



## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**TEMA:**

**DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DEL HABITÁCULO DE  
SEGURIDAD PARA UN VEHÍCULO CORSA WIND 1.4 PARA RALLY.**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en la  
Especialización de Mantenimiento Automotriz

**Autores:**

**PASTAZ NENGER EDWIN NORBERTO**

**TORO VARGAS ÁLVARO HENRY**

**Director:**

**Ing. Carlos Mafla**

**Ibarra, 2014**

## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del Plan de trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **“DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DEL HABITÁCULO DE SEGURIDAD PARA UN VEHÍCULO CORSA WIND 1.4 PARA RALLY”** presentado por los Señores: Pastaz Nenger Edwin Norberto con el número de cédula 100270712-1 y Toro Vargas Álvaro Henry con número de cédula 040181534-5, doy fe de que dicho trabajo, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación privada y evaluación por parte del jurado examinado que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 09 días del mes de Julio del 2014.

Director:



Ing. Carlos Mafla

## **DEDICATORIA.**

El presente trabajo de grado está dedicado a mi madre Martha, quien con su ejemplo de esfuerzo y constancia, incentivó a que el estudio sea el medio de superación del ser humano, a mis hermanos Javier, Jennifer, a mi esposa Anita, a mis preciosas Amy y Valeria quienes son los seres que me inspiran cada día para superarme y alcanzar objetivos importantes en mi vida.

Al igual a todas las personas, amigos y compañeros que me brindaron su apoyo y aliento para lograr la culminación del proyecto.

Autor.

Pastaz Nenger Edwin.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado primeramente a Dios por darme las fuerzas necesarias para poder cumplir el objetivo planteado mediante esfuerzo, constancia y trabajo.

A mis padres y hermanas por su amor y cariño, por ser los que siempre estuvieron incondicionalmente apoyándome y guiándome para ser una persona de bien.

A mi hija que fue el gran motor que me dio las fuerzas necesarias para seguir adelante y nunca desmayar en el cumplimiento de mis propósitos.

A todas las personas que estuvieron junto a mí apoyándome moralmente, guiándome con sus palabras por medio de sus consejos. Así, permitiéndome ser una mejor persona.

Autor:

Toro Vargas Álvaro Henry

## **AGRADECIMIENTO.**

Primeramente agradecer a Dios por la vida y permitirme realizar este proyecto, por tener una madre ejemplar, quién con su esfuerzo y constancia logró la culminación de este trabajo, a mi familia por brindarme su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

Agradecer a la Universidad Técnica del Norte por ser un pilar fundamental en la educación en el norte del país, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, quienes con sus conocimientos y sus consejos, que me fueron impartidos a lo largo de la carrera, han hecho posible la culminación de este proyecto.

Igualmente al Ing. Carlos Mafla por su arduo trabajo y entrega en este trabajo como Director de Tesis de grado y al Sr. Armando Palacios por su asesoría y por compartir sus conocimientos en preparación de vehículos de rally.

Autor.

Pastaz Nenger Edwin.

## **AGRADECIMIENTO.**

A la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT), que me han abierto sus puertas para poder adquirir los conocimientos suficientes en toda mi trayectoria estudiantil.

A mis padres por brindarme su apoyo moral y económico para poder culminar con mi objetivo. Gracias por su paciencia.

A mi tutor de tesis el Ing. Carlos Mafla por tener el tiempo suficiente e impartir sus conocimientos, además por apoyar nuestra investigación y facilitando el desarrollo de esta investigación.

Autor:

Toro Vargas Álvaro Henry

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	XIV
SUMMARY.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	3
1.3 Formulación del Problema.....	3
1.4 Delimitación.....	3
1.4.1 Delimitación Espacial.....	3
1.4.2 Delimitación Temporal.....	4
1.5 Tecnológica.....	4
1.6 Objetivos.....	4
1.6.1 Objetivo general.....	4
1.6.2 Objetivos Específicos.....	5
1.7 Justificación.....	5
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Rally.....	7
2.2 Seguridad.....	8
2.2.1 Seguridad Activa.....	10
2.2.2 Seguridad Pasiva.....	10
2.3 Jaula de seguridad.....	11
2.4 Tipos de Jaulas de seguridad.....	12
2.4.1 Habitáculos desmontables.....	12
2.4.2. Habitáculos fijos.....	13
2.5 Especificaciones para la estructura según la FIA.....	13

2.6 Estructura básica .....	13
2.7 Diseño.....	13
2.8 Conexiones obligatorias y refuerzos .....	14
2.9 Solidworks.....	16
2.10 Soldadura.....	17
2.10.1 Ventajas .....	18
2.10.2 Definición .....	19
2.10.3 Soldabilidad .....	19
2.10.4 Clasificación.....	19
2.10.4.1 Soldadura por fusión .....	20
2.10.4.2 Soldadura blanda.....	21
2.10.4.3 Soldadura dura .....	21
2.10.4.4 Soldadura eléctrica por arco bajo protección de gas con alimentación continúa de electrodo sólido (GMAW) .....	22
2.11 Clasificación del acero por su composición química.....	23
2.11.1 Aceros al Carbono .....	23
2.11.2 Aceros aleados de baja aleación .....	24
2.11.3 Aceros aleados de alta aleación .....	24
2.12 Ventajas del acero como material estructural .....	24
2.13 Aceros Estructurales Modernos .....	26
2.14 Aceros de Carbono .....	28
2.14.1 Acero de Alta Resistencia.....	29
2.14.2 Aceros Templados y Revenidos .....	30
2.15 Teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles.....	31
2.16 Glosario De Términos .....	37
CAPÍTULO III .....	39
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.1 Tipo de Investigación .....	39
3.1.1 Investigación Bibliográfica.....	39
3.1.2 Investigación Tecnológica.....	39
3.2 Métodos .....	40
3.2.1 Analítico Sintético .....	40



3.2.2 Método Diseño .....	40
CAPÍTULO IV.....	41
4. PROPUESTA DEL DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN HABITÁCULO PARA UN VEHÍCULO DE RALLY.....	41
4.1 Graficar el croquis en 3d de la estructura una vez ya determinada la geometría exacta .....	42
4.2 Definir los estados de carga y sus combinaciones (activando los respectivos combos) .....	50
4.3 Definir el material en el diseño.....	51
4.4 Asignar Las Cargas (Con Su Valor y Dirección) .....	53
4.5 Determinación de carga muerta (CM). (Peso propio del diseño) .....	55
4.6 Determinación de cargas vivas (CV).....	56
4.7 Carga de frenado (CF) .....	57
4.8 Asignar el mallado al diseño .....	61
4.8 Análisis estático de diseño según la teoría de Von Mises .....	63
4.10 Resultados .....	63
4.11 Construcción del habitáculo de seguridad en el vehículo .....	67
4.12 Implementación de asientos tipo bacquet sparco y cinturones de seguridad de cuatro puntos .....	73
4.13 Proceso de pintura de la estructura .....	75
4.14 Aspecto final de la estructura en el vehículo.....	77
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
5.1 Conclusiones .....	81
5.2 Recomendaciones .....	82
5.3 Referencias Bibliográficas.....	84
ANEXOS.....	87
ANEXO 1 .....	88
ANEXO 2 NORMA INEN NTN 1323 .....	95
ANEXO 3 NORMAS FIA .....	104
ANEXO 4 PLANOS DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA. ....	109
ANEXO 5 INFORME DE SOLIDWORKS 2014.....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura 2.1. Coche de rally.</u> .....	7
<u>Figura 2.2. Inyección programable para motores turbo o aspirados.</u> .....	8
<u>Figura 2.3. Auto en competición.</u> .....	9
<u>Figura 2.4. Accidente de vehículo de rally.</u> .....	9
<u>Figura 2.5.Elementos de seguridad activa.</u> .....	10
<u>Figura 2.6. Elementos de seguridad pasiva.</u> .....	11
<u>Figura.2.7. Accidente de rally.</u> .....	12
<u>Figura 2.8. Habitáculo desmontable.</u> .....	12
<u>Figura 2.9. Habitáculo fijo</u> .....	13
<u>Figura 2.10. Conexión diagonal.</u> .....	14
<u>Figura 2.11. Barras de Puerta.</u> .....	14
<u>Figura 2.12. Conexiones Transversales.</u> .....	15
<u>Figura 2.13. Refuerzo del techo.</u> .....	15
<u>Figura 2.14. Portada de Solidworks 2014</u> .....	17
<u>Figura 2.15. Soldadura MIG.</u> .....	18
<u>Figura 2.16. Soldadura MIG en estructura</u> .....	19
<u>Figura.2.17. Clasificación de sueldas.</u> .....	20
<u>Figura 2.18. Soldadura por fusión</u> .....	21
<u>Figura 2.19. Soldadura blanda.</u> .....	21
<u>Figura 2.20 Soldadura dura.</u> .....	22
<u>Figura 2.21. Soldadura GMAW</u> .....	23
<u>Figura.2.22 Estados de esfuerzos</u> .....	32
<u>Figura.2.23 Líneas de carga.</u> .....	34
<u>Figura 2.24. Esfuerzos cortantes</u> .....	35
<u>Figura 4.1.Ventana nuevo documento.</u> .....	42
<u>Figura 4.2. Croquis 3D</u> .....	43
<u>Figura 4.3. Comando línea.</u> .....	43
<u>Figura 4.4. Comando extruir-saliente/base</u> .....	44
<u>Figura 4.5. Diagonal del arco principal</u> .....	44
<u>Figura 4.6 Comando extruir-saliente/base</u> .....	45
<u>Figura 4.7 Parte superior del tablero y parante de la puerta</u> .....	45

<u>Figura 4.8. Parte posterior</u> .....	46
<u>Figura 4.9. Soportes</u> .....	46
<u>Figura 4.10 Puntos fijos.</u> .....	47
<u>Figura 4.11. Simetría.</u> .....	47
<u>Figura 4.12. Comando Soldadura.</u> .....	48
<u>Figura 4.13. Aplicación en toda la estructura.</u> .....	48
<u>Figura 4.14. Soldadura en toda la estructura.</u> .....	49
<u>Figura 4.15. Diseño finalizado.</u> .....	49
<u>Figura 4.16. Aplicación a los sólidos.</u> .....	50
<u>Figura 4.17. Asignación del material.</u> .....	51
<u>Figura 4.18. Cálculo de peso del diseño.</u> .....	51
<u>Figura 4.19. Contacto entre componentes.</u> .....	52
<u>Figura 4.20. Sujeciones.</u> .....	52
<u>Figura 4.21. Asignación de carga de gravedad.</u> .....	53
<u>Figura 4.22. Determinación de carga muerta.</u> .....	56
<u>Figura 4.23. Carga viva.</u> .....	57
<u>Figura 4.24. Carga de resistencia al aire de frenado.</u> .....	60
<u>Figura 4.25. Control de mallado.</u> .....	61
<u>Figura 4.26. Mallado en ejecución</u> .....	61
<u>Figura 4.27. Resultado del mallado</u> .....	62
<u>Figura 4.28. Análisis estático</u> .....	63
<u>Figura 4.29. Resultado del análisis de la Teoría de Von Mises.</u> .....	64
<u>Figura 4.30. Resultado del desplazamiento</u> .....	65
<u>Figura 4.31. Resultado de deformaciones</u> .....	65
<u>Figura 4.32. Factor de seguridad</u> .....	66
<u>Figura 4.33. Interior del vehículo estándar.</u> .....	67
<u>Figura 4.34. Desmontaje de los accesorios internos.</u> .....	67
<u>Figura 4.35. Colocación del arco principal.</u> .....	68
<u>Figura 4.36. Colocación del arco secundario.</u> .....	68
<u>Figura 4.37. Doblado del acero.</u> .....	69
<u>Figura 4.38. Arco lateral de la puerta.</u> .....	69
<u>Figura 4.39. Barras intermedias.</u> .....	70

<u>Figura 4.40. Parte posterior.</u> .....	70
<u>Figura 4.41. Soldadura MIG.</u> .....	71
<u>Figura 4.42. Puntos de suelda.</u> .....	71
<u>Figura 4.43.Puntos de suelda interior</u> .....	72
<u>Figura 4.44. Aspecto final en soldadura.</u> .....	72
<u>Figura 4.45. Resultado final de soldadura.</u> .....	73
<u>Figura 4.46 Montaje de asientos.</u> .....	73
<u>Figura 4.47 Instalación de los cinturones de seguridad de cuatro puntos.</u> 74	
<u>Figura 4.48 Resultado final de soldadura.</u> .....	74
<u>Figura 4.49 Empapelamiento.</u> .....	75
<u>Figura 4.50 Aplicación de fondo de relleno.</u> .....	75
<u>Figura 4.51 Primer proceso de pintado.</u> .....	76
<u>Figura 4.52 Segunda aplicación de capa de pintura.</u> .....	76
<u>Figura 4.53. Vista final posterior.</u> .....	77
<u>Figura 4.54 Vista final interior.</u> .....	77
<u>Figura 4.55 Vista final lateral.</u> .....	78
<u>Figura 4.56 Vista final interior y asientos.</u> .....	78
<u>Figura 4.57.Vista final interior con cinturones sparco.</u> .....	79
<u>Figura 4.58 Vista final interior lateral izquierda.</u> .....	79
<u>Figura 4.59 Vista final total.</u> .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<u>Tabla 1 Especificación de materiales</u> .....	16
<u>Tabla 2 Propiedades de aceros estructurales.</u> .....	28
<u>Tabla 3 Combinaciones de cargas básicas.</u> .....	54
<u>Tabla 4 Carga muerta del diseño.</u> .....	55
<u>Tabla 5 Carga viva del diseño.</u> .....	57

