

# DISEÑO CONSTRUCCION Y MONTAJE DEL CHASIS, CARROCERIA Y ACCESORIOS INTERNOS Y EXTERNOS DE UN VEHICULO BLINDADO 4X4

<sup>1</sup> Daniel Cedillo / <sup>2</sup> Edgar Villavicencio / <sup>3</sup> Ing. Oscar Arteaga / <sup>4</sup> Ing. Mauricio Cruz  
<sup>1,2,3,4</sup> **Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Quijano y Ordoñez y Marqués de Maenza s/n, Latacunga – Ecuador**  
<sup>1</sup>danielcc2junior@hotmail.com, <sup>2</sup>edgarvinicio12@hotmail.com, <sup>3</sup>oscararteaga2005@yahoo.es ,  
<sup>4</sup>mauriciocruz@espe.edu.ec

## RESUMEN

El siguiente proyecto se basa en el diseño y construcción de un vehículo blindado 4x4, debido a que en la actualidad encontramos vehículos de este tipo pero con un tamaño muy grande y no apropiado para que se pueda camuflar en los medios por los que transita ya que se los puede divisar fácilmente desde distancias considerables, a diferencia de esos vehículos blindados existentes este vehículo es de menor tamaño pero igual de resistente, potente y veloz diseñado para todo terreno y con la finalidad de que patrulle las fronteras de nuestro país.

### *Palabras clave:*

Material Blindado, estructura metálica, chasis y carrocería, vehículo blindado, camuflaje.

## ABSTRACT

The next project is based in design and built of a ballistic vehicle 4x4. Because of today we only found vehicles of this type but bigger and those aren't appropriate for the camouflage in the ways to drive being that it's easy to see since considerable distances. Different of these existent ballistic vehicles, this type of vehicle is smaller but strong, powerful and fast, designed for all terrain.

### *Keywords:*

Armor Material, metallic Structure, Chassis and bodywork, armor vehicle, camouflage.

## I. 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.

## II. DESARROLLO

### BLINDAJE

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.

Para la medición del nivel de protección de los materiales que componen el auto blindado, existen varias normas en distintos países, como la norma Norteamericana NIJ - DIN - CEN.

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	1020 ± 40 ft/s	5	0
	38 Special RN Lead	10.2 g	15 to 16.5 cm	259 ± 15 m/s	5	0
II-A	357 Magnum JSP	10.2 g	10 to 12 cm	381 ± 15 m/s	5	0
	9 mm FMJ	8.0 g	4 to 4.75 in	1250 ± 50 ft/s	5	0
	9 mm FMJ	8.0 g	10 to 12 cm	332 ± 12 m/s	5	0
II	357 Magnum JSP	10.2 g	15 to 16.5 cm	425 ± 15 m/s	5	0
	9 mm FMJ	8.0 g	6 to 6.5 in	1395 ± 50 ft/s	5	0
	9 mm FMJ	8.0 g	10 to 12 cm	358 ± 12 m/s	5	0
III-A	44 Magnum Lead SWC Gas Checked	15.55 g	14 to 16 cm	426 ± 15 m/s	5	0
	9 mm FMJ	8.0 g	5.5 to 6.25 in	1400 ± 50 ft/s	5	0
	9 mm FMJ	8.0 g	24 to 26 cm	426 ± 15 m/s	5	0
III	7.62 mm FMJ	9.7 g	56 cm	1400 ± 50 ft/s	5	0
	308 Winchester FMJ	150 gr	22 in	838 ± 15 m/s	5	0
IV	30-06 AP	10.8 g	56 cm	888 ± 15 m/s	1	0
	AP	166 gr	22 in	2850 ± 50 ft/s	1	0

