



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Ingeniería Automotriz

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL CHASIS, CARROCERÍA Y ACCESORIOS INTERNOS Y EXTERNOS DE UN VEHÍCULO BLINDADO 4X4.

**Director:** Ing. Arteaga Oscar  
**Codirector:** Ing. Cruz Mauricio

**Autores:** Cedillo Daniel  
Villavicencio Edgar



# OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un vehículo blindado 4x4 maniobrable en terrenos poco accesibles para usarse en el ámbito militar, de seguridad o de rescate.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir el bastidor y la carrocería blindada para el vehículo 4x4.
- Realizar el estudio y selección de los materiales para el blindaje del vehículo y la forma de la carrocería para el fin propuesto.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Utilizar software de ingeniería asistida por computador para simular, diseñar el bastidor y carrocería del vehículo.



# INTRODUCCIÓN

- El proyecto consiste en diseñar, construir y montar la carrocería de un vehículo blindado 4x4, mediante la correcta aplicación de diferentes herramientas computacionales de última tecnología y utilizando componentes nacionales o internacionales de fácil adquisición en el mercado; cumpliendo para ello con todos los estándares de seguridad y confiabilidad exigidos para este tipo de vehículos y con la posibilidad de ser complementado en proyectos futuros con armamento, sistemas automáticos o autónomos de seguridad y control, para así poder ofertarlo a las Fuerzas Armadas del Ecuador.



**BLINDAJE**









# ¿QUE ES?

- El término blindaje se refiere a barreras físicas de protección, utilizadas en sistemas de transporte o combate para reducir o evitar el daño causado por el fuego enemigo.





# NIVELES DE BLINDAJE

Armor Type (Protection Level)	Test Ammunition	Nominal Bullet Mass	Suggested Barrel Length	Required Bullet Velocity	Required Hits Per Arm or Specimen	Permitted Penetrations
I 	22 LRHV	2.6 g	15 to 16.5 cm	320 ± 12 m/s	5	0
	Lead	40 gr	6 to 6.5 in	1050 ± 40 ft/s		
	38 Special	10.2 g	15 to 16.5 cm	259 ± 15 m/s	5	0
	RN Lead	158 gr	6 to 6.5 in	850 ± 50 ft/s		
II-A 	357 Magnum	10.2 g	10 to 12 cm	381 ± 15 m/s	5	0
	JSP	158 gr	4 to 4.75 in	1250 ± 50 ft/s		
	9 mm FMJ	8.0 g 124 gr	10 to 12 cm 4 to 4.75 in	332 ± 12 m/s 1090 ± 40 ft/s	5	0
II 	357 Magnum	10.2 g	15 to 16.5 cm	425 ± 15 m/s	5	0
	JSP	158 gr	6 to 6.5 in	1395 ± 50 ft/s		
	9 mm FMJ	8.0 g 124 gr	10 to 12 cm 4 to 4.75 in	358 ± 12 m/s 1175 ± 40 ft/s	5	0
III-A 	44 Magnum Lead SWC Gas Checked	15.55 g 240 gr	14 to 16 cm 5.5 to 6.25 in	426 ± 15 m/s 1400 ± 50 ft/s	5	0
	9 mm FMJ	8.0 g 124 gr	24 to 26 cm 9.5 to 10.25 in	426 ± 15 m/s 1400 ± 50 ft/s	5	0
III 	7.62 mm 308 Winchester FMJ	9.7 g 150 gr	56 cm 22 in	838 ± 15 m/s 2750 ± 50 ft/s	5	0
IV 	30-06 AP	10.8 g 166 gr	56 cm 22 in	868 ± 15 m/s 2850 ± 50 ft/s	1	0

(AP) Armor Piercing, (FMJ) Full Metal Jacket, (JSP) Jacketed Soft Point, (LRHV) Long Rifle High Velocity, (RN) Round Nose, (SWC) Semi-Wadcutter





# MATERIALES UTILIZADOS PARA EL BLINDAJE

- **Aramida:**

- Se utilizan para fines militares, como pueden ser compuestos balísticos o protecciones personales. Las cadenas moleculares de las fibras de aramida están altamente orientadas en el eje longitudinal, lo que permite aprovechar la fuerza de sus uniones químicas para usos industriales.
- Un tipo de aramida es el Kevlar, el cual es utilizado en el área del blindaje.





# MATERIALES UTILIZADOS PARA EL BLINDAJE

- **Acero balístico**

- Desde el punto de vista balístico es el material con más aplicaciones dentro del amplio abanico de elementos de blindaje para uso militar y trabajo pesado (vehículos, trenes, plataformas, lanchas o edificios) por su bajo costo y facilidad de manejo e instalación, maleabilidad, resistencia a impactos repetitivos y la facilidad de ser cortado y conformado en formas complejas, además de ser soldado y unido mecánicamente.

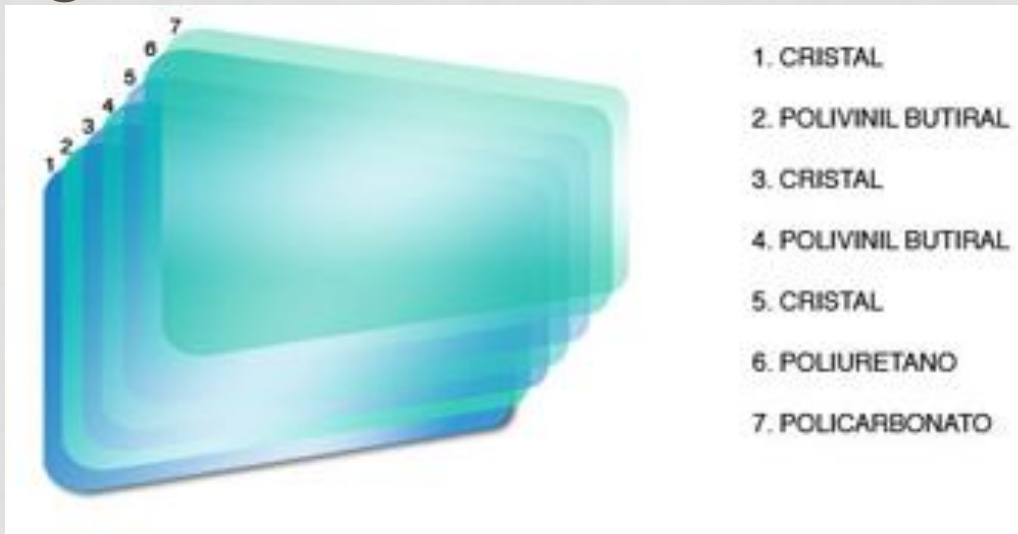




# MATERIALES UTILIZADOS PARA EL BLINDAJE

- **Vidrios Blindados.**

- Las ventanas son compuestas de cristal y sustratos de policarbonato laminados con capas interiores. Diseñado para absorber la energía de varias amenazas balísticas.