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula (4.1) Método LRDF.....	54
Fórmula (4.2) Cálculo de carga muerta.....	55
Fórmula (4.3) Cálculo coeficiente peso.....	56
Fórmula (4.4) Cálculo carga por miembro estructural.....	56
Fórmula (4.5) Cálculo carga viva.....	56
Fórmula (4.6) Cálculo MRUV .....	58
Fórmula (4.7) Cálculo aceleración .....	58
Fórmula (4.8) Cálculo carga de frenado .....	58
Fórmula (4.9) Cálculo CF por miembro estructural .....	59
Fórmula (4.10) Cálculo resistencia al aire de frenado .....	59
Fórmula (4.11) Cálculo Raf por miembro estructural .....	60
Fórmula (4.12) Cálculo desplazamiento según norma .....	64
Fórmula (4.13) Cálculo factor de seguridad .....	66

## RESUMEN

El diseño y construcción de un habitáculo de seguridad en vehículos de rally en tiempos anteriores se ha considerado como algo desconocido, este deporte es uno de los que implica dicha implementación de este dispositivo, además para ello implica altos costos en preparación e implementación de estos en los vehículos, para cumplir con las normativas y poder participar en el mundo de las competencias del rally, garantizando el cumplimiento de ellas y además precautelando la seguridad de pilotos y quienes forman parte de las competencias. En el presente trabajo de grado se presentó una alternativa para cumplir con un requerimiento en los vehículos, como es el habitáculo de seguridad, por ello se planteó el diseño de este dispositivo y con ello demostrar que mediante conocimientos y la correcta asesoría se puede llegar a un resultado final óptimo. También exponer los tipos de habitáculos y los requerimientos de la FIA y norma INEN NTN 1323 de buses y carrocerías, que ayudan en el estudio y análisis del diseño, al igual que se puede conocer sobre alternativas en materiales y procesos de soldadura; esto ayuda en el proceso de la construcción del diseño. Se realizó una investigación bibliográfica para conocer el tema y las normas a las cuáles se regirán el diseño y el método analítico-sintético y determinar los diseños que nos acerquen a la opción más viable. Se inició con el diseño y modelado del croquis a través del software Solidworks 2014 paso a paso con los respectivos comandos del software, y luego realizar un análisis de cargas por medio de sumatoria de cargas y el método LRDF de la norma INEN NTN 1323 donde el programa realiza el análisis, mallado y el estudio mediante la Teoría de Von Mises, este estimador de cargas determina el factor de seguridad del diseño dando como resultado si este modelado cumple o no con los requerimientos. Después de haber cumplido con ello se pasó al proceso de: construcción, soldadura y pintura del diseño como la implementación de los cinturones de seguridad de 4 puntos y los asientos tipo bacquet requeridos para este tipo de vehículos y se concluyó en que se obtuvo un factor de seguridad de 1.62 en la estructura, resultado que dio el software y así se determinó que el diseño cumple. Como recomendaciones se sugiere asignar otro material a la estructura para una mejor resistencia que el utilizado en el diseño construido.

## SUMMARY

The design and construction of a passenger safety in vehicles rally in earlier times has been considered as unknown, this sport is one that implies that implementation of this device, and this implies high costs for in preparation and implementation of these in vehicles, in order to comply with regulations, to participate in the world of rally competitions, ensuring compliance with them and also taking precautions and safety of pilots who are part of the competitions. In this paper an alternative degree to fulfill a requirement in the vehicles provided, as is the safety cage, so the design of this device is raised and thus demonstrate that using the right knowledge and advice can be reached optimal outcome. Also describe the habitat types and requirements of the FIA 1323 standard bus INEN NTN and body, which help in the study design and analysis, as can be found on alternatives in materials and welding processes; this helps in the process of building design. A literature review was conducted to know the subject and the standards to which the design and analytic-synthetic method to determine governed and designs that bring us to the most viable option. It began with the design and modeling of the sketch through the Solidworks software 2014 step by step with the respective software commands, then an analysis of loads by summation of loads and LRDF INEN NTN method EN 1323 where program performs the analysis, meshing and the study by Von Mises theory, this estimator loads determines the design safety factor resulting in this modeling whether or not it meets the requirements. After having done this was passed to the process: construction, welding and painting the design and the implementation of safety belts 4 point and type bacquet seats required for this type of vehicle and it was concluded that a factor was obtained 1.62 up in the structure, giving the resulting software is determined so that the design, as recommendations suggest to assign another material structure for enhanced resistance to the design used in the constructed.

## INTRODUCCIÓN

La preparación de vehículos de competencia para rally en el campo automotriz se torna un tema interesante, la tecnología cada día avanza e incursiona más en este campo dejando atrás la forma ambigua de preparación de dichos vehículos.

Como estudiantes de la carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz se siente la necesidad de incursionar en este campo, por ello se propone el diseño y construcción de un habitáculo de seguridad, y con esto lograr cumplir una parte del requerimiento en el ámbito de preparar un vehículo para rally y con esto también invitar a nuestra carrera a incorporarse en el campo de las competiciones sean a nivel provincial o nacional.

Dicho dispositivo en la mayoría de veces se lo diseña y construye en otras ciudades, donde existe las personas preparadas, quienes conocen ampliamente sobre este tema, por lo que como estudiantes del campo automotriz nos hemos visto interesados en investigar sobre como diseñar, analizar y construir la estructura y con ello cumplir el objetivo mediante las herramientas correctas para todo este proceso, con esto se llega a conocer una parte de este dispositivo de seguridad en los vehículos de rally.

En este proyecto se expondrá sobre que función cumple un habitáculo, los tipos, las normas a referirse para el diseño y construcción, como al igual se tratará sobre materiales y procesos de soldadura, y con ello lograr obtener un excelente acabado del diseño, gracias al software Solidworks 2014.



Para este trabajo se realiza una investigación bibliográfica y obtener las referencias y la sustentación en donde basar la manera de desarrollar el proyecto, mediante la investigación de los procesos, como las propiedades de materiales, y determinar el más adecuado para la estructura.

Solidworks 2014 es un software donde se puede dar forma al diseño, gracias a él no solo facilita el bosquejo y el modelado, también ayuda con los análisis de carga a los cuales será sometido el habitáculo y cumplir con la norma INEN NTN 1323 y estar dentro de los parámetros que requiere la FIA para este tipo de competición. A lo largo de este capítulo se muestra todo el proceso del dibujo del habitáculo, paso a paso con todos los comandos necesarios para ello. En el proceso de construcción se dará cumplimiento con los planos, estos serán proporcionados por el software luego de culminar la etapa de dibujo, el proceso de soldadura se realizara con el equipo de soldadura MIG para realizar una correcta unión de toda la estructura, este tipo de soldadura presenta una gran ventaja de procedimiento rápido y de fuerte penetración, utilizado preferentemente para soldar espesores notables y materiales de elevada resistencia como el acero ASTM A36 que presenta unas excelentes propiedades mecánicas.

## **CAPÍTULO I**

### **1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Antecedentes**

En el campo automotriz la evolución avanza a pasos agigantados, cada día tiene innovaciones, la tecnología y nuevas mejoras por dar el mejor rendimiento, la comodidad, la seguridad, y brindar al usuario la satisfacción al momento de comprar un vehículo.

El brindar la seguridad en los vehículos se ha tornado un tema muy importante para las empresas que fabrican los automóviles, esto ha llevado una investigación exhaustiva, para así poder dar soluciones a los problemas que se pueden presentar en un accidente. La constante evolución en los motores como inyección electrónica, el uso de mejores combustibles y la optimización del desempeño del motor ha llevado a que estos vehículos alcancen grandes velocidades en muy poco tiempo, lo que implica más riesgo para causar un accidente y tener menor tiempo de reacción para quien lo conduce.

Esto implica muchos factores tantos como: la impericia, la inobservancia y la imprudencia siendo estos los factores principales como también: el clima, las características geométricas, físicas de las vías, el tránsito y las señales de circulación que pueden o no estar presentes en la vía. Otro factor importante es el estado del vehículo y todos sus sistemas de: frenos, suspensión, tracción y dirección estos deben estar

en perfecto estado para evitar un siniestro. Y los sistemas de seguridad pasiva y activa del vehículo que brindan la protección de los ocupantes en el momento de un percance, dichos sistemas se activan en ese momento, logrando dar la seguridad a los ocupantes del vehículo.

En el ámbito de las competiciones en circuitos el tema de la seguridad se torna un tema más complejo, ya que esto implica el circular por vías de diferente orden, según sea la categoría. En el caso del rally esta se realiza en la mayoría en carreteras de asfalto, tierra, nieve o mixtas entre las mencionadas. Al igual que se pueden presentar zonas peligrosas o curvas sinuosas donde puedan provocar un accidente. Esto hace que los vehículos cuenten con dispositivos adicionales, al momento de adquirir un vehículo para así salvaguardar la integridad de los ocupantes.

La preparación y evolución de vehículos ha llevado a que sean más veloces y estos no pierdan velocidad en tramos sinuosos y cerrados, ya que debe realizar el mínimo tiempo posible logrando definir posiciones en solo segundos de diferencia y con ello lograr alcanzar la victoria.

Las jaulas de seguridad conocidas también como barras de seguridad o jaula antivuelco es un marco metálico diseñado y construido de tubos de gran variedad de materiales. Este marco metálico o estructura tiene la finalidad de no permitir que la deformación de la carrocería en el momento de un accidente aplaste o sea un riesgo para sus ocupantes, todos los vehículos de competencia de rally deben contar con su habitáculo para cumplir con la norma que este deporte requiere para estos vehículos, siendo obligatorio su implementación. Existen muchos diseños de habitáculos, el diseño de estos depende de la entidad que organiza estas

competencias en este caso la FIA, quienes regulan, controlan y prohíben todo lo referente a preparación de vehículos.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

Preparar un auto para competencia implica el uso de ciertos equipos que no se encuentran en los talleres tradicionales, además manejar un software para realizar análisis no es muy común en la forma imprecisa de construir un habitáculo, no garantizaría un diseño óptimo, si no está dentro de las normas que rigen para este tipo de habitáculos en vehículos de competencias. La falta de conocimiento en las personas que los fabrica, hace que la mayoría de veces los construyan con materiales que no cumplen con requisitos de resistencia y rigidez para la construcción de estructuras anti-vuelco.

## **1.3 Formulación del Problema**

¿Cómo diseñar analizar y construir un habitáculo de seguridad para un automóvil CORSA WIND 1.4 para competencias de rally?

## **1.4 Delimitación**

### **1.4.1 Delimitación Espacial**

Este proyecto se llevará a cabo en los talleres Auto Servicio Palacios de la ciudad de Ibarra.

### **1.4.2 Delimitación Temporal**

Este proyecto se llevará a cabo desde el mes de Mayo del 2013 hasta el mes de mayo del 2014.

### **1.5 Tecnológica**

Descripción de las tareas tecnológicas que se realizarán:

Se diseñará en el software Solidworks 2014 y al bosquejo se le realizará un análisis cuasi estático con cargas aplicadas según normas INEN NTN 1323 para carrocerías en nuestro país cumpliendo con normas y el factor de seguridad en el diseño.

Proceso de construcción y pintura del habitáculo de seguridad para un vehículo CORSA WIND

Implementación de asientos deportivos tipo bacquet especificados para este tipo de competencias.

### **1.6 Objetivos**

#### **1.6.1 Objetivo general**

Diseñar, analizar y construir un habitáculo de seguridad para un automóvil CORSA WIND 1.4 para competencias de rally.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

Investigar bibliográficamente lo referente con habitáculos para vehículos de rally.

Diseñar el habitáculo en Solidworks 2014, cumpliendo con las normas INEN y especificaciones de diseño de la FIA.

Realizar los análisis al diseño y cumplir con el factor de seguridad.

Construir y pintar el habitáculo de seguridad del vehículo CORSA WIND.

### **1.7 Justificación**

Como estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz se ha palpado el interés de este proyecto para incursionar en el campo de las competiciones de rally, y los estudiantes sigan avanzando en este ámbito y no solo en el proceso de construcción de un habitáculo y lo referente a la seguridad, sino que pueda ser en todos los sistemas del vehículo como por ejemplo: suspensión, caja de velocidades, motor y hoy en día la electrónica como la inyección programable y con ello garantizar su funcionamiento en condiciones extremas donde se someta el vehículo en competición.

Este tema no es común entre los mecánicos de nuestra provincia, a diferencia de los que incursionaron en el mundo de las competiciones hasta lograr adquirir una gran experiencia que demuestra sus conocimientos en el momento de la competencia. Con esto se espera que

los estudiantes puedan incursionar en el campo de las competencias y mucho más al momento de poder asesorar y dar un servicio eficiente en la vida profesional donde se puede ayudar a resolver problemas en el campo de la mecánica automotriz.