Figura 1: Nivel de blindaje según norma NIJ

El nivel de blindaje se determina de acuerdo al calibre de las municiones que puede soportar. Por ejemplo, un blindaje nivel cuatro puede resistir a varios tipos de pistolas y rifles. Hay que tener en cuenta que los niveles de blindajes se clasifican de manera diferente en Europa y en Estados Unidos. El blindaje se clasifica en cinco niveles dependiendo de su resistencia a los distintos tipos de armas y proyectiles. Una manera simple de entender la protección que brindan los distintos niveles es la siguiente:

Tabla 1: Niveles de blindaje

NIVEL DE BLINDAJE	DELITO	TIPO DE ARMA
II	Robo del automóvil en presencia de sus pasajeros. Todas las armas convencionales	Todas las armas convencionales de calibres .22, .38, .45, 9 mm y .357 Mágnum.
III	Asalto a los pasajeros. Todas las armas convencionales	Todas las armas convencionales de calibres .22, .38, .45, 9 mm, .357 Mágnum y Mágnum .44, y subametralladoras de los mismos

		calibres.
IV	Secuestro	Rifles militares AK-47 o de calibres 7.62 x .39 FMJ/PB/FE e inferiores, AR-15 y M-16.
V y VI	Atentado	Rifles militares de calibres 7.62 x .51 FMJ/SC/AP e inferiores, M80 Galil, 5.56 NATO, etc.

### Blindaje Transparente (Cristales).

Los Cristales proveen un nivel superior de protección contra los desafíos más difíciles de seguridad; desde ataques fortuitos hasta actos de violencia callejera para proteger a los tripulantes. Los Terroristas disparan lo que ellos ven, y usualmente eso es a través de las ventanas de los carros. La forma de blindaje es reemplazando todos los cristales existentes con el cristal curvo que haga juego para proveer máxima seguridad, óptica superior, de construcción de peso ligero y servicio de larga duración.

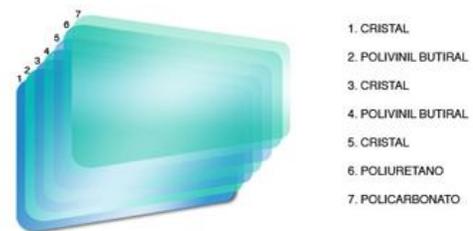


Figura 2: Blindaje transparente

### Blindaje Opaco

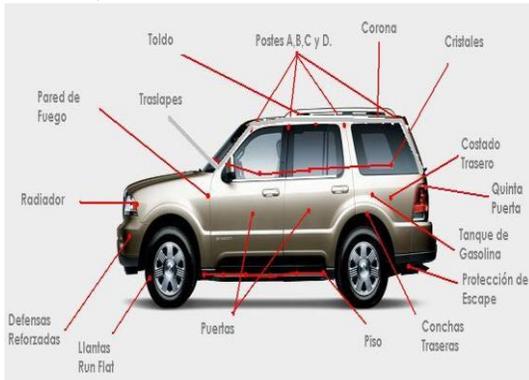
Aramida:

Se utilizan para fines militares, como pueden ser compuestos balísticos o protecciones personales, y en el campo aeroespacial.

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)



**Figura 3:** Elementos a blindar

### PARÁMETROS DE DISEÑO

El nivel de blindaje a utilizar es el tipo II A, determinado en la norma NIJ 0108.001 que está dirigida al blindaje de vehículos automotores, según se observa en la figura 1.1.

Se escogió este nivel de blindaje por motivos del peso del blindaje, dicho peso es adicionado al vehículo de forma homogénea y haciendo que el bastidor soporte un peso adicional de 200 kg.

El vehículo a utilizarse será de tipo carrocería de chasis independiente siendo las siguientes las medidas a respetarse, dichas medidas son consideradas para este diseño, cumplen normativas ecuatorianas, como la Ordenanza de Gestión Urbana Territorial, respecto al ancho de vía por la que transita un vehículo y depende del bastidor diseñado, siendo este un bastidor parecido al de un vitara tres puertas clásico.

Tabla 2: Dimensiones a considerar.

