



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UNA LIMUSINA ESCARABAJO

**AUTORES: STALIN ROSERO
ROBERTO VALLEJO**

DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES

CODIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ

**Latacunga
Diciembre,2015**



CONTENIDO

- Planteamiento del proyecto
- Objetivos
- Diseño de la carrocería y bastidor
- Construcción de la limusina
- Adecuación del habitáculo
- Conclusiones
- Recomendaciones



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Objetivo general

- Diseñar y construir el bastidor y la carrocería de una limusina Volkswagen Escarabajo



Objetivos específicos

- ✓ Establecer conocimientos necesarios e indispensables para el desarrollo en temáticas sobre diseño.
- ✓ Investigar a través de fuentes de información sobre temas el diseño de bastidores y carrocerías considerando para ello bases digitales, bibliotecas virtuales y artículos científicos.
- ✓ Diseñar el bastidor y la carrocería de la limusina mediante la utilización del software CAD.
- ✓ Construir los elementos necesarios para el posterior montaje de las piezas, proceso de pintura y adecuación del habitáculo.
- ✓ Establecer conclusiones y recomendaciones sobre el proyecto realizado.

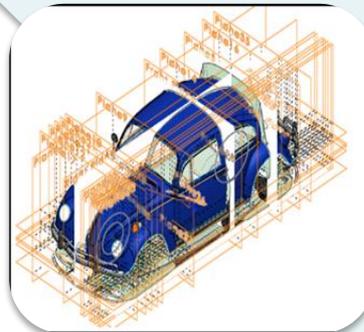
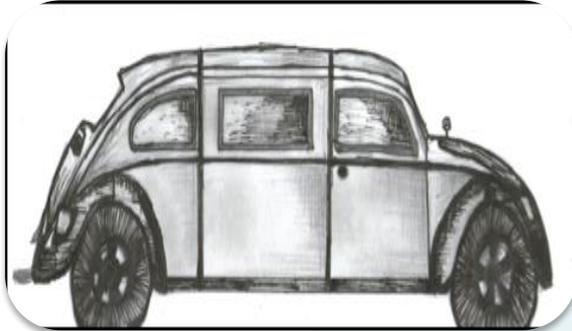


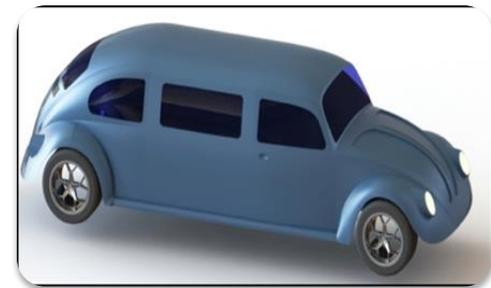
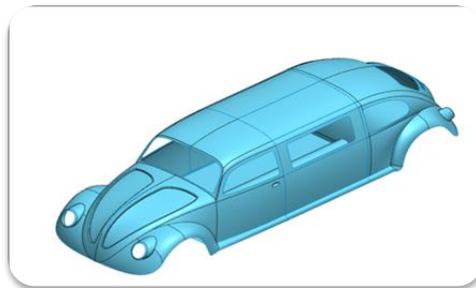
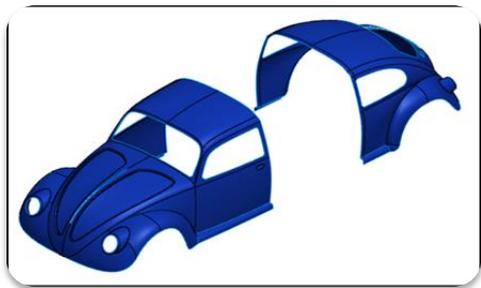
Dimensiones y pesos VW

Escarabajo

| # | CARACTERÍSTICAS | DETALLE |
|---|--|---------|
| 1 | Batalla | 2400 mm |
| 2 | Largo | 4070 mm |
| 3 | Altura | 1500 mm |
| 4 | Altura libre sobre el piso | 150 mm |
| | Ancho | 1550 mm |
| | Peso en vacío | 760 kg |
| | Carga útil | 380 kg |
| | Carga total admisible | 1140 kg |
| | Carga admisible sobre el eje delantero | 490 kg |
| | Carga admisible sobre el eje trasero | 710 kg |

PROCESO DE MODELADO





ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Dimensiones y pesos de la limusina VW Escarabajo

| CARACTERÍSTICAS | DETALLE |
|----------------------------|---------|
| Batalla | 3600 mm |
| Largo | 5270 mm |
| Altura | 1500 mm |
| Altura libre sobre el piso | 150 mm |
| Ancho | 1550 mm |
| Peso en vacío | 965 kg |
| Carga útil | 450 kg |
| Carga total admisible | 1415 kg |