El diseño y construcción del habitáculo como la implementación de los elementos de seguridad permitirá que el diseño cumpla con normas de seguridad y diseño, este estudio también contribuirá a que los estudiantes tengan un material de estudio como apoyo para futuros proyectos y así despierten el interés en el mundo de las competencias y así engrandecer a la Universidad Técnica del Norte al aportar al mundo de las competencias.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Rally

Este es el deporte automovilístico que inicia desde el año de 1911 en Montecarlo, al paso del tiempo ha logrado acoger a mucha afición que día a día va en aumento y crece el interés por este deporte a nivel mundial.

Esta competencia dura algunos días dependiendo de la dificultad de la pista y el lugar en el cual se desarrollan, los trazados pueden ser de tierra, nieve o asfalto aunque es posible encontrar pruebas mixtas que van alternando entre asfalto y tierra, asfalto y nieve o tierra y nieve. Donde pueden tener una gran cantidad de obstáculos que el piloto debe superar en el momento de la competición.



Figura 2.1. Coche de rally.

Fuente: (Andes, 2014)



Los vehículos de rally sufren grandes modificaciones en varios sistemas como son la carrocería, transmisión, caja de velocidades, frenos y neumáticos. Todo esto con el fin de que cumplan la reglamentación de la Federación Internacional de Automovilismo (FIA).



Figura 2.2. Inyección programable para motores turbo o aspirados.

Fuente:(Sánchez, 2014)

## 2.2 Seguridad

La seguridad en el rally es un tema muy importante, porque este es uno de los deportes automovilísticos que tiene muchos riesgos no solo para los pilotos, sino también para los espectadores por los peligros existentes en los diferentes circuitos, muchas veces los accidentes son inevitables y pueden afectar a los asistentes pero esto muchas veces se debe a la falta de cultura y educación de los mismos. Por esto debe existir una buena organización por parte de las autoridades competentes para tratar de minimizar en lo posible dichos accidentes.



Figura 2.3. Auto en competición.

Fuente: (Gutiérrez, 2010)

En las competiciones de rally la seguridad juega un papel muy importante, debido a que es la que determina la integridad física de los ocupantes del vehículo, en este caso el piloto y copiloto en caso de un accidente.

En seguridad en vehículos existe tanto seguridad activa como seguridad pasiva, que gracias a las nuevas tecnologías estas son más óptimas y eficientes, logrando reducir los daños físicos en el momento de un accidente.



Figura 2.4. Accidente de vehículo de rally.

Fuente: (Blancafort, 2012)

### 2.2.1 Seguridad Activa

Son los elementos que proporcionan el correcto desempeño mientras el vehículo circula

- Frenos ABS (Anti-lock Breaking System)
- Neumáticos.
- Sistema de suspensión.
- Sistema de alumbrado



Figura 2.5.Elementos de seguridad activa.

Fuente: (Méndez, 2010)

### 2.2.2 Seguridad Pasiva

Todos los elementos que conforman la seguridad pasiva en un automóvil tienen como objetivo primordial brindar seguridad, tanto al conductor como a sus ocupantes; esto nos ayuda a disminuir el peligro y las consecuencias en un accidente de tránsito.

Se cuenta con elementos en este sistema como:

- Cinturón de seguridad
- El airbag

➤ Apoya cabezas



Figura 2.6. Elementos de seguridad pasiva.

Fuente: (Montenegro, 2014)

### 2.3 Jaula de seguridad

La jaula de seguridad también denominada jaula antivuelco, barras de seguridad o barras antivuelco es un marco metálico utilizado principalmente en los vehículos de carreras que se construye en el interior del vehículo para evitar deformaciones en la carrocería y lo más importante salvaguardar la vida de sus ocupantes, en caso de un accidente protegiendo su integridad física, especialmente en caso de vuelco. La jaula de seguridad es uno de los elementos principales en cuanto a seguridad se refiere en las competiciones ya que permite garantizar la seguridad del piloto y copiloto en la parte delantera de la cabina, esta debe ser construida especialmente con las normas de la FIA.



Figura.2.7. Accidente de rally

Fuente. (Jagger, 2014)

## 2.4 Tipos de Jaulas de seguridad

En nuestro medio se encuentra dos tipos de jaulas o habitáculos de seguridad como son los desmontables y los habitáculos fijos.

### 2.4.1 Habitáculos desmontables.

Este tipo de habitáculos se pueden desmontar ya que son armados y sujetos a la carrocería del vehículo por medio de pernos de sujeción.



Figura 2.8. Habitáculo desmontable.

Fuente: (Godoy, 2014)

### **2.4.2. Habitáculos fijos.**

Este tipo de habitáculos van fijos en el vehículo por medio del proceso de soldadura dependiendo del diseño y la necesidad, estos se pueden construir de acuerdo a normas y especificaciones de la FIA.



Figura 2.9. Habitáculo fijo

Fuente: (Chong, 2014)

## **2.5 Especificaciones para la estructura según la FIA**

1 arco principal + 2 semi-arcos laterales + 1 miembro transversal superior + 2 miembros longitudinales posteriores + 6 pies de montaje.

## **2.6 Estructura básica**

La estructura básica debe estar hecha de acuerdo al siguiente diseño

## **2.7 Diseño**

Una vez que la estructura básica está definida, esta debe completarse con las conexiones y los refuerzos obligatorios, a los cuales pueden agregarse conexiones y refuerzos opcionales.

## 2.8 Conexiones obligatorias y refuerzos

Conexión Diagonal.



Figura 2.10. Conexión diagonal.

Fuente. (Torres, 2014)

Barras de puerta.

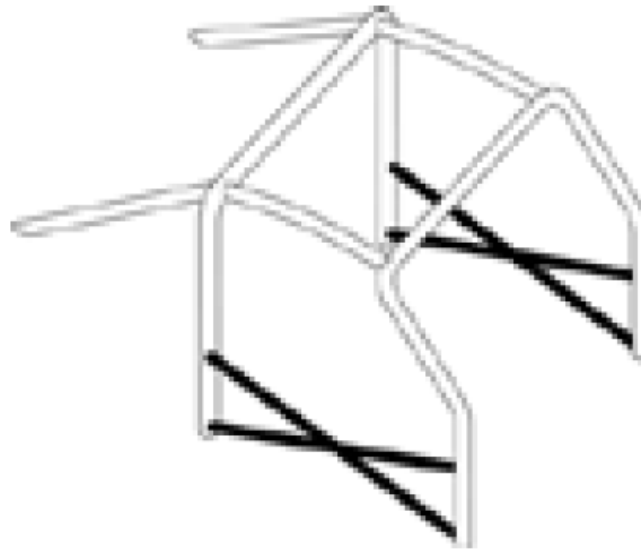


Figura 2.11. Barras de Puerta.

Fuente. (Torres, 2014)

Conexiones transversales.



Figura 2.12. Conexiones Transversales.

Fuente. (Torres, 2014)

Refuerzo del techo.



Figura 2.13. Refuerzo del techo.

Fuente. (Torres, 2014)

Limitaciones adicionales.

La jaula de seguridad debe estar contenida en su totalidad entre los límites siguientes: los refuerzos traseros, pueden sobresalir de este plano a fijar en el chasis, en este pueden sobresalir más allá de los puntos de montaje de la suspensión trasera siempre que estén fijos o soldados a un cuerpo hueco del chasis monocasco. La cara posterior del apoya cabeza



sujeto a la carga reglamentaria definirá la posición del tubo de la barra anti-vuelco principal que no podrá sobresalir en proyección vertical.

Especificaciones de materiales.

Sólo están autorizados los tubos de sección circular

Tabla 1

Material	Resistencia mínima a la tracción	Dimensiones mínimas (mm)	Utilización
Acero al carbono no aleado (ver a continuación) conformado en frío conteniendo un máximo del 0,3% de carbono.	350 N/mm <sup>2</sup>	45 x 2,5 (1,75" x 0,095") o 50 x 2,0 (2,0" x 0,083")	Arco principal (Dibujos 253-1 y 253-3) o arcos laterales y tirante transversal trasero (Dibujo 253-2)
		38 x 2,5 (1,5" x 0,095") o 40 x 2,0 (1,6" x 0,083")	Semiarcos laterales y otras partes de la estructura de seguridad (salvo que se indique lo contrario en los Artículos antes mencionados)

Especificación de materiales

Fuente: (Gómez, 2014).

## 2.9 Solidworks

Este software de CAD en 3D ayuda en diseño, análisis, simulación con herramientas para un sinnúmero de necesidades en el campo del diseño de elementos y conjuntos.

Dicho software es un programa muy sofisticado que asiste de un ordenador con características especiales para los diseños en el sistema de Windows.

Este programa permite someter los diseños en las mismas condiciones que en la vida cotidiana trabajan, esto puede ser con grandes o pequeños ensamblajes.

Su facilidad para el modelaje de piezas permite al diseñador traspasar sus ideas y terminar con diseños sorprendentes que pueden ser extraídos desde 2D hacia dicho software.



Figura 2.14. Portada de Solidworks 2014

Fuente: (Rodríguez, 2014)

## 2.10 Soldadura

La soldadura tuvo sus inicios en el año de 1901 esto fue primero en procesos de fabricar y reparar. Esto tuvo un gran avance desde la invención del electrodo revestido y el soplete oxiacetilénico, este crecimiento acelerado dio inicio después de la II Guerra Mundial con esto dio el nacimiento a nuevos procedimientos de soldadura.

En todo el ámbito que encierra la soldadura su principal aplicación es unir materiales y aleaciones que comúnmente se usan a diario, la unión de dichos materiales se logra mediante un enlazamiento metálico.



Figura 2.15. Soldadura MIG.

Fuente. (Sierra, 2014)

### **2.10.1 Ventajas**

Las ventajas más sobresalientes son:

La unión total de los dos cuerpos, logrando transformarse en un solo cuerpo.

Alta resistencia a la rotura, ya que si se la somete a un gran esfuerzo de torsión tenderá a fracturarse, en áreas que no fueron soldadas.

Menor costo, ya que es más barato que otro tipo de unión común.

Método rápido de unión, se puede decir que este método es el único para penetrar a zonas inaccesibles.

Se pueden lograr una estanqueidad perfecta.



Figura 2.16. Soldadura MIG en estructura

Fuente: (Álvarez, 2014)

### **2.10.2 Definición**

Se entiende como un proceso de soldadura a una unión exacta de uno o más elementos sólidos estos pueden ser por presión, calor o la unión de los dos puede ser con material de aporte y sin él. Es importante conocer que la temperatura de fusión de dicho material de aporte sea menor que el de las piezas que se va a unir o soldar.

### **2.10.3 Soldabilidad**

(Bata, 2010) Se entiende por soldabilidad la capacidad de un acero para ser soldado, bajo unas condiciones determinadas, de modo que la estructura resultante sea la esperada y la unión responda adecuadamente a las exigencias del servicio.

### **2.10.4 Clasificación**

Según el estado de metales a soldar:

- Soldadura por fusión
- Soldadura autógena u oxiacetilénica
- Soldadura por arco eléctrico
- Soldadura por plasma
- Soldadura por resistencia
- Soldadura por partículas
- Soldadura en estado sólido
- Soldadura por fricción
- Soldadura por forja

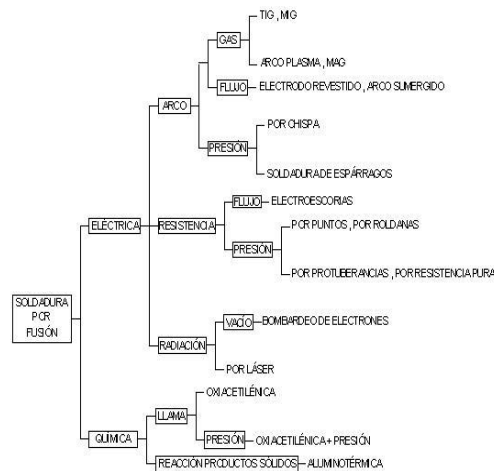


Figura.2.17. Clasificación de soldaduras.

Fuente: (Sierra, 2014)

### 2.10.4.1 Soldadura por fusión

Se da el nombre de soldadura por fusión a aquella en que la unión de los materiales se hace por encima de la temperatura de líquidos del material base como del de aportación. La soldadura en estado sólido se realiza por debajo de la temperatura de sólidos de los materiales. La unión se obtiene como consecuencia de las fuerzas de atracción interatómicas. (Martín, 2012)

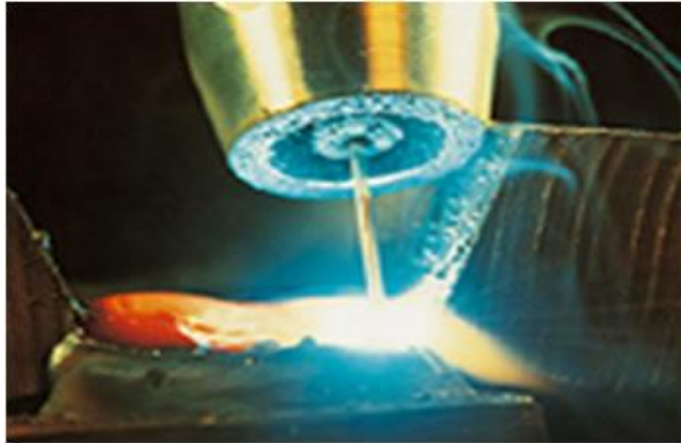


Figura 2.18. Soldadura por fusión

Fuente: (Vergara, 2014)

#### **2.10.4.2 Soldadura blanda.**

Se da el nombre de soldadura blanda cuando el material de aportación funde a temperaturas inferiores a los 500° C.