# MATERIALES UTILIZADOS PARA EL BLINDAJE

- ***Nylon anti fragmentario***

- Fue desarrollado inicialmente para el campo aeroespacial, por su gran resistencia al corte y capacidad atenuante de la onda explosiva, actúa como protector para esos fragmentos y proyectiles secundarios que son característicos en ataques con explosivos.

## Propiedades del Nylon

	Densidad (g/c.c)	Alargamiento (%)	Absorción de H2O a 23°C (%)	Módulo de elasticidad (MPa)
Nylon 6	1.14	4 - 5	10	2600 - 3200
Nylon 6.6	1.14	4.5 - 5	9	2700 - 3300





# MATERIALES UTILIZADOS PARA EL BLINDAJE

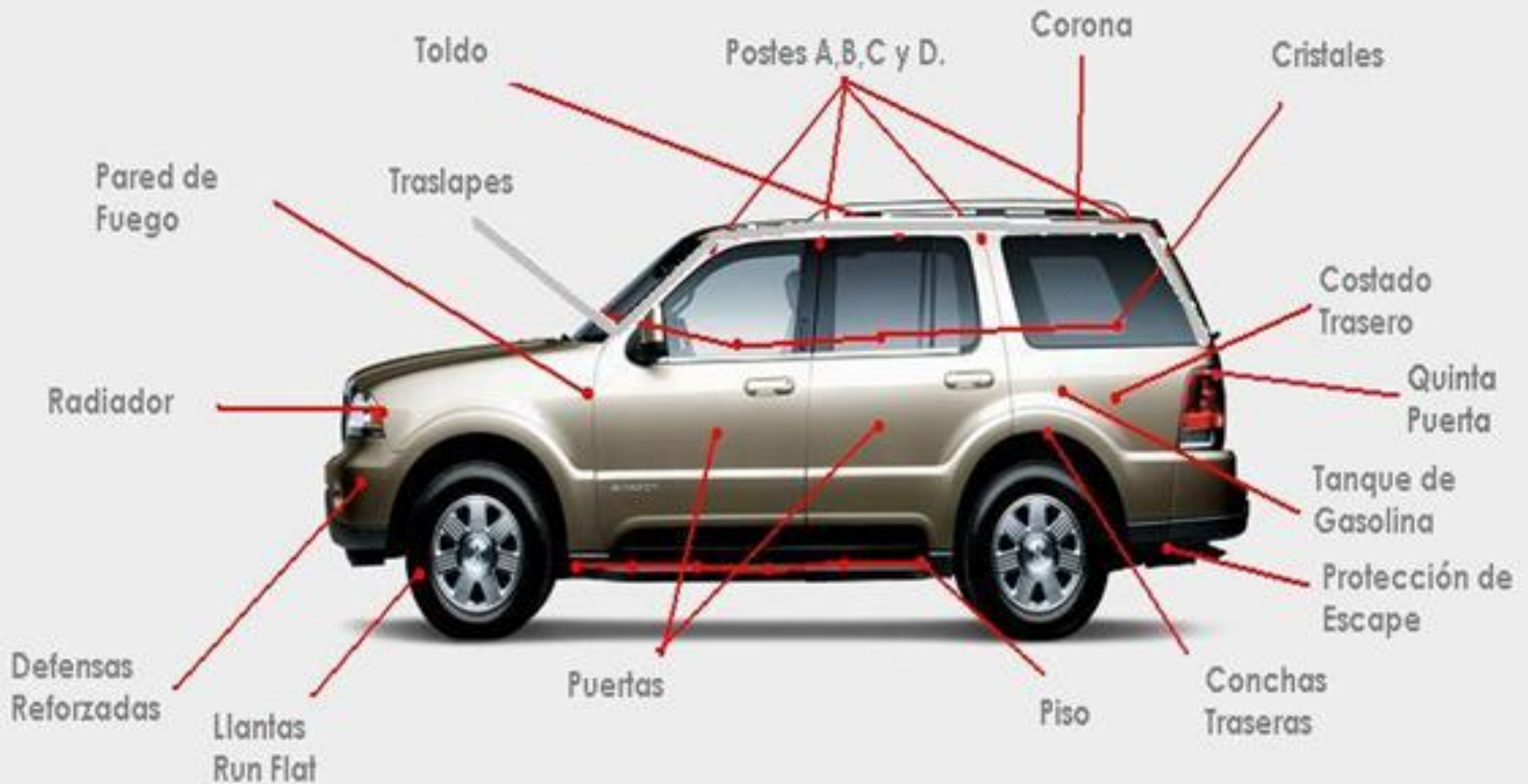
## • *Runflat*

- Es un neumático reforzado que permite seguir rodando durante una cierta distancia y a una cierta velocidad cuando se produce un pinchazo, los hay de diversos materiales, entre los que se encuentran caucho, aluminio, nylon y polímeros. El aro va instalado sobre la cara interna de la llanta, perfectamente moldeado a ésta y sujeto de tal manera que no pueda girar sobre ella.