DIMENSIONES	(mm)
Ancho	1720
Altura	1590
Largo	3420

Al tener un motor 1600c.c. su potencia y velocidad va a estar disminuida por el peso

adicional del blindaje, así como su desempeño.

### DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA EL BLINDAJE

En la figura 1 se encuentra datos de la bala de calibre 9 mm como la velocidad con la que se realiza la prueba del blindaje y la masa de la bala considerada a continuación:

Masa: 8 g = 0.008 kg

Velocidad final: 332 m/s

Velocidad inicial: 347 m/s

Distancia: 5m

$$V_f^2 = V_i^2 \pm 2 \cdot e \cdot a$$

Despejando la aceleración tenemos:

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{\pm 2 \cdot e}$$

$$a = \frac{332^2 - 347^2}{2(5)}$$

$$a = -1018.5 \text{ m/s}^2$$

La aceleración es negativa por que desacelera en el transcurso de la trayectoria de 5m que es a la cual se realiza la prueba al blindaje.

En la figura 4 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 va a disipar la energía de la bala.

Espesor: 0.017m

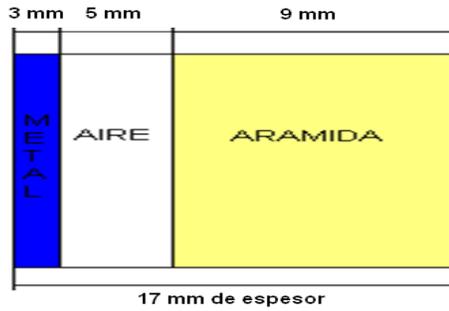


Figura 4: Representación esquemática de las capas del blindaje.

Se aplica las siguientes ecuaciones para determinar la aceleración y fuerza con la cual impacta la bala a cualquier parte de la carrocería.

$$a = \frac{vf^2 - vi^2}{\pm 2 \cdot e}$$

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 de 17 mm.

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 anteriormente como se observa en la figura 5.

La fuerza de impacto de la bala según el ángulo de inclinación del blindaje se calcula gracias a la función trigonométrica coseno como se observa en la siguiente imagen:

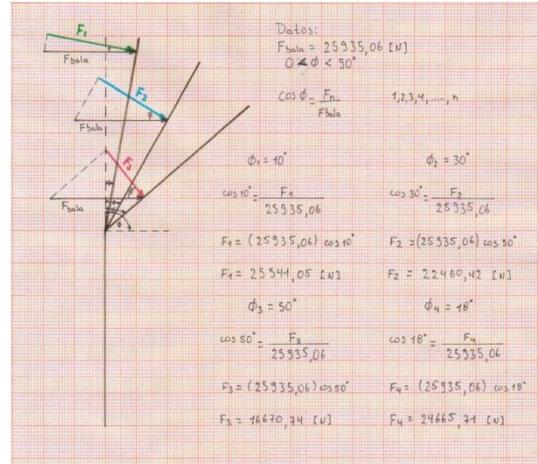


Figura 5: Fuerza de impacto según varios ángulos de inclinación.

En la tabla 2-2 se determinan varias fuerzas de impacto según el ángulo de inclinación que tiene el blindaje.

Tabla 3: 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
50	16670.73
60	12967.53
70	8870.31
80	4503.57
90	0

Se tomara un ángulo de inclinación del blindaje de 18° en los costados y parte posterior del vehículo por motivos de ergonomía, espacio y confort para los pasajeros y un ángulo de 36° en el

parabrisas delantero para que la fuerza de impacto sea menor a la calculada con anterioridad.

### SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL BLINDAJE

- **Blindaje Opaco:**

En zonas de gran espacio se instaló kevlar 49 por su moldeabilidad y gran resistencia, como podemos observar en la figura.



**Figura 6:** Kevlar

En los parantes y zonas donde el espacio es reducido, se instaló acero balístico, de acuerdo al criterio de expertos en la empresa ARMORCAR, como lo podemos observar en la 7.