Figura 2.19. Soldadura blanda.

Fuente. (Sierra, 2014)

#### **2.10.4.3 Soldadura dura**

Soldadura dura a la suelda que supera temperaturas de 500° C.



Figura 2.20 Soldadura dura.

Fuente. (Castro, 2014)

#### **2.10.4.4 Soldadura eléctrica por arco bajo protección de gas con alimentación continua de electrodo sólido (GMAW)**

Este proceso de soldadura por arco bajo protección gas, activo y con una alimentación continua de alambre sólido, es el que se produce gracias al calentamiento de los elementos a soldar o unir llegando a su temperatura de fusión por medio de un arco eléctrico, ocasionado por el electrodo que se usa y un metal base, dicho arco y el metal líquido son protegidos por una nube gaseosa de Óxido de Carbono  $\text{CO}_2$  o la combinación de gases como helio o argón.

El electrodo está constituido por un hilo continuo que se funde dando material de aportación y que se hace avanzar manualmente. Este sistema se denomina de electrodo continuo. Este procedimiento se efectúa automáticamente en los casos de soldaduras largas debido a que el MIG es un procedimiento rápido y de fuerte penetración, utilizado preferentemente para soldar espesores notables y materiales de elevada resistencia.

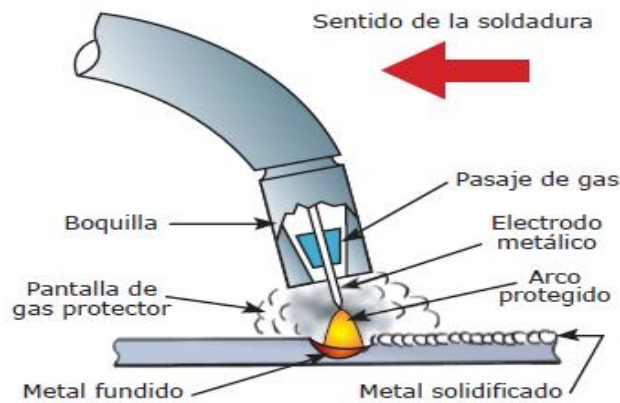


Figura 2.21. Soldadura GMAW

Fuente. (Domínguez, 2014)

Para obtener el arco estable y auto regulado el hilo debe avanzar a velocidad rigurosamente constante. La máquina de soldar debe tener tensión constante, o sea que aunque exista una variación de la intensidad de corriente, la máquina debe recibir siempre la misma.

## 2.11 Clasificación del acero por su composición química

Entre los materiales que se puede contar para la construcción del diseño se tiene a los siguientes.

### 2.11.1 Aceros al Carbono

Son los aceros donde está presente el Carbono y los elementos residuales, como el Silicio, Azufre, Fósforo, y Manganeso, en proporciones consideradas como normales.



### **2.11.2 Aceros aleados de baja aleación**

Son aceros en que los elementos residuales Están presentes más de las cantidades normales, o donde están presentes nuevos elementos aleantes, cuya cantidad total no sobrepasa un valor determinado (normalmente un 3,0 al 3,5%). En este acero, el conjunto total de elementos aleantes no es capaz para alterar la microestructura de los aceros resultantes, así como la naturaleza de los tratamientos térmicos a que deben ser sometidos.

### **2.11.3 Aceros aleados de alta aleación**

Los aceros en que en su total de elementos aleantes se encuentra, en lo mínimo, del 10 al 12%. En estas condiciones, la microestructura como los tratamientos térmicos sufre modificaciones, exigiendo técnicas y cuidados especiales.

## **2.12 Ventajas del acero como material estructural**

El acero es el material estructural perfecto; vería un sinfín de puentes, edificios, torres y otras estructuras de acero. Después de ver todas estas estructuras de acero, se sorprendería al saber que el acero no se fabricó económicamente en los Estados Unidos sino hasta finales del siglo XIX y que las primeras vigas de patín ancho no se laminaron sino hasta 1908. (McCormac, 2011)

### Alta resistencia

La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será poco el peso de las estructuras; esto es de gran importancia en puentes de grandes claros, en edificios altos y en estructuras con malas condiciones en la cimentación.

### Uniformidad

Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.

### Elasticidad

El acero se acerca más en su comportamiento a la hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, gracias a que sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos bastante altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden calcularse exactamente, en tanto que los valores obtenidos para una estructura de concreto reforzados son relativamente imprecisos.

### Durabilidad

Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado duraran indefinidamente. Investigaciones realizadas en los aceros modernos, indican que bajo ciertas condiciones no se requiere ningún mantenimiento a base de pintura.

## Ductilidad

La ductilidad es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. Cuando se prueba a tensión un acero con bajo contenido de carbón, ocurre una reducción considerable de la sección transversal y un gran alargamiento en el punto de falla, antes de que se presente la fractura. Un material que no tenga esta propiedad probablemente será duro y frágil y se romperá al someterlo a un golpe repentino. En miembros estructurales sometidos a cargas normales se desarrollan altas concentraciones de esfuerzos en varios puntos. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente en estos puntos, evitándose fallas prematuras.

## Tenacidad.

Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aun capaz de resistir grandes fuerzas. Esta es una característica muy importante porque implica que los miembros de acero pueden someterse a grandes deformaciones durante su fabricación y montaje, sin fracturarse, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos y taladrarlos sin daño aparente. La propiedad de un material para absorber energías en grandes cantidades se denomina tenacidad.

### **2.13 Aceros Estructurales Modernos**

Las propiedades del acero pueden cambiarse en gran medida variando las cantidades presentes de carbono y añadiendo otros elementos como silicio, níquel, manganeso y cobre. Un acero que tenga cantidades considerables de estos últimos elementos se denominará acero aleado.

Aunque esos elementos tienen un gran efecto en las propiedades del acero, las cantidades de carbono y otros elementos de aleación son muy pequeños. Por ejemplo, el contenido de carbono en el acero es casi siempre menor que el 0.5% en el peso y es muy frecuente que sea de 0.2 a 0.3%.

La composición química del acero es de suma importancia en sus efectos sobre las propiedades del acero tales como la soldabilidad, la resistencia a la corrosión, la resistencia a la fractura. El carbono presente en el acero incrementa su dureza y resistencia, pero al mismo tiempo reduce su ductilidad igual que lo hacen el fósforo y el azufre. La ASTM especifica los porcentajes exactos máximos de carbono, manganeso, silicio, que permiten en los aceros estructurales. Aunque las propiedades físicas y mecánicas de los perfiles de acero las determina principalmente su composición química, también influye en ellas, hasta cierto punto, el proceso de laminado, la historia de sus esfuerzos y el tratamiento térmico aplicado.

Tal vez el 50% del acero estructural usado en los Estados Unidos es un acero al carbono designado A36 por la ASTM, pero existen muchos otros aceros y su demanda está aumentando rápidamente. El acero A572, descrito después en esta sección, se usa actualmente tanto como el A36, el cual es mayor en resistencia.

Los aceros estructurales se agrupan generalmente según varias clasificaciones principales de la ASTM: los aceros de propósitos generales (A 36), el acero estructural de carbono (A 529), los aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación (A 441 y A572), los aceros estructurales de alta resistencia, baja aleación y resistentes a la

corrosión atmosférica (A 242 y A 588) y la placa de acero templada y revenida (A 514).

Tabla 2.

Designación de la ASTM	Tipo de acero	Formas	Usos recomendados	Esfuerzo mínimo de fluencia, F en Klb/plg <sup>2</sup>	Resistencia especificada mínima a la tensión F en Klb/plg <sup>2</sup>
A 36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios y otras estructuras atornilladas, soldadas o remachadas	36 pero 32 si el espesor es mayor a 8plg	58-80
A 529	Al carbono	Perfiles, placas hasta 1/2plg	Similar al A 36	42	60-85
A 441	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, barras y placas 8plg	Similar al A 36	40-50	60-70

Propiedades de aceros estructurales

Fuente: (McCormac, 2011)

## 2.14 Aceros de Carbono

Estos aceros tienen como principal elemento al carbono y al manganeso en cantidad cuidadosamente dosificados. Los aceros al carbono son aquellos que tienen los siguientes elementos con cantidades máximas de: 1.7% de carbono, 1.65% de manganeso, 0.60% de silicio y

60% de cobre. Estos aceros se dividen en cuatro categorías de porcentaje de carbono, como sigue:

Aceros de bajo contenido de carbono (<0.15%).

Acero dulce al carbono (0.15 a 0.29%). El acero estructural al carbono queda dentro de esta categoría.

Acero medio al carbono (0.30 a 0.59%).

Acero con alto contenido de carbono (0.60 a 1.70%).

#### **2.14.1 Acero de Alta Resistencia**

Existe un gran número de acero de este tipo clasificados por la ASTM. Estos aceros obtienen sus altas resistencias y otras propiedades por la adición, aparte del carbono y manganeso, de uno o más agentes aleantes como el columbio, vanadio, cromo, silicio, cobre, níquel y otros. Se incluye aceros con esfuerzos de fluencia comprendidos entre 40000 y 70000 lb/plg<sup>2</sup>. Estos aceros generalmente tienen mucha mayor resistencia a la corrosión atmosférica que los aceros al carbono.

El término baja aleación se usa para describir arbitrariamente aceros en los que el total de elementos aleantes no excede el 5% de la composición total.

Aceros estructurales de alta resistencia, baja aleación y resistencia a la corrosión atmosférica

Cuando los aceros se alean con pequeños porcentajes de cobre, se vuelven más resistentes a la corrosión. Cuando se expone a la atmósfera, las superficies de esos aceros se oxidan y les forma una película impermeable adherida (conocida también como “platina”) que impide una mayor oxidación y se elimina así la necesidad de pintarlos. Después de que ocurre este fenómeno, o sea después de un periodo que va de 18 meses a 3 años (que depende del tipo de exposición, por ejemplo, rural, industrial, luz solar directa o indirecta), acero adquiere un color que va del rojo al café y al negro.

Estos aceros tienen gran aplicación en estructuras con miembros expuestos y difíciles de pintar, sin embargo, no son apropiados para usarse en lugares donde queden expuestos a brisas marinas, nieblas o a humos industriales corrosivos. Para que a estos acero se les forme la película impermeable adherida deberán estar sujetos a ciclos de humedad y resequedad, de otra manera seguirán teniendo la apariencia de acero sin pintar.

#### **2.14.2 Aceros Templados y Revenidos**

Estos aceros tienen agentes en exceso, en comparación con las cantidades usadas en los aceros al carbono, y son tratados térmicamente (templados y revenidos) para darles dureza y resistencia con fluencias comprendidas entre 80000 y 110000 lb/plg<sup>2</sup>. El revenido consiste en un enfriamiento rápido del acero con agua o aceite, cambiando la temperatura de por lo menos 1650°F a 300 o 400°F. En el templado el acero se recalienta por lo menos 1150°F y luego se deja enfriar.

## 2.15 Teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles

La teoría de la energía de deformación máxima predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material.

La teoría de la energía de distorsión se originó debido a que se comprobó que los materiales dúctiles sometidos a esfuerzos hidrostáticos presentan resistencias a la fluencia que exceden en gran medida los valores que resultan del ensayo de tensión simple. Por lo tanto, se postuló que la fluencia no era un fenómeno de tensión o compresión simples, sino más bien, que estaba relacionada de alguna manera con la distorsión angular del elemento esforzado. Para desarrollar la teoría, el volumen unitario sometido a cualquier estado de esfuerzos tridimensional, designado por los esfuerzos  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ . El estado de esfuerzos es de tensión hidrostática debida a los esfuerzos  $\sigma_{prom}$  que actúan en cada una de las mismas direcciones principales. La fórmula de  $\sigma_{prom}$  es:

$$\sigma_{prom} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 / 3$$

De esta manera, experimenta un cambio de volumen puro, es decir, sin distorsión angular. Si se considera  $\sigma_{prom}$  como un componente de  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  entonces



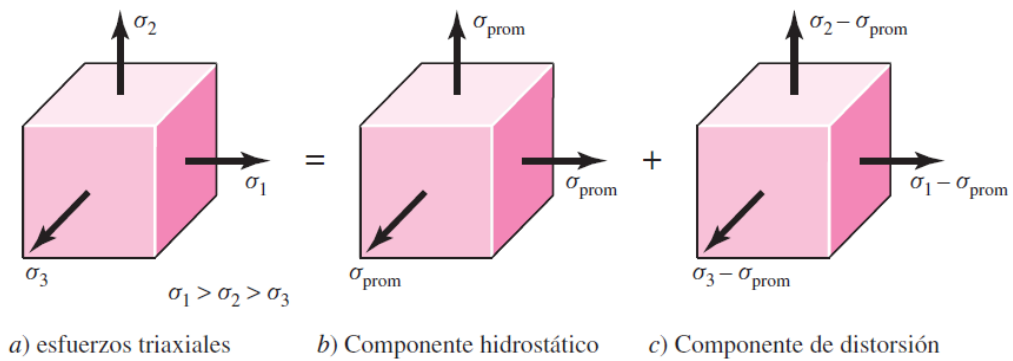


Figura.2.22 Estados de esfuerzos

Fuente. (Budynas Richard, Nisbett G J. Keith, 2011)

Este componente puede restarse de ellos, lo que da como resultado el estado de esfuerzos. Este elemento está sometido a distorsión angular pura, es decir, no hay cambio de volumen.