# ZONAS BLINDADAS

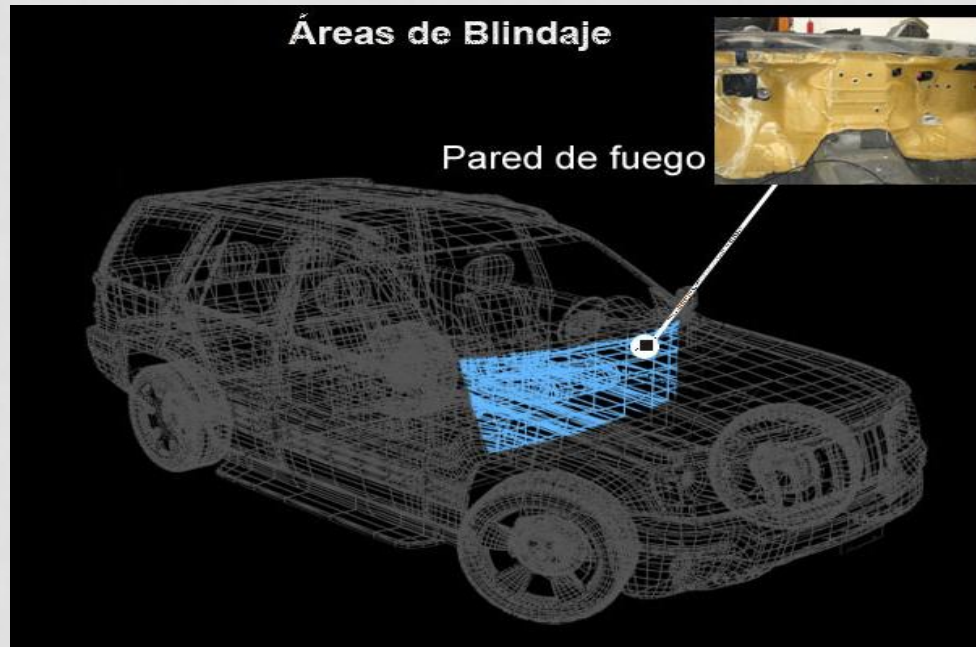




# ZONAS BLINDADAS

- **Pared de fuego**

- Zona intermedia, divisoria, entre el motor y la cabina de pasajeros del vehículo, blindada con acero balístico o Kevlar, asegurando con esto que ningún proyectil penetre por la parte frontal al interior de la cabina del vehículo.







# ZONAS BLINDADAS

- **Puertas blindadas y bisagras resistentes**

- Una de las principales características que hace especial a un vehículo blindado es su cuerpo reforzado. Desde las puertas y bisagras que deben soportar una carga adicional de hasta 70 kg, junto con pilares, postes, paneles laterales, paneles de cuarto delantero, paneles y la puerta trasera blindadas con acero balístico o kevlar, dependiendo de la necesidad.





# ZONAS BLINDADAS

- **Techo y suelo.**

- Techo y suelo blindado con Kevlar

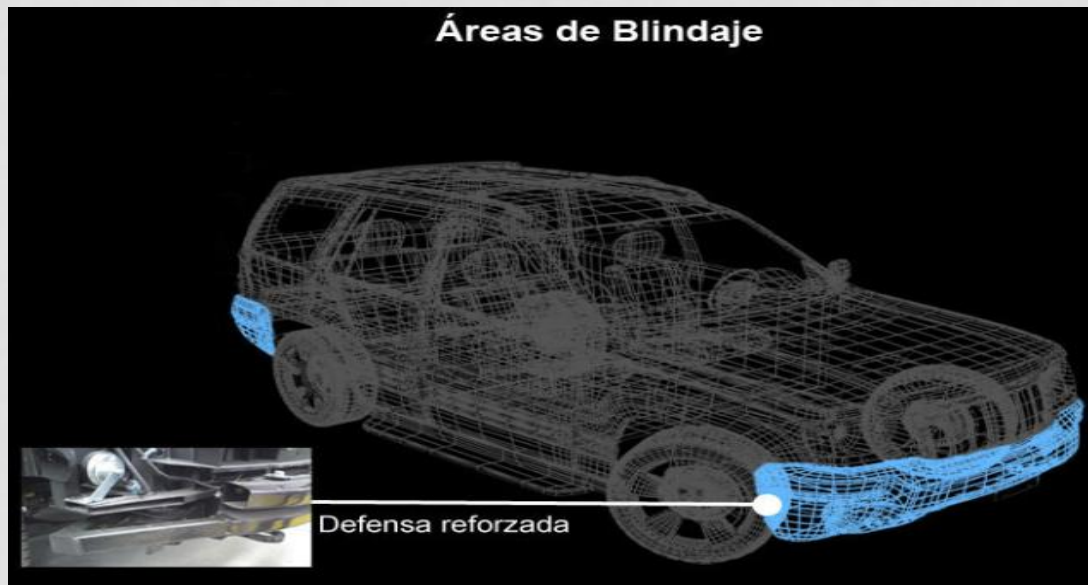




# ZONAS BLINDADAS

- **Sistema de Parachoques**

- Los parachoques son muy importantes, ya que en determinada situación pueden usarse para abrir camino, embistiendo.
- A su vez es reforzada la zona del radiador, que incluye acero balístico para no permitir que una bala atravesase el sistema.





**DISEÑO**





# DISEÑO ESTRUCTURA

- Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base a las combinaciones de cargas básicas.
- En estas combinaciones existen varias posibilidades, para el motivo de análisis se tomara la combinación más crítica, puesto que si la estructura metálica de la carrocería soporta esta combinación no tendrá problema de soportar las demás.
- En el método LRFD (Método de Diseño por Factor de carga y Resistencia) las cargas de servicio son multiplicadas por los llamados factores de carga o de seguridad. Con esto se obtienen las cargas factorizadas, mismas que serán utilizadas para el diseño de la estructura.
- Esta estructura deberá tener un diseño lo suficientemente fuerte que permita resistir estas cargas factorizadas.



# DISEÑO ESTRUCTURA

- De acuerdo a la NTE INEN 1323, se tiene para este método las siguientes combinaciones de carga.