**Figura 7:** Acero balístico

En la pared de fuego o pared que está entre el habitáculo y el compartimento del motor se instaló tanto kevlar como acero balístico, el acero balístico para los lugares de limitado acceso y el kevlar en áreas grandes.

Para protección del radiador se instaló una persiana fija construida con acero balístico.

- **Blindaje transparente:**

En los vidrios se utilizó una combinación de vidrio templado por sus buenas propiedades mecánicas, polivinil butiral, poliuretano y policarbonato.



**Figura 8:** Vidrio Blindado

### DIMENSIONAMIENTO DEL BLINDAJE

- **Blindaje opaco**

El kevlar utilizado en el nivel II A es recocado de 9 capas con un espesor de 1 mm por capa

El acero balístico es de 2 mm de espesor teniendo las mismas características del acero inoxidable 306.

- **Blindaje transparente**

El vidrio blindado está compuesto por diferentes capas como son vidrio templado, polivil butiral, poliuretano y policarbonato, cuyo espesor es de 17mm.

Las pruebas de resistencia balística están especificadas y detalladas en el capítulo IV de este manuscrito y donde se observa que se cumple con los lineamientos existentes en la norma NIJ 108.01, el mismo que se lo puede revisar en el anexo D.

### DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARROCERÍA

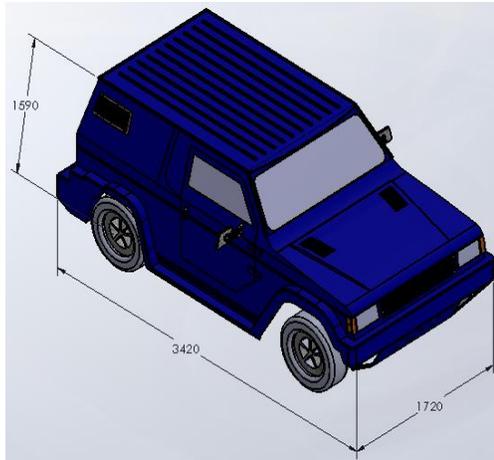


Figura 9: Geometría de la carrocería

En la figura 2.5 se observa que se respetó las medidas mencionadas en el área de parámetros de diseño de este capítulo y siendo las medidas a respetarse en la construcción del vehículo blindado 4x4.

### ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO

Tabla 4: Valores de cargas de diseño

CARGAS	VALOR (N)
CM	14175,04
CV	2244,2
CG	4141,26
CF	5790
CRaf	392,97

En la tabla 4 se observa las cargas a ser utilizadas cuyos valores van a ser ingresados en el programa computacional Solid Works de acuerdo con las combinaciones del método LRFD de la NTE INEN 1323, para determinar los esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad con los cuales se va a establecer si es factible la construcción de la carrocería y cuál es el grado de satisfacción del diseño.

De acuerdo a la NTE INEN 1323, se tiene 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.

La combinación 3: 1.2CM+0.5CV+1.6 CG. En la figura 10 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de  $150217872 \text{ N/m}^2 = 150.22 \text{ MPa}$ .

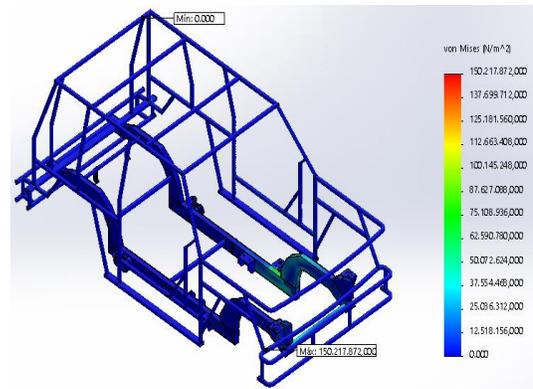


Figura 10: Esfuerzo de Von Mises

Cuyo desplazamiento máximo tiene un valor de 2.97 mm (figura 11) 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.