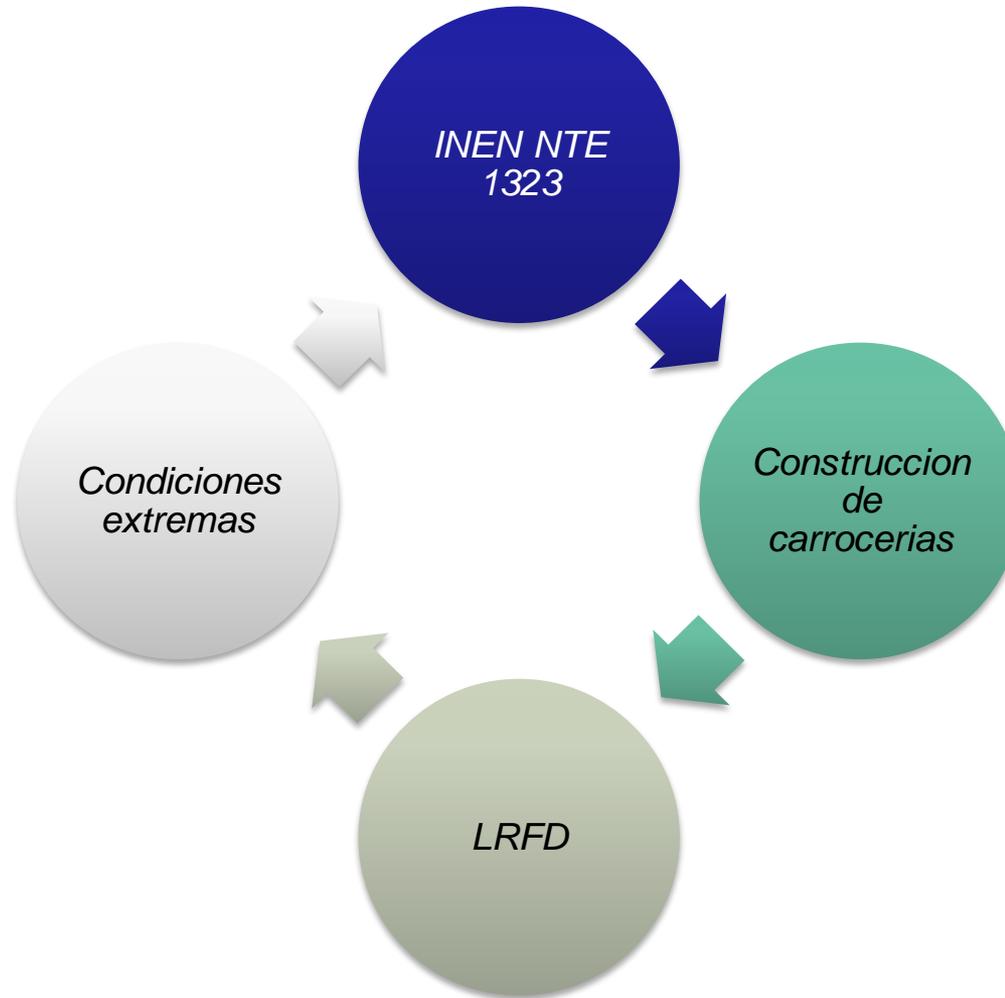
MATERIAL SELECCIONADO

En los catálogos de productos de IPAC y DIPAC, encontramos las distintas aplicaciones para planchas de acero estructural ASTM A 36, entre las cuales se detalla la fabricación de autopartes, pisos, etc. junto a la disponibilidad y costos son los aspectos que permitieron seleccionar dicho material

| PROPIEDAD | VALOR | UNIDAD |
|-------------------------|--------|----------|
| Módulo elástico | 200000 | N/mm^2 |
| Coefficiente de Poisson | 0,26 | N/D |
| Módulo Cortante | 79300 | N/mm^2 |
| Densidad de masa | 7850 | kg/m^3 |
| Límite de tracción | 400 | N/mm^2 |
| Límite elástico | 250 | N/mm^2 |



ANÁLISIS ESTRUCTURAL



Cargas estáticas

Carga muerta: Peso en vacío de la limusina Volkswagen Escarabajo igual a 965 kg.

$$M = Pt * g$$

$$M = 965 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$M = 9466,65 \text{ N}$$

Carga viva: dos ocupantes incluido el conductor en la parte delantera y cuatro en la parte del habitáculo posterior

$$V = Pp * Np * g$$

$$V = 75 \text{ kg} * 6 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$V = 4414,5 \text{ N}$$



Cargas dinámicas

Carga giro: Se emplea la velocidad de giro a 50 km/h (13,89 m/s), el radio de giro obtenido (7,75 m).