1.  $1.4CM + CV$
2.  $1.2CM + 1.6CV + 0.5CG$
3.  $1.2CM + 0.5CV + 1.6CG$
4.  $1.2CM + 1.6CF + 0.8CRaf$
5.  $1.2CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf$
6.  $1.2CM + 1.5CAb + 0.5CV$
7.  $0.9CM - 1.3CRaf$
8.  $0.9CM + 1.3CRaf$ .

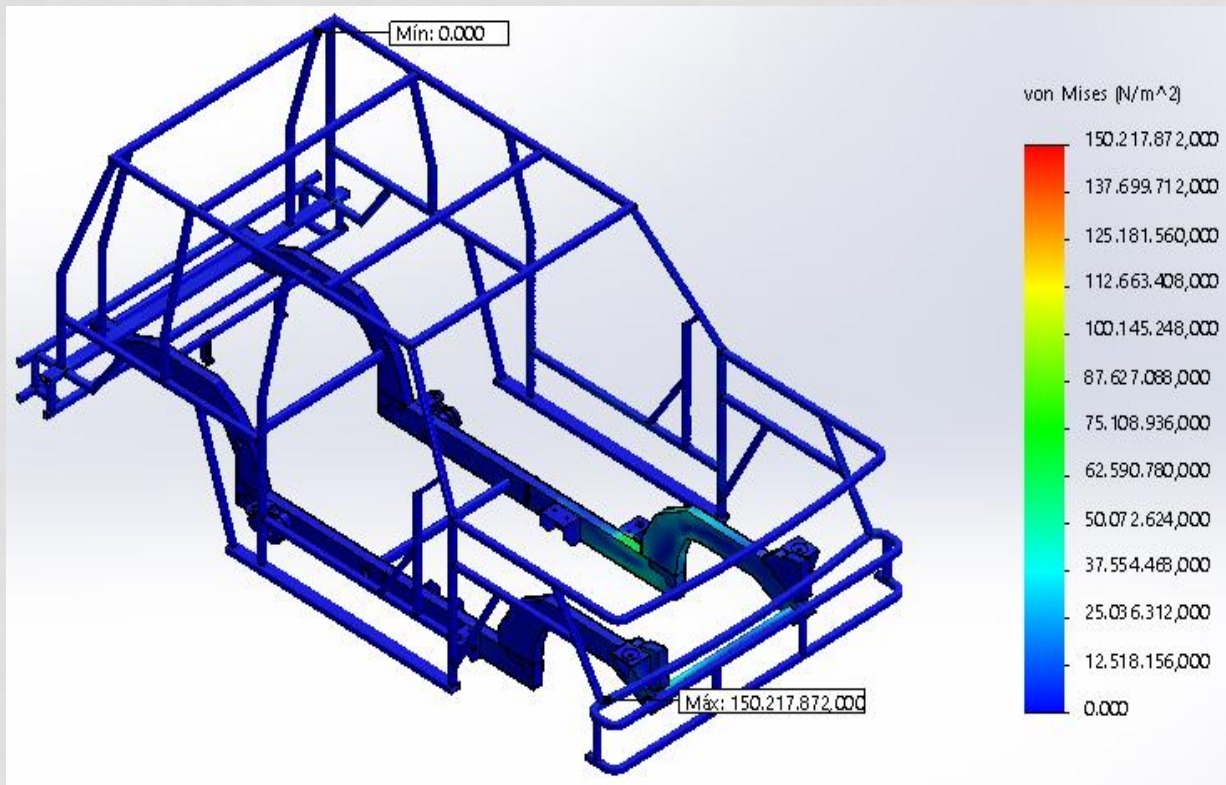
VALORES DE CARGAS	
CARGAS	VALOR (N)
CM	14175,04
CV	2244,2
CAb	-5790
CF	5790
CRaf	392,97

- Las cargas combinadas, deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a  $L/240$  veces su longitud.



# COMBINACIÓN DE DISEÑO

- El esfuerzo máximo de Von Mises es de 150217872 N/m<sup>2</sup> = 150.22 MPa. Y hace referencia a la combinación número tres.