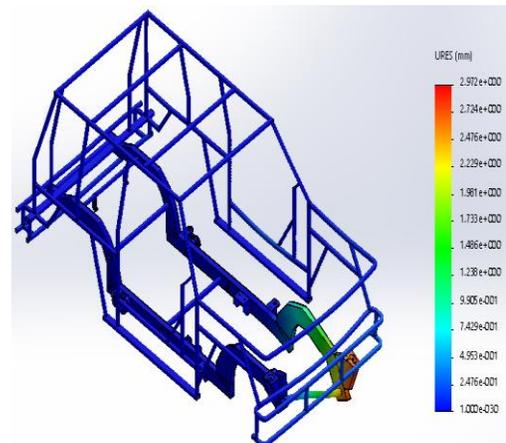


Figura 11: Desplazamiento resultante

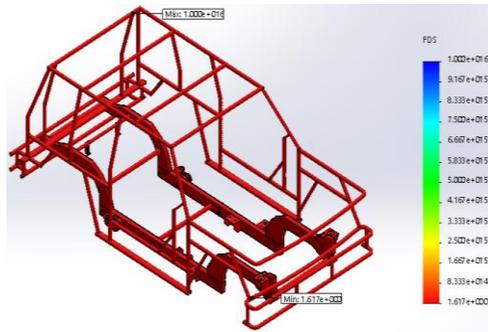


Figura 12: Factor de seguridad

En la figura 12 se observa que el resultado del factor de seguridad es de 1.62 y por consiguiente haciendo factible la realización de la estructura de forma física.

### CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR

Después de haber hecho los estudios correspondientes sobre el diseño del bastidor sus respectivos análisis y simulaciones, se obtuvo resultados idóneos permitiendo realizar la construcción del bastidor.



Figura 13: Diseño del Bastidor

Una vez Conseguido el material para la realización de la carrocería se procedió a construirla tomando en cuenta el diseño y los resultados obtenidos, se visualiza en la figura 14 como quedo la carrocería terminada.



Figura 14: Carrocería pintada

Se instaló el blindaje como se puede observar en la figura 15, conociendo que los lugares en los cuales se instala mayormente es la cabina ya que esta proporciona seguridad a los ocupantes y a la cual los delincuentes buscan hacer daño.



Figura 15: Instalación del kevlar

Finalmente para concluir el proceso de Blindaje se instalaron los vidrios blindados (figura 16) tanto el de puertas delanteras, puertas posteriores y parabrisas.



Figura 16: Bodega de vidrios Blindados

## ANÁLISIS DE COSTOS

**Tabla 4:** Costos de los materiales utilizados para la construcción y blindaje del vehículo.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
12	Kevlar (1 x 1) m2	10752
1	Acero balístico IIA (3 x 1) m2	504
1	Protección para el radiador	560
1	Vidrios de acuerdo a medidas solicitadas	1120
	Varios	2240
<b>VALOR TOTAL</b>		<b>15176</b>

## PRUEBA DEL BLINDAJE DE LA CARROCERÍA

Se realizó una prueba balística a un vidrio que tenía un espesor de 17mm y se realizó la prueba con una pistola (Figura 17) cuyo proyectil es de 9 mm de calibre.



17: Pistola utilizada para la prueba del blindaje opaco y transparente



Figura 18: Antes de prueba Vidrio blindado

La prueba se realizó con la munición de 9 mm de calibre, cuya velocidad según la caja de municiones es de 400 +/- 9 m/s a una distancia de 5 m, una masa de 8 gramos y con la disposición del vidrio como se muestra en la figura 18.

Se realizaron tres disparos, dando como resultado la no perforación del vidrio como se observa en la Figura 19 y se detalla en el informe expuesto en el Anexo G.



Figura 19: Resultados de la prueba vidrio blindado

En la figura 20 se observa cómo está el vehículo antes de la prueba balística.