$$G = M_t * \frac{V^2}{r}$$

$$G = 1415 \text{ kg} * \frac{(13,89 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right))^2}{7,75 \text{ m}}$$

$$G = 35225,67 \text{ N}$$

Carga de frenado : Se emplea la velocidad inicial igual a 50 km/h (13,89 m/s), en 5 segundos el vehículo con una velocidad de 50 km/h logra detenerse completamente.

$$a = \frac{(V_f^2 - V_o^2)}{2\Delta r}$$

$$a = \left(\frac{(0)^2 - (13,89)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 * 69,44 \text{ m}} \right)$$

$$a = -1,3892 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = M_t * a$$

$$F = 1415 \text{ kg} * \left(-1,3892 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 1965,59 \text{ N}$$



Cargas dinámicas

Carga por resistencia al aire frontal: coeficiente de resistencia al aire frontal 0,38. densidad del aire en la ciudad de Latacunga igual a $1,1774 \text{ kgm}^3$, el área correspondiente a la proyección de la limusina en un plano perpendicular a su eje longitudinal igual a $1,8 \text{ m}^2$ y el valor de la velocidad del aire especificado en la Norma NTE 1323.

$$Raf = \frac{C_x * \delta * Af * V^2}{2}$$

$$Raf = \frac{(0,38) \left(1,1774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (1,8 \text{ m}^2) \left((25)^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)\right)}{2}$$

$$Raf = 251,669 \text{ N}$$

Carga de aceleración brusca: :Se emplea la velocidad inicial igual a 0 km/h, en 15 segundos el vehículo logra llegar a una velocidad de 50 km/h partiendo del reposo.

$$a = \frac{(V_f^2 - V_o^2)}{2\Delta r}$$

$$a = \left(\frac{(13,89)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} - (0)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 * 208,33 \text{ m}}\right)$$

$$a = 0,4630 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Ab = M_t * a$$

$$Ab = 1415 \text{ kg} * \left(0,4630 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 655,19 \text{ N}$$



Método LRFD: Combinación de cargas factorizadas

| # | COMBINACIÓN | MAGNITUD | UNIDADES |
|---|-------------------------------|----------|----------|
| 1 | $1,4M + V$ | 17667,81 | N |
| 2 | $1,2M + 1,6V + 0,5G$ | 36036,01 | N |
| 3 | $1,2M + 0,5V + 1,6G$ | 69928,3 | N |
| 4 | $1,2M + 1,6F + 0,8Raf$ | 14706,26 | N |
| 5 | $1,2M + 0,5V + 0,5F + 1,3Raf$ | 12669,94 | N |
| 6 | $1,2M + 1,5Ab + 0,5V$ | 14550,02 | N |
| 7 | $0,9M - 1,3Raf$ | 8192,81 | N |
| 8 | $0,9M + 1,3Raf$ | 8772,95 | N |



ANÁLISIS POR MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Element Quality

Calidad métrica del material que oscila entre 0 y 1

Relación entre el área y la suma de los cuadrados de las longitudes de borde multiplicados por un factor C para elementos en 2D

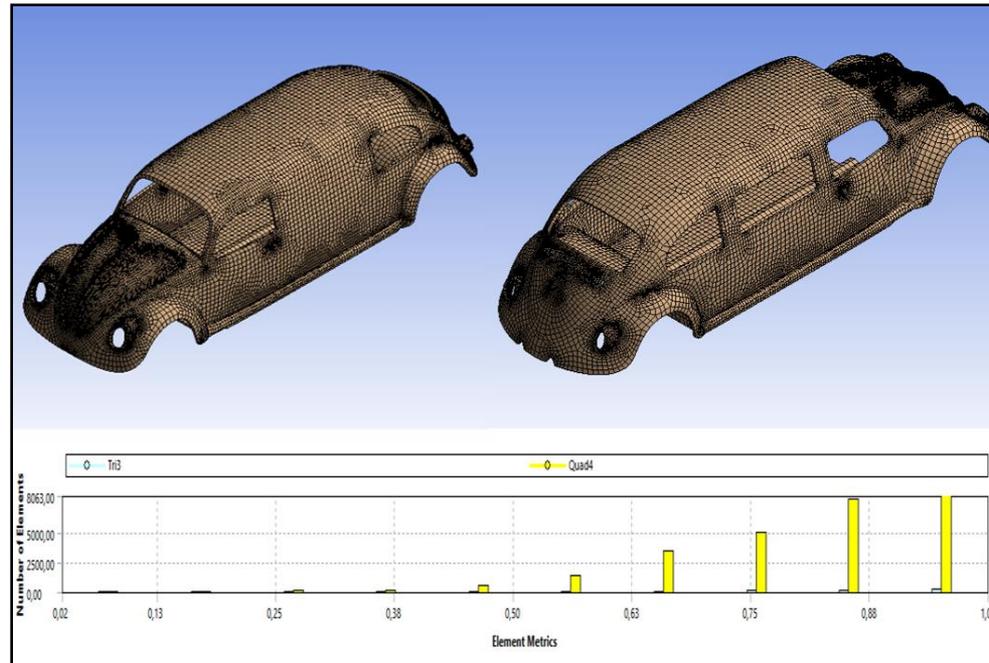
La relación entre volumen y la raíz cubica de la suma de los cuadrados de las longitudes de borde multiplicados por un factor C para elementos en 3D.

Un valor de 1 indica un cubo o cuadrado perfecto, mientras que un valor de 0 indica que el elemento tiene un volumen cero o negativo.

Valores próximos o iguales a 1 serán cercanos al comportamiento real del componente analizado



MALLADO



26587
Elementos

27333
Nodos

0,8166



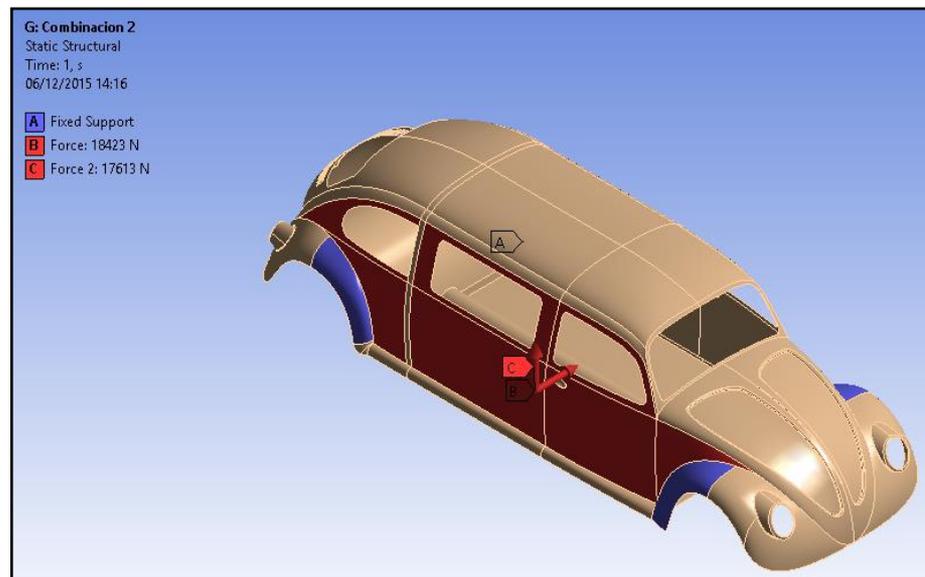
ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

COMBINACIÓN DE CARGAS

$$C_2 = 1,2 M + 1,6 V + 0,5 G$$

$$C_2 = 1,2(9466,65)(N) + 1,6(4414,5)(N) + 0,5(35225,67)(N)$$

$$C_2 = 36036,01 (N)$$



Deformación
total(mm)
0,5440 /
21,95



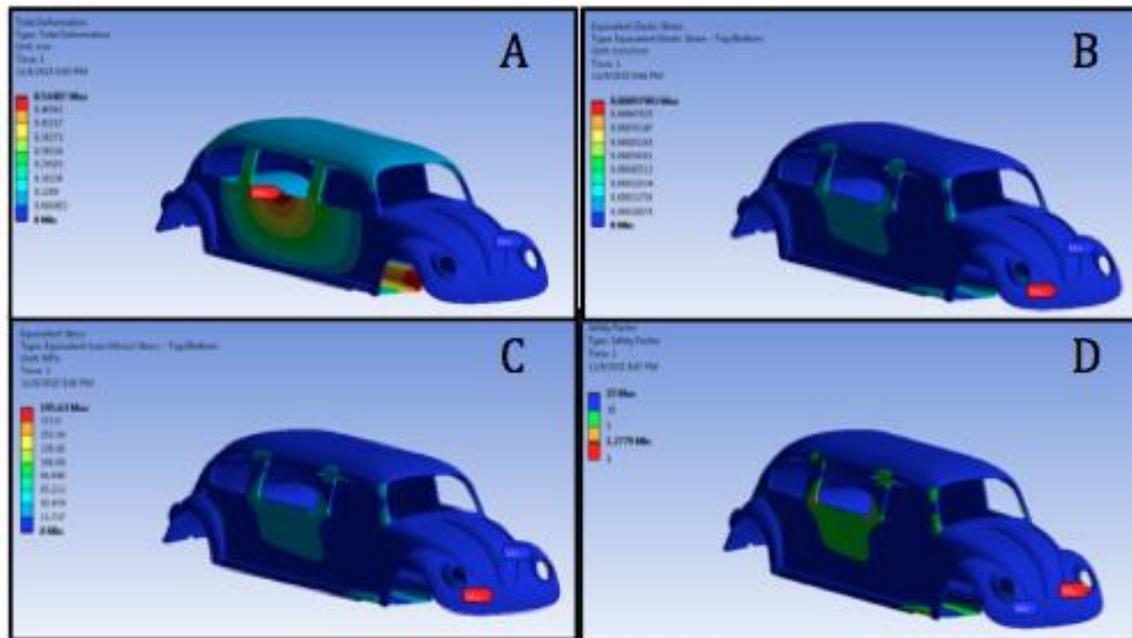
Deformación
unitaria (mm)
0,00097903 /
0,00125



Esfuerzo Von
Mises MPa
195,63 / 250



FS : 1,2779

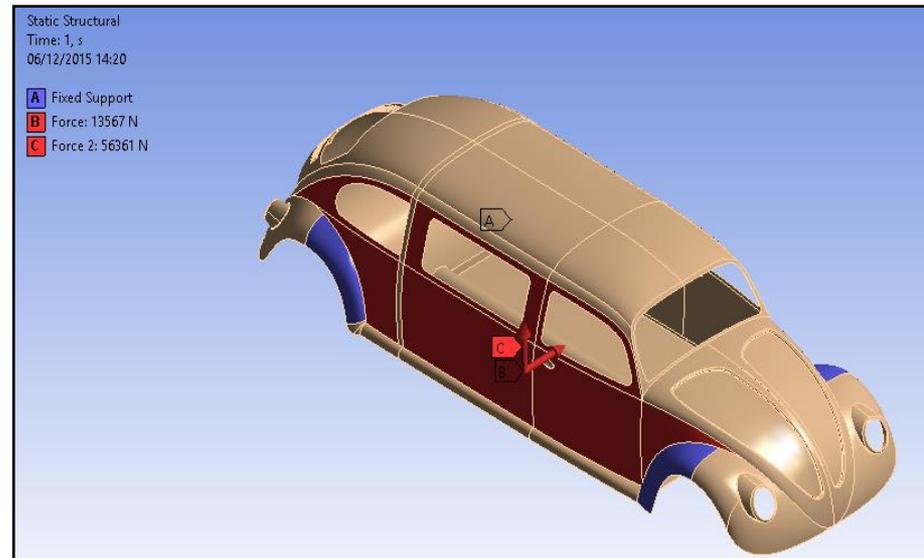


COMBINACIÓN DE CARGAS

$$C_3 = 1,2 M + 0,5 V + 1,6 G$$

$$C_3 = 1,2(9466,65)(N) + 0,5(4414,5)(N) + 1,6(35225,67)(N)$$

$$C_3 = 69928,3(N)$$



Deformación total(mm)
0,5928 /
21,95



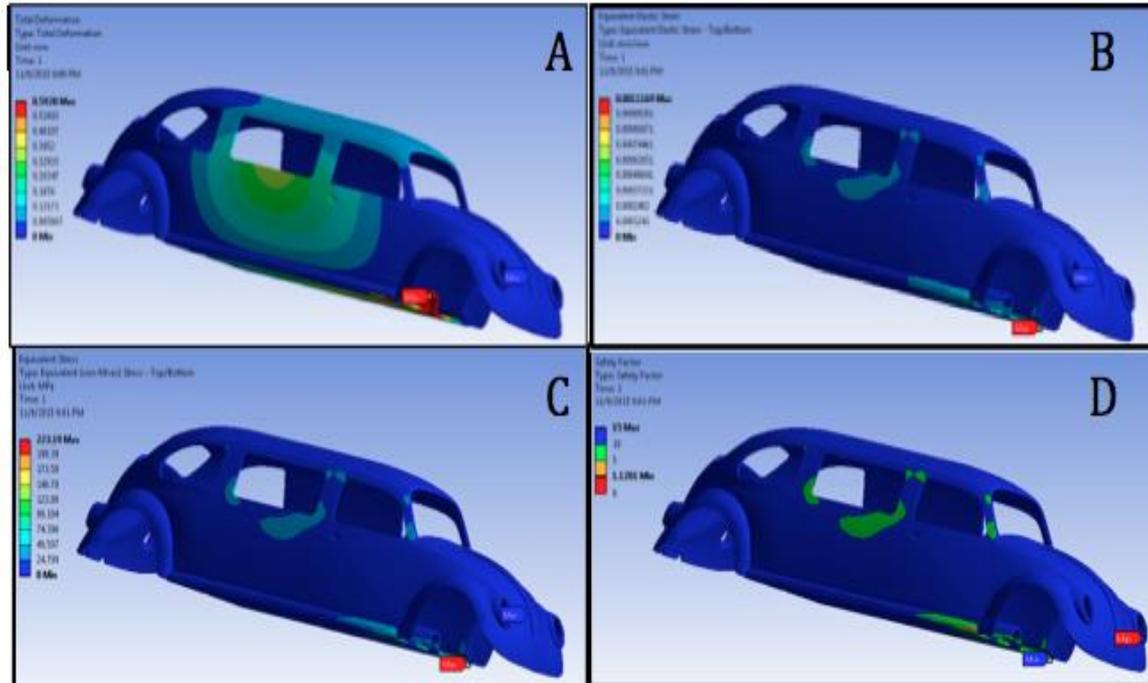
Deformación unitaria (mm)
0,001117 /
0,00125



Esfuerzo Von Mises MPa
223,19 / 250



FS : 1,12



ANÁLISIS

| | Carga (N) | Def. total (mm) | Def. unitaria | Esfuerzo (MPa) | Factor |
|----------------|-----------|-----------------|---------------|----------------|--------|
| Comb #2 | 36 036 | 0,54 | 0,00097 | 195,63 | 1,277 |
| Comb #3 | 69 928,3 | 0,59 | 0,00111 | 223 | 1,12 |

El factor de seguridad en la combinación 3 es de 1,12, siendo este valor el mas critico entre las dos combinaciones que se encuentra dentro del intervalo de 1 a 4 según el catalogo general de la Guia LM permitiendo confiar en el diseño propuesto



IMPACTO FRONTAL

- Impacto con un vehículo del mismo peso (965 Kg)
- EN 1317 : Velocidad inicial (17,78 m/s), velocidad final (8,233 m/ s)
- Intervalo de tiempo: 0,1 s

$$P_i = m \cdot v_1$$

$$P_i = 965 \text{ kg} * \left(-17.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$P_i = -17157,7 \text{ Ns}$$

$$P_f = m \cdot v_2$$

$$P_f = 965 \text{ kg} * \left(8,233 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$P_f = 7944,845 \text{ Ns}$$

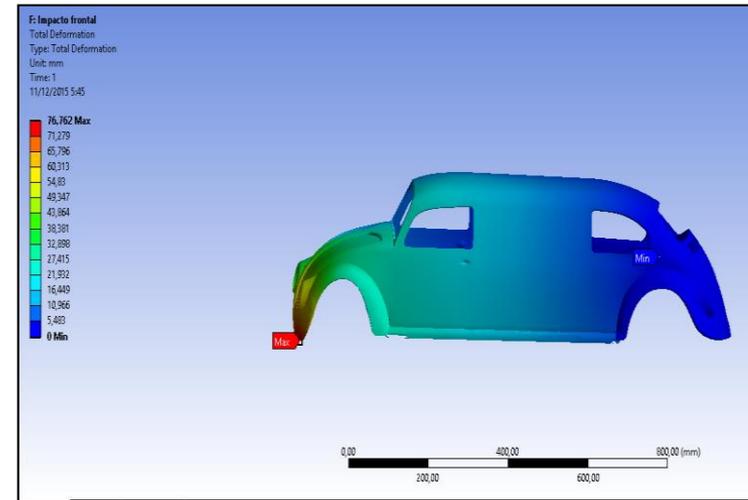
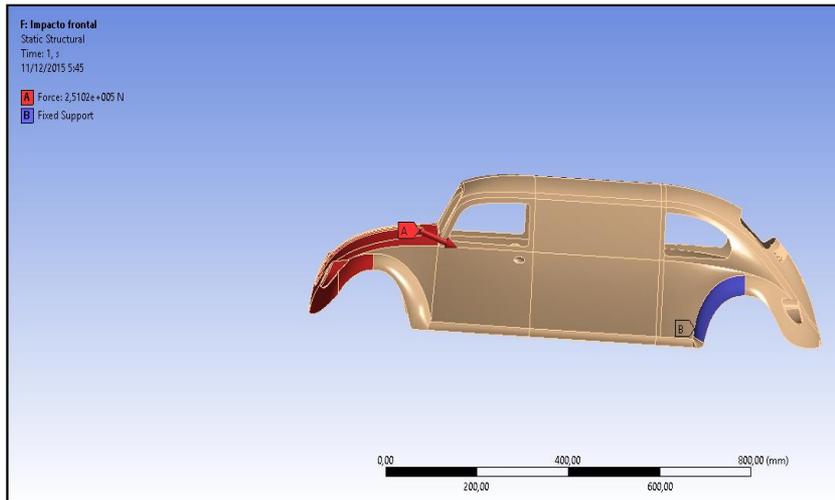
$$F_{imp} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

$$F_{imp} = \frac{P_f - P_i}{\Delta t}$$

$$F_{imp} = \frac{7944,845 \text{ Ns} - (-17157,7 \text{ Ns})}{0,1 \text{ s}}$$

$$F_{imp} = 251\,018 \text{ N}$$





Deformación
 máxima
 76,762 mm



Zona inferior
 del capo



No afecta la
 integridad
 del
 habitáculo



ESPE
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
 CAMINO A LA EXCELENCIA

IMPACTO LATERAL

- EuroNCAP : El vehículo que impacta a la limusina tiene un peso de 1500 Kg
- EN 1317 : Velocidad inicial (17,78 m/s), velocidad final (8,233 m/ s)
- Intervalo de tiempo: 0,1 s

$$P_i = m \cdot v_1$$

$$P_f = m \cdot v_2$$

$$P_i = 1500 \text{ kg} * \left(-17.79 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$P_f = 1500 \text{ kg} * \left(8.233 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$P_i = - 26685 \text{ Ns}$$

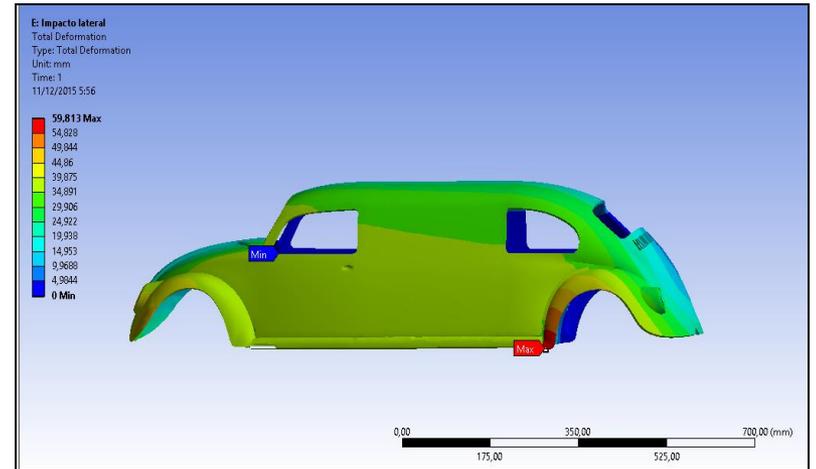
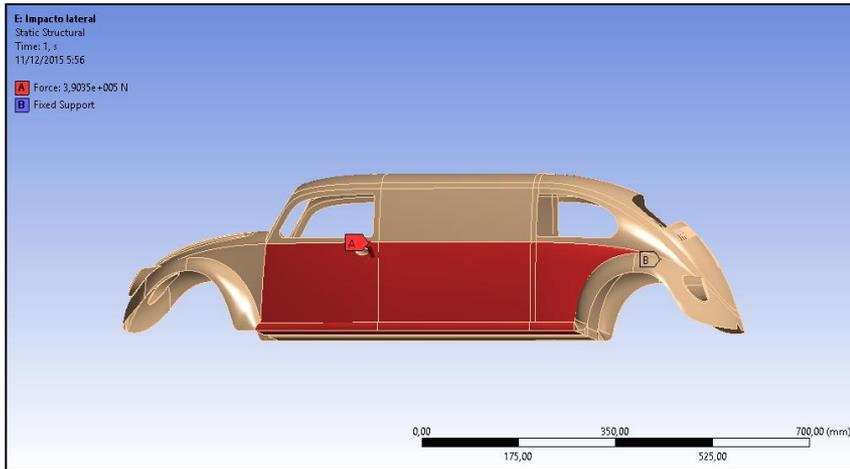
$$P_f = 12349.5 \text{ Ns}$$

$$F_{lml} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$
$$F_{lml} = \frac{P_f - P_i}{\Delta t}$$

$$F_{lml} = \frac{12349.5 \text{ Ns} - (- 26685 \text{ Ns})}{0,1 \text{ s}}$$

$$F_{lml} = 390 \text{ 345 N}$$





Deformación
 máxima
 59,813 mm



Zona inferior
 del
 guardafango
 posterior
 izquierdo



No afecta la
 integridad
 del
 habitáculo



Carrocería autoportante

- ✓ Absorben de mejor manera el impacto cuando existe una colisión.
- ✓ Aportan al vehículo ligereza, estabilidad y rigidez.
- ✓ Presentan economía en su construcción por su fabricación en serie



FABRICACIÓN



BASTIDOR

Acero con recubrimiento galvanizado (180 g/
m²)

Calidad: ASTM 653 CS

Fabricación: INEN 115

Espesor : 1,10 mm

64 H



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

PISO

Acero con recubrimiento galvanizado (180 g/
m²)

Calidad: ASTM 653 CS

Fabricación: INEN 115

Espesor : 1,10 mm

33 H 36 M



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

PARANTES

Acero laminado en frio

Calidad: ASTM A36

Fabricación: INEN 115

Espesor : 1,10 mm

47 H



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

PUERTA

Acero laminado en frio

Calidad: ASTM A36

Fabricación: INEN 115

Espesor : 0,90 mm

40 H 48 M



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

PANEL LATERAL

Acero laminado en frio

Calidad: ASTM A36

Fabricación: INEN 115

Espesor : 0,90 mm

26H 6 M



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

TECHO

Acero laminado en frio

Calidad: ASTM A36

Fabricación: INEN 115

Espesor : 0,90 mm

39 H 48 M



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

ESTRIBOS

Acero con recubrimiento galvanizado (180 g/
m²)

Calidad: ASTM 653 CS

Fabricación: INEN 115

Espesor : 1,10 mm

44 H



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

MINIBAR

Acero con recubrimiento galvanizado (180 g/
m²)

Calidad: ASTM 653 CS

Fabricación: INEN 115

Espesor : 1,10 mm

39 H



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

APLICACIÓN PROMOTOR DE ADHERENCIA

Cubrir el metal, evitando oxidación, 2 partes de promotor y 1 parte de thinner.



APLICACIÓN FONDO PLOMO

- Preparación de superficie
- Relación: 4 partes de volumen del Primer PU 0022, 1 parte en volumen de catalizador y 1 parte de thinner
- 2 esparcimientos
- Tiempo secado : 30 min



CABINA DE PINTADO

- 60 °C
- 30 min



RESULTADO FINAL PROCESO DE PINTURA



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

ADECUACIÓN DEL HABITÁCULO



CONCLUSIONES

- ❑ Se investigó y analizó las normas y reglamentos afines relacionados al diseño y construcción de carrocerías y automóviles, debido a la no existencia de una norma específica para limusinas.
- ❑ Se modeló y diseñó el bastidor y la carrocería de la limusina escarabajo con la utilización de SolidWorks 2015 y ANSYS 16 obteniendo parámetros de diseño que se encuentran dentro de los valores establecidos en las normas.
- ❑ Las cargas aplicadas dentro del análisis estructural se seleccionaron acorde al método LRFD, especificado en la norma INEN 1323, las cuales nos permitieron comprobar que el diseño soportara los esfuerzos a los que va a estar sometido mediante la obtención de factores de seguridad adecuados.
- ❑ El análisis de impactos se realizó en función de ensayos y parámetros europeos, a partir de ellos se obtuvo las deformaciones totales las cuales no sobrepasan el límite máximo especificado por la norma INEN 1323, corroborando así la no afectación de la integridad del habitáculo en dichos sucesos.



- ❑ Se construyó los paneles necesarios para la fabricación de la limusina con diagramas de procesos propuestos por nosotros mismo, conservando las líneas de diseño originales con las cuales se fabricó el Volkswagen Escarabajo.
- ❑ Mediante los softwares utilizados, nos permiten implementar componentes sobre la limusina, que se desean acoplar a condiciones específicas en el campo donde se va a desempeñar, de manera que se reduce el tiempo de diseño y los costos a manejar al momento de su implementación.
- ❑ Para la realización del proceso de chapistería y pintura, se utilizaron materiales de alta calidad, así como la mano de obra empleada, lo que ayudó al momento de la conservación de la originalidad del vehículo y así mantener la estética conservando todas las líneas que generan el realce al momento de su movilización.



RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar una revisión periódica a la carga de batería, ya que al estar expuesta al trabajo con todos los componentes del interior del habitáculo que consumen su corriente, esta puede llegar a perder su vida útil de manera acelerada.
- ✓ Al no contar con una norma específica para el diseño de limusinas en nuestro país, se debe priorizar a la creación de una reglamentación a seguir para la modificación de este tipo de vehículos.
- ✓ No sobrepasar el peso de carga admitido que tiene la limusina, que es de 6 personas, 4 en el habitáculo, chofer y copiloto, ya que se diseñó bajo parámetros para la implementación de cada uno de los sistemas, razón por la cual se puede evitar fallos en la carrocería y en diseño que se ha propuesto.
- ✓ Verificar tiempos de trabajo para la obtención de materiales necesarios en el montaje de cada uno de los elementos que se van a utilizar en la construcción de la limusina Volkswagen Escarabajo, basándose en los diagramas de procesos implementados en cada componente.



- ✓ Para garantizar un trabajo óptimo de los elementos amovibles, dar un mantenimiento preventivo a cada uno de ellos, regulándoles y lubricándoles, para poder extender el tiempo de vida y aumentar sus tiempos de operación.