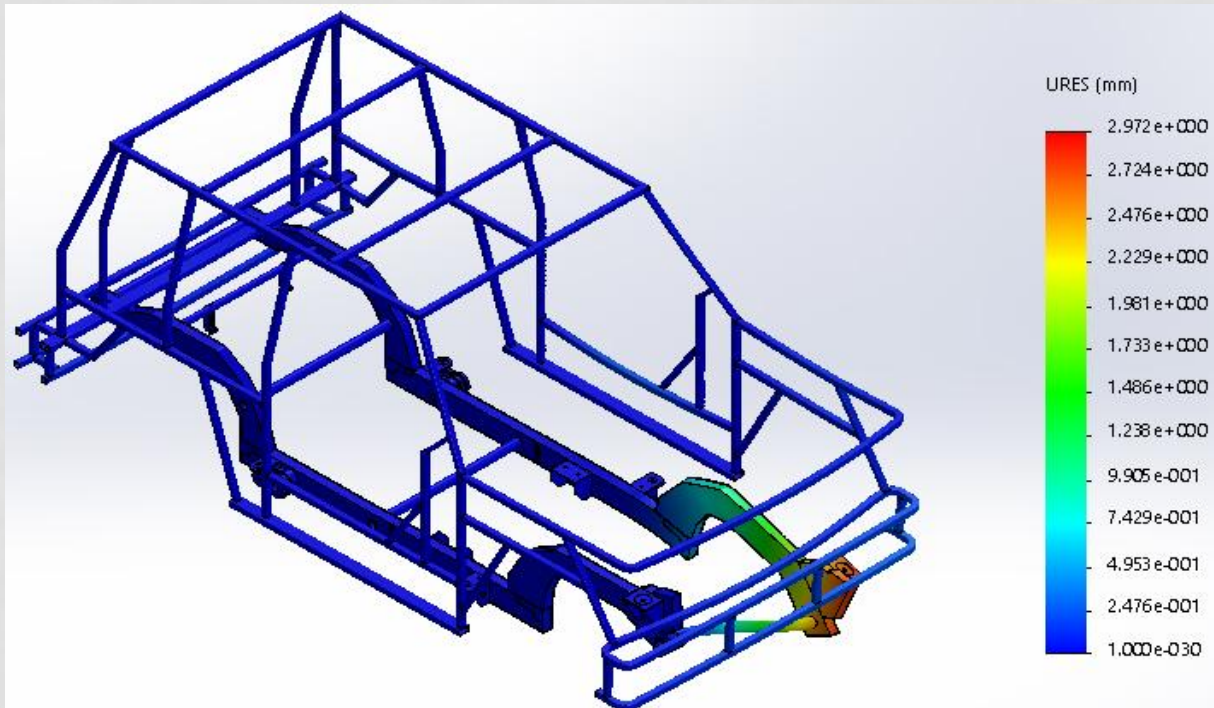






# COMBINACIÓN DE DISEÑO

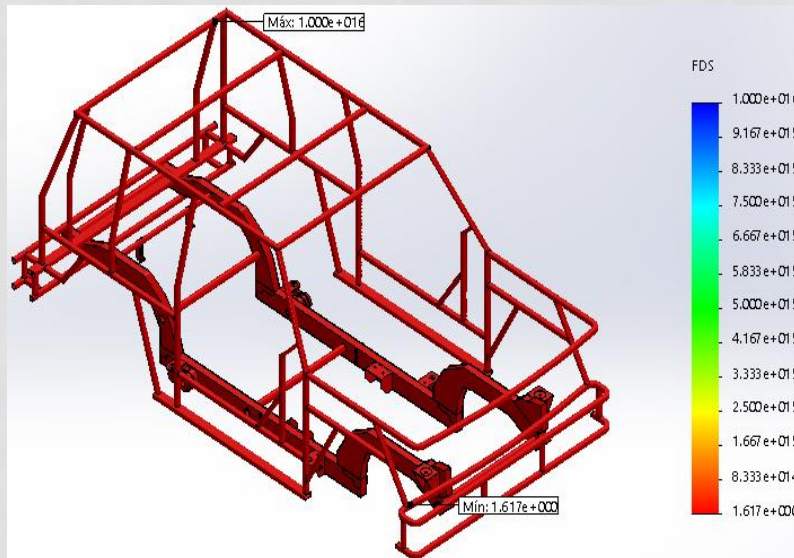
- El desplazamiento máximo tiene un valor de 2.97 mm y de acuerdo a la norma de L/240 las condiciones para la construcción de la carrocería y bastidor están correctas por que la deformación limite debe ser de 3.95 mm.





# COMBINACIÓN DE DISEÑO

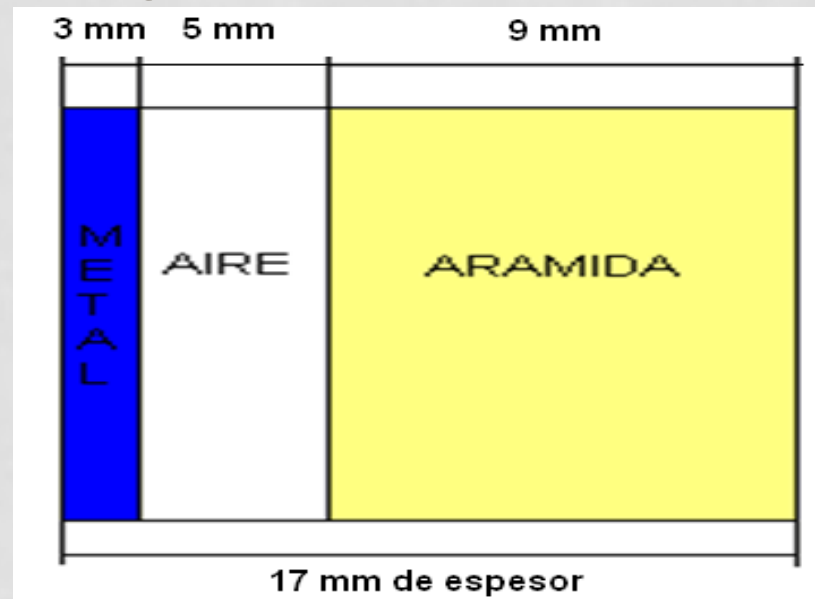
- El resultado del factor de seguridad es de 1.62 cumpliendo con el criterio (N=1,25 a 2: El diseño de estructura bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño) y por consiguiente haciendo factible la realización de la estructura de forma física.





# CARGAS DE DISEÑO BLINDAJE

- En la figura tenemos una representación de corte transversal del blindaje con sus diferentes capas que se compone de 3 mm de espesor de acero A-36, una capa de aire de 5 mm que se produce por la utilización de pegamento en los bordes del kevlar y 9 capas de aramida de 1 mm de espesor cada una y en las que se disipa la energía de la bala.





# CARGAS DE DISEÑO BLINDAJE

- La velocidad inicial es de 332 m/s que es la velocidad que indica la norma NIJ 108.01 con la que se realiza la prueba del material blindado.
- Se aplica las siguientes ecuaciones para determinar la aceleración y fuerza con la cual impacta la bala a cualquier parte de la carrocería.

$$a = \frac{V_f^2 - V_i^2}{\pm 2 \cdot e}$$

- La velocidad final es cero por que se toma en cuenta que la bala se tiene que detener.

$$a = \frac{0 - 332^2}{\pm 2(0.017)}$$

$$a = -3241882.35 \text{ m/s}^2$$

- La aceleración es negativa por que desacelera en el transcurso de la trayectoria desde que impacta hasta que se detiene por completo que es una distancia de 17 mm.



# CARGAS DE DISEÑO BLINDAJE

- Y la ecuación de la fuerza según la segunda ley de newton es:

$$F = m \cdot a$$

$$F = 0.008 (3241882.35)$$

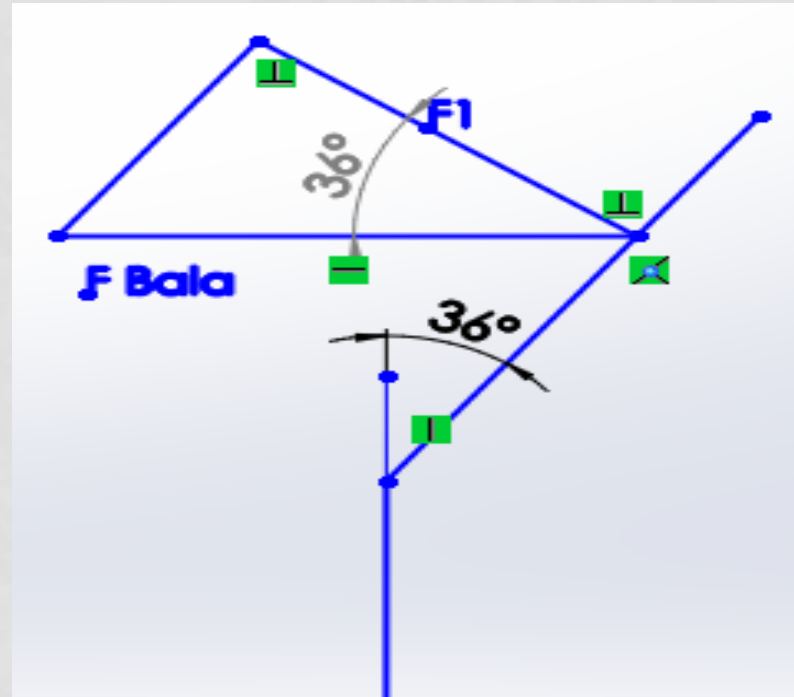
$$F = 25935.06 \text{ N}$$

- La fuerza antes mencionada es cuando la bala impacta de forma perpendicular con el material de blindaje sea este transparente u opaco, si tiene una inclinación diferente, esta fuerza será inferior a la calculada





# CARGAS DE DISEÑO BLINDAJE



- La fuerza de impacto de la bala según el ángulo de inclinación del blindaje se calcula gracias a la función trigonométrica coseno.

$$\cos\phi = \frac{F_i}{F_{bala}}$$



# CARGAS DE DISEÑO BLINDAJE

- De la ecuación anterior despejamos la  $F_i$ :
- $F_i = F_{bala} \cdot \cos\phi$
- $F_i = 25935,06 \cdot \cos 36^\circ$
- $F_i = 20981,90(N)$

## Angulo de inclinación vs fuerza de impacto de la bala

Ángulo de inclinación (°)	Fuerza resultante(N)
10	25541.05
18	24665.71
20	24370.98
30	22460.42
36	20981.90
40	19867.41





# CARGAS DE DISEÑO BLINDAJE

- Se toma un ángulo de inclinación del blindaje de  $18^\circ$  en los costados y parte posterior del vehículo por motivos de ergonomía, espacio y confort para los pasajeros y un ángulo de  $36^\circ$  en el parabrisas delantero ya que la fuerza de impacto es menor a la calculada anteriormente



# CARGAS DE DISEÑO BLINDAJE

- Se toma un ángulo de inclinación del blindaje de  $18^\circ$  en los costados y parte posterior del vehículo por motivos de ergonomía, espacio y confort para los pasajeros y un ángulo de  $36^\circ$  en el parabrisas delantero ya que la fuerza de impacto es menor a la calculada anteriormente