Figura 20: Antes de la prueba del blindaje opaco



Figura 21: Prueba puerta blindada

Se dio un disparo, el cual no perforó la puerta como se muestra en la figura 21 y cuyo nivel de trauma fue de 20.5 mm (Figura 22).

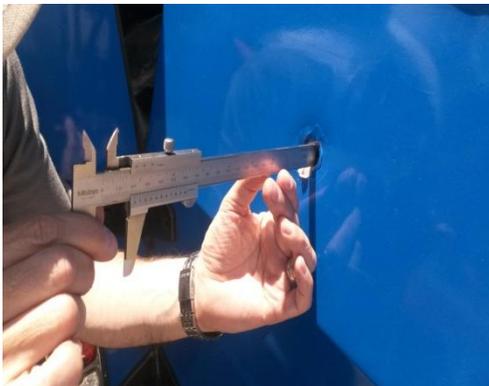


Figura 22: Trauma Generado por la bala de 9mm de calibre

## CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó el bastidor y la carrocería de un vehículo blindado 4x4 para dos personas y un compartimiento amplio para equipo adicional (armamento, caja fuerte,

equipo de primeros auxilios) con manufactura nacional e internacional y recurriendo a herramientas informáticas.

- Con la utilización de herramientas informáticas como Solid Works se determina la confiabilidad que se tiene en el diseño, y si es factible su realización.
- Mediante las pruebas realizadas en el polígono de tiro, se determina que el nivel de blindaje escogido cumple con la norma NIJ 0108.001, nivel IIA.
- Los ángulos de inclinación de la carrocería 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.
- La finalidad del blindaje es proteger la vida de los ocupantes, ya que en un atentado lo que primero busca la delincuencia es matar al conductor.

## BIBLIOGRAFIA

Cases, R. (1980). Tratado de la carrocería del automóvil, carrocería. Barcelona: Editorial J. Montesó.

García, J. (2009). Automoción estructuras del vehículo, diseño de la carrocería. Madrid: Paraninfo.

NTE INEN 1323 – 2009, Instituto ecuatoriano de normalización, vehículos automotores y carrocerías de autobuses.

Alonso, J. M. (2011). Técnicas del automóvil, chasis. Madrid: Mc Graw Hill.

Vidrio, C. (2007). Balística Técnica y Forense. Ediciones La Rocca

Hincapié, J. (2005). Balística: Tratado Integro. Universidad de Medellín.

Jiménez, J. (2006). Balística Forense. Tecnocopy.

Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas 4ta edición, bastidores de máquina, conexiones atornilladas y uniones soldadas. México: Pearson.

<http://www.vehiculosblindadosmexico.com.mx/es/areas-de-blindaje/>

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.383.7433&rep=rep1&type=pdf>

## BIOGRAFÍA



Daniel Cedillo, nació en Quito, provincia de Pichincha, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz estudió en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.



Edgar Villavicencio, nació en Quito, provincia de Pichincha, Ecuador. Es ingeniero Automotriz, estudió en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.



Oscar Arteaga, nació en Ambato, Ecuador, es Ingeniero Mecánico, estudió Posgrado en Autotrónica, Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación, y Energías Renovables, presta sus servicios



profesionales como docente en la Escuela Politécnica del Ejército desde al año 2000.

Mauricio Cruz, nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero Automotriz, dispone estudios de Posgrado en Autotrónica, Gestión del Aprendizaje Universitario, Docente Tiempo Parcial en la Escuela Politécnica del Ejército desde 2009. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica básica y manejo de software de dibujo asistido.

Latacunga, Enero de 2015

LOS AUTORES:

-----  
Daniel Alejandro Cedillo Caluña

-----  
Edgar Vinicio Villavicencio Zambrano

-----  
Ing. Juan Castro Clavijo  
EL DIRECTOR DE CARRERA  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

-----  
Dr. Freddy Jaramillo Checa  
SECRETARIO ACADÉMICO  
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO