	2.564	2.633
MUESTRA	M-3	M-3	M-3	M-3
PROFUNDIDAD (m)	0,35 - 0,60	0,30 - 0,65	0,25 - 0,55	0,20 - 0,45
PASA MALLA 200 (%)	14.09	16.92	17.96	15.11
L.L. (%)	28.10	27.42	28.98	27.79
L.P. (%)	18.44	17.16	17.99	18.79
I.P. (%)	9.66	10.26	10.99	9.00
CLASIFICACIÓN SUCS	GC	GC	GC	GC
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)
HUMEDAD (%)	11.37	11.45	8.78	10.01
P. VOLUMETRICO	2.623	2.619	2.498	2.579
MUESTRA	M-4	M-4	M-4	M-4
PROFUNDIDAD (m)	0.60-1.00	0.65-1.00	0.55 -0.90	0.45 - 0.80
PASA MALLA 200 (%)	18.6	13.9	14.2	13.9
L.L. (%)	29.1	27.6	27.7	29.6
L.P. (%)	18.2	18.6	19.3	18.5
I.P. (%)	10.9	9.0	8.5	11.1
CLASIFICACIÓN SUCS	GC	GC	GC	GC
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)
HUMEDAD (%)	13.0	10.0	10.2	7.8
P. VOLUMETRICO	2.476	2.577	2.642	2.495

Fuente: Provias nacional.

#### 4.4. Análisis de la barrera giratoria de seguridad e interpretación de resultados

Para poder realizar el análisis de la barrera giratoria de seguridad fue necesario contar con un software de computadora donde se pueda realizar el modelado, llenado de datos y simulación de impacto, ya que se trata de un elemento el cual será sometido a deformaciones y esfuerzos, el programa para solucionar el problema emplea elementos finitos para la simulación y análisis.

ANSYS, es un software utilizado para poder buscar la solución de problemas con estructuras dinámicas y estáticas, mediante 4 procesos principales el cual utilizaremos llamados módulos:

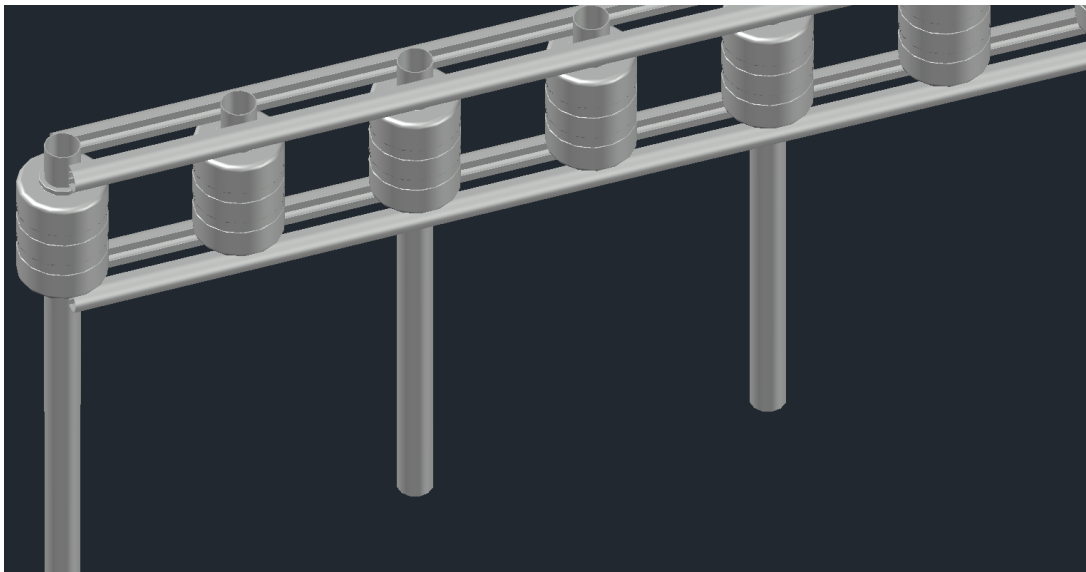
- Creación de geometría
- Creación de mallado (pre-proceso)
- Calculo (proceso)
- Resultados (post-proceso)

El pre-proceso y post-proceso permite ser visualizados mediante una interfaz gráfica.

#### 4.4.1. Creación de la geometría

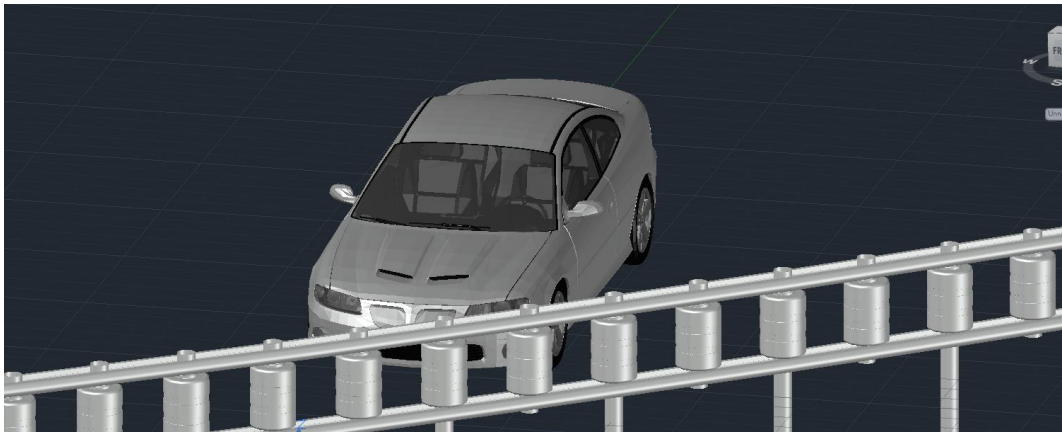
Con las diferentes dimensiones y medidas de la barrera giratoria de seguridad procedemos a crear la geometría del elemento, para ello se emplea el software de diseño 3D AutoCAD 2021.

*Ilustración 10: Geometría de la barrera de contención y redirección*



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11: Geometría de la barrera y vehículo

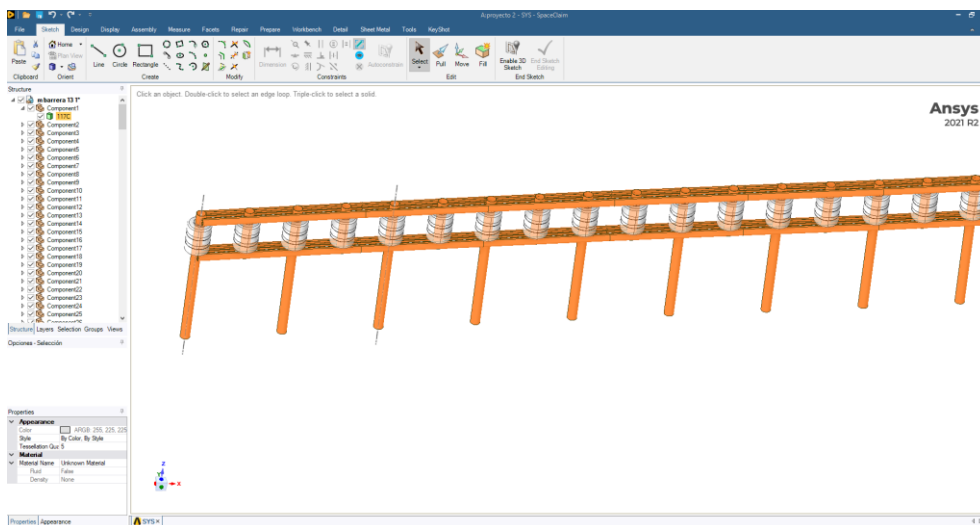


Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2. Creación del mallado

Luego de haber creado la geometría de los elementos, pasamos a la importación de los elementos al programa ANSYS – SpaceClaim.

Ilustración 12: Geometría de la baranda de seguridad en ANSYS - SpaceClaim

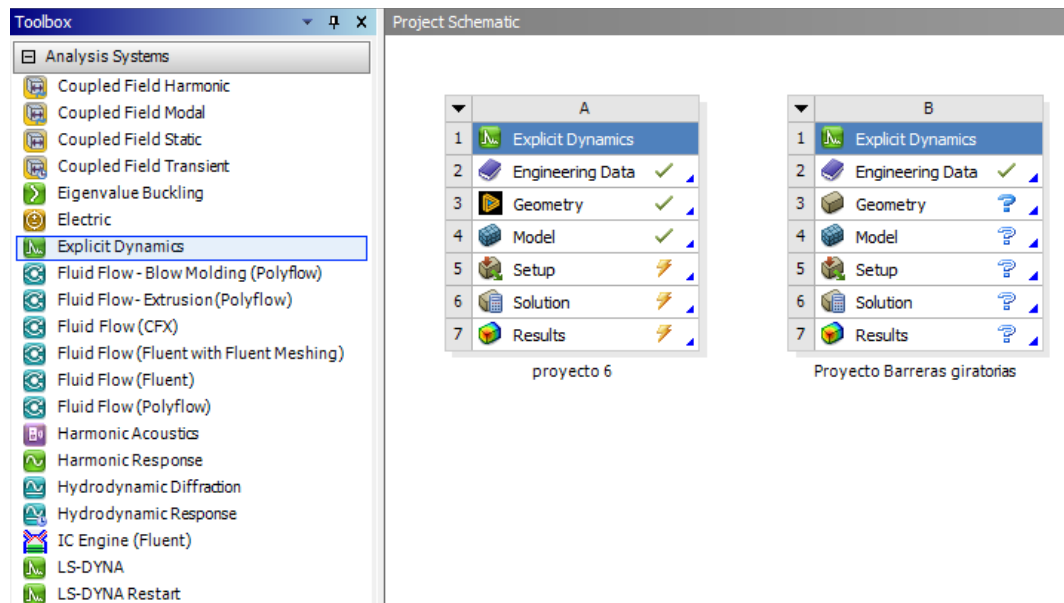


Fuente: Elaboración propia

Se utiliza el sistema de análisis Explicit Dynamic que permite captar la física de eventos de corta duración para elementos que se someten a fuerzas dinámicas transitorias altamente no lineales.



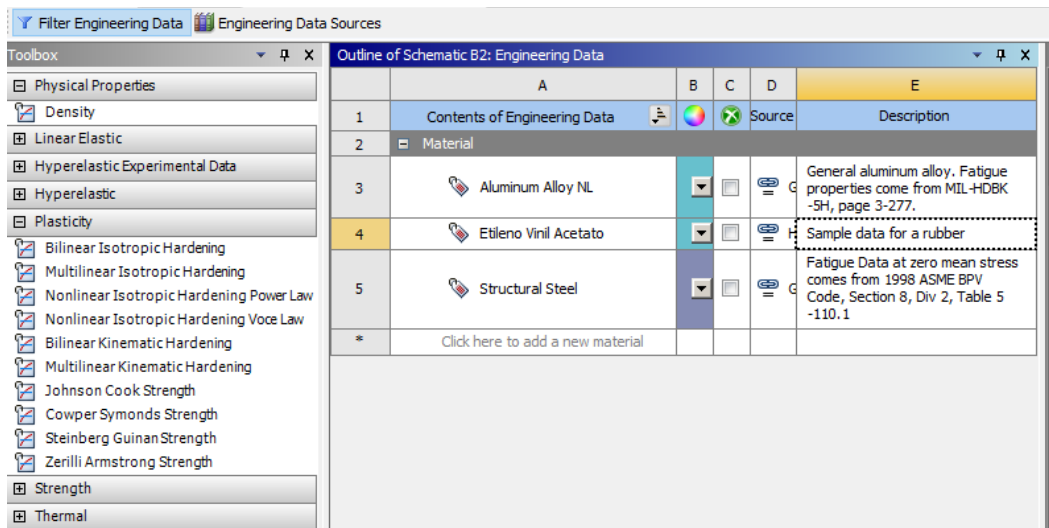
Ilustración 13: Interfaz de trabajo principal



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se introducen los datos de materiales, así mismo los datos de las constantes de los diferentes elementos que vamos a analizar en el software, en el bloque que tiene por nombre Engineering Data, cada elemento tiene un material que se asigna para su correcto análisis.

Ilustración 14: Asignación de materiales



Fuente: Elaboración propia

En caso de este estudio, los elementos a ser analizados son la barrera giratoria de contención vehicular y el bloque que se utiliza para simular el impacto de un vehículo.

El material que se utilizó principalmente para el rodillo giratorio de la barrera en el Etileno Vinil Acetato (EVA), además del acero estructural de los postes y vigas que forma la barrera. Para el vehículo se utilizó como material aleación de aluminio no lineal.

*Tabla 6: Constantes*

<b>Constantes</b>	<b>Etileno Vinil Acetato</b>	<b>Acero estructural</b>
Módulo de Young	80 MPa	200000 MPa
Coefficiente de Poisson	0.49	0.3
Densidad	930 kg/m <sup>3</sup>	7850 kg/m <sup>3</sup>
Límite elástico	35 MPa	250 MPa

Fuente: (MakeltFrom, 2020) (Brito e Dias, Pena Coto, Ferreira Batalha , & Driemeier, 2018)

Ilustración 15: Asignación de las constantes

Outline of Schematic A2: Engineering Data					
	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data		Source		Description
2	Material				
3	Etileno Vinil Acetato				Sample data to model as Mooney-Rivlin
4	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
*	Click here to add a new material				

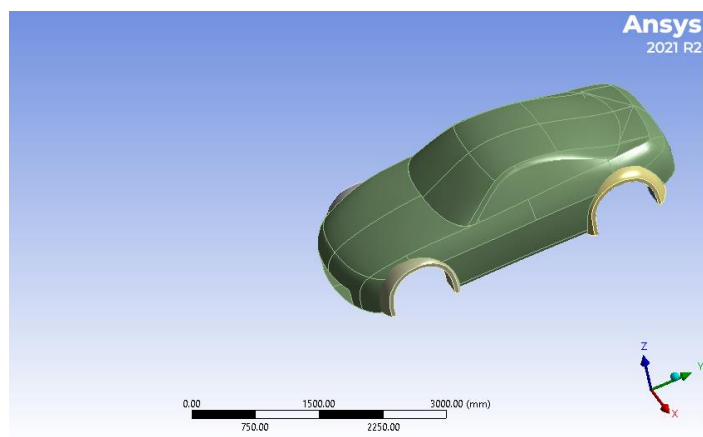
  

Properties of Outline Row 3: Etileno Vinil Acetato					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	930	kg m <sup>-3</sup>		
4	Isotropic Elasticity				
5	Derive from	Young's ...			
6	Young's Modulus	80	MPa		
7	Poisson's Ratio	0.49			
8	Bulk Modulus	1.3333E+09	Pa		
9	Shear Modulus	2.6846E+07	Pa		
10	Uniaxial Test Data	Tabular			
11	Scale	1			
12	Offset	0	Pa		
13	Tensile Yield Strength	35	MPa		

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el dibujo de la geometría del vehículo, el mismo que simularemos el impacto de un vehículo con distintas masas y diferentes velocidades de acuerdo a la norma.

Ilustración 16: Asignación del cuerpo

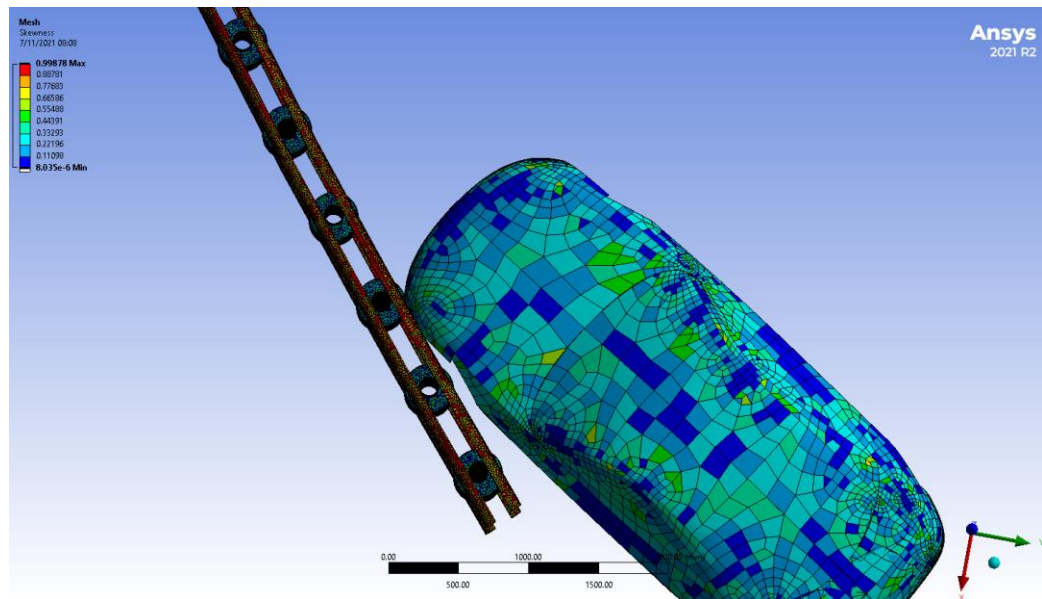


Fuente: Elaboración propia.

Se debe realizar el mallado en cada bloque que vamos analizar, tomando en cuenta el porcentaje de mallado, el cual para nuestros elementos es 84% aproximadamente, esto nos indica que el resultado que logramos obtener converge en el análisis realizado.

Al realizar el mallado de los bloques en el software obtenemos 131529 nodos y 464144 elementos para la realización del análisis.

*Ilustración 17: Mallado*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3. Proceso

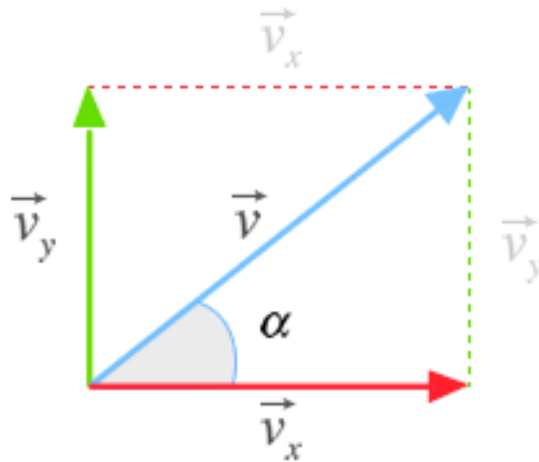
Luego de haber generado el mallado de los bloques, debemos ingresar los diferentes parámetros iniciales para el correcto cálculo, los cuales son:

- Velocidad de impacto
- Tiempo de impacto
- Restricciones de movimiento

##### 4.4.3.1. Velocidad de impacto

Para ingresar la velocidad de impacto del objeto debemos hacerlo en forma de componentes "X", "Y" y "Z", debido a que el impacto del bloque se va a realizar con un ángulo determinado. Para poder descomponer la velocidad en componentes aplicaremos razones trigonométricas.

Ilustración 18: Ángulo de impacto



Fuente: Elaboración propia

Donde,  $v_x = v * \cos \alpha$  ;  $v_y = v * \sin \alpha$

Empleando las ecuaciones obtenemos las magnitudes en (x,y) de las velocidades que usaremos para el análisis, expresadas en mm/s.

Ilustración 19: Ángulo de la barrera de contención



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla podemos apreciar las velocidades de impacto debidamente descompuesto para cada ángulo:

Ilustración 20: Descomposición de velocidades

Velocidad de impacto del vehículo (Km/h)	Componentes de la velocidad (mm/s)	Ángulos de impacto		
		20°	15°	8°
54	X	-7948.79	-9027.23	-10419.88
	Y	-12720.72	-11979.53	-10790.10
50	X	-7359.99	-8358.54	-9648.03
	Y	-11778.45	-11092.16	-9990.83

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la prueba de impacto con velocidad de 54 Km/h y con un ángulo de 20°, las diferentes componentes del vector ingresaremos al software para la simulación y análisis.

Ilustración 21: Vectores de velocidad

Details of "Velocity"	
<b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
<b>Definition</b>	
Input Type	Velocity
Pre-Stress Environment	None Available
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input type="checkbox"/> X Component	-14211 mm/s
<input checked="" type="checkbox"/> Y Component	-9298.6 mm/s
<input type="checkbox"/> Z Component	0. mm/s
Suppressed	No

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3.2. Tiempo de impacto

Para poder realizar el correcto análisis aplicaremos un tiempo de impacto de 0.1 seg.

Ilustración 22: Tiempo de impacto

Details of "Analysis Settings"	
<b>Analysis Settings Preference</b>	
Type	High Velocity
<b>Step Controls</b>	
Number Of Steps	1
Current Step Number	1
Load Step Type	Explicit Time Integration
<b>End Time</b>	<b>0.1</b>
Resume From Cycle	0
Maximum Number of Cycles	1e+07
Maximum Energy Error	0.1
Reference Energy Cycle	0
Initial Time Step	Program Controlled
Minimum Time Step	Program Controlled
Maximum Time Step	Program Controlled
Time Step Safety Factor	0.9
Characteristic Dimension	Diagonals
Automatic Mass Scaling	No
<b>Solver Controls</b>	
Global Units	mm, mm, mm

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3.3. Masas de impacto

Según el Manual for Assessing Safety Hardware de AASHTO, la selección del tipo, tamaño y peso de los vehículos de prueba podría tener

una influencia significativa en la magnitud del impacto asociado con las pruebas de choque. Tanto los vehículos de pasajeros pequeños como los grandes pueden plantear un conjunto de desafíos significativos y únicos para la mayoría de los tipos de barreras de seguridad vial.

*Tabla 7: Características de los ensayos de choque*

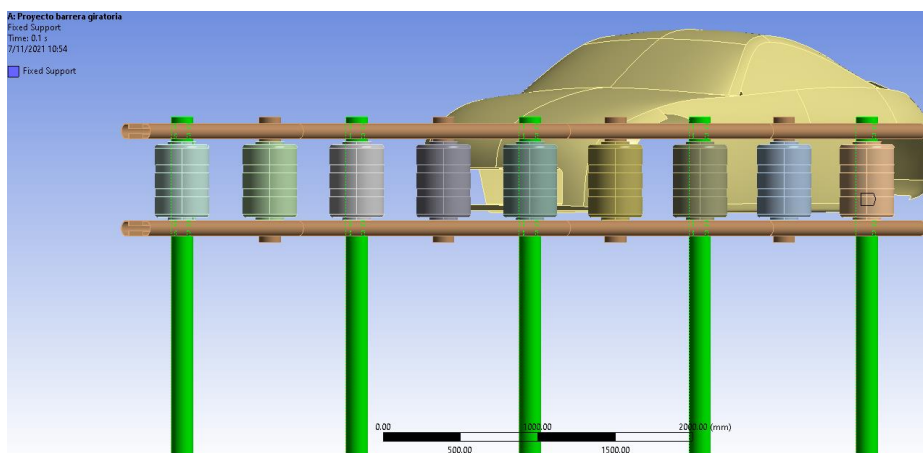
Ensayo	Velocidad de impacto (km/h)	Ángulo de impacto	Masa total del vehículo	Tipo de vehículo
TB 11	100	20	900	Turismo
TB 21	80	8	1.300	
TB 22	80	15	1.300	
TB 31	80	20	1.500	
TB 32	110	20	1.500	
TB 41	70	8	10.000	Vehículo pesado no articulado
TB 42	70	15	10.000	
TB 51	70	20	13.000	Autobús
TB 61	80	20	16.000	Vehículo pesado no articulado
TB 71	65	20	30.000	
TB 81	65	20	38.000	Vehículo pesado articulado

Fuente: Norma UNE-EN 1317-2:2011

#### 4.4.3.4. Restricciones de movimiento

Para realizar el correcto análisis tenemos que determinar que partes serán fijas en el elemento, en nuestra simulación de la barrera giratoria de contención, los postes tendrán que estar empotrados en el suelo, por lo cual consideramos la cara inferior de los postes como partes fijas.

*Ilustración 23: Restricción a los postes de la barrera*



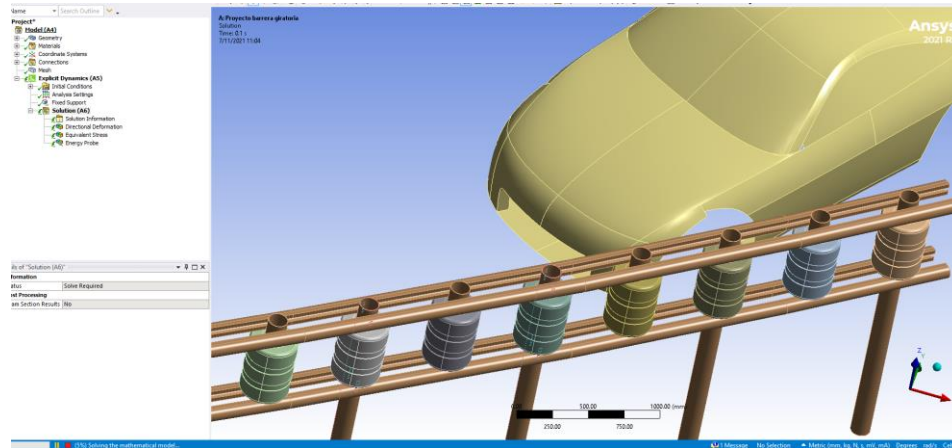
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3.5. Análisis de resultados



El software Ansys pasa a realizar la simulación de impacto del vehículo con diferentes velocidades, ángulos y masas del elemento en un segmento de la barrera giratoria de seguridad.

*Ilustración 24: Impacto en un segmento de la barrera*



Fuente: Elaboración propia.

Los datos que se ingresan al software para realizar las simulaciones son las siguientes:

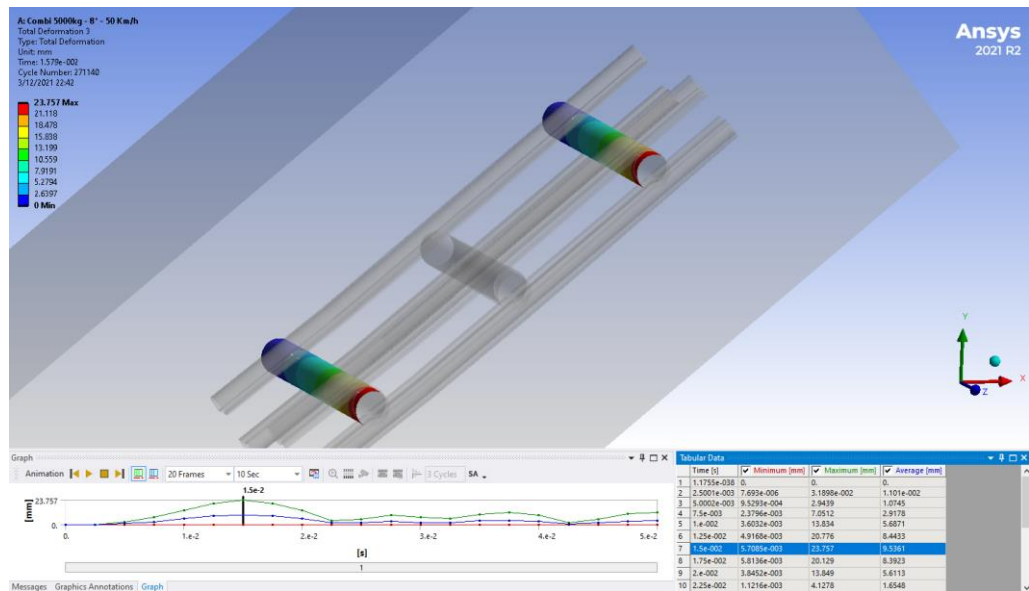
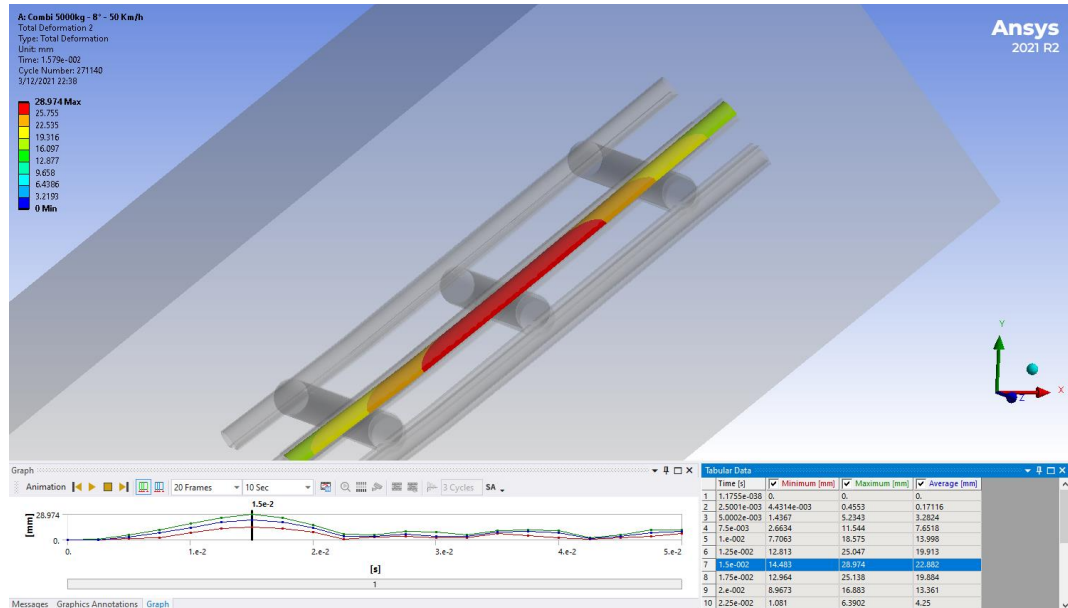
- Masa de los vehículos: 1500 kg(auto), 5000kg (combi rural) (diferentes pruebas)
- Limite elástico: Barrera 250 Mpa, Rodillos 35 Mpa (tabla de propiedades).
- Módulo de Young: Acero 200000 Mpa, Etileno Vinil Acetato 80 Mpa (tabla de propiedades)
- Densidad: Acero: 7850 kg/m<sup>3</sup>, Etileno Vinil Acetato 930 kg/m<sup>3</sup> (tabla de propiedades).
- Coeficiente de Poisson: Acero: 0.3, Etileno Vinil Acetato 0.49 (tabla de propiedades).
- Tiempo de impacto: 0.1 segundos
- Velocidad de impacto: 50km/h – 54 km/h
- Angulo de impacto: 8°, 15° y 20° (según norma UNE 1317, Report 350)
- Restricciones de movimiento: base de los postes

- Porcentaje de mallado: 84%

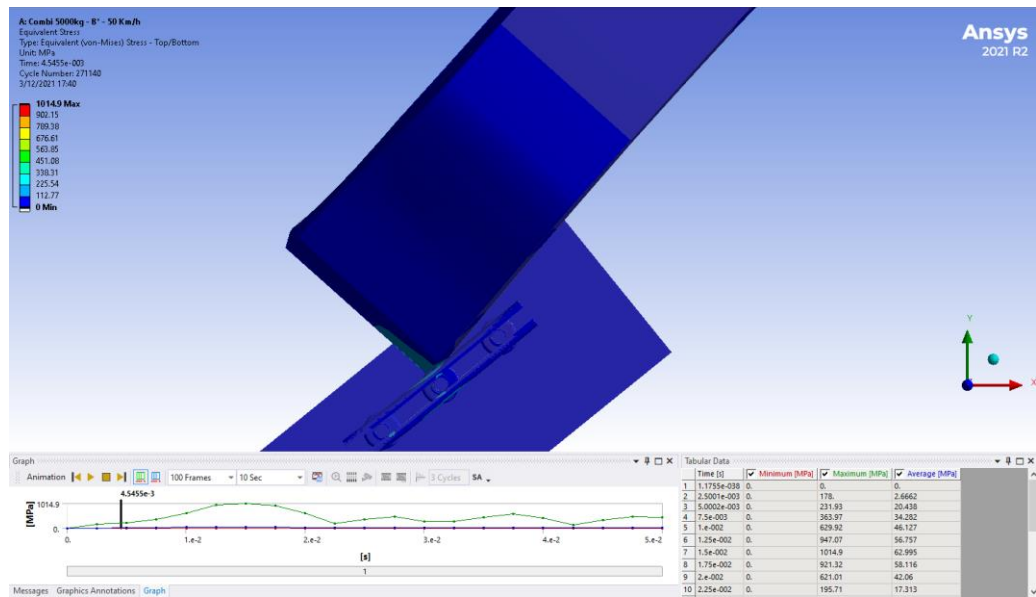
#### 4.4.4. Resultados

##### 4.4.4.1. Impacto a 50 km/h - 8° - 5000 kg

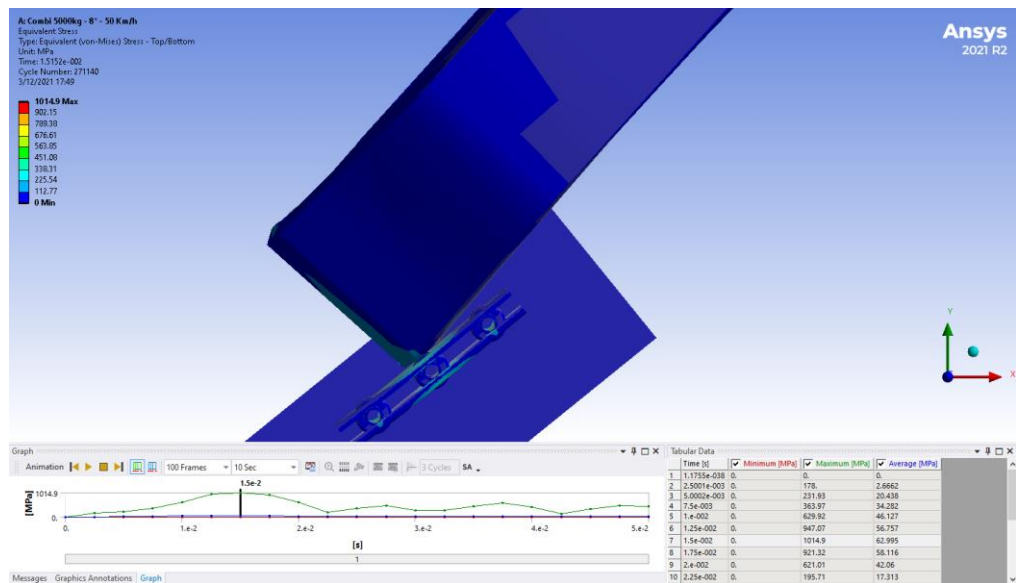
La barrera sufre una deformación máxima de la viga horizontal de 29 mm y una deformación máxima del poste vertical de 24 mm por el impacto causado por el vehículo de 5 toneladas a 50 Km/h con un ángulo de impacto de 8°.

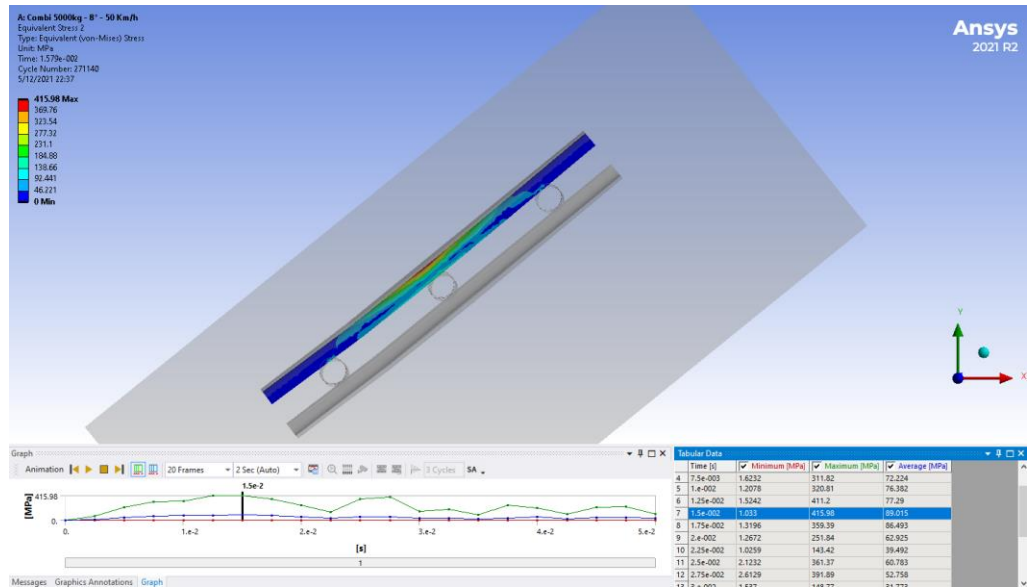


El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria cumple con la capacidad de redireccionar el vehículo.

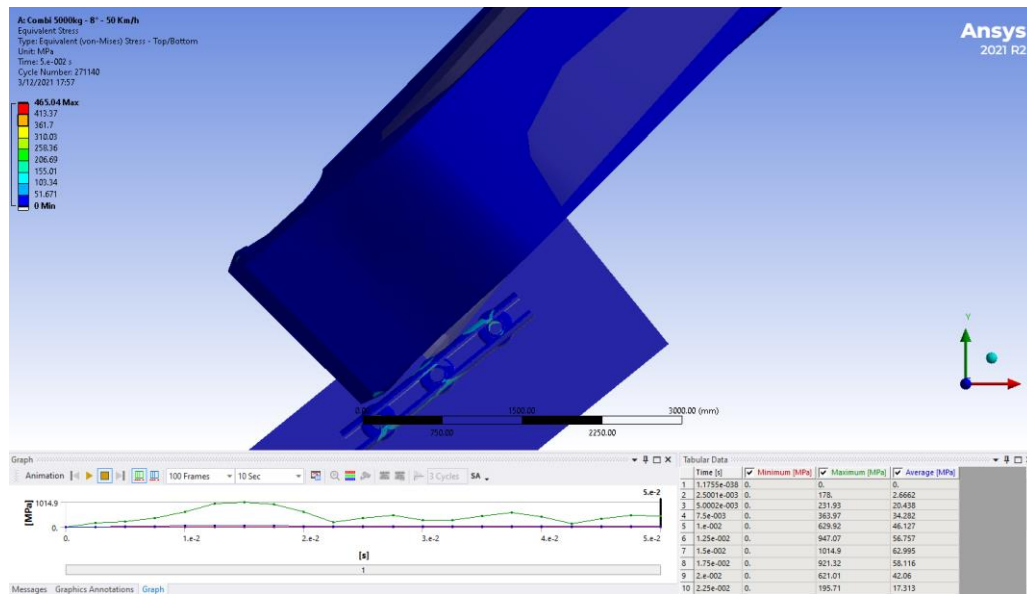


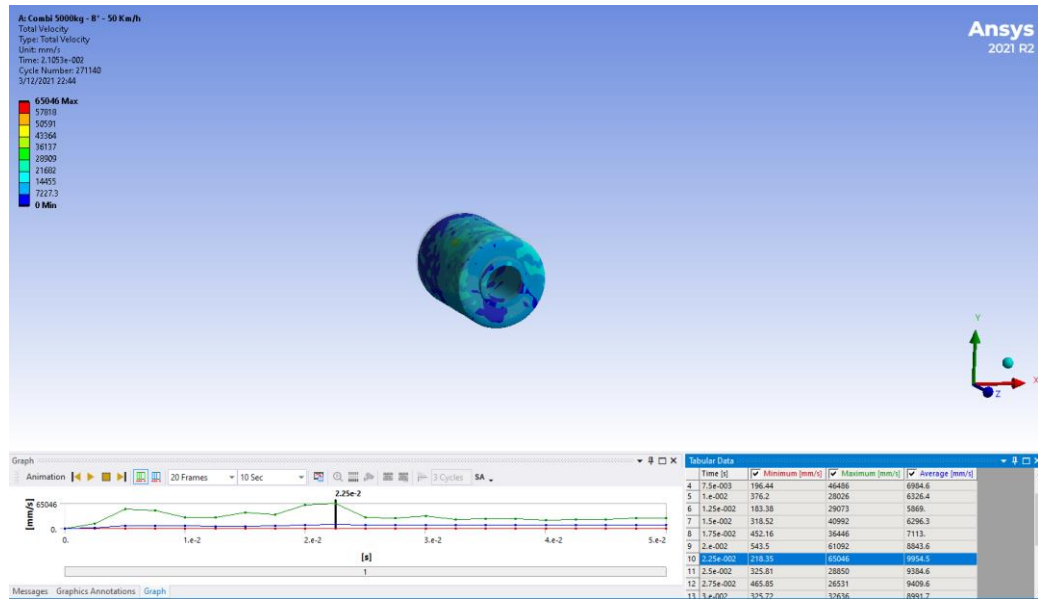
Las tensiones equivalentes que muestran la probabilidad de ruptura, con un valor máximo de 1015 MPa. La viga o barandal horizontal soporte 416 MPa.





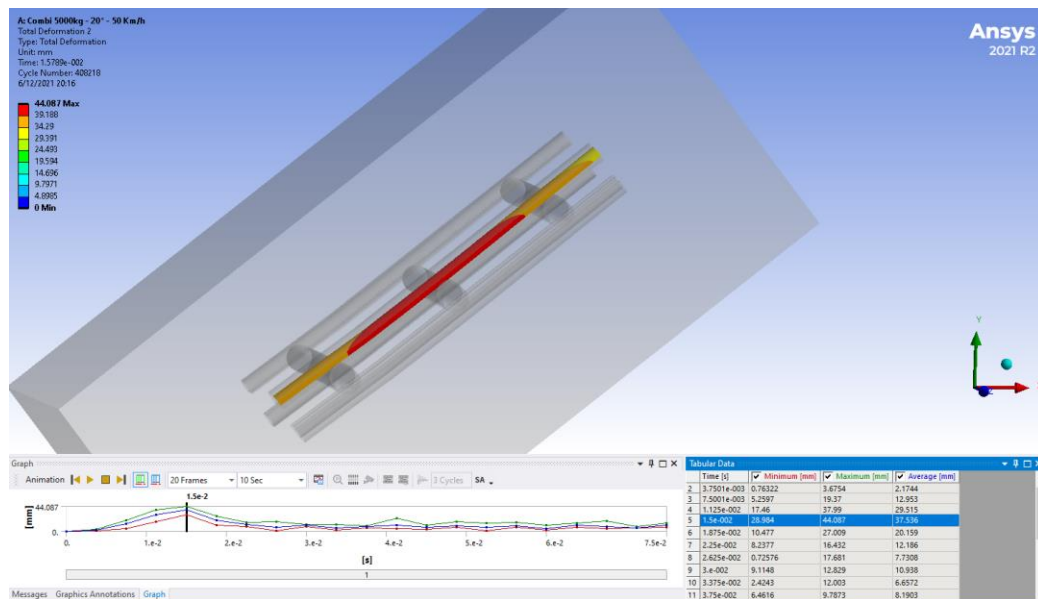
Se muestra una redirección sin causar afectación a la barrera de seguridad, al disipar la energía en los rodillos giratorios de la barrera que llegan a girar a 235 Km/h por el impacto causado.

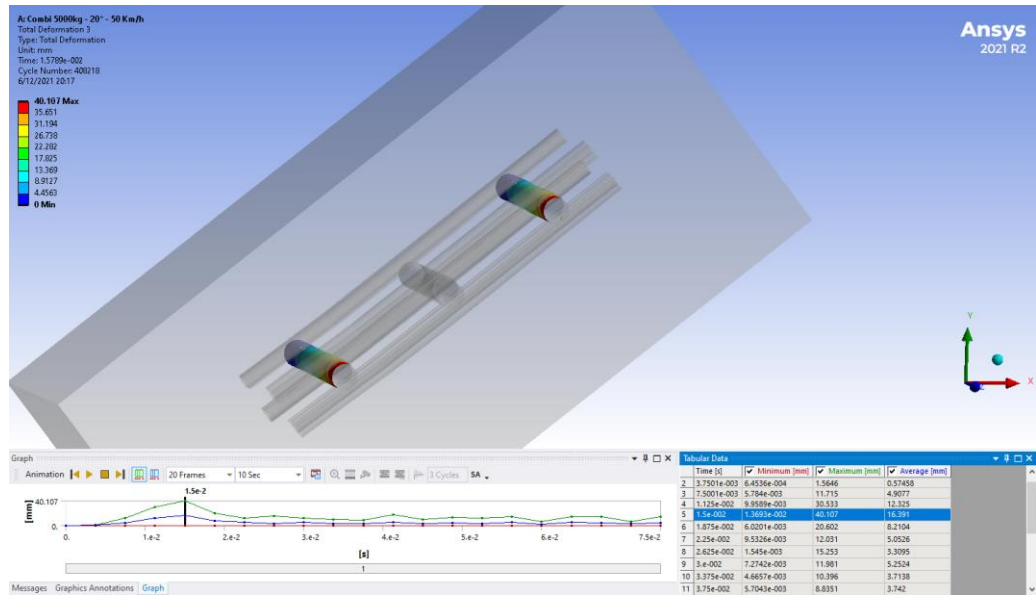




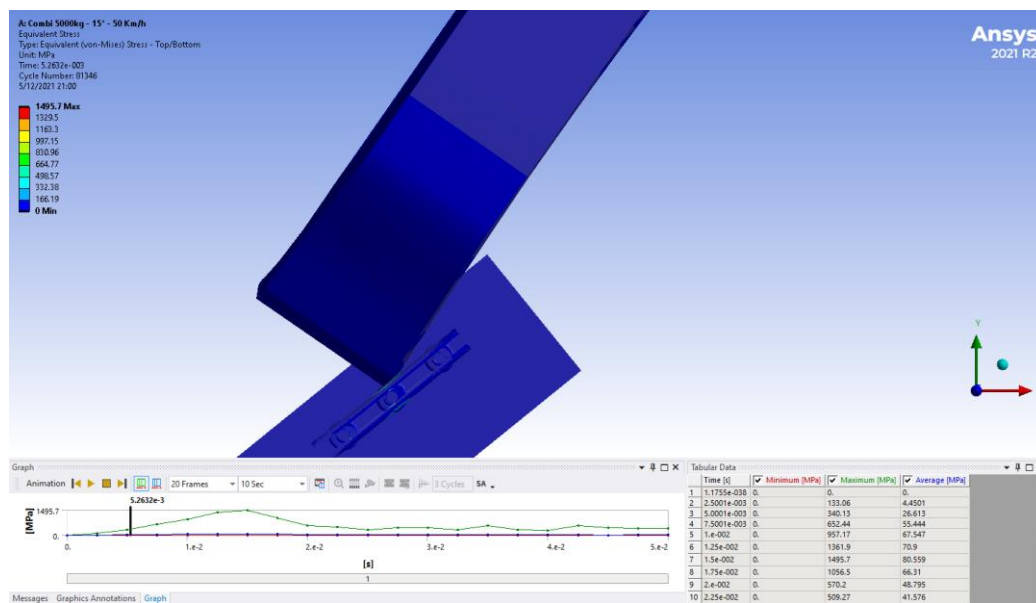
#### 4.4.4.2. Impacto a 50 km/h - 15° - 5000 kg

La barrera sufre una deformación máxima de la viga horizontal de 37 mm y una deformación máxima del poste vertical de 32 mm por el impacto causado por el vehículo de 5 toneladas a 50 Km/h con un ángulo de impacto de 15°.

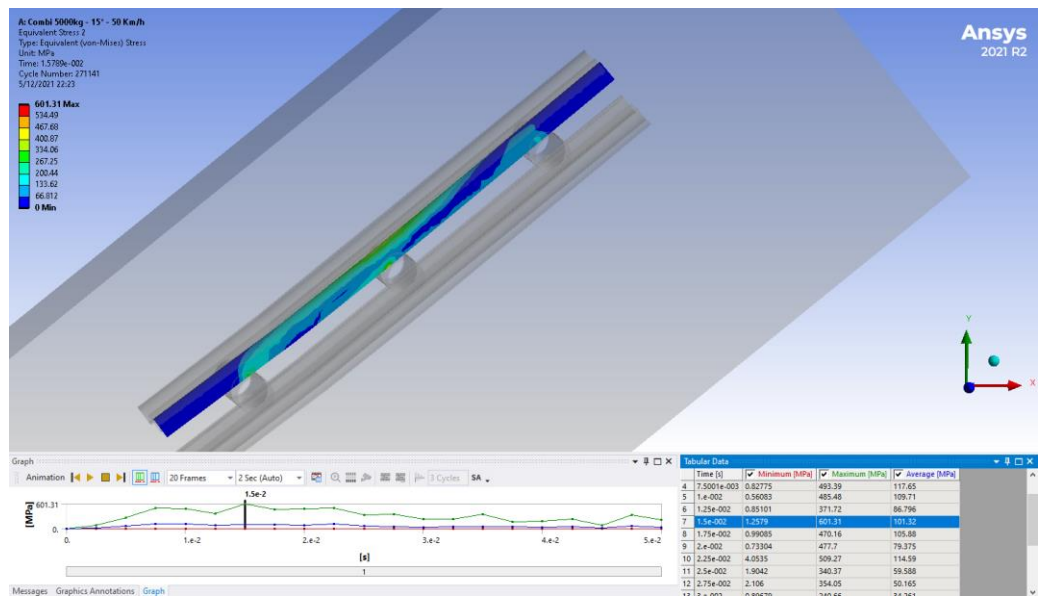
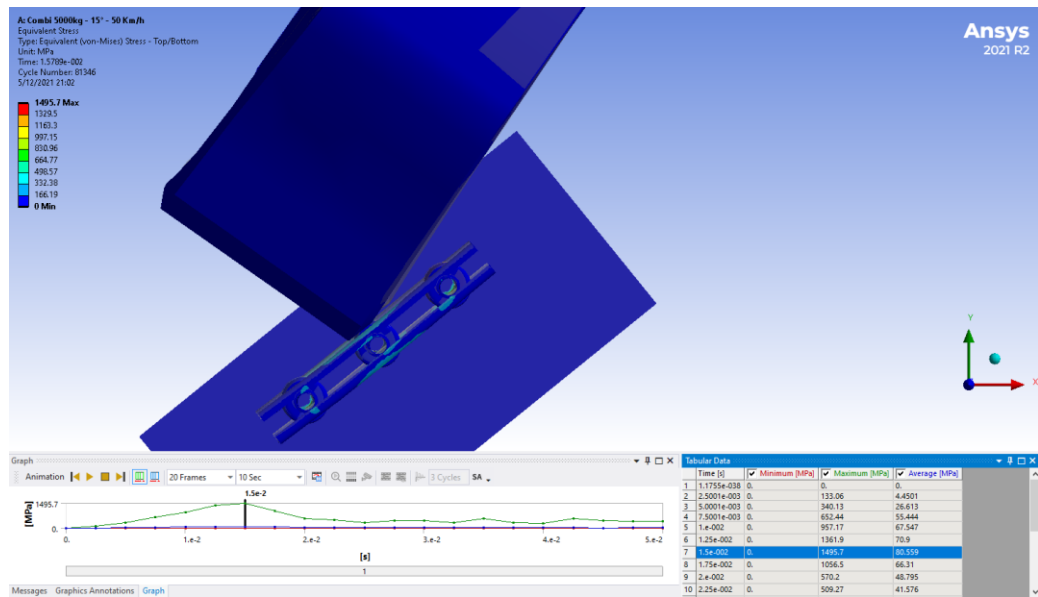




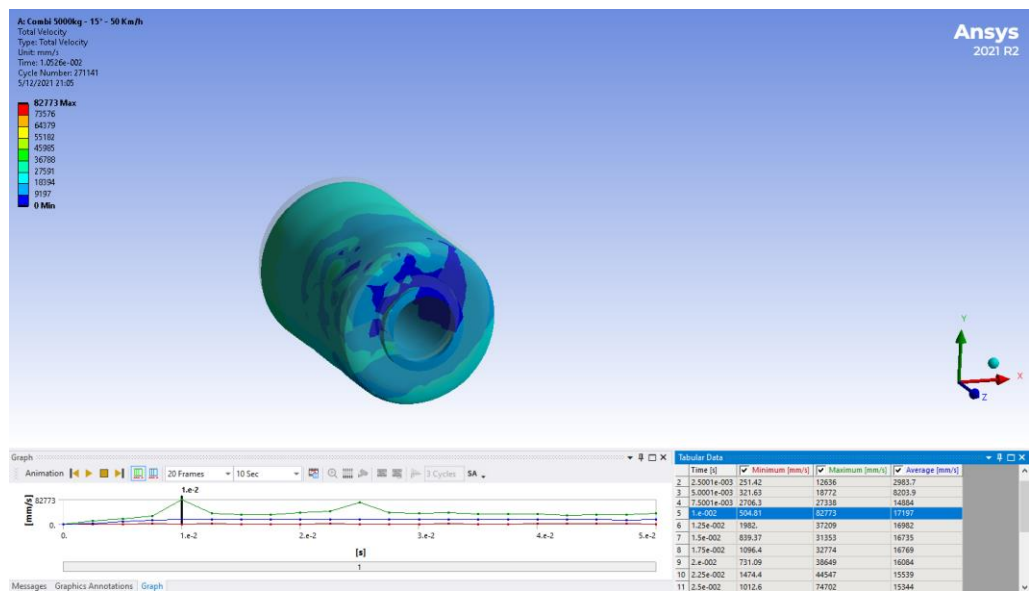
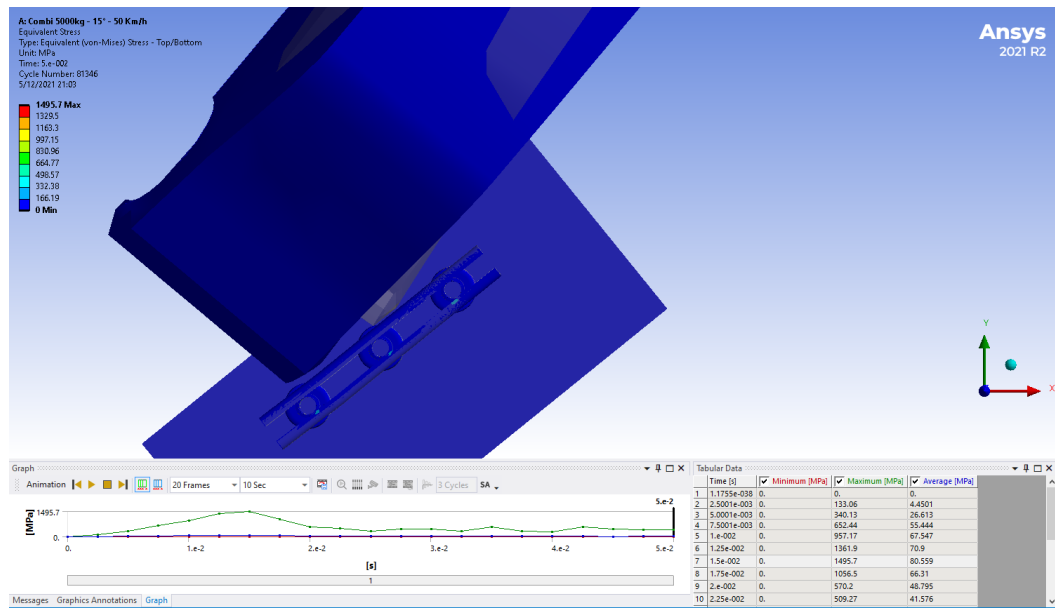
El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria cumple con la capacidad de redireccionar el vehículo.



Las tensiones equivalentes que muestran la probabilidad de ruptura, con un valor máximo de 1496 MPa. La viga o barandal horizontal soporte 602 MPa.



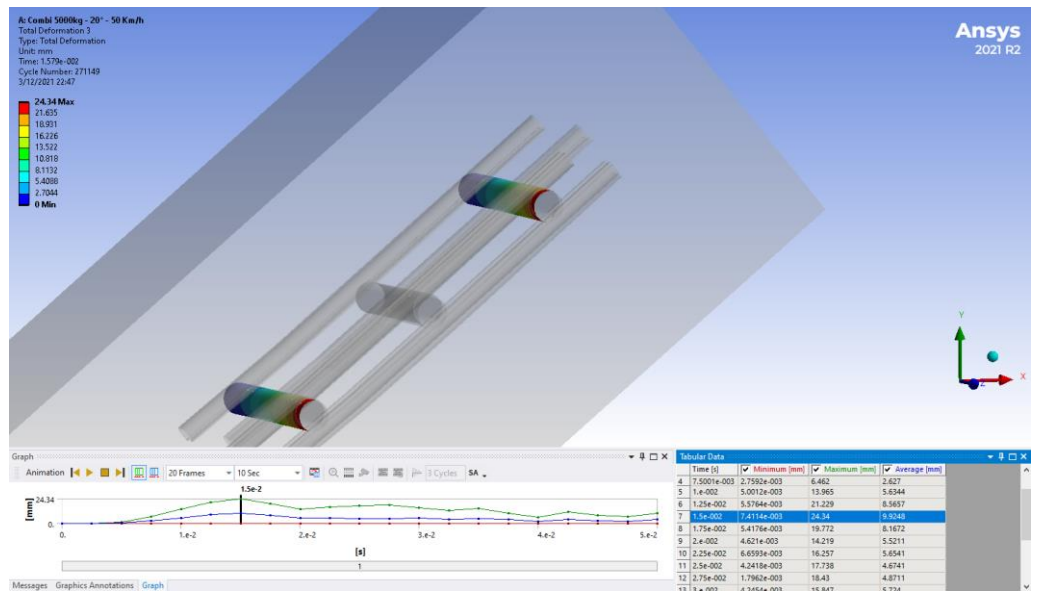
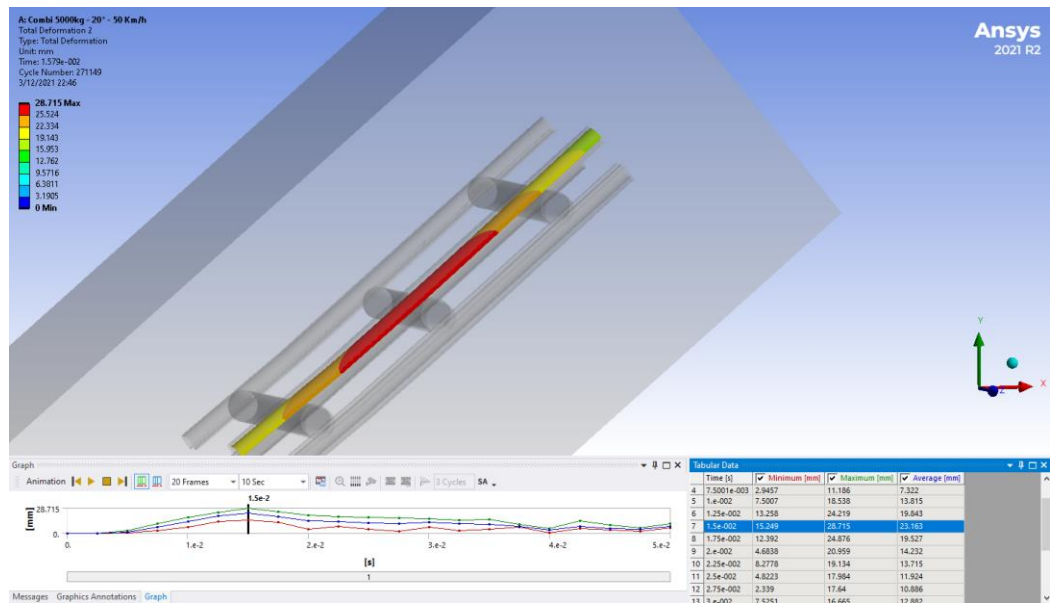
Se muestra una redirección sin causar afectación a la barrera de seguridad, al disipar la energía en los rodillos giratorios de la barrera que llegan a girar a 298 Km/h por el impacto causado.



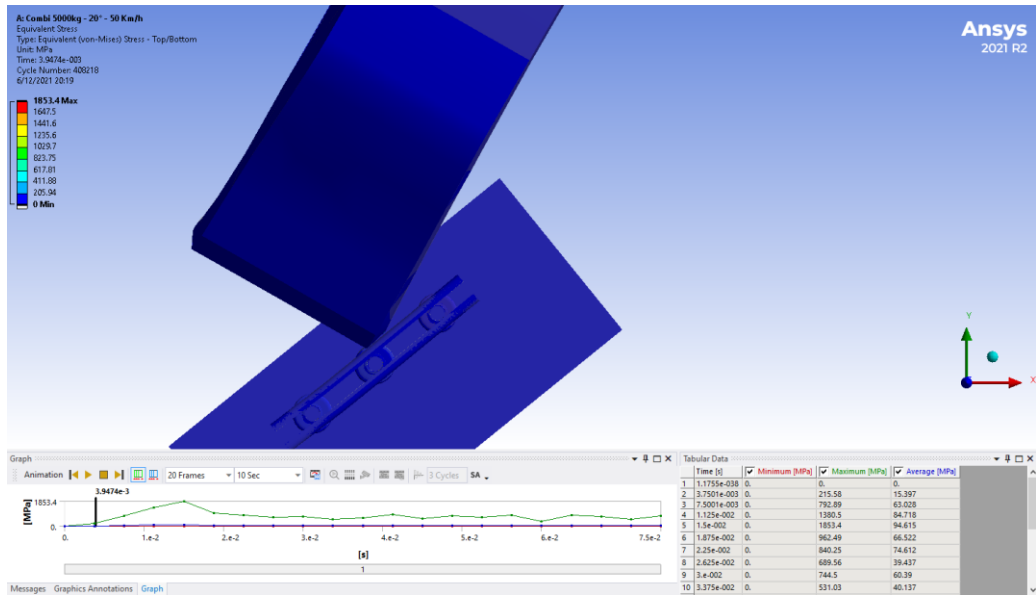
#### 4.4.4.3. Impacto a 50 km/h - 20° - 5000 kg

La barrera sufre una deformación máxima de la viga horizontal de 45 mm y una deformación máxima del poste vertical de 41 mm por el impacto causado por el vehículo de 5 toneladas a 50 Km/h con un ángulo de impacto de 20°.

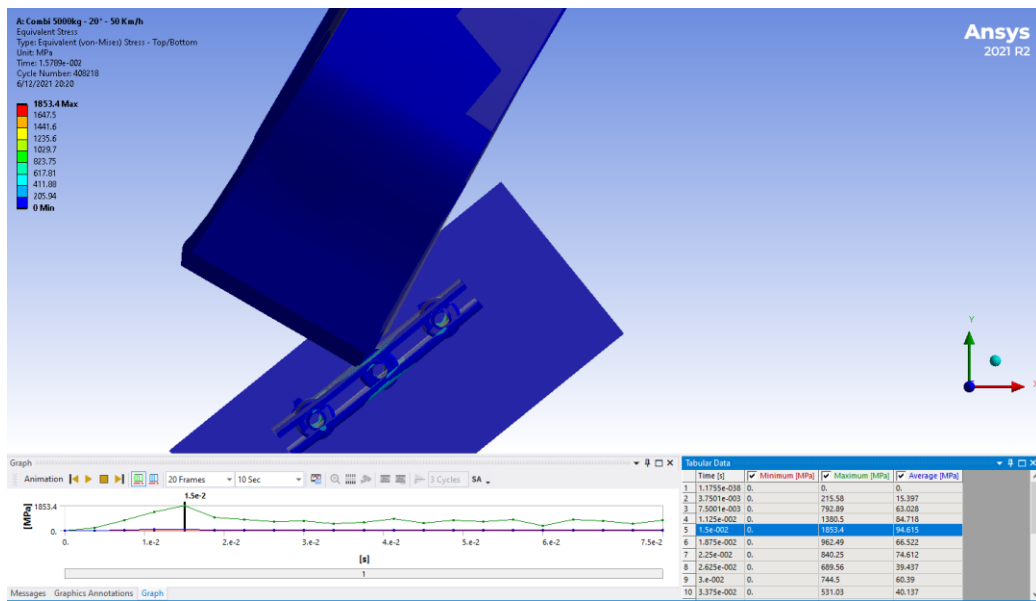


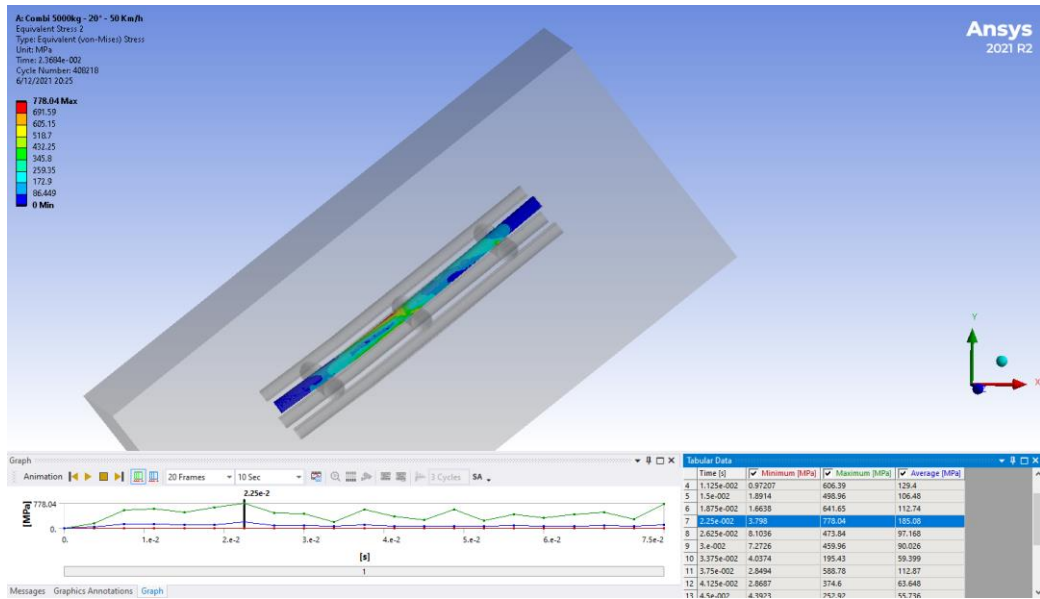


El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria cumple con la capacidad de redireccionar el vehículo.

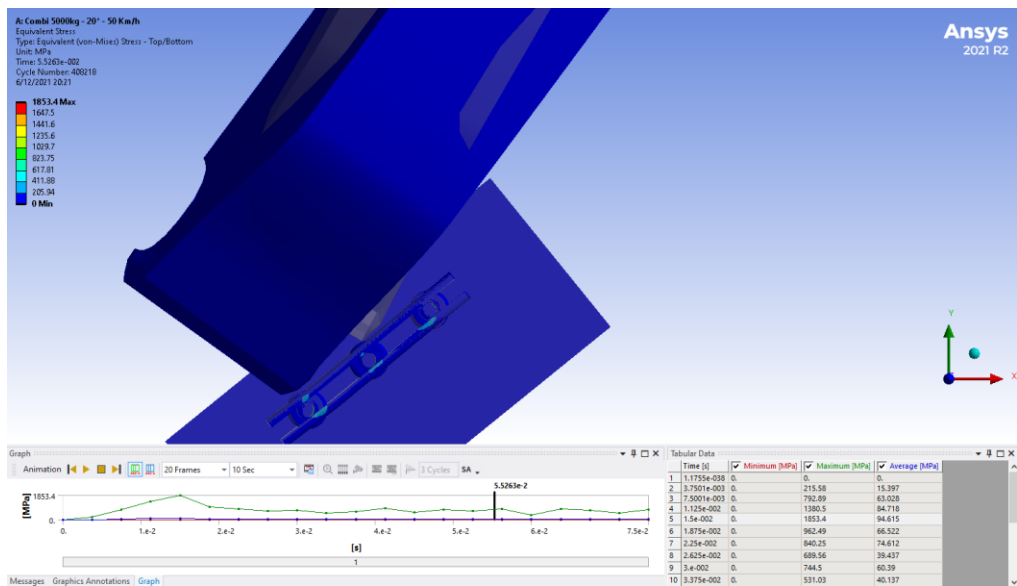


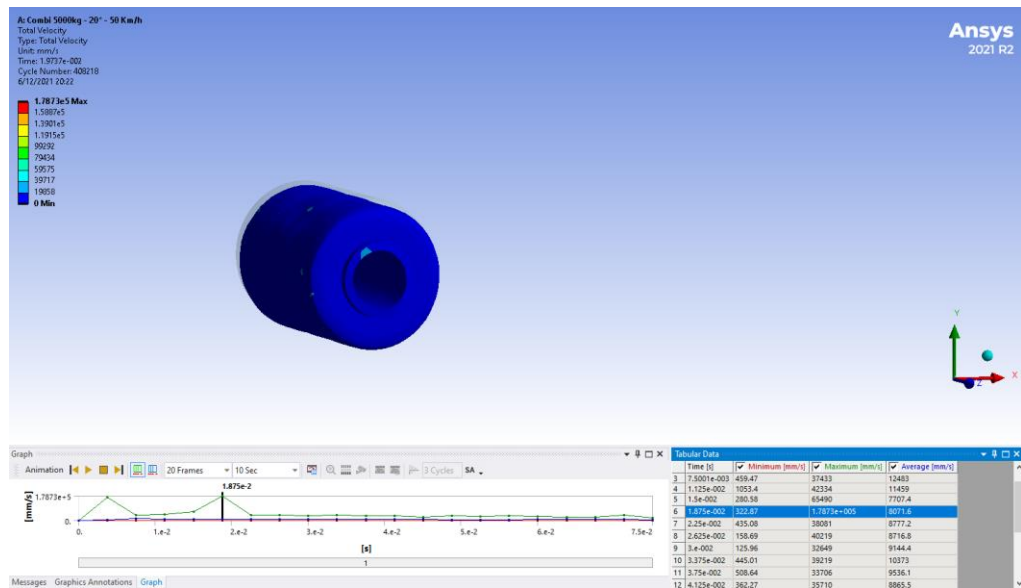
Las tensiones equivalentes que muestran la probabilidad de ruptura, con un valor máximo de 779 MPa





Se muestra una redirección sin causar afectación a la barrera de seguridad, al disipar la energía en los rodillos giratorios de la barrera que llegan a girar a 644 Km/h por el impacto causado.





#### 4.4.4.4. Determinación de riesgo de accidentes viales

Al recolectar las evidencias de los accidentes vehiculares que ocurrieron entre los tramos Casmiche Negro a Desvío Otuzco comprendidos entre los años 2012 al 2019 (INEI, 2019), descartando el año 2020 por las cuarentenas dadas por el gobierno, se realiza los cálculos para determinar el riesgo potencial de accidentes vehiculares.

$$\text{RIESGO} = \text{EVENTO} / (\text{NIVEL DE EXPOSICIÓN})$$

$$\text{EVENTO} = 230 / 8 = 28.75 \approx 29$$

$$\text{NIVEL DE EXPOSICIÓN} = 2492 * 365 / 1 = 909580$$

$$\text{RIESGO} = 29 / 909580 = 1 / 31364$$

Por lo cual el riesgo potencial de llegar a sufrir un accidente vehicular fatal es de un 1 cada 31 mil vehículos que circulan por la carretera, según los datos históricos.

#### 4.4.4.5. Relación de resultados

Los barandales deben cumplir con los requisitos mecánicos establecidos en la norma NTE INEN 2473.

Tabla 8: Propiedades mecánicas de barandales

Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación <sup>b)</sup> %
230	230	310	20
250	250	330	19
255	255	360	18
275	275	380	16
340	340	450	12
550	550	570	....

a) Los valores especificados en esta tabla son los requisitos mínimos.  
b) La elongación está en función de una probeta de 50 mm de longitud calibrada.

Fuente: NTE INEN 2473

Los postes y separados deben cumplir con los requisitos mecánicos establecidos en la norma NTE INEN 2473.

Tabla 9: Requisitos mecánicos de postes

Límite de fluencia mín. (MPa)	Resistencia a la tracción mín. (MPa)
250	400

Fuente: NTE INEN 2473

#### 4.4.4.5.1. Ángulos, deformaciones y redireccionamiento

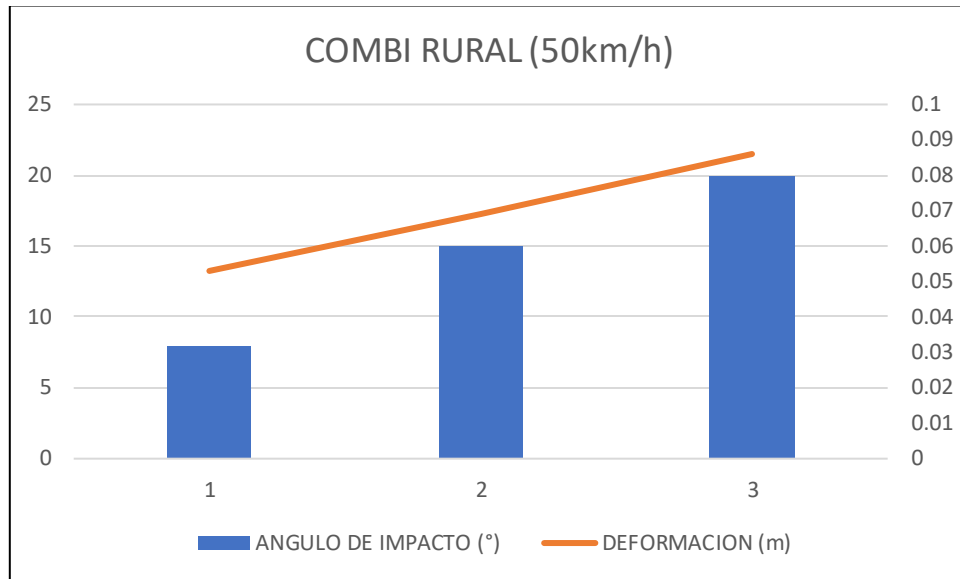
Tabla 10: Deformaciones para combi rural 5000kg a 50km/h

ángulo (°)	DEFORMACIÓN (mm)	REDIRECCIONAMIENTO
8	53	Si
15	69	Si
20	86	Si

Fuente: elaboración propia.

Del análisis del impacto de la combi rural de 5000kg a una velocidad de 50km/h podemos apreciar que la barrera giratoria de seguridad cumple con la función de contener y redireccionar al vehículo hacia la vía, evitando que pueda sufrir un accidente fatal por despiste y volcadura hacia el río moche, el cual se encuentra a desnivel paralelo a la vía.

Ilustración 25: Angulo vs Deformación



Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en el gráfico, del análisis de impacto del cuerpo de 5000kg a una velocidad de 50km/h, la dimensión de las deformaciones en la barrera giratoria aumentan según sea el ángulo de impacto, nos quiere decir que el vehículo al impactar con la barrera, mientras más perpendicular se encuentre a la barrera, mayor será la deformación de la misma.

#### 4.4.4.5.2. Capacidad de nivel de contención de los vehículos en circulación

De manera que la barrera de contención vehicular tipo giratoria de seguridad se llega a deformar al aumentar la velocidad y más ángulo recto del vehículo con la barrera, lo cual dependerá del ángulo de impacto, mientras menos de 8° el ángulo; mayor tendremos la posibilidad de contención.

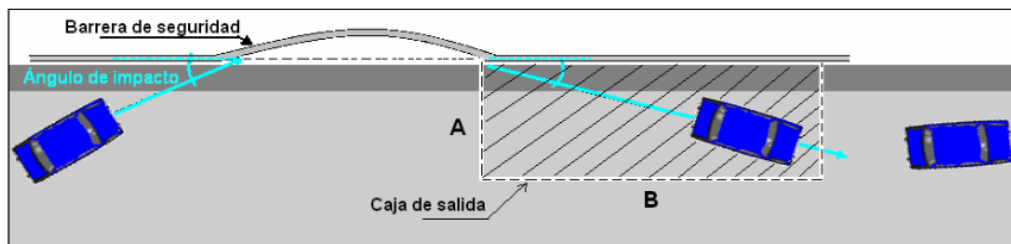
#### 4.4.4.5.3. Capacidad de re direccionamiento del vehículo

Tabla 11: Redireccionamiento

Velocidad (Km/H)	Angulo de Impacto (°)	Masa (Kg)	Deformación (MM)	Redireccionamiento
50	8	5000	53	SI
50	15	5000	69	SI
50	20	5000	86	SI
54	8	1500	32	SI
54	15	1500	45	SI
54	20	1500	61	SI

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 26: Redireccionamiento



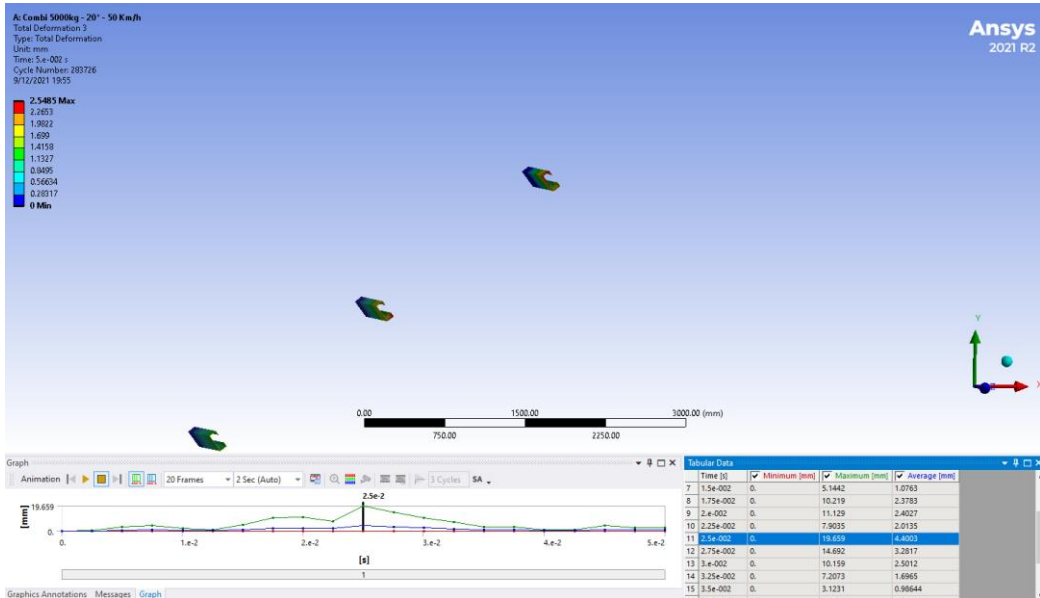
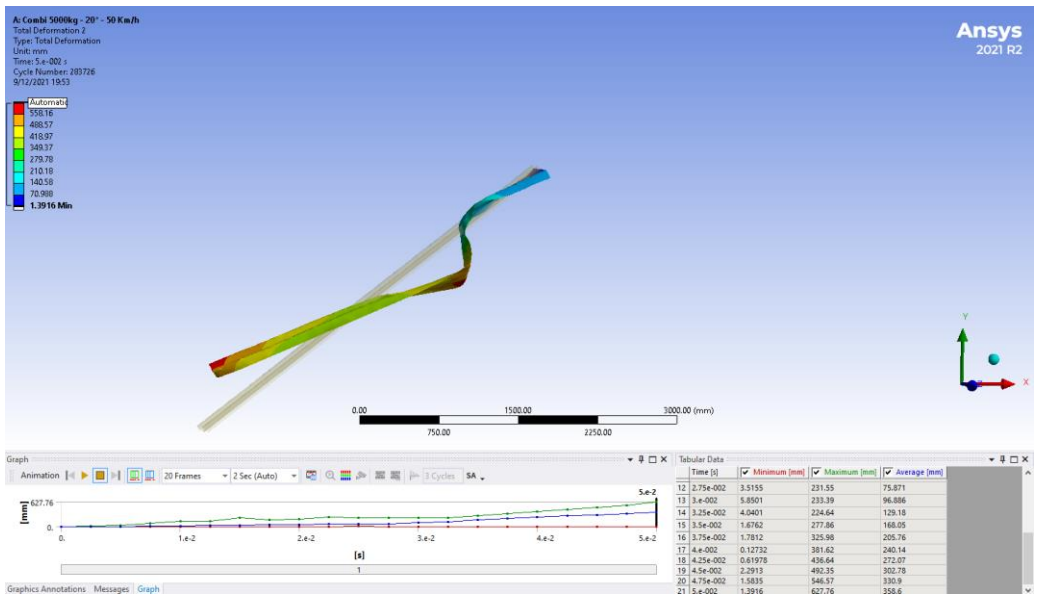
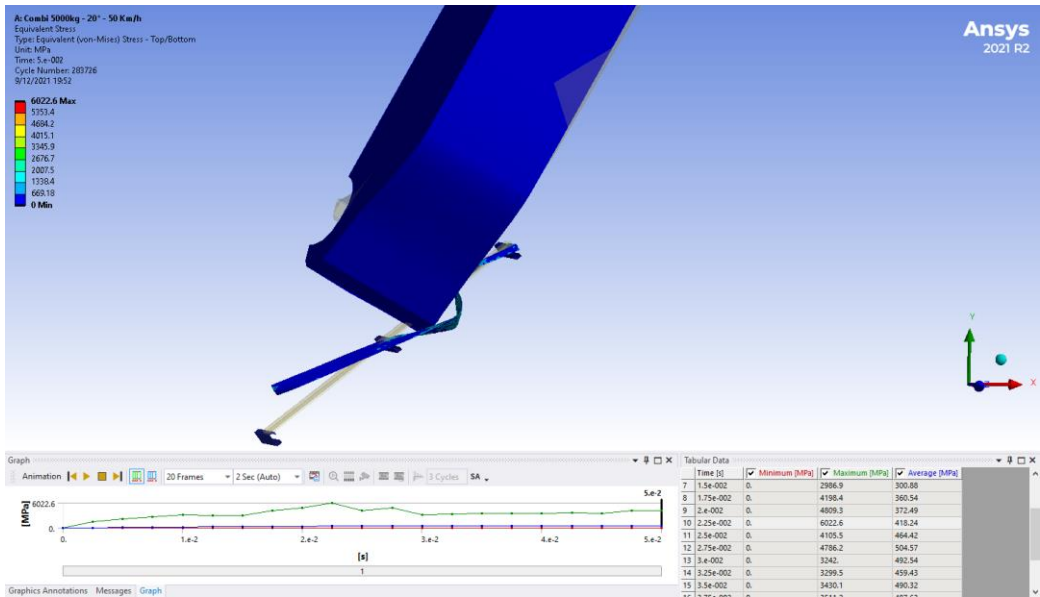
Fuente: manual MTC 2016.

El ángulo con el cual impacta un vehículo, la velocidad y la masa; van a influir de gran manera para que la barrera giratoria logre re direccionar. De nuestros resultados obtenemos que para velocidades de 50km/h y 54km/h logra re direccionar al vehículo, lo cual se llega a considerar la barrera giratoria con nivel de contención adecuado para los tipos de vehículos en la zona de estudio.

#### 4.4.4.5.4. Comparación con la barrera tradicional

En las barreras tradicionales se evita las barreras rígidas que, al no tener deflexión para absorber el impacto pueden ocasionar lesiones considerables a los ocupantes del vehículo. Mientras que las barreras semirrígidas están hechas generalmente con vigas de acero de 1 mm para tener una deflexión, por lo que según el impacto terminan rompiéndose.

La barrera sufre una deformación de la viga horizontal de 60 cm y una deformación del poste vertical de 20 mm por el impacto causado por el vehículo de 5 toneladas a 50 Km/h con un ángulo de impacto de 20°.





#### 4.4.4.6. Contrastación de hipótesis

Hipótesis planteadas:

**H<sub>0</sub>**: El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria de seguridad no reducirá el riesgo de accidentes vehiculares en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad.

**H<sub>a</sub>**: El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria de seguridad reducirá el riesgo de accidentes vehiculares en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad.

Dado que se presentan:

- La deformación del sistema de contención aumenta y son directamente proporcionales al riesgo de accidente vehicular.
- El nivel de contención por ser bajos tiene la capacidad de soportar solo a vehículos menores, pero disminuye el riesgo de accidentes vehiculares en comparación a las barreras tradicionales.
- La capacidad de redireccionamiento llega a un límite, pero tienen un mejor rendimiento en comparación a las barreras tradicionales.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis general.

**H<sub>g</sub>**: El sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria de seguridad reducirá el riesgo de accidentes vehiculares en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, provincia de Otuzco, región La Libertad.

## V. DISCUSIÓN

En contraste con Akshay W., Neeraj T. y Chinmay S. 2017. Introducción de un nuevo sistema de barrera vial para la Gestión de la seguridad y eficiencia en la Autopista Mumbai-Pune. Los investigadores concluyen que, la función principal de una barrera es evitar que un vehículo se salga de la carretera y caiga a un abismo. La mayoría de las veces, los sistemas de contención vehicular de la carretera están hechos de concreto armado o acero sólido, es decir, de materiales muy fuertes, que deben detener con fuerza el automóvil y evitar que se salga de la carretera. Y aunque, de hecho, tales barreras cumplen su objetivo, a menudo se convierten en el factor asesino. Después de chocar contra tal barrera a alta velocidad, el vehículo se deforma increíblemente, hiriendo a los ocupantes.

Las barreras giratorias al tener rodillos giratorios de material EVA el cual tienen la finalidad de reducir el número de accidentes, reducir la gravedad de los accidentes, reducir el daño a los vehículos, reducir la lesión del cuerpo humano para salvar vidas en los accidentes, ya que es una de las grandes ventajas de la barrera rodante que absorbe la energía de impacto y convierte a energía de rotación, logrando que el vehículo accidentado regrese y no salga de la pista. En una zona montañosa como la carretera Otuzco impiden que los vehículos puedan despistarse y ocurrir accidentes fatales.

Así mismo, al recopilar los datos de accidentes de los últimos años se puede analizar que de cada 31 mil vehículos que circulan por la carretera 1 termina en accidente fatal para los ocupantes. También se debe considerar el aumento de vehículos circulando respecto a años anteriores del 2019, siendo este último un 4.7% (INEI, 2019), se puede corroborar con el estudio de tráfico que realizamos con IDM de 2492 respecto al estudio de tráfico realizado el 2016 con IDM de 1969 (Anexo 15) siendo un aumento de 523 vehículos.

Bravo, P y Vintimilla, J. 2015. Análisis de barandas de seguridad en carreteras de la provincia del Azuay. Los autores concluyen en su investigación que mientras el ángulo de impacto entre un vehículo y una baranda de seguridad sea mayor, se va a sobre pasar el valor límite elástico de la baranda de seguridad, siendo la deformación más grande y superando el 1.05m llegando a

la zona plástica, sobrepasando o igualando los 360.17MPa, el cual es el valor de la resistencia mínima a la tracción en las barreras tradicionales, lo cual causa que el vehículo y los ocupantes lleguen a sufrir mayores daños.

Luego del análisis podemos decir que la deformación del sistema también está relacionada con el factor velocidad y el factor ángulo de impacto, que para un cuerpo de 5000kg con velocidad 50km/h y un ángulo de impacto de 8° llega a una deformación de 5.3cm, mientras que para una velocidad de 50km/h y un ángulo de impacto 15° llega a una deformación de hasta 6.9 cm, así mismo para una velocidad de 50km/h y un ángulo de 20° se llega a una deformación de 8.6cm, siendo este un valor menor al valor de anchura de trabajo de la barrera giratoria, el cual se encuentra en el intervalo de  $0.8 < W \leq 1.0$  del tipo W3 (ver Anexo 12) el cual pertenece al rango estipulado en la norma EN 1317.

El bachiller Cobeñas, P. 2012, en su investigación Sistema de contención vehicular. El autor concluye que, al realizar alguna modificación en las barreras, estas modificaciones no deben modificar su comportamiento inicial de los sistemas de contención vehicular, en base a su tipo y clasificación. Asimismo, los sistemas de contención muy rígidos deben ser seguros para los vehículos livianos, de no ser así se tendrá que rediseñar todo el sistema. Para lograr una mejor contención vehicular, se tiene que reducir la longitud de los postes, de 4m a 2m.

En la barrera giratoria los postes están a 1.20m bajo del nivel del suelo y al ser impactados con una velocidad de 50Km/h el límite elástico no llega a ser sobrepasado, por lo que no hay la posibilidad que se desprenda del terreno, ya que en la curva del Km 64.650 de la carretera se está presentando una distancia de 1.00m entre la barrera metálica de la carretera y el borde del precipicio, por lo tanto, si un vehículo llega a sobrepasar la barrera metálica sería un accidente mortal. por lo tanto, la barrera giratoria tiene nivel de contención P3- Medio alto, el cual es el nivel recomendado en carreteras con tráfico de vehículos de autobuses interurbanos y transporte público, teniendo pesos que llegan hasta 10Tn (Anexo 17).

Tristán, M. 2018, Desempeño de la barrera de contención vial y el riesgo de accidente vehicular en la autopista Ramiro Príale, Ate-2018. El Autor concluye que la barrera de contención simple fue diseñada para un definido nivel de contención vehicular, por lo que al haber un impacto fuerte podría la barrera no cumplir la función esencial de mantener al vehículo dentro de la vía mediante el redireccionamiento. Siendo la barrera de tipo N1, el cual es de nivel apropiado para vehículos livianos; llegando a contener a 100% de las motos lineales, 90% a los automóviles, 47% a los microbuses, 0% a buses interprovincial, 0% a camiones y un 0% a tráilers. Esta barrera de contención debe ser utilizadas únicamente en carreteras con tráfico vehicular liviano y con un peso no mayor a 14600 kg, ya que los resultados en las pruebas que se obtuvo de la simulación, las barreras metálicas llegan a cumplir su función siempre y cuando el ángulo de impacto no supere a los 15° y que la velocidad no sea superior a los 80 km/h.

A partir de expuesto por el autor podemos decir que la carretera PE 10A sector loma del viento hay tráfico vehicular con pesos que exceden los 14600kg, con velocidades que exceden la velocidad de diseño de 45km/h y con barreras de contención vehicular metálicas las cuales no cumplen con el nivel de contención adecuado. Por otro lado, las barreras giratorias tienen un nivel de contención adecuado logrando contener y redireccionar a los vehículos ligeros y pesados.

## VI. CONCLUSIONES

Se determinó que al impactar el cuerpo de un vehículo de 5000kg con la barrera giratoria teniendo como velocidad de 50Km/h, con un ángulo de impacto de 8° logra contener al vehículo y la barrera giratoria se deforma en 5.3cm, al introducir un ángulo de impacto de 15° logra contener y deformarse 6.9cm, para un ángulo de 20° llega a una deformación de 8.6 cm, mientras que para un vehículo de 1500kg a una velocidad de 54km/h, con un ángulo de impacto de 8° logra contenerlo y la barrera se deforma 3.2cm, para un ángulo de 15° la deformación obtenida fue de 4.5cm y así mismo para un ángulo de 20° la deformación obtenida es 6.1cm, obteniendo un nivel de contención alto y bajo riesgo de despiste y volcadura.

Se determinó que, al impactar los vehículos con la barrera de contención giratoria a velocidades de 50Km/h y 54Km/h con ángulos de 8°, 15° y 20° la barrera logra contener y redirecciona a los vehículos hacia la vía, logrando que los vehículos no sobrepasen el sistema de contención, evitando que puedan sufrir un accidente mortal por despiste y volcadura al caer hacia el río Moche.

Las barreras giratorias cumplirán un papel potencial para el logro de un mayor grado de seguridad en la carretera PE 10A Otuzco, puesto que no solo absorbe el impacto del vehículo, sino que también protege el daño del vehículo y, en segundo lugar, desvía el vehículo en movimiento al lugar correcto. Implementando la barrera giratoria en el sector Loma del Viento y en las demás vías con pendientes pronunciadas de la zona, esta tecnología definitivamente minimizará el riesgo de accidentes por despiste y volcadura de una manera altamente eficiente, protegiendo la vida humana, el vehículo y también disminuir los atascos por accidentes.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los conductores de los vehículos respetar las señalizaciones, así como los límites de velocidad establecidos en la carretera, siendo la máxima velocidad 45 km/h, ya que pudimos comprobar que un impacto contra una barrera de seguridad teniendo como velocidad mayor a lo indicado puede llegar a terminar en accidentes fatales y lesiones de las personas dentro del vehículo, ocasionando en el peor de los casos despiste y volcadura a desnivel.

Se recomienda en futuras investigaciones aplicar el estudio de barreras giratorias para la contención vehicular en la carretera PE 10A entre los Km 60+000 y Km 70+000. Así mismo, realizar investigaciones en otras carreteras con topografías distintas.

Se recomienda presentar a los gobiernos locales, regionales o nacional el sistema de contención vehicular tipo barreras giratorias, para que lo tengan en cuenta en futuros proyectos viales para reducir el riesgo de accidentes fatales.

## REFERENCIAS

- Alayo Giraldo, J. (2017). Evaluación comparativa de las clases de accidentes de tránsito por Regiones en el Perú 2011-2015. Perú. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/5199/Alayo\\_GJM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/5199/Alayo_GJM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Borja S., M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo. Obtenido de [https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Cient%C3%ADfica\\_para\\_ingenier%C3%ADa\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil)
- Brito e Dias, R., Pena Coto, N., Ferreira Batalha , G., & Driemeier, L. (2018). *Systematic Study of Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) in the Manufacturing of Protector Devices for the Orofacial System*. INTECH. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69969>
- Centro de Operaciones de Emergencia Nacional. (30 de Septiembre de 2019). ACCIDENTE VEHICULAR EN EL DISTRITO OTUZCO - LA LIBERTAD. Otuzco, Perú: INDECI. Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-2318-30SET2019-ACCIDENTE-VEHICULAR-EN-EL-DISTRITO-DE-OTUZCO-LA-LIBERTAD-01.pdf>
- Cobeñas Silva, P. (Septiembre de 2012). SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR. Lima, Perú: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1751/COBENAS\\_PABLO\\_CONTENCION\\_VEHICULAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1751/COBENAS_PABLO_CONTENCION_VEHICULAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Comunicaciones, M. d. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Perú. Recuperado el 2021, de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)
- Cortés Cortés, M., & Iglesias León, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. México: Universidad Autónoma del Carmen. Obtenido de [https://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia\\_investigacion.pdf](https://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf)
- Daily, T. S. (2016). *autofreaks*. Recuperado el 2021, de <https://www.autofreaks.com/2016/112987/malaysia-installs-safety-rolling-barriers-along-high-risk-roads/>
- G.Udayakumar, S. (2014). Devising a New Technique to Reduce Highway Barrier Accidents. Recuperado el 2021, de [https://www.academia.edu/download/34504256/DEVISING\\_A\\_NEW\\_TECHNIQUE\\_TO\\_REDUCE\\_HIGHWAY\\_BARRIER\\_ACCIDENTS.pdf](https://www.academia.edu/download/34504256/DEVISING_A_NEW_TECHNIQUE_TO_REDUCE_HIGHWAY_BARRIER_ACCIDENTS.pdf)
- González, G. V. (2011). *Guía para el análisis y diseño de la seguridad vial de márgenes de carretera*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. Recuperado el 2021, de <https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+SCV+%28Gu%C3%ADa+para+el+an%C3%A1lisis+y+dise%C3%B1o+de+seguridad+vial.pdf/ffb2d49f-bcd4-65ce-3be1-0a3d47b09dea?t=1559256817880>

- Guangxi Shiteng Transportation Engineering Co., L. (2015). *Alibaba*. Recuperado el 2021, de [https://www.alibaba.com/product-detail/eva-pu-material-highway-traffic-safe\\_60754074034.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.72.5bc9ebdbWHcn2T](https://www.alibaba.com/product-detail/eva-pu-material-highway-traffic-safe_60754074034.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.72.5bc9ebdbWHcn2T)
- Guangxi Shiteng Transportation Engineering Co., L. (2015). *Alibaba*. Recuperado el 2021, de [https://www.alibaba.com/product-detail/CE-certificated-eva-barrel-1-m\\_60772359780.html?spm=a2700.7724857.normalList.17.24ba27a9U3WuKL&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/CE-certificated-eva-barrel-1-m_60772359780.html?spm=a2700.7724857.normalList.17.24ba27a9U3WuKL&s=p)
- Guevara Delgado, P., & Norabuena Ita, J. (27 de Septiembre de 2019). Análisis y Propuesta de Mejora de la Seguridad Vial en la Carretera Panamericana Norte, tramo Variante de Pasamayo del km 55 al km 70 aplicando la Metodología del Manual de Seguridad vial. Lima, Perú: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626485/GuevaraD\\_P.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626485/GuevaraD_P.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Guzmán-Valdiviezo, M. (2014). ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL DE LAS ZONAS POBLADAS DE CUATRO TRAMOS DE LA CARRETERA IIRSA NORTE. Piura, Perú: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2006/ICI\\_203.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2006/ICI_203.pdf?sequence=1)
- Harshit, S. (2020). Rolling barriers: technology to reduce accidents on roads mainly on hilly areas horizontal curves. Recuperado el 2021, de <https://issuu.com/irjmets/docs/irjmets222289>
- Hasan, M., Ahmed, E., Asifuzzaman, Ahmed Bin Azad, T., & Arafat, F. (2018). *Rolling barrier*. Dhaka: NORTHSOUTH UNIVERSITY. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/328094039\\_Rolling\\_barrier](https://www.researchgate.net/publication/328094039_Rolling_barrier)
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. Sexta edición ed.). México D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. doi:ISBN: 978-1-4562-2396-0
- Hrushikesh Landage, D. R. (2019). Rolling Barrier System: An Innovative concept for safety and the reduction of the road accident a Review. Recuperado el 2021, de <http://iosrjen.org/Papers/Conf.ICIREST-2019/Volume-7/3.%2009-10.pdf>
- INEI. (2019). ACCIDENTES DE TRÁNSITO. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*.
- INEI. (20 de Agosto de 2019). *Circulación de vehículos a nivel nacional aumentó 4,7%*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/circulacion-de-vehiculos-a-nivel-nacional-aumento-47-11727/#:~:text=Tr%C3%A1nsito%20de%20veh%C3%ADculos%20pesados%20aument%C3%B3,aument%C3%B3%20en%20%2C2%25.>
- Jong-Sool Chea, W.-K. P. (2015). Safety Roller Barrier for Roads using EVA Material. Recuperado el 2021, de <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201536449292301.page>
- KSI Global*. (2017). Recuperado el 2021, de <http://ksiglobal.com.au/safety-roller-crash-barrier/>
- Lee, J. (2016). *paultan*. Recuperado el 2021, de <https://paultan.org/2016/10/18/malaysia-to-use-rolling-barriers-to-increase-safety/>
- MakeltFrom. (2020). *10% Vinyl Acetate EVA*. Obtenido de <https://www.makeitfrom.com/material-properties/10-Percent-Vinyl-Acetate-EVA>



- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (10 de Noviembre de 2008). Directiva N° 007-2008-MTC/02 SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS TIPO BARRERAS DE SEGURIDAD. Perú: MTC. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/otras/directiva\\_N007\\_2008MTC\\_barreras\\_seguridad.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otras/directiva_N007_2008MTC_barreras_seguridad.pdf)
- Mr. Dnyaneshwar J. Ghadge, M. K. (2018). Rolling Barrier Systems. Recuperado el 2021, de <http://www.ijlemr.com/papers/volume3-issue3/12-IJLEMR-33093.pdf>
- Muhammad Farhan, M. A. (2018). Rolling Barriers: Emerging Concept to Reduce Road Accidents: An Indian Perspective. doi:10.1088/1757-899X/404/1/012045
- Nagadarshan Rao B J, N. B. (2017). An Alternative Method for Barriers: Rolling Barrier System. Recuperado el 2021, de <http://www.ijlemr.com/papers/volume2-issue2/19-IJLEMR-22053.pdf>
- Nápoles Padrón, E., Gonzales Carbonell, R., & Olivares Díaz, E. (2015). *UNA INTRODUCCIONAL ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS: APLICACIONES Y EJEMPLOS* (Vol. 1ra). Editorial Universitaria. doi:ISBN: 978-959-16-2651-6
- Nikhil P. Dani, K. K. (2017). Study of Rolling Barrier System. Recuperado el 2021, de [http://www.ijarse.com/images/fullpdf/1490197745\\_N1063ijarse.pdf](http://www.ijarse.com/images/fullpdf/1490197745_N1063ijarse.pdf)
- OMS. (2013). Más de 270 000 peatones mueren en las carreteras cada año. *OMS*, 1. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2013-more-than-270-000-pedestrians-killed-on-roads-each-year>
- Portal, 3. C. (s.f.). *3D Cad Portal*. Recuperado el 2021, de <https://www.3dcadportal.com/ansys.html>
- PRIYA, M., & REDDY, B. (2017). New Roller Barrier System for Safety Management and Efficiency on Highways. *IJESC*, 14415-14418. Obtenido de [https://www.academia.edu/40222566/Complte\\_details\\_about\\_working\\_and\\_effectivnes\\_of\\_rb](https://www.academia.edu/40222566/Complte_details_about_working_and_effectivnes_of_rb)
- Punnamaraju, A. S. (2016). *Interesting Engineering*. Recuperado el 2021, de <https://interestingengineering.com/this-new-korean-rolling-barrier-system-could-save-millions-of-lives>
- Sarver Zahoor, T. S. (2018). Study of Rolling Barrier System. Recuperado el 2021, de <http://www.ijics.com/gallery/apr19.pdf>
- Sir, M. K. (2020). Safety Guard Highway Rolling Barrier. Recuperado el 2021, de <http://www.ijserd.com/articles/IJSRDV8I20178.pdf>
- Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías. (13 de Abril de 2013). ACCIDENTE OCURRIDO EN EL KM. 70.5 DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN OTUZCO – AGALLPAMPA / DISTRITO DE OTUZCO - PROVINCIA DE OTUZCO - REGIÓN LA LIBERTAD. CARRETERA PENETRACIÓN OTUZCO - AGALLPAMPA, Otuzco, Perú. Otuzco, Perú. Obtenido de [http://www.drTCP.gob.pe/descargar\\_doc.php?file=CASOS\\_EMBLEMATICOS\\_ACCIDENTES\\_2012-2013.pdf&root=./documentos/desarrollo\\_capacitaciones/](http://www.drTCP.gob.pe/descargar_doc.php?file=CASOS_EMBLEMATICOS_ACCIDENTES_2012-2013.pdf&root=./documentos/desarrollo_capacitaciones/)

- Tristan Lanazca, M. A. (2018). *Desempeño de la barrera de contención vial y el riesgo de accidente vehicular en la autopista Ramiro Príale, Ate-2018*. Perú. Recuperado el 2021, de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36882/Tristan\\_LMA.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36882/Tristan_LMA.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Villanueva Arteaga, F. S. (2018). SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR Y SU RELACIÓN CON LOS RIESGOS POTENCIALES ASOCIADO A LOS ACCIDENTES POR SALIDA DE VÍA EN EL CIRCUITO DE PLAYAS DE LA COSTA VERDE, TRAMO: SAN MIGUEL - MAGDALENA. Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villareal. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2807/VILLANUEVA%20ARTEAGA%20FIORELLA%20SASKIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vivek Lodhia, A. P. (2021). A Study on Rolling Barriers System on Horizontal Curves. Recuperado el 2021, de <http://ijeast.com/papers/243-246,Tesma511,IJEAST.pdf>
- Wadekar, A., Tilekar, N., & Sawalkar, C. (2017). Introduction of a New Road Barrier System for Safety Management and Efficiency on the Mumbai-Pune Expressway. *International Journal of Engineering Research in Mechanical and Civil Engineering (IJERMCE)*, 48-51. doi:ISSN (Online) 2456-1290

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables
¿De qué manera un sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria puede reducir el riesgo de accidentes de tránsito en la carretera Otuzco, sector Loma del Viento?	Reducir el riesgo de accidentes vehiculares en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, a través de un sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria de seguridad.	Un sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria de seguridad reducirá el riesgo de accidentes vehiculares en la carretera Otuzco sector Loma del Viento.	Variable dependiente: Riesgo potencial de accidentes vehiculares.  Variable independiente: Sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	
¿Cómo afecta la deformación del sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad?	Determinar cómo afecta la deformación del sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad.	La deformación del sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria afecta en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad, se mide a través del análisis con el método computarizado de elementos finitos.	
¿Cómo afecta la capacidad de redireccionamiento del sistema de contención	Determinar cómo afecta la capacidad de redireccionamiento del sistema de contención	La capacidad de redireccionamiento del sistema de contención vehicular tipo barrera	

<p>vehicular tipo barrera giratoria en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad?</p>	<p>vehicular tipo barrera giratoria en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad.</p>	<p>giratoria afecta en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad, se mide a través del análisis con el método computarizado de elementos finitos.</p>	
<p>¿Cómo afecta el nivel de contención del sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad?</p>	<p>Determinar cómo afecta el nivel de contención del sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad.</p>	<p>El nivel de contención del sistema de contención vehicular tipo barrera giratoria afecta en el riesgo de accidentes en la carretera Otuzco sector Loma del Viento, Provincia de Otuzco - Región la Libertad, se mide a través del análisis con el método computarizado de elementos finitos.</p>	

## ANEXO 2: Instrumento de recolección de datos

encuestaucv.azurewebsites.net



Encuesta - Desarrollo Proyecto de Investigación - Universidad Cesar Vallejo



### Buenos días / tardes

Somos alumnos de la Universidad César Vallejo, estamos haciendo una encuesta para conocer la zona y curva más peligrosas de la carretera nacional PE 10A (Casmiche - Otuzco) y proponer un nuevo sistema de contención vehicular.

Estamos interesados en conocer su opinión, por favor, ¿Sería tan amable de contestar el siguiente cuestionario? El cuestionario dura unos pocos minutos. Gracias.

### Perfil del encuestado

Nombres

Edad

- Vivo en la zona de estudio (carretera nacional PE 10A / Casmiche - Otuzco)
- Conozco accidentes que han ocurrido en la zona de estudio (carretera nacional PE 10A / Casmiche - Otuzco)

CONTINUAR

© 2021 Copyright: Proyecto de Investigación - UCV

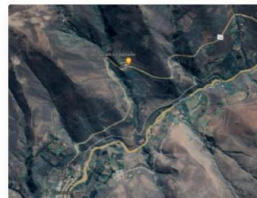
### Encuesta virtual

encuestaucv.azurewebsites.net/quiz



Encuesta - Desarrollo Proyecto de Investigación - Universidad Cesar Vallejo

Selecciona la zona con mayor riesgo de accidentes



Ladera de Casmiche

SELECCIONAR



Loma del viento

SELECCIONAR



Catarata Sanchicón

SELECCIONAR




Desvío de Otuzco

SELECCIONAR

encuestaucv.azurewebsites.net/zone

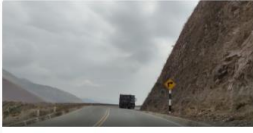
Encuesta - Desarrollo Proyecto de Investigación - Universidad Cesar Vallejo

Selecciona la curva con mayor riesgo de accidentes




Km 63+040  
Ver detalle

SELECCIONAR




Km 63+530  
Ver detalle

SELECCIONAR



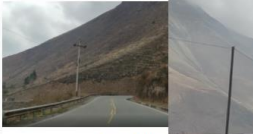
Km 63+670  
Ver detalle

SELECCIONAR




Km 64+000  
Ver detalle

SELECCIONAR




Km 64+420  
Ver detalle

SELECCIONAR




Km 64+870  
Ver detalle

SELECCIONAR



Km 65+010  
Ver detalle

SELECCIONAR



Km 65+210  
Ver detalle

SELECCIONAR

azurewebsites.net/zone#

### Anexo 3: Pistola radar de velocidad



#### Anexo 4: Dron para Levantamiento Fotogramétrico modelo Phantom 4 Pro V2



#### ANEXO 5: Cálculo del tamaño de la muestra



Centro poblado Casimiche Negro



Centro poblado: Tayahual

DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
0045	PARAGUEDA	Quechua	3 164	86	42	44	64	50	14
0046	PAMPA GRANDE	Quechua	2 981	140	69	71	62	44	18
0047	SANCHIQUE	Quechua	2 914	264	137	127	100	81	19
0048	HUACADAY	Quechua	2 688	123	63	60	87	85	2
0049	SANTA CRUZ	Quechua	2 639	36	20	16	31	23	8
0050	TAYAHUAL	Quechua	2 325	39	21	18	20	18	2
0051	CAMPO NUEVO	Yunga marítima	2 280	127	73	54	53	43	10
0052	CASMICHE NEGRO	Yunga marítima	1 889	76	37	39	59	55	4
0053	PITAJAYA	Yunga marítima	2 054	63	37	26	27	22	5
0054	SAMNE	Yunga marítima	1 431	429	221	208	192	171	21

Población - Fuente:

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/cuadros/dpto13.xlsx](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/cuadros/dpto13.xlsx)

39 + 76 = 115, 115 personas viven en la zona de estudio.



**ANEXO 6: validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos**

Se evalúa la fiabilidad del instrumento a través del coeficiente psicométrico Alfa de Cronbach. Se aplica el 25% de la muestra.

<b>nombres</b>	<b>item1</b>	<b>item2</b>	<b>item3</b>	<b>item4</b>
Carlos López	no vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+000
Jose Pérez	no vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+000
Victor Javier Larrea	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Desvío de Otuzco	69+440
maria	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Catarata Sanchicón	67+250
julio rosas	no vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
carlos ruiz	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
roxana paredes	no vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
arnold vergara	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
wilson blas	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Catarata Sanchicón	67+250
ronald guevara	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Catarata Sanchicón	67+250
Ronnie reyes	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Desvío de Otuzco	69+310
juliana vela	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
carlos garcía	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
miguel luján	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
carlos castillo	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Catarata Sanchicón	67+250
felicita flores	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Catarata Sanchicón	67+430
paul linares	vive en el lugar	no conoce accidentes del lugar	Ladera de Casmiche	61+060
norma pastor	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
Pamela Barreto	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Desvío de Otuzco	69+310
Doris Valverde	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Loma del viento	64+420
Roberto García	vive en el lugar	conoce accidentes del lugar	Catarata Sanchicón	67+250

### COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH

Requiere de una sola aplicación del instrumento y se basa en la medición de la respuesta del sujeto con respecto a los ítems del instrumento.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

**K:** El número de ítems  
 **$\sum S_i^2$ :** Sumatoria de Varianzas de los Ítems  
 **$S_T^2$ :** Varianza de la suma de los Ítems  
 **$\alpha$ :** Coeficiente de Alfa de Cronbach

Items	I	II	III	IV	Suma de Items
Sujetos					
Carlos López	1	2	2	4	9
Jose Pérez	1	2	2	4	9
Victor Javier Larrea	2	2	4	8	16
maria	2	2	3	6	13
julio rosas	1	2	2	5	10
carlos ruiz	2	2	2	5	11
roxana paredes	1	2	2	5	10
arnold vergara	2	2	2	5	11
wilson blas	2	2	3	6	13
ronald guevara	2	2	3	6	13
Ronnie reyes	2	2	4	7	15
juliana vela	2	2	2	5	11
carlos garcía	2	2	2	5	11
miguel luján	2	2	2	5	11
carlos castillo	2	2	3	6	13
felicita flores	2	2	3	7	14
paul linares	2	1	1	3	7
norma pastor	2	2	2	5	11
Pamela Barreto	2	2	4	7	15
Doris Valverde	2	2	2	5	11
Roberto García	2	2	3	6	13

VAR.S (Varianza de la Muestra)	0.16	0.05	0.66	1.36	$S_T^2$ :	4.99
	$\sum S_i^2$ :					2.23

<b>K:</b> El número de ítems	4
$\sum S_i^2$ : Sumatoria de las Varianzas de los Ítems	2.23
$S_T^2$ : La Varianza de la suma de los Ítems	4.99
$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach	

$$\alpha = \frac{3}{3-1} \left[ 1 - \frac{4.19}{9.14} \right]$$

$$\alpha = \frac{4}{3} [ 1 - 0.45 ]$$

$$1.333333333 [ 0.55 ]$$

$$\alpha = 0.74$$

Entre más cerca de 1 está  $\alpha$ , más alto es el grado de confiabilidad

<b>CONFIABILIDAD:</b>						
-Se puede definir como la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos						
-Es decir, se refiere al grado en que la aplicación repetida del instrumento, al mismo sujeto u objeto, produce iguales resultados						
<b>C O N F I A B I L I D A D</b>						
Muy Baja	Baja	Regular			Acceptable	Elevada
<b>0</b>						<b>1</b>
0% de confiabilidad en la medición (la medición está contaminada de error)					100% de confiabilidad en la medición (no hay error)	

Los cálculos representan estadísticas de fiabilidad del instrumento aplicado a la muestra de la población, siendo el Alfa de Cronbach 0.74 y según la escala de valoración del mismo (Anexo 4), la confiabilidad es Respetable.

El modelo de la encuesta ha sido evaluado por expertos, que indican correcciones y aprobaron el instrumento para ser aplicada a la muestra.

#### ANEXO 7: Escala de Valoración Alfa de Cronbach

VALOR ALFA DE CRONBACH	APRECIACIÓN
[0.95 a + >	Muy elevada o Excelente
[0.90 – 0.95 >	Elevada
[0.85 – 0.90 >	Muy buena
[0.80 – 0.85 >	Buena
[0.75 – 0.80 >	Muy respetable
[0.70 – 0.75 >	Respetable
[0.65 – 0.70 >	Mínimamente aceptable
[0.40 – 0.65 >	Moderada
[0.00 – 0.40 >	Inaceptable

*Escala de Valoración Alfa de Cronbach*

**ANEXO 8:** Validación de encuesta para recolección de datos.

EVALUACION DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: OSCAR DANIEL IBAÑEZ DIAZ  
 DNI: 18227139 PROFESIÓN: INGENIERO CIVIL  
 LUGAR DE TRABAJO: LABORATORIO - JVC CONSULTORIA Y GEOTECNIA  
 CARGO QUE DESEMPEÑA: JEFE DE LABORATORIO  
 DIRECCIÓN: CENTRO CIVIL H2 E- LOTE H. LAREDO - TRUJILLO  
 TELEFONO FIJO: \_\_\_\_\_ MOVIL: 991399394  
 DIRECCIÓN ELECTRÓNICA: fabricio.ir06@gmail.com  
 FECHA DE EVALUACIÓN: 17 - 09 - 2021

FIRMA DEL EXPERTO: \_\_\_\_\_

  
  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 Consejo Superior de la Ingeniería de la Libertad  
 OSCAR DANIEL IBAÑEZ DIAZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 1257716

2. PLANILLA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACIÓN CUALITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del Instrumento			X	
Claridad en la redacción de los ítems		X		
Pertinencia de las variables con los indicadores		X		
Relevancia del contenido		X		
Factibilidad de la aplicación		X		

APRECIACIÓN CUALITATIVA: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: El Diseño debe de adecuarse a la zona de estudio

3. JUICIO DE EXPERTOS

- En líneas generales, considera Ud. Que los indicadores de las variables están inmersos en su contexto teórico de forma:

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

- Considera que los reactivos del cuestionario miden los indicadores

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

- seleccionados para la variable de manera:

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

- El instrumento diseñado mide la variable de manera:

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

- El instrumento diseñado es:

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

4. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

ITEMS	ESCALA				OBSERVACIONES
	DEJAR	MODIFICAR	ELIMINAR	INCLUIR	
01	X				
02	X				
03	X				
04	X				

DESEARÍA INCLUIR	COMO LO MODIFICARÍA

CATEGORÍA	APRECIACIÓN CUANTITATIVA			
	INCREMENTAR	QUITAR	MODIFICAR	SURGENTE
Presentación del instrumento			X	
Claridad en la redacción de los ítems		X		
Participación de los estudiantes en el instrumento		X		
Relevancia del contenido		X		
Facilidad de aplicación	X	X		

APRECIACIÓN CUALITATIVA: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: El diseño del instrumento de evaluación de la gestión de estudio

EVALUACION DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: CÉSAR MARCELLO OLIVARES DÍAZ

DNI: 74096089 PROFESIÓN: INGENIERO CIVIL

LUGAR DE TRABAJO: GRUPO B & F INGENIEROS CONTRATISTAS


CARGO QUE DESEMPEÑA: COORDINADOR DE PROYECTOS

DIRECCIÓN: CALLE TUMBES N° 54 - TAREDO - TRUSILLO

TELÉFONO FIJO: - MOVIL: 918 497 046

DIRECCIÓN ELECTRÓNICA: MARCELLO007@GMAIL.COM

FECHA DE EVALUACIÓN: 17-09-2021

FIRMA DEL EXPERTO: 

2. PLANILLA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACIÓN CUALITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del instrumento			X	
Claridad en la redacción de los ítems		X		
Pertinencia de las variables con los indicadores		X		
Relevancia del contenido		X		
Factibilidad de la aplicación		X		

APRECIACIÓN CUALITATIVA: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

3. JUICIO DE EXPERTOS

- En líneas generales, considera Ud. Que los indicadores de las variables están inmersos en su contexto teórico de forma:

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

- Considera que los reactivos del cuestionario miden los indicadores

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

- seleccionados para la variable de manera:

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

- El instrumento diseñado mide la variable de manera:

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

- El instrumento diseñado es:

SUFICIENTE	MEDIANAMENTE	INSUFICIENTE
X	SUFICIENTE	

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_



4. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

ITEMS	ESCALA				OBSERVACIONES
	DEJAR	MODIFICAR	ELIMINAR	INCLUIR	
01	X				
02	X				
03	X				
04	X				

DESEARÍA INCLUIR	COMO LO MODIFICARÍA
FECHA DE EVALUACIÓN: _____	
FIRMA DEL EXPERTO: _____	

PLANTILLA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACIÓN CUALITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del documento			X	
Claridad en la redacción de los ítems	X			
Porcentaje de los ítems con los verbos con los siguientes:		X		
Presencia del contenido		X		
Facilidad con la aplicación	X	X		

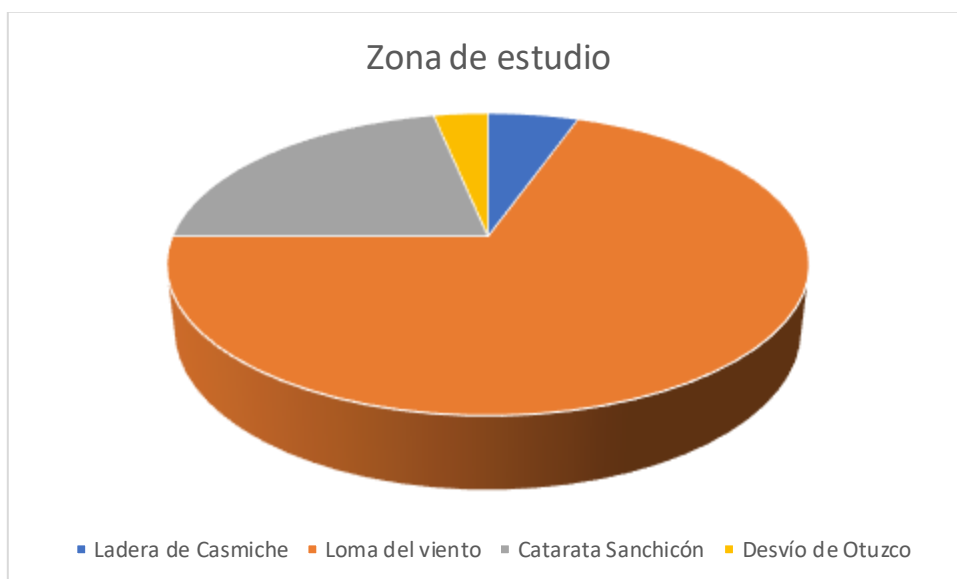
APRECIACIÓN CUALITATIVA: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**ANEXO 9:** Tabulación de las encuestas realizadas

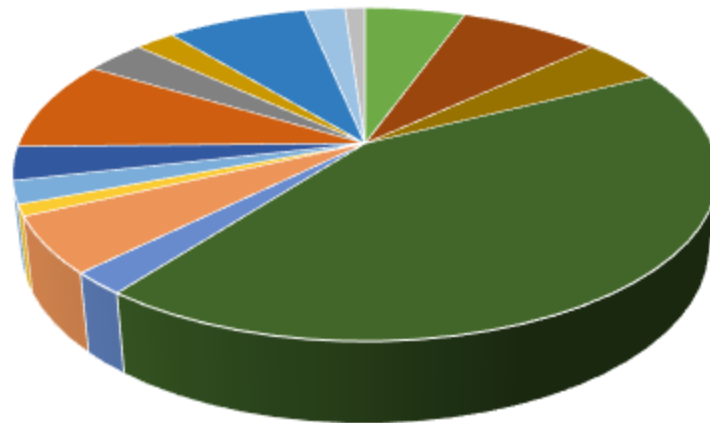


Interpretación: El gráfico muestra que las personas indican conocer accidentes vehiculares en la zona de estudio.



Interpretación: El gráfico muestra que las personas suelen indicar como más riesgosa la zona de Loma del Viento.

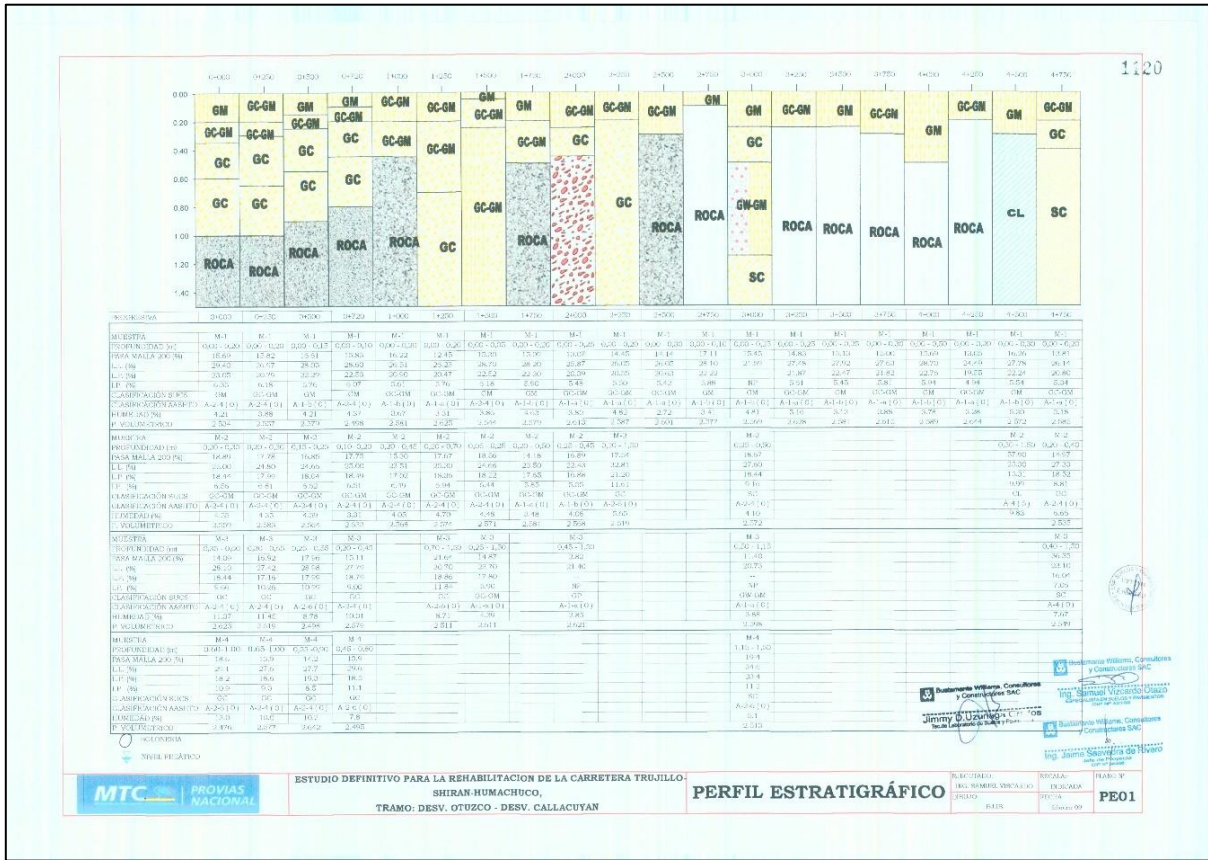
Curva de estudio



- 60+040 60+450 61+060 61+680 62+120 62+470 63+040 63+530 63+670 64+000
- 64+420 64+650 64+870 65+010 65+210 65+320 65+440 65+540 65+720 66+020
- 66+330 66+520 66+660 66+880 67+250 67+430 67+580 67+780 68+000 68+220
- 68+520 68+675 68+820 69+170 69+310 69+440 69+690 69+810 69+900

Interpretación: El gráfico muestra que las personas suelen indicar que la curva más riesgosa está en el km 64+650

**ANEXO 10: Perfil estratigráfico carretera PE-10A Trujillo Shirán - Huamachuco, tramo: Desvío Otuzco-Desvío Callacuyan.**



Fuente: Provias Nacional.

**ANEXO 11: Estudio de tráfico 2016**

**INDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR TIPO DE VEHICULO, SEGUN TRAMOS VIALES AÑO 2016**

No	Código	Nombre de Estación	Tramo		Ruta	IMD	Tipo de Vehículo																Departamento				
			Inicio	Fin			Camión		Semi Trailer		Trayler				Trayler				Trayler								
							Auto	SW	Pick Up	Panel	Combi	Otro	2E	3E	4E	5E	251 Y 252	253	351 Y 352	3E3	2T2	2T3		3T2	3T3	4T3	
1	C001	Agua Verdes	Zarumilla (PE-1NO/TU-100)	Agua Verdes (PE-1NO/TU-1000)	PE1ND	3,759	1,384	1,009	336	202	451	69	42	29	132	57	24	6	4	3	6	1	0	1	3	0	Tumbes

Fuente: MTC-OGPP

# ANEXO 12: Cálculo del IMDA

## VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO

Carretera

CARRETERA OTUZCO

Tramo  
Cod Estación E - 1  
Estación KM 64 + 650

Ubicacion  
Sentido  
Dia  
CASMICHE - DESVÍO OTUZCO  
AMBOS  
DEL 27/09/2021 AL 03/10/2021

DIA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION			SEMITRAYLER			TRAYLERS				TOTAL	PORC. %	
			PICK UP	PANEL		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
LUNES	578	255	559	13	476	3	79	7	188	206	8	3	2	5	2	0	2	0	2	2388	14.57
MARTES	508	232	522	30	385	0	90	20	281	286	13	4	0	3	6	0	0	0	2	2382	14.53
MÉRCOLES	495	230	517	27	385	1	86	17	278	286	13	4	0	4	6	0	0	0	2	2351	14.34
JUEVES	499	229	531	28	401	0	86	17	276	277	11	2	0	3	5	0	0	0	2	2367	14.44
VIERNES	618	261	545	12	482	2	76	7	178	198	7	3	1	4	1	1	2	0	1	2399	14.63
SÁBADO	685	269	552	35	317	1	66	12	219	260	10	1	0	6	18	0	0	0	1	2452	14.96
DOMINGO	615	311	495	15	350	0	59	9	97	91	0	0	0	11	0	0	0	1	0	2054	12.53
<b>TOTAL</b>	<b>3998</b>	<b>1787</b>	<b>3721</b>	<b>160</b>	<b>2796</b>	<b>7</b>	<b>542</b>	<b>89</b>	<b>1517</b>	<b>1604</b>	<b>62</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>16393</b>	<b>100.00</b>
IMD	571	255	532	23	399	1	77	13	217	229	9	2	0	5	5	0	1	0	1	2340	
%	24.40	10.90	22.74	0.98	17.05	0.04	3.29	0.56	9.27	9.79	0.38	0.09	0.00	0.21	0.21	0.00	0.04	0.00	0.04	100.00	

### TRAFICO VEHICULAR

IMD Sin Corrección

(Veh/día)

Tipo de Vehículos	IMDS	Distrib. %
Autos	571	24.4%
Satation Wagon	255	10.9%
Camioneta Pick Up	532	22.7%
Camioneta Panel	23	1.0%
Combi Rural	399	17.1%
Micro	1	0.0%
Omnibus 2E y 3E	90	3.8%
Camión 2E	217	9.3%
Camión 3E	229	9.8%
Camión 4E	9	0.4%
Semi trayler	12	0.5%
Trayler	2	0.1%
<b>TOTAL IMD</b>	<b>2340</b>	<b>100.0%</b>

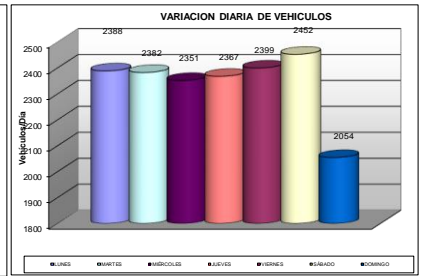
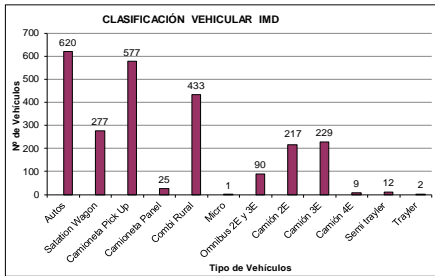
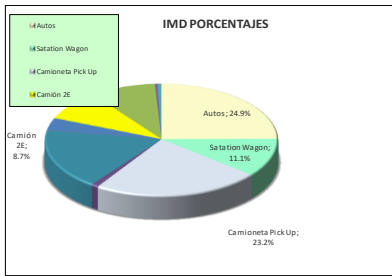
CALCULO DEL IMD Resumen de Metodología	
IMD =	$\frac{VS}{7}$
VS =	Volumen Promedio Semanal
Fc Veh. Ligeros =	1,085361
Fc Veh. Pesados =	1,000124
IMD =	2492 Vehículos por día
	909.601 V. x año

### TRAFICO VEHICULAR

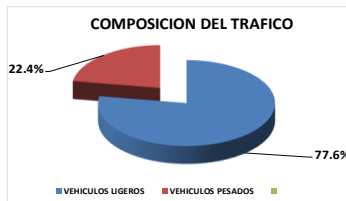
IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR

(Veh/día)

Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos	620	24.9%
Satation Wagon	277	11.1%
Camioneta Pick Up	577	23.2%
Camioneta Panel	25	1.0%
Combi Rural	433	17.4%
Micro	1	0.0%
Omnibus 2E y 3E	90	3.6%
Camión 2E	217	8.7%
Camión 3E	229	9.2%
Camión 4E	9	0.4%
Semi trayler	12	0.5%
Trayler	2	0.1%
<b>TOTAL IMD</b>	<b>2492</b>	<b>100.0%</b>



VEHICULOS LIGEROS 1933 77.6%  
VEHICULOS PESADOS 559 22.4%



**ANEXO 13:** Ensayo de suelos para test de impacto barreras rodantes SHINDO INDUSTRY CO., LTD.



## CENTRO PROVE AISICO

ACCREDITED LABORATORY ACCORDING TO NORM UNI CEI EN ISO / IEC 17025:2005

### CRASH TEST REPORT # **MASH011**

**Test type:** Passenger Car – TL 3-10

**Test item:** Road Safety Rolling Barrier mod. RGS-TL3-A

**Client:** SHINDO INDUSTRY CO.,LTD

**Date of Test:** 2016/12/13



**Reference Standard**

Manual for Assessing Safety Hardware - Mash 2009

Official test report language

**English**

Number of pages including annexes

**71**

Date of report

**2017/01/29**

Test Scientific Responsible  
Ing. Andrea Bianchi

Test House Director  
Ing. Stefano Calamani

ANNEX E

**SGE** **SOGEA srl**  
Via Cassaneseferro 2B - ROMA  
tel. 067016809 - fax 067011625  
**Laboratorio geotecnico**

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore «A» - Prove di laboratorio sulle terre  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CLIENT: AISICO srl
PROJECT: Nuovo impianto Crash - Pereto (AQ)
BOREHOLE: SAMPLE: C DEPTH: m

**TEXT SUMMARY SHEET**

**PHYSICAL PROPERTIES**

Water content	%
Natural unit weight	kN/m <sup>3</sup>
Dry unit weight	kN/m <sup>3</sup>
Saturated unit weight	kN/m <sup>3</sup>
Specific gravity	
Void ratio	
Porosity	%
Saturation	%
Liquid limit	%
Plastic limit	%
Plasticity index	%
Liquidity index	
Passing the n. 40 sieve	
Shrinkage limit	%
H.R.B. Classification	

**GRAIN SIZE ANALYSIS**

Gravel	40,0	%
Sand	46,2	%
Silt-Clay	13,8	%
D 10		mm
D 50	2,702633	mm
D 60	4,742840	mm
D 90	12,416730	mm
Passing n. 10 sieve	44,6	%
Passing n. 40 sieve	22,9	%
Passing n. 200 sieve	13,8	%

**PERMEABILITY**

Coefficient k	cm/sec
---------------	--------

**COMPRESSION TEST**

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rem}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u Rem}$	kPa

**DIRECT SHEAR TEST**

Slow test			
c	kPa	$\phi$	°
c Res	kPa	$\phi_{Res}$	°

**TRIAxIAL COMPRESSION TEST**

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

**CONSOLIDATION TEST**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Sandy gravel, in silty clay matrix, light brown.

1  
27398

SGEO - Laboratorio 5.1 - 2016

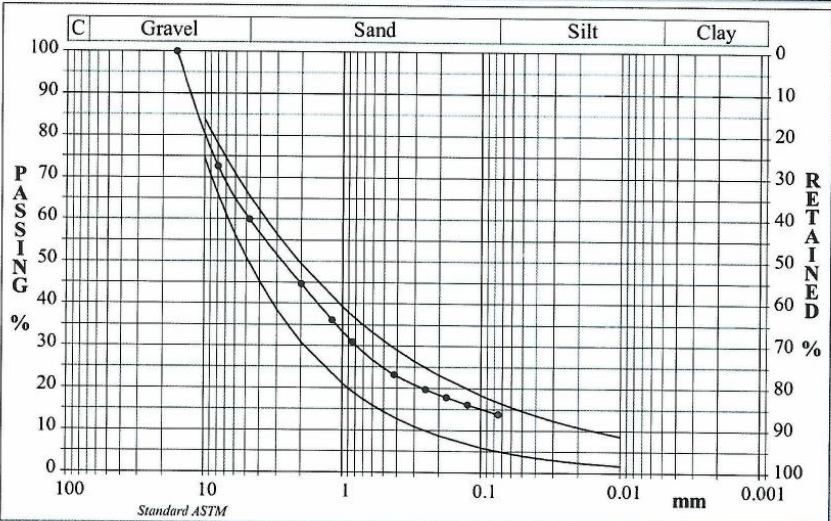
TEST CERTIFICATE N°: 06043	Page 1/1	ISSUE DATE: 10/06/13	Start date: 30/05/13
ACCEPTANCE NOTE N°: 111	date: 30/05/13	Sample opening: 30/05/13	End date: 03/06/13

CLIENT: AISICO srl
PROJECT: Nuovo impianto Crash - Pereto (AQ)
BOREHOLE: SAMPLE: C DEPTH: m

**GRAIN SIZE ANALYSIS**

Methods: Standard ASTM D 422

Gravel	40,0 %	Passing n. 10 sieve (2 mm)	44,6 %	D10	--- mm
Sand	46,2 %	Passing n. 40 sieve (0.42 mm)	22,9 %	D30	0,77633 mm
Silt-Clay	13,8 %	Passing n. 200 sieve (0.075 mm)	13,8 %	D50	2,70263 mm
Coefficient of uniformity	---	Coefficient of curvature	--	D60	4,74284 mm
				D90	12,41673 mm



Diameter mm	Passing %	Diameter mm	Passing %	Diameter mm	Passing %	Diameter mm	Passing %	Diameter mm	Passing %
16,0000	100,00	0,8410	30,89	0,0750	13,84				
8,0000	72,66	0,4200	23,19						
4,7500	60,03	0,2500	19,69						
2,0000	44,65	0,1770	17,85						
1,1900	36,14	0,1250	16,13						

Sandy gravel, in silty clay matrix, light brown.

1  
27398

SGEO - Laboratorio 5.1 - 2016

Lo sperimentatore  
Dott. Andrea Screpanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



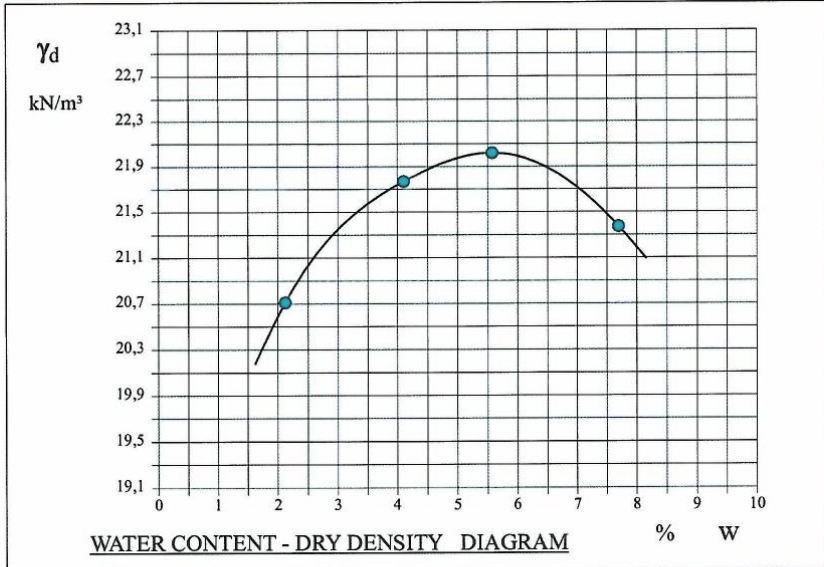
TEST CERTIFICATE N°: 06042	Page 1/1	ISSUE DATE: 10/06/13	Start date: 04/06/13
ACCEPTANCE NOTE N°: 111	date: 30/05/13	Sample opening: 30/05/13	End date: 10/06/13

CLIENT: AISICO srl
PROJECT: Nuovo impianto Crash - Pereto (AQ)
BOREHOLE: SAMPLE: C DEPTH: m

**MODIFIED PROCTOR COMPACTION TEST**

Methods: Standard ASTM D 1557

Optimum water content (%): 5,6	Specimen n°	Water content %	Wet unit weight kN/m³	Dry unit weight kN/m³
Maximum dry density (kN/m³): 22,0	1	2,1	21,15	20,71
Material with Ø > 20,00 mm (%): -	2	4,1	22,66	21,77
Mold volume (cm³): 944	3	5,6	23,25	22,02
	4	7,7	23,02	21,37
	----	----	----	----
	----	----	----	----
	----	----	----	----
	----	----	----	----



Sandy gravel, in silty clay matrix, light brown.

1  
27398

SGEO - Laboratorio 5.1 - 2016

Lo sperimentatore  
Dott. Fabrizio Rabottino

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

 **SOGEA srl**  
Via Casalmonferato 2E - ROMA  
tel. 067016309 - fax 067011625  
**Laboratorio geotecnico**

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sulle terre  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

TEST CERTIFICATE N°: 06047	Page 1/1	ISSUE DATE: 10/06/13	Start date: 03/06/13
ACCEPTANCE NOTE N°: 112	date: 03/06/13		End date: 04/06/13

CLIENT: AISICO srl
PROJECT: Nuovo impianto Crash - Pereto (AQ)
TEST: 1

**FIELD DENSITY TEST**

Methods: Standard ASTM D 1556

**Sand cone method**

Calibrated sand mass (g):	1226,8
Calibrated sand density (kN/m³):	13,57
Test hole volume (cm³):	604
Mass (g):	1401,0

Water content (%):	3,8
In-place wet density (kN/m³):	22,75
In-place dry density (kN/m³):	21,91

1  
27399

SGEO - Laboratorio 5.1 - 2016

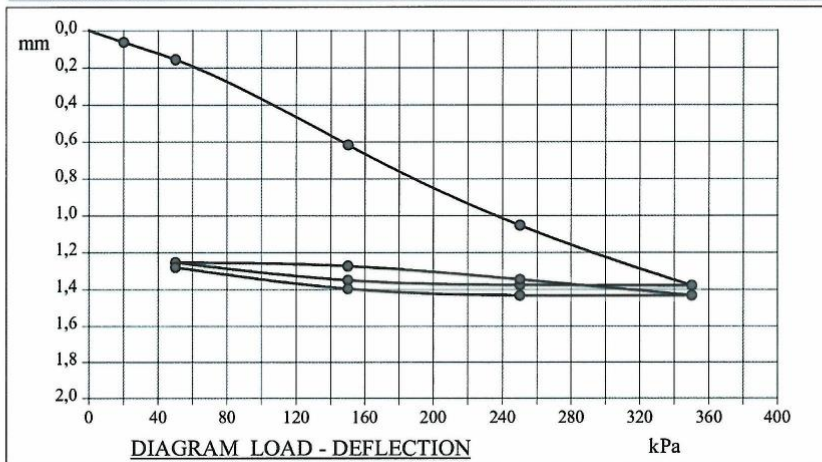
Lo sperimentatore  
Dott. Fabrizio Rabottino

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

TEST CERTIFICATE N°: 06045	Page 1/2	ISSUE DATE: 10/06/13	Start date: 03/06/13
ACCEPTANCE NOTE N°: 112	date: 03/06/13		End date: 03/06/13
CLIENT: AISICO srl			
PROJECT: Nuovo impianto Crash - Pereto (AQ)			
TEST: 2			

**PLATE LOAD TEST**

Methods: Standard CNR 146/92



Base		Md(I° Cycle) / Md(II° Cycle) = 0,273	
I° Cycle	Deformation modulus: Md(250-350 kPa) = 90909 kPa	Deform.: d(250-350 kPa) = 0,33 mm	
	Total deformation = 1,38 mm	Rebound deflection = 9,18 %	Residual deflection = 90,82 %
II° Cycle	Deformation modulus: Md(250-350 kPa) = 333333 kPa	Deform.: d(250-350 kPa) = 0,09 mm	
	Total deformation = 1,43 mm		
<b>OTHER PARAMETERS</b>			
Poisson's ratio = 0,35		Ks(I° Cycle) = 300,8 MN/m³	Ks(II° Cycle) = 48785,3 MN/m³
I° Cycle	Young's modulus (kPa)	E(50-150) = 44924	E(150-250) = 46966
	Oedometric modulus (kPa)	Ed(50-150) = 149747	Ed(150-250) = 156554
II° Cycle	Young's modulus (kPa)	E(50-150) = 1033256	E(150-250) = 295216
	Oedometric modulus (kPa)	Ed(50-150) = 3444188	Ed(150-250) = 984054
			Ed(250-350) = 229613
			Ed(250-350) = 765375

Note: All parameters are calculated from the experimental points

Sandy gravel light brown.

2  
27400

SGEO - Laboratorio 5.1 - 2016

Lo sperimentatore  
Dott. Fabrizio Rabottino

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

TEST CERTIFICATE N°: 06045	Page 2/2	ISSUE DATE: 10/06/13	Start date: 03/06/13
ACCEPTANCE NOTE N°: 112	date: 03/06/13		End date: 03/06/13

CLIENT: AISICO srl
PROJECT: Nuovo impianto Crash - Pereto (AQ)
TEST: 2

**PLATE LOAD TEST**

Methods: Standard CNR 146/92

Load kPa	T min	Deformation (mm)			Average mm	Load kPa	T min	Deformation (mm)			Average mm
		Gauge 1	Gauge 2	Gauge 3				Gauge 1	Gauge 2	Gauge 3	
20	0	0,05	0,07	0,05	0,06						
	1	0,06	0,08	0,05	> 0,06						
50	0	0,09	0,13	0,10	0,11						
	1	0,14	0,17	0,13	0,15						
	2	0,15	0,18	0,14	> 0,16						
150	0	0,42	0,61	0,56	0,53						
	1	0,45	0,67	0,62	0,58						
	2	0,48	0,70	0,64	0,61						
	3	0,48	0,71	0,66	> 0,62						
250	0	0,63	1,00	0,98	0,87						
	1	0,73	1,09	1,05	0,96						
	2	0,76	1,12	1,09	0,99						
	3	0,83	1,15	1,12	1,03						
	4	0,85	1,17	1,14	> 1,05						
350	0	1,10	1,34	1,33	1,26						
	1	1,20	1,40	1,38	1,33						
	2	1,25	1,44	1,41	1,37						
	3	1,27	1,45	1,42	> 1,38						
250	0	1,27	1,45	1,42	1,38						
	1	1,26	1,45	1,42	> 1,38						
150	0	1,23	1,43	1,41	1,36						
	1	1,23	1,42	1,40	> 1,35						
50	0	1,13	1,35	1,30	1,26						
	1	1,11	1,35	1,30	> 1,25						
150	0	1,13	1,36	1,30	1,26						
	1	1,14	1,37	1,31	> 1,27						
250	0	1,22	1,43	1,38	1,34						
	1	1,22	1,43	1,39	> 1,35						
350	0	1,32	1,50	1,47	1,43						
	1	1,32	1,50	1,48	> 1,43						
250	0	1,32	1,50	1,48	1,43						
	1	1,32	1,50	1,48	> 1,43						
150	0	1,29	1,48	1,45	1,41						
	1	1,26	1,48	1,45	> 1,40						
50	0	1,16	1,40	1,36	1,31						
	1	1,12	1,38	1,35	1,28						
	2	1,11	1,38	1,35	> 1,28						

2  
27400

SGEO - Laboratorio 5.1 - 2016

Lo sperimentatore  
Dott. Fabrizio Rabottino

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

**ANEXO 14: Accidentes de tránsito 2012 - 2019**

**VÍCTIMAS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO FATALES, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2012 - 2019**

(Casos registrados)

Departamento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Total</b>	<b>4 037</b>	<b>3 176</b>	<b>2 798</b>	<b>2 965</b>	<b>2 696</b>	<b>2 826</b>	<b>3 244</b>	<b>3 110</b>
Amazonas	94	29	23	39	33	44	43	32
Áncash	675	123	169	195	137	102	116	114
Apurímac	39	46	49	74	93	44	72	69
Arequipa	219	221	189	197	189	174	188	187
Ayacucho	122	59	111	104	113	65	64	55
Cajamarca	47	61	92	77	118	102	169	136
Prov. Const. del Callao	28	63	52	74	21	46	55	24
Cusco	325	348	198	177	231	233	244	354
Huancavelica	14	42	63	104	39	69	60	50
Huánuco	119	66	105	120	55	56	91	74
Ica	97	120	95	93	106	85	102	93
Junín	168	205	201	168	118	165	178	171
La Libertad	417	382	176	159	194	214	348	304
Lambayeque	138	94	100	57	64	89	110	92
Lima	585	541	474	641	472	715	749	676
Loreto	22	19	19	29	27	21	18	17
Madre de Dios	31	28	73	49	26	49	27	24
Moquegua	137	83	40	35	36	27	48	39
Pasco	18	2	5	29	14	19	29	22
Piura	307	185	128	140	147	99	134	146
Puno	247	254	233	187	239	235	254	274
San Martín	58	119	80	82	111	75	79	81
Tacna	56	38	55	37	34	46	38	38
Tumbes	34	12	24	26	28	31	17	21
Ucayali	40	36	44	72	51	21	11	17
Trujillo - Dv Otuzco ( <a href="https://rpp">https://rpp</a> )	44	40	18	17	20	22	36	32

**Nota 1:** El sector no tiene incorporada la desagregación en Provincia de Lima y Región Lima.

**Nota 2:** La fuente de información para los años 2012-2017, es el Censo Nacional de Comisarias. Para el año 2018-2019 se está considerando la información remitida por el Ministerio del Interior.

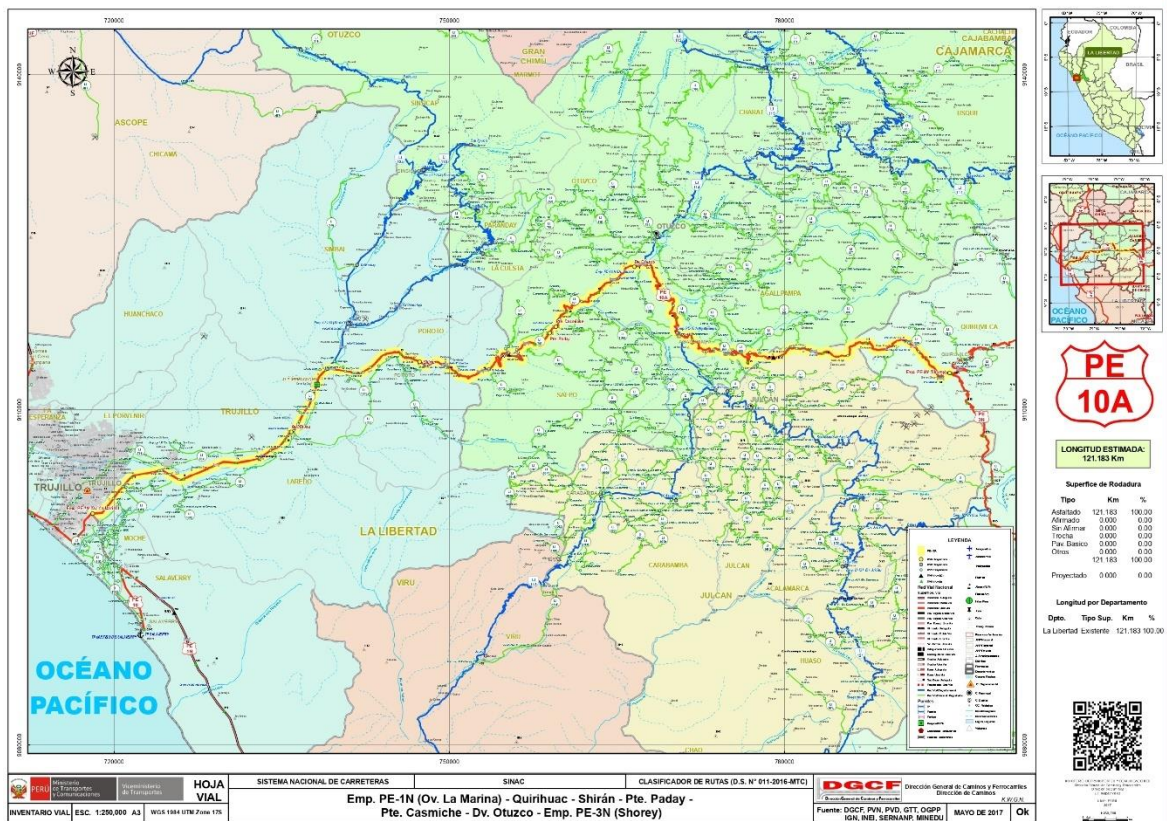
**Fuentes:** Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo Nacional de Comisarias y Ministerio del Interior - Oficina de Planeamiento y Estadística.

**ANEXO 15: Clase de anchura de trabajo**

CLASES DE ANCHURA DE TRABAJO	ANCHURA DE TRABAJO (W), EN METROS
W1	$W \leq 0,6$
W2	$0,6 < W \leq 0,8$
W3	$0,8 < W \leq 1,0$
W4	$1,0 < W \leq 1,3$
W5	$1,3 < W \leq 1,7$
W6	$1,7 < W \leq 2,1$
W7	$2,1 < W \leq 2,5$
W8	$2,5 < W \leq 3,5$

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2016

**Anexo 16: Carretera Otuzco PE 10A**



Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles 2017.

Anexo 17: Reporte test de impacto de camión para Jeongdo Industry



## CENTRO PROVE AISICO

ACCREDITED LABORATORY ACCORDING TO NORM UNI CEI EN ISO / IEC 17025:2005

### CRASH TEST REPORT # MASH014

**Test type:** Single Unit Truck – TL 4-12

**Test item:** Road Safety Rolling Barrier mod. RGS-TL4-A

**Client:** Jeongdo Industry Co., Ltd

**Date of Test:** 2016/12/14



**Reference Standard**

Manual for Assessing Safety Hardware - Mash 2009

Official test report language

English

Number of pages including annexes

65

Date of report

2017/01/29

Test Scientific Responsible  
Ing. Andrea Bianchi

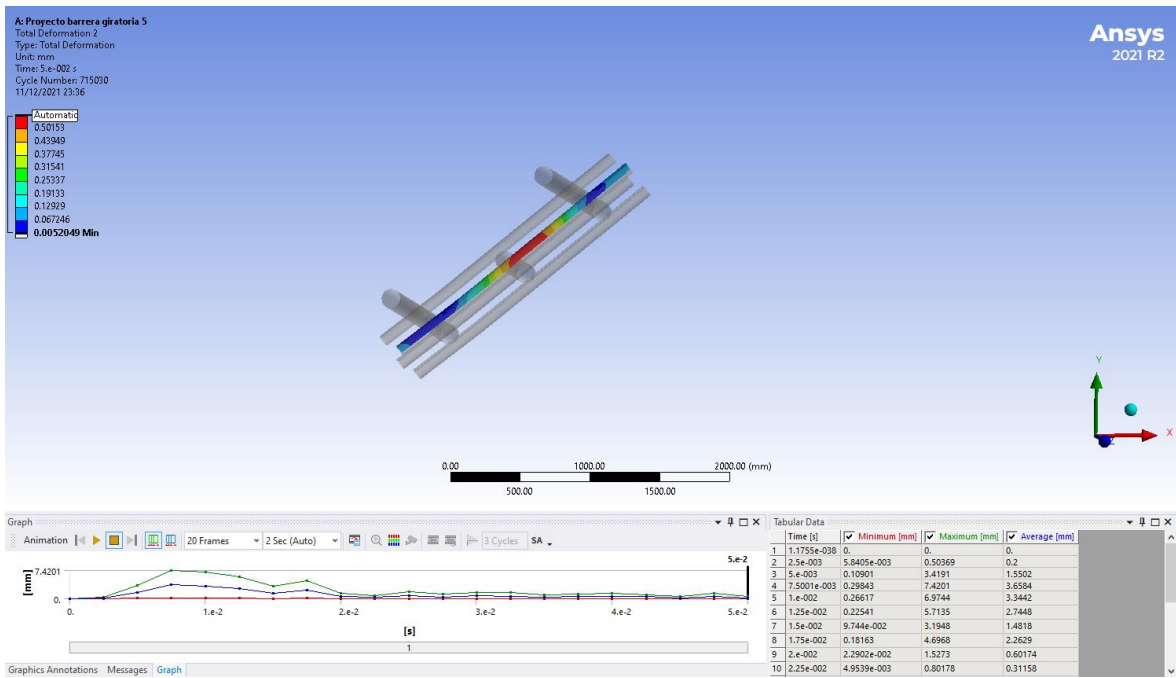
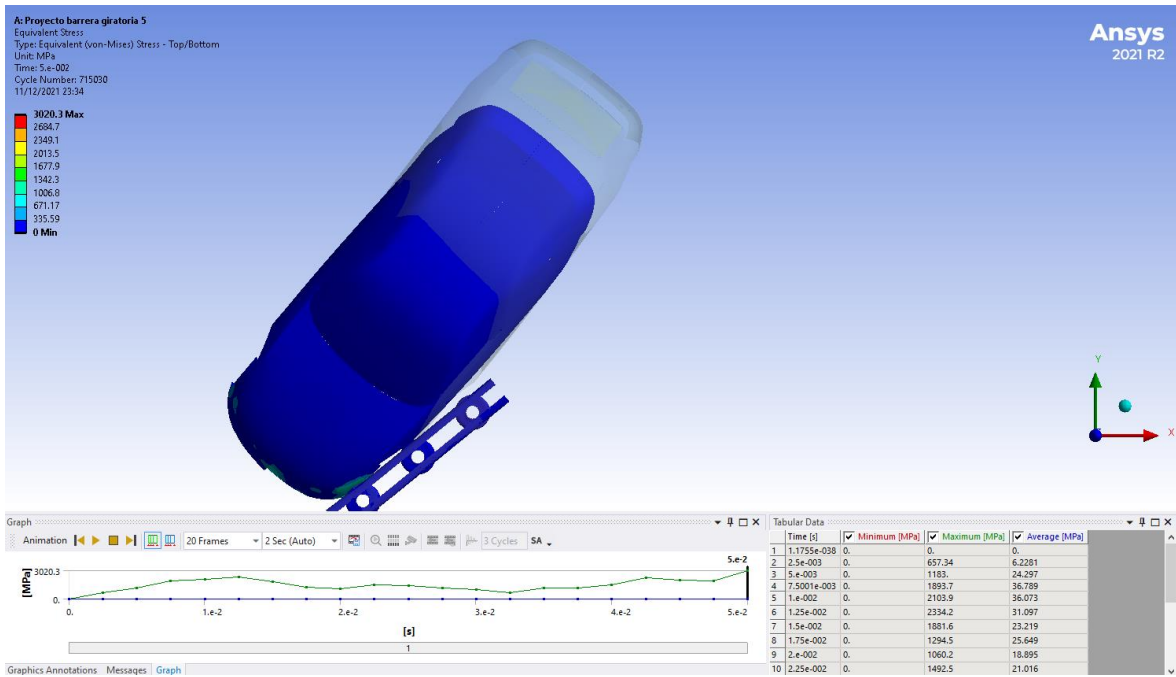
Test House Director  
Ing. Stefano Calamani

## 7 Summary of Results

<b>Test Agency:</b>	AISICO Srl	<b>Post impact trajectory:</b>	
<b>Test Number:</b>	MASH014	Vehicle Stability	Satisfactory
<b>Date:</b>	2016/12/14	Stopping distance	66 m
<b>Test Article:</b>	Road Safety Rolling Barrier mod. RGS-TL4-A	Vehicle Snagging	None
<b>Total Length:</b>	42 m	Vehicle pocketing	None
<b>Key Elemets- Barrier</b>	Road Safety Rolling Barrier mod. RGS-TL4-A TL4	<b>Occupant Impact velocity</b>	
<b>Description</b>	Rolling Barrier	Longitudinal	-
<b>Length</b>	4530 mm	Lateral	-
<b>Base Width</b>	370 mm	<b>Occupant Ridedown Deceleration:</b>	
<b>Height</b>	1000 mm	Longitudinal	-
<b>Test Vehicle:</b>		Lateral	-
Type/ Designation	10000S	<b>THIV (km/h):</b>	-
Make and Model	MAN	<b>PHD:</b>	-
Model	MAN FL 18	<b>Test Article Damage:</b>	Moderate
Curb	6583 kg	<b>Test Article Deflections (m):</b>	-
Test Inertial	9753 kg	Dynamic	1,64 ft.– (0,5 m)
Gross Static	9753 kg	Permanent	1,31 ft – (0,4 m)
<b>Impact Conditions:</b>		Working Width	2,29 ft – (0,7 m)
Speed	56,48 mph – (90,9 km/h)	<b>Vehicle Damage:</b>	
Angle	15°	VDS	-
<b>Exit Conditions:</b>		CDC	-
Speed	35.04 mph– (56,4 km/)	Maximum Deformation	-
Angle	5°		



# Anexo 18: Análisis de impacto de auto 1500 kg a 54 Km/h

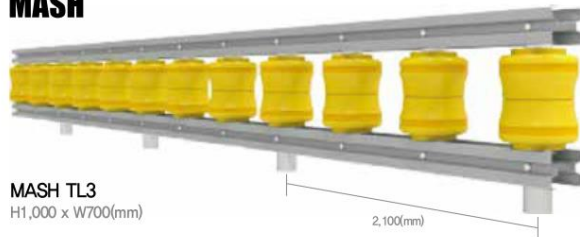


Anexo 19: Catalogo de producto Rolling Barrier

# Rolling Barrier

(MASH TL3, MASH TL4)

## MASH

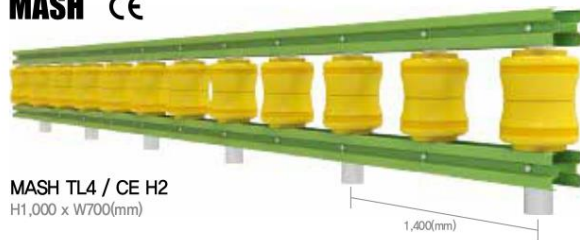


MASH TL3  
H1,000 x W700(mm)



MASH (US)

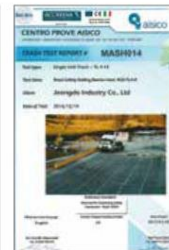
## MASH CE



MASH TL4 / CE H2  
H1,000 x W700(mm)



EN1317 / H2 (CE)



MASH (US)

### Key Features

- Easy installation and maintenance on curved roads
- Highly-elastic synthetic resin roller is hardly damaged on impact (Cover:PE / Core:Urethane)
- Powder coating with various colors is available upon request
- Minimizes damages on motorists and vehicles with rollers and dual guardrails



NEWS

THESE UNIQUE GUARDRAILS ARE DESIGNED TO KEEP CARS FROM DRIVING OFF THE ROAD

[NEWYORK POST]

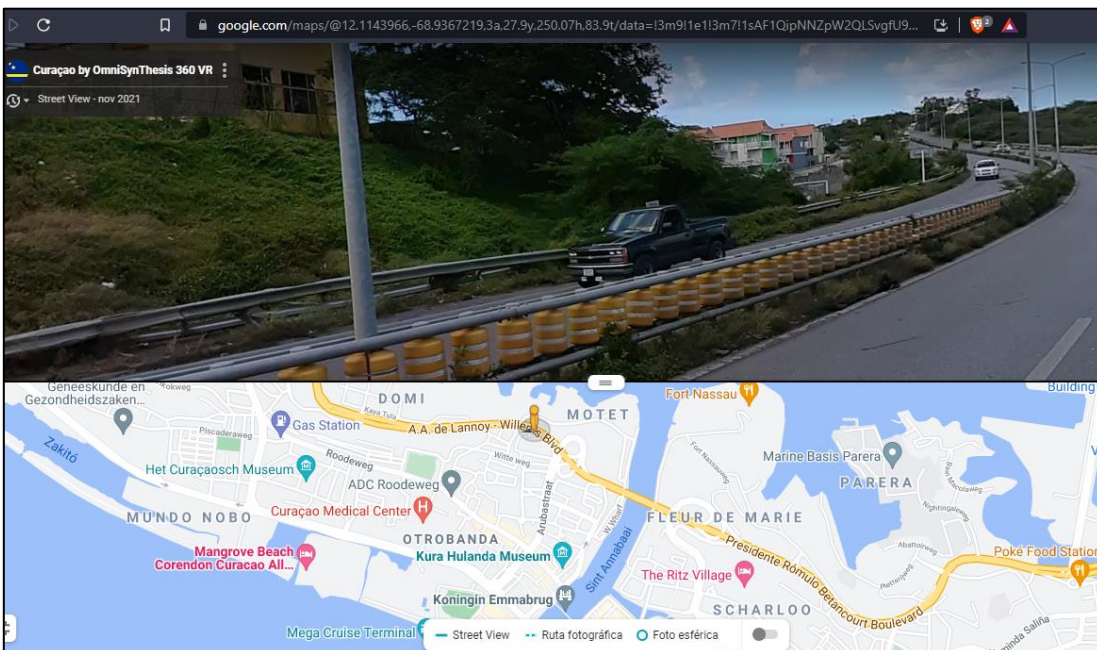
[GALILEO]

**Anexo 20:** Instalación de prueba 60 metros Laverton, Victoria, Australia



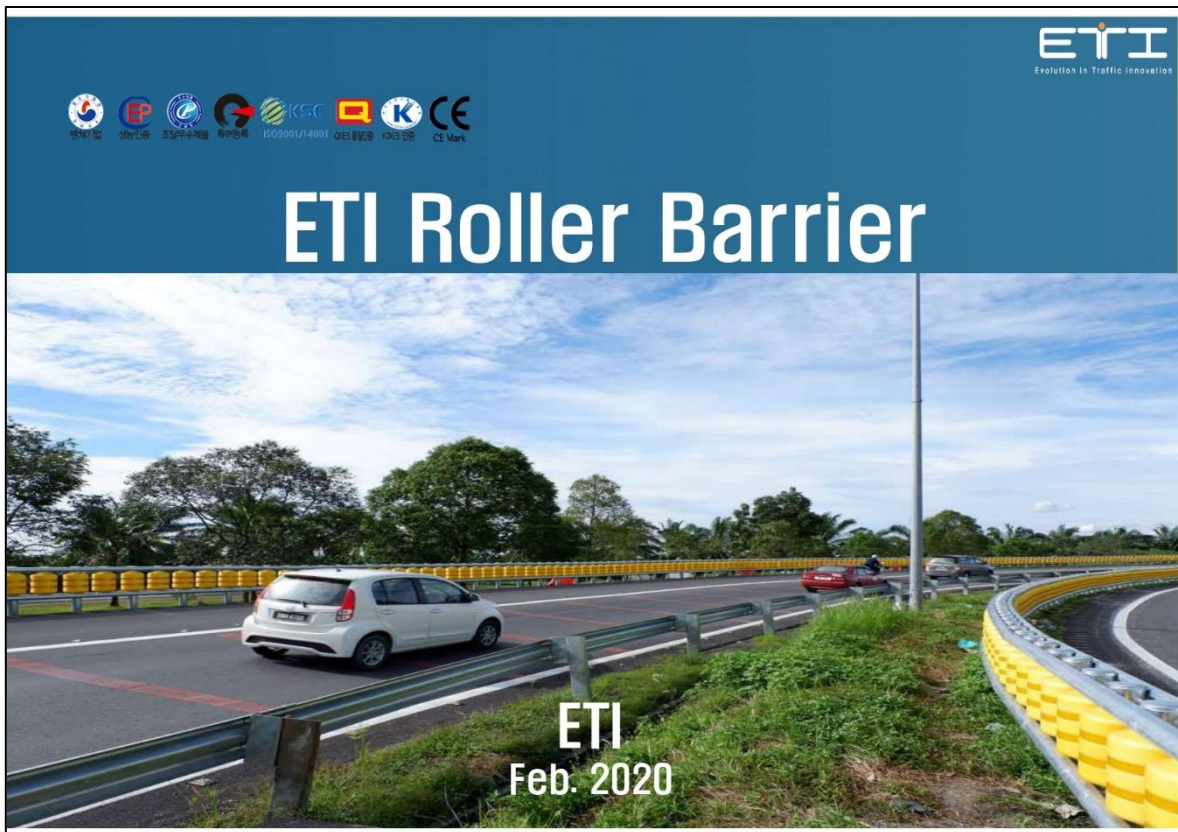
Fuente: KSI Global Australia.

**Anexo 21:** Barreras Rodantes instaladas en A.A. de Lannoy - Willems Blvd, cerca al Puente Reina Juliana, Curazao



Fuente: Google Maps.

**Anexo 22:** Barreras Rodantes instaladas y funcionales.



**Project Reference**

Country	KOREA, INDOINESIA, THAILAND, VIETNAM, PHIIPPINES, MALAYSIA, TAIWAN, KAZAKHSTAN, PAKISTAN, TURKEY, MONGOLIA, AUSTRALIA, CURACAO, SAUDI ARABIA, CHINA, INDIA, SOUTH AFRICA, GHANA, ROMANIA, CHILE, MEXICO, GEORGIA PUERTORICO Etc.
---------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: ETI Co (Evolution in Traffic Innovation).