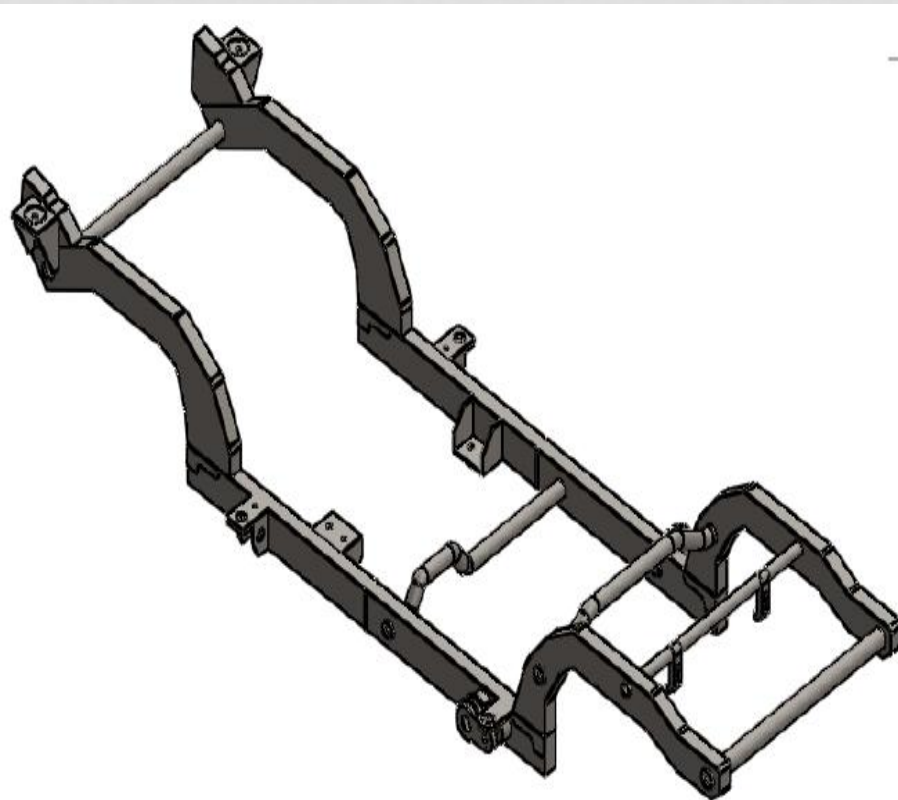


# CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE



# BASTIDOR

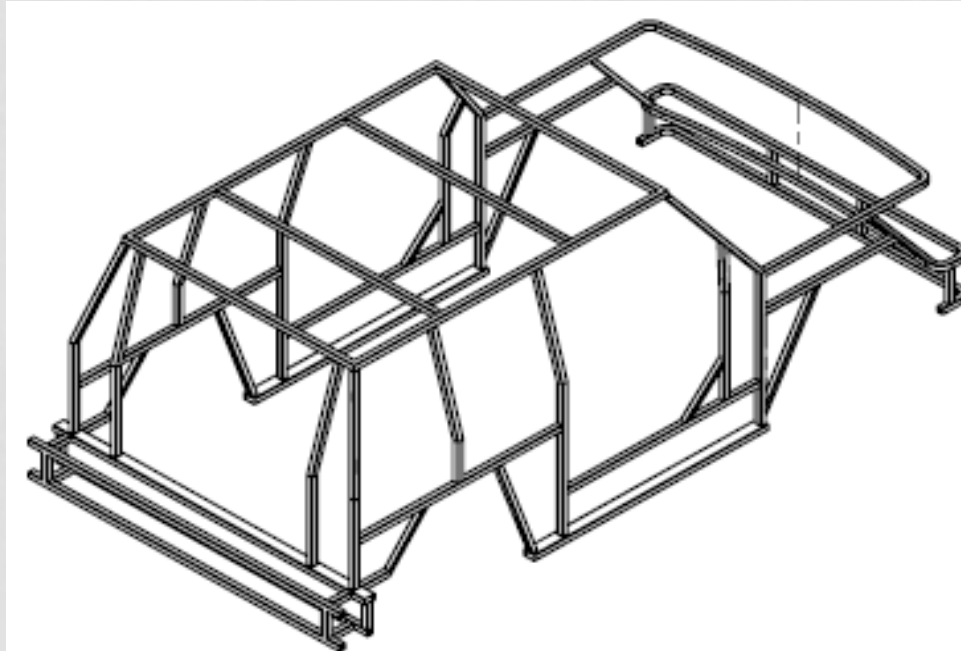
- Luego de diseñar, simular y obtener los resultados se procede a la construcción del bastidor de acuerdo a los planos realizados en el programa Solid Works.





# ESTRUCTURA

- Material empleado: Tubo estructural cuadrado ASTM A-36 de 30 x 30 mm y espesor de 3 mm y tubo estructural rectangular ASTM A-36 de 60 x 30 mm y espesor 3mm.
- Lo primero que se hizo es cortar los tubos de acuerdo a las medidas del diseño,







# ESTRUCTURA

- Una vez obtenidos los tubos cortados se procede a soldar los parantes y largueros donde va a ir colocado el armazón del techo.



- El siguiente paso es observar si están nivelados los estribos y parantes.





# ESTRUCTURA

- Para proceder a realizar el ensamble de los demás miembros estructurales de la carrocería
- Y los travesaños o nervios de la parte superior donde va el techo







# ESTRUCTURA

- Realizar los marcos de las puertas delanteras
- Y a su vez se realizó los marcos de las puertas posteriores





# CARROCERIA

- Una vez terminado con la estructura, se empezó con el forrado utilizando tol, con espesor de 3 mm, para lo cual le se dio un diseño al tol con unos canales, utilizando la dobladora
- Después de haber forrado con tol todos los tubos, se dio fondo a toda la estructura de la carrocería





# ESTRUCTURA

- Se colocó bisagras muy resistentes las cuales se instalaron dos en cada puerta, debido al peso que va a soportar.



- Después se construyó la persiana de pura varilla cuadrada, la cual se hizo desmontable porque esta sujeta con cuatro pernos, uno en cada extremo para dar mayor facilidad al momento de montar o desmontar







# ESTRUCTURA

- Finalmente después de haber cogido todas las fallas se pintó la carrocería con pintura esmalte
- Y a continuación se trasladó al vehículo, para proceder con el blindaje del vehículo.





# BLINDAJE DE LA CARROCERÍA

- Se comenzó a cortar las partes en donde iba ir el Kevlar utilizando una cortadora neumática.







# BLINDAJE DE LA CARROCERÍA

- A continuación se procede a tomar los moldes en cartulina y se los instala previo a la instalación del kevlar
- Se colocó el kevlar, el cual tiene las mismas dimensiones al molde antes hecho de cartulina en el mismo lugar donde se lo probó anteriormente.





# BLINDAJE DE LA CARROCERÍA

- Después de haber instalado el Kevlar. Se procedió a instalar el acero balístico en los parantes, travesaños y todo el contorno de la carrocería.
- La instalación del acero balístico, se realizó con puntos y cordones de solda, utilizando el proceso GMAW







# BLINDAJE DE LA CARROCERÍA

- Luego se procedió al blindaje de puertas. El kevlar es pegado y reforzado con nervios de acero balístico por seguridad en el caso de impactos de bala
- A continuación se realizó el blindaje del techo en el cual el procedimiento fue el mismo de las puertas, primero se instaló el kevlar y luego los nervios con acero balístico, una vez hecho ese procedimiento se pintó el kevlar de negro con la finalidad de camuflar el blindaje





# BLINDAJE DE LA CARROCERÍA

- Finalmente para concluir el proceso de Blindaje se instalaron los vidrios blindados tanto el de puertas delanteras, puertas posteriores y parabrisas.
- Una vez colocado los vidrios se procedió a pintar las fallas hechas durante el proceso de blindaje, se forro con plásticos y papel, para pintar las fallas.





# BLINDAJE DE LA CARROCERÍA

- Vehículo ya con toda la estética terminada como slogans, sellos, y demás atractivos visuales







**PRUEBAS**



# PISTOLA DE PRUEBAS

- Las prueba se realizaron con una pistola cuyo proyectil es de 9 mm de calibre y la velocidad de la bala según la caja de municiones es de  $400 \pm 9$  m/s a una distancia de 5 m como se estipula en la norma NIJ y RENAR, una masa de 8 gramos.







# PRUEBA BLINDAJE TRANSPARENTE

- Disposición del vidrio antes de la prueba



- Se realizaron tres disparos, dando como resultado la no perforación del vidrio.





# PRUEBA BLINDAJE OPACO

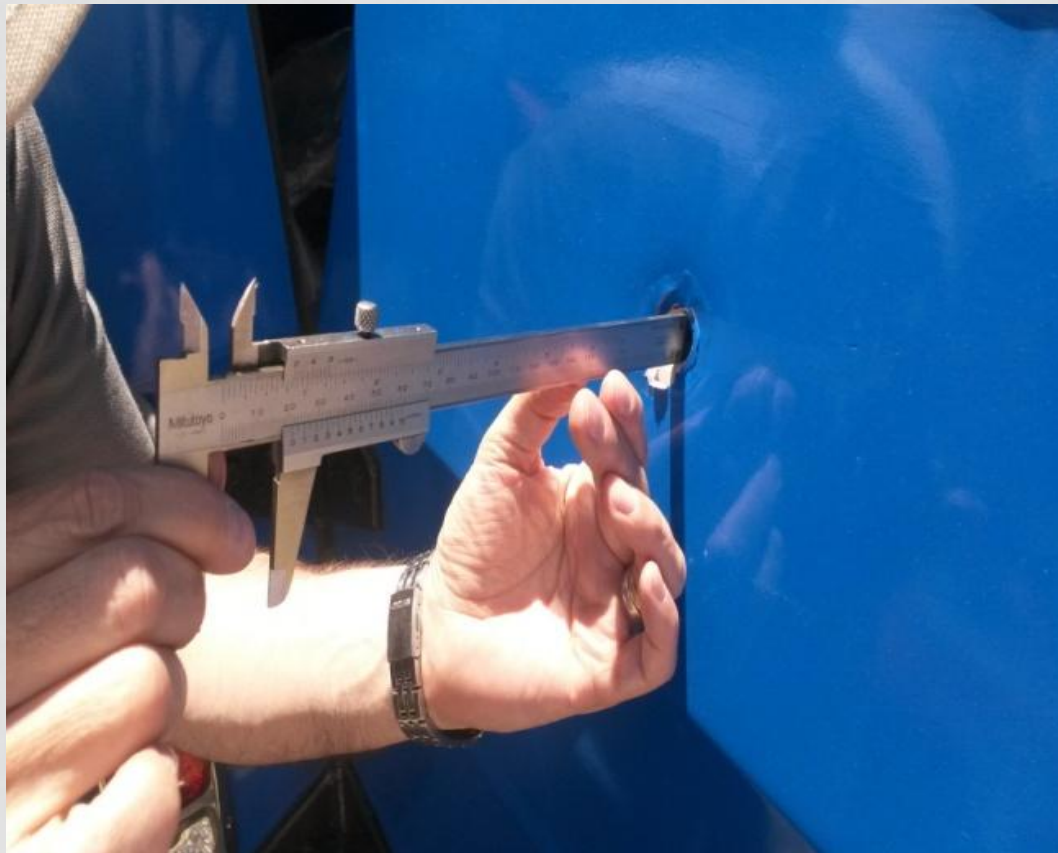
- Vehículo antes de la prueba balística.
- Se dio un disparo, el cual no perforó la puerta.





# PRUEBA BLINDAJE OPACO

- El nivel de trauma generado por el proyectil calibre 9 mm es de 20.5 mm.







# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

- Velocidad máxima en línea recta del vehículo en terreno arenoso
  - Se realizó en la ciudad de Latacunga a la altura del barrio Santan; por ser un terreno arenoso y se puede apreciar que el vehículo alcanza aproximadamente 109 km/h.





# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

- Velocidad máxima en pendiente (15%) del vehículo en terreno arenoso.
  - Se realizó en el sector especificado anteriormente, por poseer una inclinación de aproximadamente  $8,5^\circ$  y el vehículo alcanzó una velocidad de 49 km/h





# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

- **Velocidad máxima en línea recta del vehículo en terreno asfaltado**
  - La prueba correspondiente se la realizó en la panamericana sur km 51, viajando a la ciudad de Latacunga en línea recta, se obtuvo una velocidad de 122 km/h en éste tipo de terreno





# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

- **Velocidad máxima en pendiente (15%) del vehículo en terreno asfaltado**
  - En el sector de Romerillos se pudo apreciar una inclinación del 15%, donde se obtuvo como resultado una velocidad de 74 km/h.







# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

- **Velocidad máxima del vehículo con una pendiente entre  $12^\circ$  -  $13,2^\circ$** 
  - En el sector de “Tío Pullo”, se verifica que existe una inclinación en la calzada de aproximadamente  $12^\circ$ , donde se observa que el vehículo desarrolla una velocidad de 47 km/h







# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



# CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó el bastidor y la carrocería de un vehículo blindado 4x4 para dos personas con dimensiones apropiadas para el desplazamiento en cualquier lugar y un compartimiento amplio para equipo adicional (armamento, caja fuerte, equipo de primeros auxilios) con manufactura nacional.
- Con la utilización de herramientas informáticas como es el software llamado Solid Works se determinó fuerzas, esfuerzos y deformaciones y dando una confiabilidad en el diseño, y por lo tanto la realización del prototipo blindado.



# CONCLUSIONES

- Mediante las pruebas realizadas en el prototipo blindado en el polígono de tiro, se determinó que no existe perforación de los materiales empleados y el nivel de blindaje escogido cumple con la norma NIJ 0108.001, nivel IIA, el mismo que fue instalado en el prototipo blindado.
- Los ángulos de inclinación de la carrocería de la parte delantera como de los lados tienen gran incidencia en el momento del impacto con la bala ya que estos disminuyen la fuerza de choque entre la bala y el blindaje debido a que el impacto no es directo.



# RECOMENDACIONES

- La carrocería debe tener ángulos de inclinación tanto atrás, adelante y a los lados debido a que esas inclinaciones logran reducir la fuerza de impacto directo de la bala en un porcentaje considerable, tomando en cuenta que a mayor inclinación se tiene menores medidas internas en el vehículo.
- Al tener un vehículo con mayores prestaciones, el nivel de blindaje pudo ser superior al ya existente.





# RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta que al blindar un vehículo la ventilación se restringe en un 80% con lo cual se debe implementar un sistema adicional de ventilación.
- Implementar nuevos sistemas de seguridad como por ejemplo, jaula antivuelco, protección anti choques con el fin de que no exista daños al motor, ni deformación de la cabina y por ende no dañe al blindaje.



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