La energía de deformación por unidad de volumen de la tensión simple es  $u = 1/2 \sigma \epsilon$ . Para el elemento, la energía de deformación por volumen unitario es  $u = 1/2 [\epsilon_1 \sigma_1 + \epsilon_2 \sigma_2 + \epsilon_3 \sigma_3]$ . Sustituyendo para las deformaciones principales se obtiene:

$$u = 1/2 E [\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 - 2\nu (\epsilon_1 \epsilon_2 + \epsilon_2 \epsilon_3 + \epsilon_3 \epsilon_1)]$$

La energía de deformación para producir sólo cambio de volumen  $u_v$  puede obtenerse sustituyendo  $\sigma_{prom}$  para  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la ecuación. El resultado:

$$u_v = 3\sigma_{prom}^2 / 2E (1 - 2\nu)$$

Si ahora se sustituye el cuadrado de la ecuación y se simplifica la expresión, se obtiene:

$$u_v = 1 - 2\nu/6/E (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + 2\sigma_1\sigma_2 + 2\sigma_2\sigma_3 + 2\sigma_3\sigma_1)$$

Entonces la energía de distorsión:

$$U_d = u - u_v = 1 + \nu / 3E [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2/2]$$

Observe que la energía de distorsión es cero si  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ .

Para el ensayo a tensión simple, en la fluencia,  $\sigma_1 = S_y$  y  $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ , la energía de distorsión es:

$$u_d = (1 + \nu / 3E) S_y^2$$

En el caso del estado general de esfuerzo, se predice la fluencia. Esto da:

$$[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 / 2]^{1/2} \geq S_y$$

Si se tuviera un caso simple de tensión  $\sigma$ , entonces la fluencia podría ocurrir cuando  $\sigma \geq S_y$ . Por lo tanto, el lado izquierdo puede considerarse como un esfuerzo sencillo, equivalente o efectivo del estado general total del esfuerzo dado por  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ . Por lo general, este esfuerzo efectivo se llama esfuerzo Von Mises,  $\sigma_J$ , en honor del doctor R. Von Mises, quien contribuyó a elaborar la teoría. Así, puede escribirse como:

$$\sigma' \geq S_y$$

Donde el esfuerzo Von Mises es:

$$\sigma' = [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 / 2]^{1/2}$$

Para el esfuerzo plano, sean  $\sigma_A$  y  $\sigma_B$  los dos esfuerzos principales diferentes de cero. Entonces:

$$\sigma = (\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2)^{1/2}$$

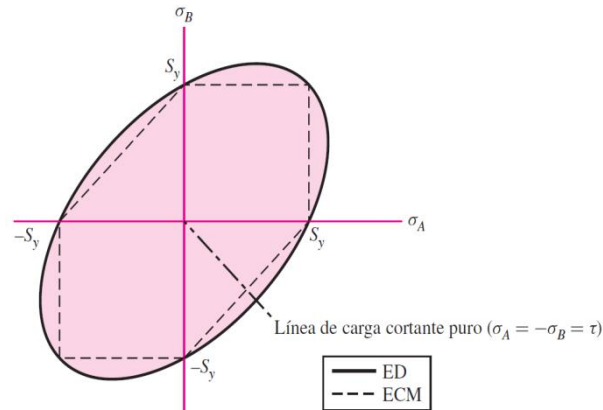


Figura.2.23 Líneas de carga.

Fuente. (Budynas Richard, Nisbett G J. Keith, 2011)

La ecuación es una elipse rotada en el plano  $\sigma_A$ ,  $\sigma_B$ , con  $\sigma_J = S_y$ . Las líneas punteadas en la figura representan la teoría del ECM, que puede verse como más restrictiva y, por ende, más conservadora.

Usando las componentes xyz del esfuerzo tridimensional, el esfuerzo Von Mises puede escribirse como:

$$\sigma' = 1/\sqrt{2} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]^{1/2}$$

Y para el esfuerzo plano:  $\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$

La teoría de la energía de deformación también se denomina:

- Teoría de Von Mises o Von Mises-Hencky
- Teoría de la energía de cortante
- Teoría del esfuerzo cortante octaédrico

Entender el esfuerzo cortante octaédrico dará algo de luz sobre por qué el ECM es conservador. Considere un elemento aislado en el cual los esfuerzos normales sobre cada superficie son iguales al esfuerzo hidrostático  $\sigma_{prom}$ . Existen ocho superficies simétricas a las direcciones principales que contienen este esfuerzo. Los esfuerzos cortantes sobre estas superficies son iguales y se llaman esfuerzos octaédricos cortantes. A través de las transformaciones de coordenadas, el esfuerzo cortante octaédrico está dado por:

$$\tau_{oct} = 1/3[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2}$$

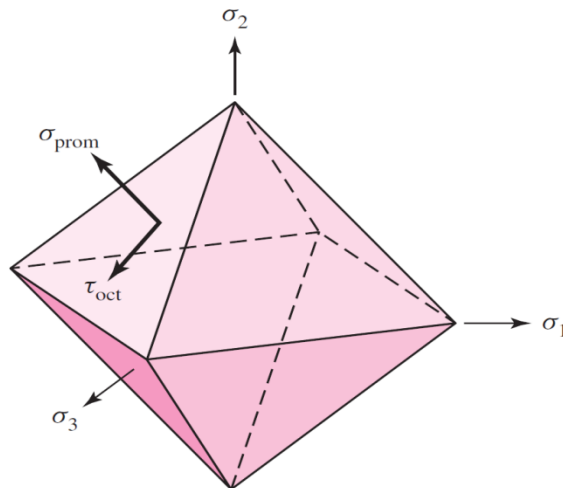


Figura 2.24. Esfuerzos cortantes

Fuente. (Budynas Richard, Nisbett G J. Keith, 2011)

Bajo el nombre de teoría del esfuerzo cortante octaédrico, se supone que la falla ocurre siempre que el esfuerzo cortante octaédrico de cualquier estado de esfuerzo es igual o mayor al esfuerzo cortante octaédrico con el cual falla la pieza de ensayo a tensión simple. Como

antes, con base en los resultados del ensayo a tensión, la fluencia ocurre cuando  $\sigma_1 = S_y$  y  $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ .

$$\tau_{oct} = (\sqrt{2} / 3) S_y$$

Cuando, para el caso del esfuerzo general, es igual o mayor a la ecuación, se predice la fluencia. Esto se reduce a:

$$[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}]^{1/2} \geq S_y$$

Que es idéntica, lo cual verifica que la teoría del esfuerzo cortante octaédrico máximo es equivalente a la teoría de la energía de distorsión.

El modelo de la teoría del ECM no toma en cuenta la contribución de los esfuerzos normales sobre las superficies a 45° de la pieza sometida a tensión. Sin embargo, estos esfuerzos son  $P/2A$ , y no los esfuerzos hidrostáticos que son  $P/3A$ . Aquí es donde reside la diferencia entre las teorías del ECM y la ED.

La manipulación matemática implicada en el desarrollo de la teoría de la energía de distorsión, a menudo tiende a oscurecer el valor real y la utilidad del resultado. Las ecuaciones dadas indican que una situación de esfuerzo complejo se puede representar por medio de un solo valor, el esfuerzo de Von Mises, el cual puede compararse con la resistencia a la fluencia del material. Esta ecuación puede expresarse como una ecuación de diseño mediante:

$$\sigma' = S_y/n$$

La teoría de la energía de distorsión no predice falla bajo presión hidrostática y concuerda con todos los datos del comportamiento dúctil.

Por consiguiente, es la teoría más empleada para los materiales dúctiles y se recomienda para los problemas de diseño, a menos que se especifique otra cosa.

Una nota final que se relaciona con la resistencia a la fluencia cortante. Considere un caso de cortante puro  $\tau_{xy}$ , donde para el esfuerzo plano  $\sigma_x = \sigma_y = 0$ .

$$(\sqrt{3}\tau_{xy})^{1/2} = S_y \quad \text{o} \quad \tau_{xy} = \sqrt{S_y/3} = 0.577S_y$$

Entonces, la resistencia a la fluencia cortante predicha por la teoría de la energía de distorsión es:

$$S_{sy} = 0.577S_y$$

Que, como se estableció antes, es de alrededor de 15% mayor que el valor  $0.5S_y$  predicho por la teoría del ECM. En el caso del cortante puro,  $\tau_{xy}$ , los esfuerzos principales son  $\sigma_A = -\sigma_B = \tau_{xy}$ . La línea de carga de este caso está en el tercer cuadrante a un ángulo de  $45^\circ$  de los ejes  $\sigma_A$ ,  $\sigma_B$ . (Budynas Richard, Nisbett G J. Keith, 2011)

## 2.16 Glosario De Términos

Monoplaza: Se dice del vehículo con capacidad para una sola persona.

Habitáculo: Interior del vehículo de dimensiones pequeñas destinado a ser ocupado por personas.

Rally: Prueba automovilística por etapas que se realiza en carreteras y caminos irregulares y dificultosos.

Carrocería: Parte del vehículo que se asienta sobre las ruedas y en la que van los pasajeros o la carga.

Revestido: Capa que cubre o protege una área o superficie.

Fusión: Unión de dos o más elementos en el caso de materiales.

Corrosión: Desgaste o destrucción lento y paulatino de una cosa.

Sedan: Vehículo automóvil de origen francés, cerrado, de capacidad para al menos cuatro personas.

Paneles: Parte de un mecanismo, vehículo, etc., donde aparecen los indicadores o los controles.

Estribos: Especie de escalón que sirve para subir o bajar de un vehículo.

Anticorrosivos: Que no permite la oxidación de las partes metálicas del vehículo.

Parachoques: Pieza de los automóviles y otros vehículos para amortiguar los efectos de un choque.

Travesaños: Pieza que atraviesa de una parte a otra.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

Esta investigación será de tipo bibliográfica y tecnológica ya que implica el análisis a la investigación acerca de la preparación de un vehículo de competencia para rally donde se utilizará materiales y elementos para la construcción de un habitáculo de seguridad.

##### **3.1.1 Investigación Bibliográfica**

Se realizará una investigación bibliográfica donde se podrá conocer sobre los tipos de habitáculos, normas requeridas para el diseño al igual que investigar sobre propiedades de los materiales posibles para este dispositivo y asignar el material adecuado para el diseño.

##### **3.1.2 Investigación Tecnológica**

Investigación Tecnológica ya que el diseño se someterá a análisis y poder determinar si el proyecto es factible gracias al resultado que este nos arroje después de realizar los análisis de cargas y realizar una construcción óptima.



## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Analítico Sintético**

Se realizará la recolección de información a través de catálogos de materiales, soldadura, pintura, análisis y procesos de construcción en estructuras y con ello se logrará una investigación exitosa también se apoyará esta investigación en libros, fuentes de la red, como también las normas de nuestro país referente al análisis del habitáculo para vehículos de rally.

### **3.2.2 Método Diseño**

Para este proyecto se hará el modelado de la estructura, mediante un software de diseño mecánico Solidworks para el análisis del habitáculo con cargas reales en momentos reales a las cuales estará sometida la estructura.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROPUESTA DEL DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN HABITÁCULO PARA UN VEHÍCULO DE RALLY**

En este capítulo se expondrá las etapas del modelado, simulación y análisis estructural de un habitáculo para un vehículo de rally diseñado en el software SOLIDWORKS 2014, en el mismo que se presentan las consideraciones del diseño, restricciones y aplicación de cargas bajo situaciones o combinaciones como requisito en la INEN NTE 1323, y por último la visualización de los resultados y la construcción del diseño.

En el análisis y diseño del habitáculo en Solid Works 2014, se tendrá el siguiente orden de pasos:

Graficar el croquis en 3D de la estructura una vez ya determinada la geometría exacta.

Definir los estados de carga y sus combinaciones.

Definir material del diseño.

Asignar las cargas (con su valor y dirección).

Asignar el mallado mediante el software al diseño.

Análisis estático de diseño según la teoría de Von Mises.

Resultados.

Construcción del habitáculo de seguridad en el vehículo.

Implementación de asientos tipo bacquet sparco y cinturones de seguridad de cuatro puntos.

Proceso de pintura de la estructura.

Aspecto final de la estructura en el vehículo.

#### **4.1 Graficar el croquis en 3d de la estructura una vez ya determinada la geometría exacta**

Inicio de los pasos del diseño.

Seleccionar la opción generar nuevo documento, aquí se debe dar clic en pieza que será una representación en 3D del diseño.

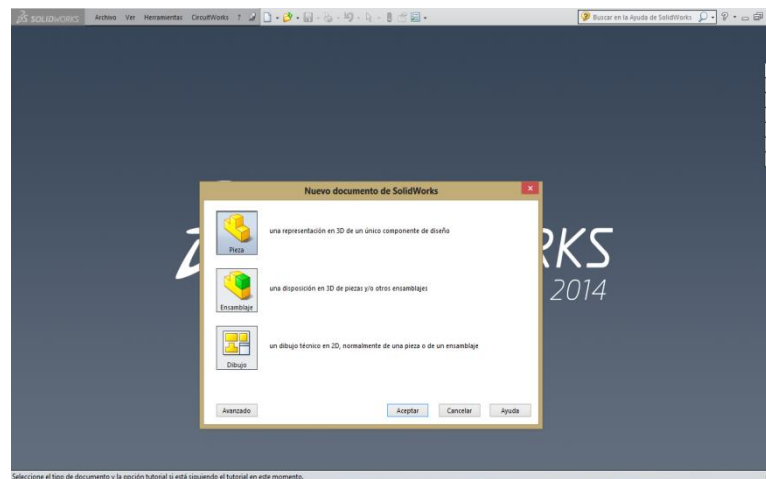


Figura 4.1.Ventana nuevo documento.

Fuente. Autores

Abrir una nueva ventana asignar la opción croquis 3D.

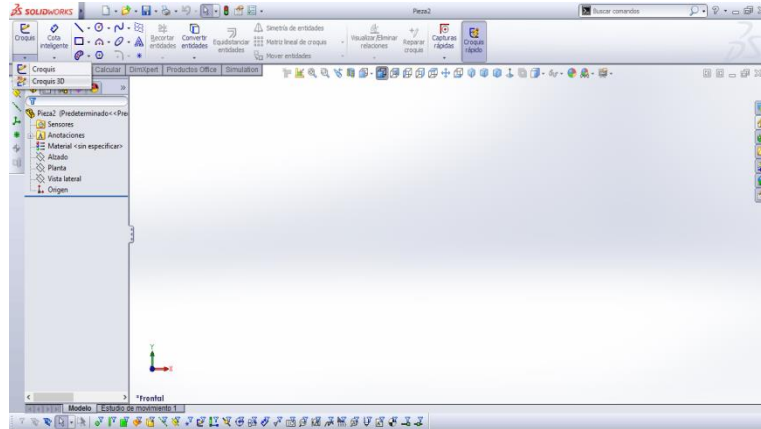


Figura 4.2. Croquis 3D

Fuente. Autores

En el croquis ya asignado se da clic en la opción línea y se asigna medidas como se observa en la figura 4.3.

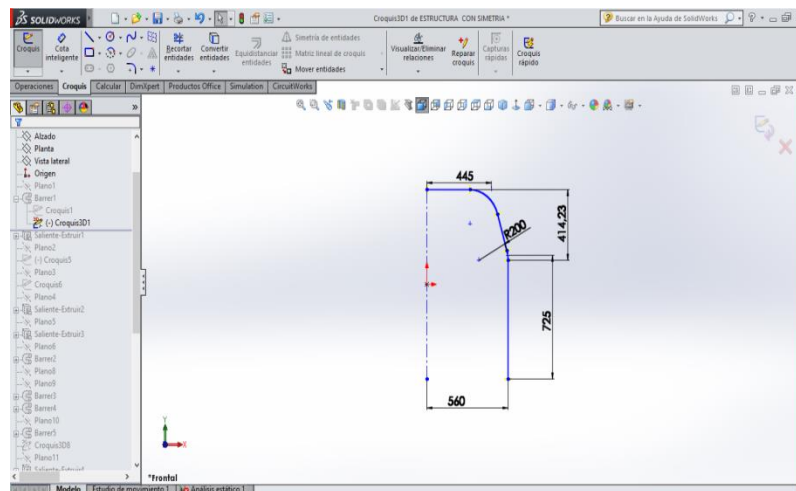


Figura 4.3. Comando línea.

Fuente. Autores

Luego de tener la trayectoria se da un perfil para que siga el croquis, como se indica en la figura 4.4, que es el comando extruir-saliente/base, este comando extruye un croquis o contorno de croquis seleccionado en una o dos direcciones para crear una operación sólida.

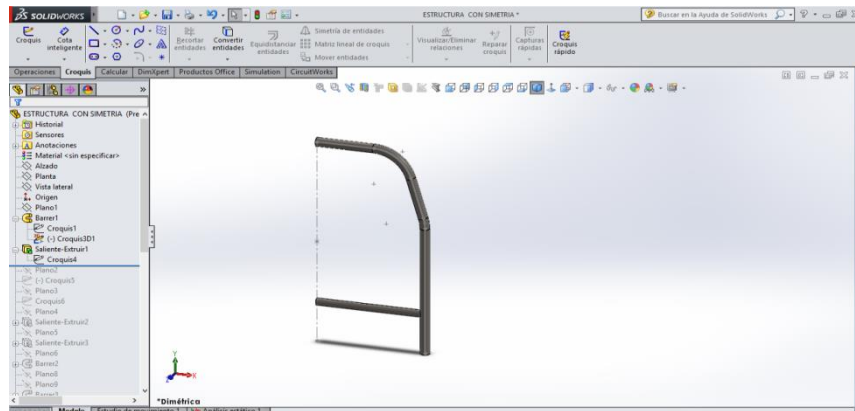


Figura 4.4. Comando extruir-saliente/base  
Fuente. Autores

Se forma la diagonal del arco principal, y se sigue dibujando en el croquis en 3D. Para esto se debe utilizar un plano para trazar las perpendiculares, y se procede a formar la estructura.

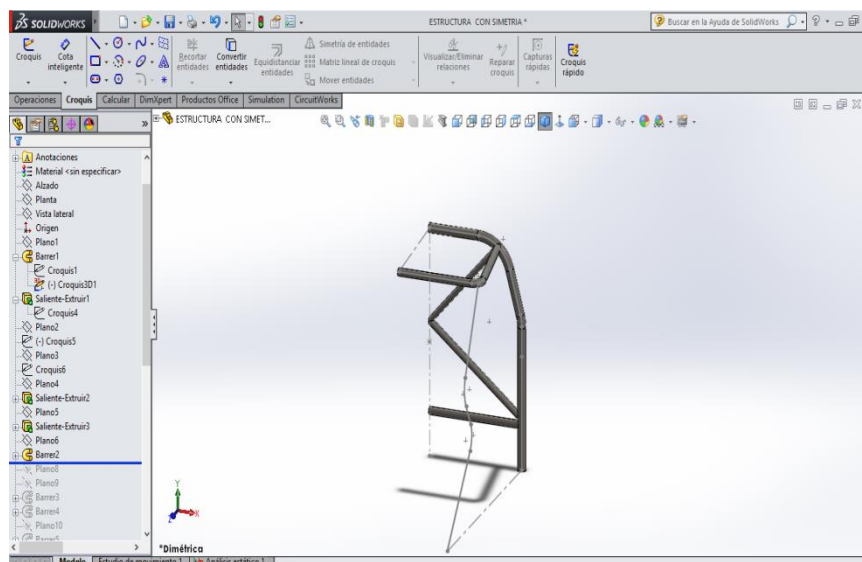


Figura 4.5. Diagonal del arco principal  
Fuente. Autores

Cubrir el arco de la puerta principal con el comando extruir-saliente/base.

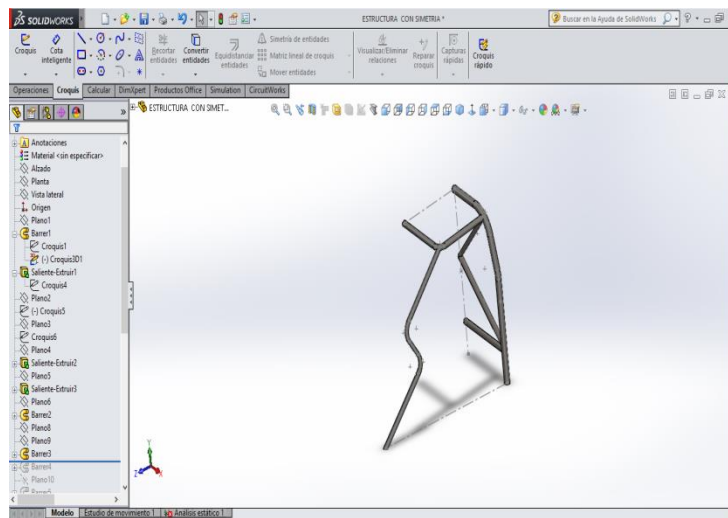


Figura 4.6 Comando extruir-saliente/base

Fuente. Autores

Continuar con la parte superior del tablero y el parante de la puerta con el comando extruir-saliente/base.

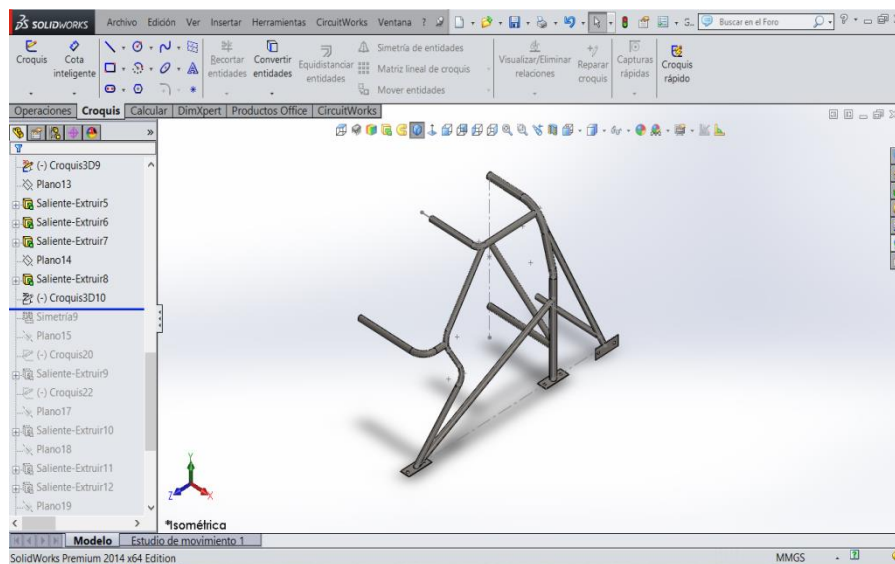


Figura 4.7 Parte superior del tablero y parante de la puerta

Fuente. Autores

Graficar la parte posterior del diseño.

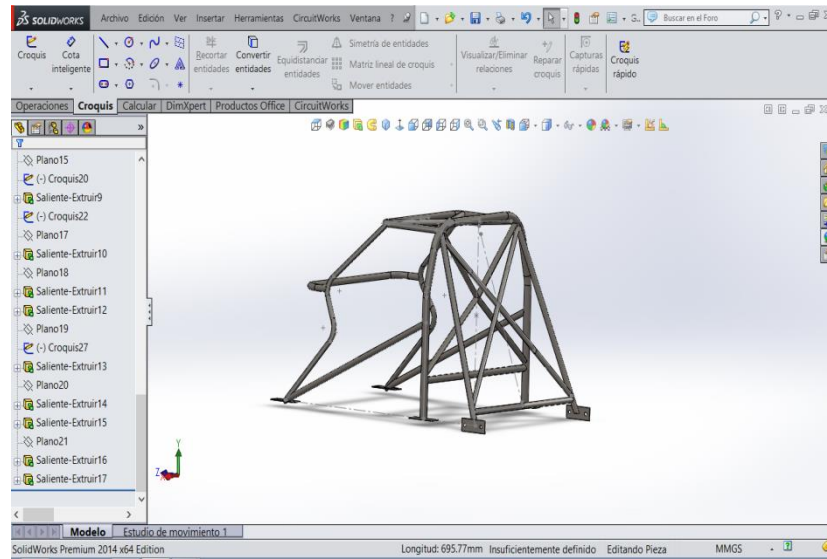


Figura 4.8. Parte posterior

Fuente. Autores

Proceder a colocar los soportes donde irá fijo a la carrocería al vehículo.

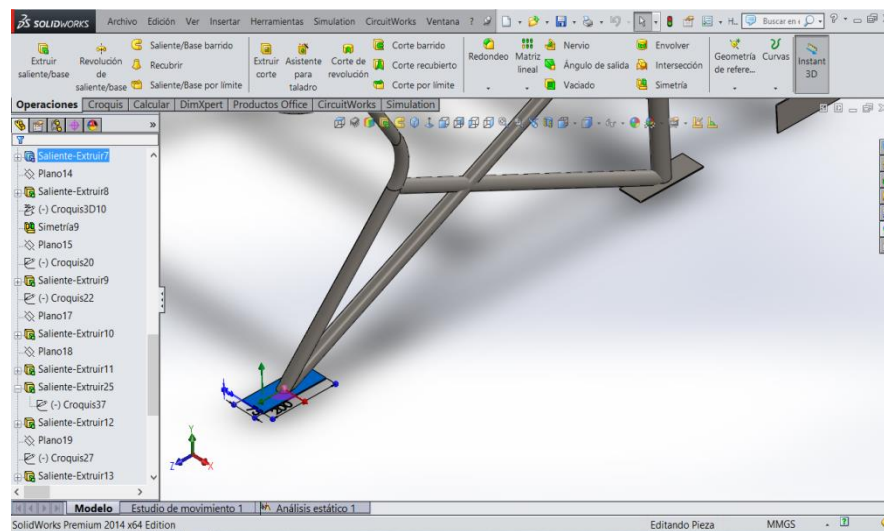


Figura 4.9. Soportes

Fuente. Autores

Se avanza con la parte posterior y su soporte que será los puntos fijos donde se colocará el diseño en el vehículo.

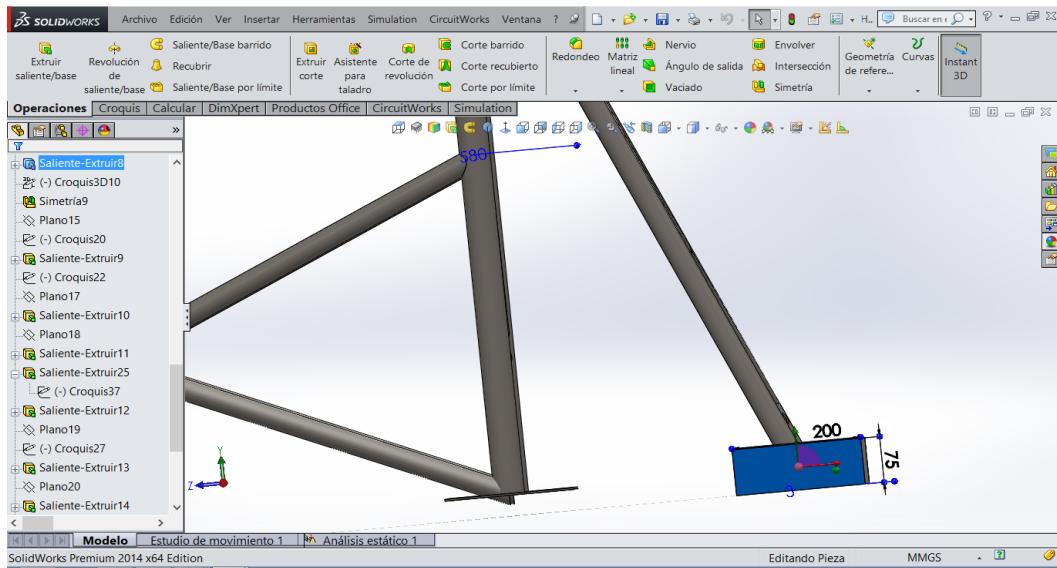


Figura 4.10 Puntos fijos.

Fuente. Autores

Dada la forma, dar la opción simetría, esta opción permite hacer simetría de operaciones, caras y sólidos con respecto a una cara o a un plano. En este caso se forma la mitad restante del diseño y como se observa en la figura 4.11 se tiene el diseño completo.

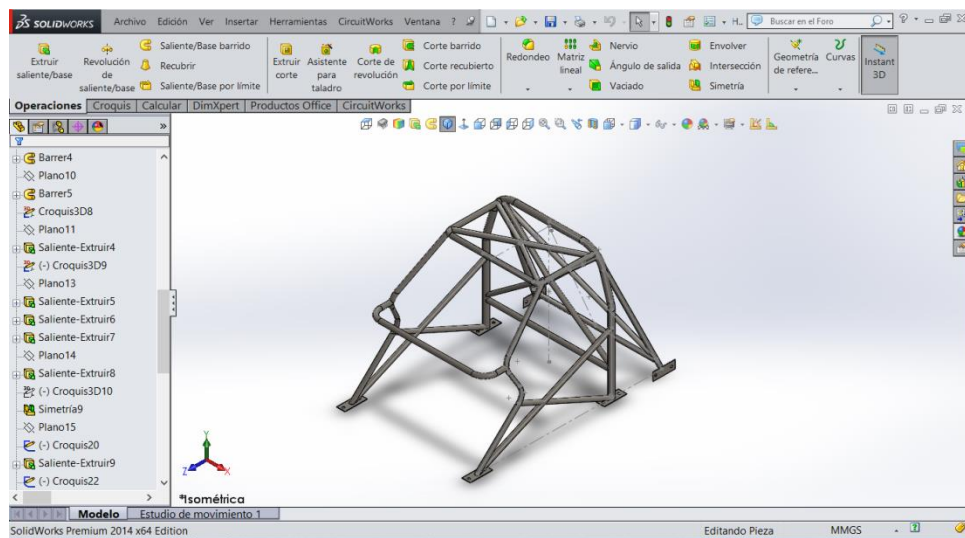


Figura 4.11. Simetría.

Fuente. Autores



Una vez dado la simetría al diseño se procede con el comando soldadura para los empalmes de la estructura.

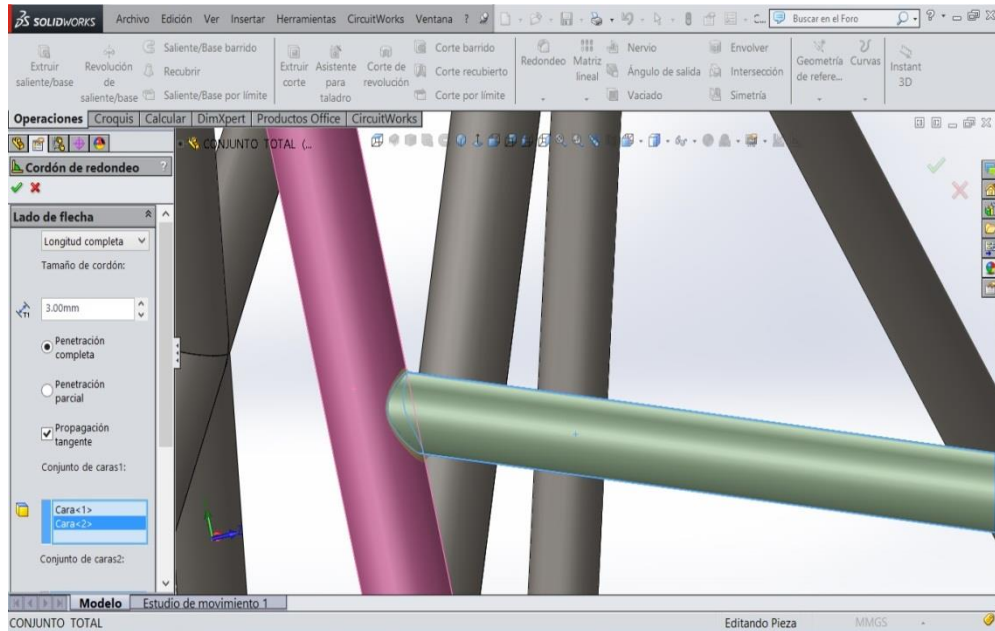


Figura 4.12. Comando Soldadura.

Fuente. Autores

Luego se sigue aplicando a todos los empalmes o uniones restantes de toda la estructura.

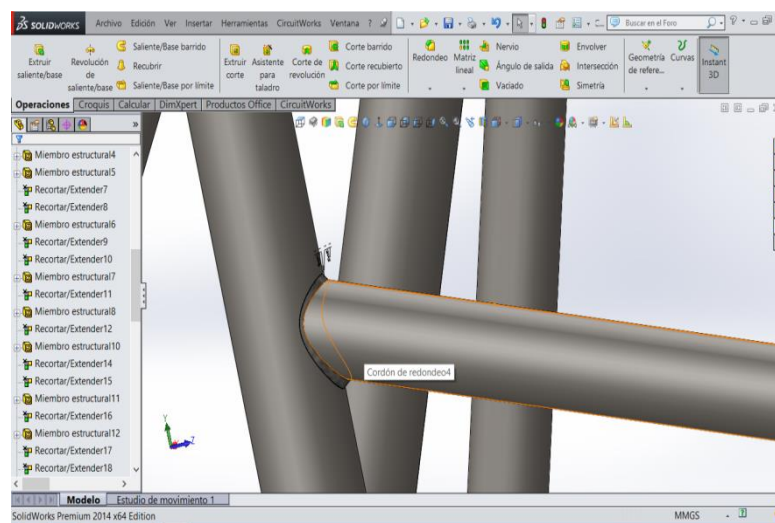


Figura 4.13. Aplicación en toda la estructura.

Fuente. Autores

Luego se tiene toda la estructura con soldadura.

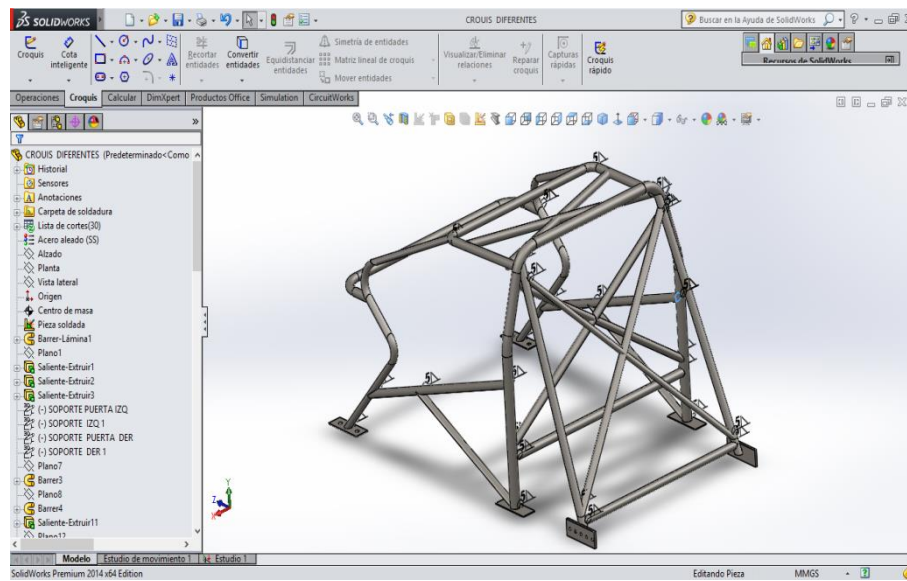


Figura 4.14. Soldadura en toda la estructura.

Fuente. Autores

Aspecto final de la estructura.

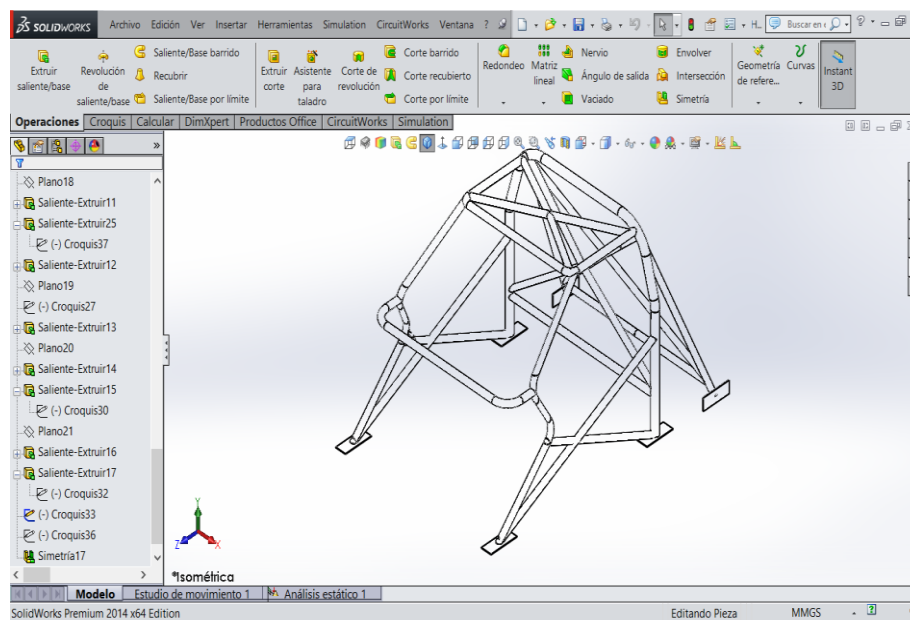


Figura 4.15. Diseño finalizado.

Fuente. Autores

## 4.2 Definir los estados de carga y sus combinaciones (activando los respectivos combos)

En esta etapa se asigna el tipo de cargas al que el diseño va a estar sometido, basados en la norma técnica ecuatoriana (NTE) INEN 1323 de vehículos automotores.

En el caso del diseño se va a realizar un análisis cuasi estático de la estructura ya que implica aceleraciones y por ello determinamos que no es estático.

Para esto se debe asignar ciertos parámetros al diseño como:

Se asigna el material a todos los miembros estructurales del diseño, esta opción permite al software aplicar el material a todos los sólidos.

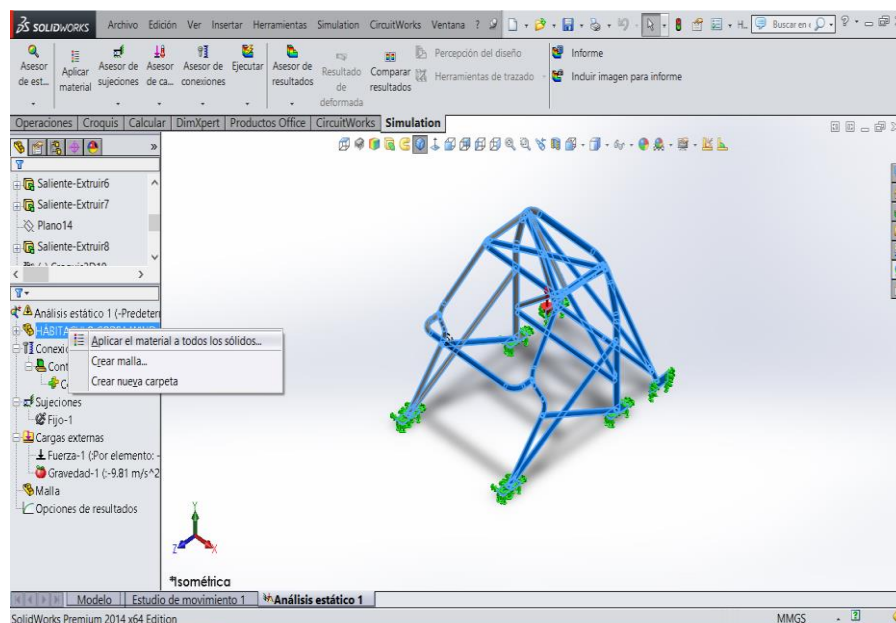


Figura 4.16. Aplicación a los sólidos.

Fuente. Autores

### 4.3 Definir el material en el diseño

Se asigna al diseño el Acero ASTM A36. Por presentar propiedades excelentes del material en su composición química.

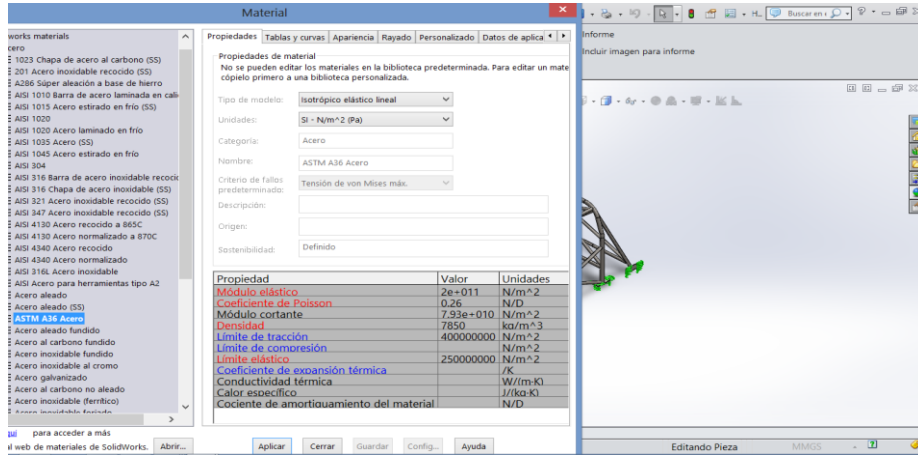


Figura 4.17. Asignación del material.

Fuente. Autores

Al aplicar el material el software automáticamente determina el peso del diseño. Para esto se asigna la opción propiedades físicas y el software determina el resultado en este caso se tiene el valor de 78.23 Kg como se observa en la figura 4.15.

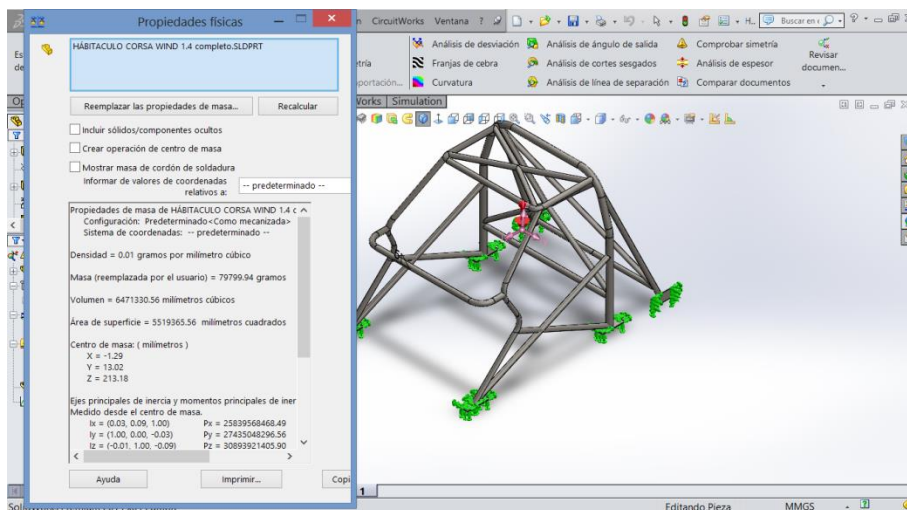


Figura 4.18. Cálculo de peso del diseño.

Fuente. Autores

Ahora se determina las conexiones del diseño, opción contactos entre componentes, esta operación define (unión rígida, libre, nudo a nudo) y se elige la opción sin penetración de diseño, este comando crea un trazado de penetración de diseño para el estudio activo. Ya que se está trabajando con tubos y no con sólidos.

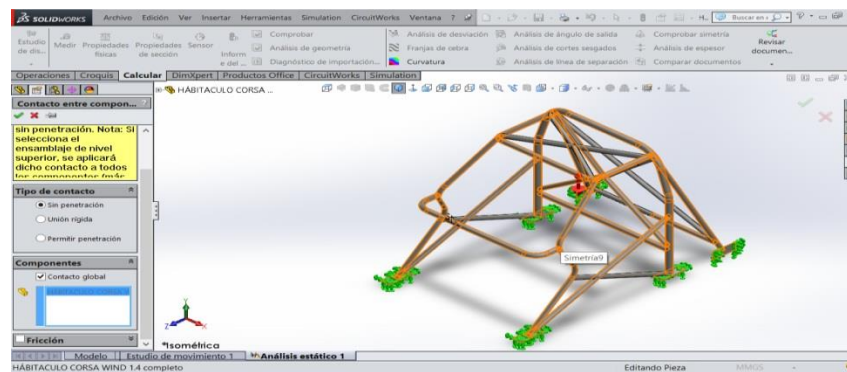


Figura 4.19. Contacto entre componentes.

Fuente. Autores

Ahora se asigna las sujeciones, las cuales serán referencias como puntos fijos. Esto se lo hace en la opción geometría fija y se selecciona la parte fija de la cara de las placas. Se escoge esta opción ya que el diseño va estar fijo en la carrocería del vehículo y mas no estará en movimiento como el de una bisagra en el caso de una puerta o el de rodillo/control deslizante que es el caso de una cinta transportadora.

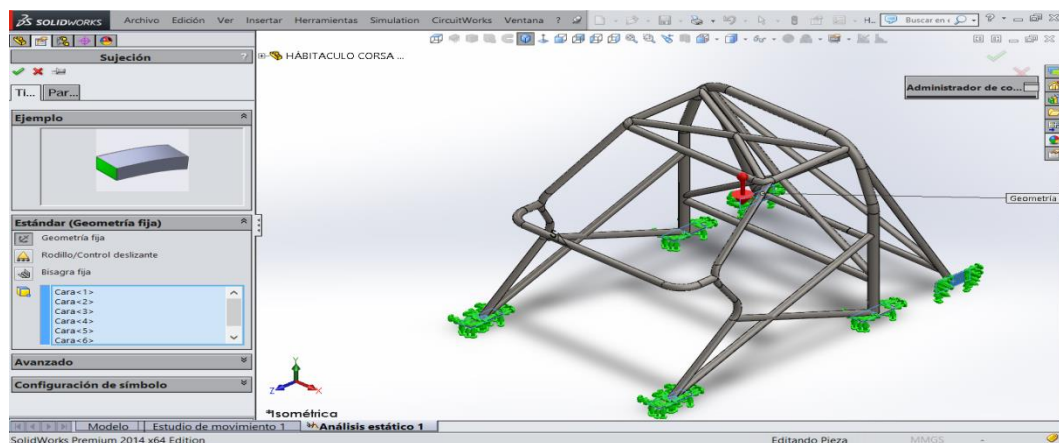


Figura 4.20. Sujeciones.

Fuente. Autores

Se aplica la gravedad, este comando permite definir la aceleración gravitacional para el estudio activo, en la opción cargas externas como se observa en la figura 4.21.

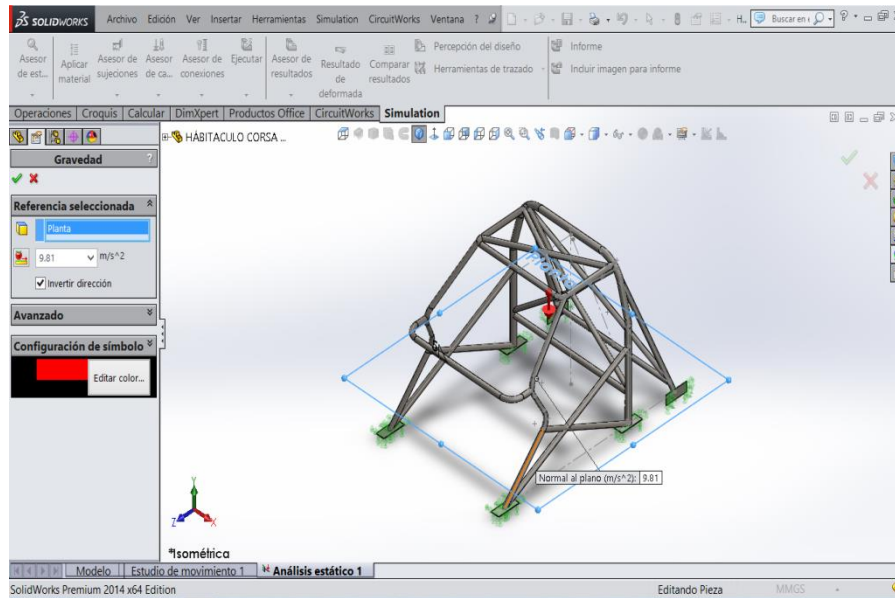


Figura 4.21. Asignación de carga de gravedad.

Fuente. Autores

#### 4.4 Asignar Las Cargas (Con Su Valor y Dirección)

Según la norma para construcción de carrocerías en vehículos automotores se aplica la siguiente combinación de cargas, utilizando el método de diseño que especifica la siguiente tabla:

Tabla 3.

Según el modelo ASD (Allowable strength design)	Según el modelo LRFD (Load resistance factor design)
1: M	1: $1.4M + V$
2: M + V	2: $1.2M + 1.6V + 0.5G$
3: M + V + G	3: $1.2M + 0.5V + 1.6G$
4: M + V + F	4: $1.2M + 1.6F + 0.8R_{af}$
5: M + V + F + $R_{af}$	5: $1.2M + 0.5V + 0.5F + 1.3R_{af}$
6: M + V + $R_{af}$	6: $1.2M + 1.5A_S + 0.5V$
7: M + V + $A_S$	7: $0.9M - 1.3R_{af}$
8: M + V + $A_S + R_{af}$	8: $0.9M + 1.3R_{af}$

Combinaciones de cargas básicas

Fuente: (INEN, 2009)

En este caso se toma el método LRFD que significa: Diseño por factor de carga y resistencia.

Se toma el numeral cinco de la tabla 3

$$5: 1.2M + 0.5V + 0.5F + 1.3R_{af} \quad (4.1)$$

Esta fórmula indica la condición más crítica a la que va a estar sometido el diseño.

Dónde:

CM = Carga muerta.

CV = Carga viva.

CF = Carga de frenado.

Raf = Carga de resistencia al aire frontal.

#### 4.5 Determinación de carga muerta (CM). (Peso propio del diseño)

El software determina automáticamente el peso del diseño, al no contar con las especificaciones y ubicaciones exactas como es el peso de carrocería y otros accesorios del vehículo se deben determinar un factor de carga muerta que es el siguiente:

Determinar cuáles son las cargas muertas en el vehículo que partes:

Componentes peso carrocería: comprende la parte superior de la carrocería del vehículo.

Componentes accesorios: tablero, palanca, volante, mandos, manómetros, odómetros, medidores de voltaje y presión.

Peso de la estructura: habitáculo de seguridad según el material asignado al diseño.

Para determinar el total de la carga muerta se suman todas las anteriormente mencionadas:

$$\text{Carga muerta} = \text{Peso carrocería} + \text{Peso accesorios} + \text{Peso estructura} \quad (4.2)$$

Tabla 4.

Peso parte sup.	Peso accesorios	Peso estructura	Total Carga muerta
60Kg	60Kg	80Kg	200 kg

Carga muerta del diseño

Fuente: Autores



Ahora se determina dividiendo el peso de la carga muerta para el número de miembros estructurales que soportan dicha carga:

$$\frac{CM}{n(ME)} \quad (4.4)$$

Donde CM= Carga muerta y n (ME) es el número de miembros estructurales.

Se reemplaza los valores en (4.4) y se obtiene:  $\frac{200\text{kg}}{32ME} = \frac{6,25(N)}{ME}$

Aquí se observa cómo se aplica la carga muerta en los miembros estructurales del diseño.

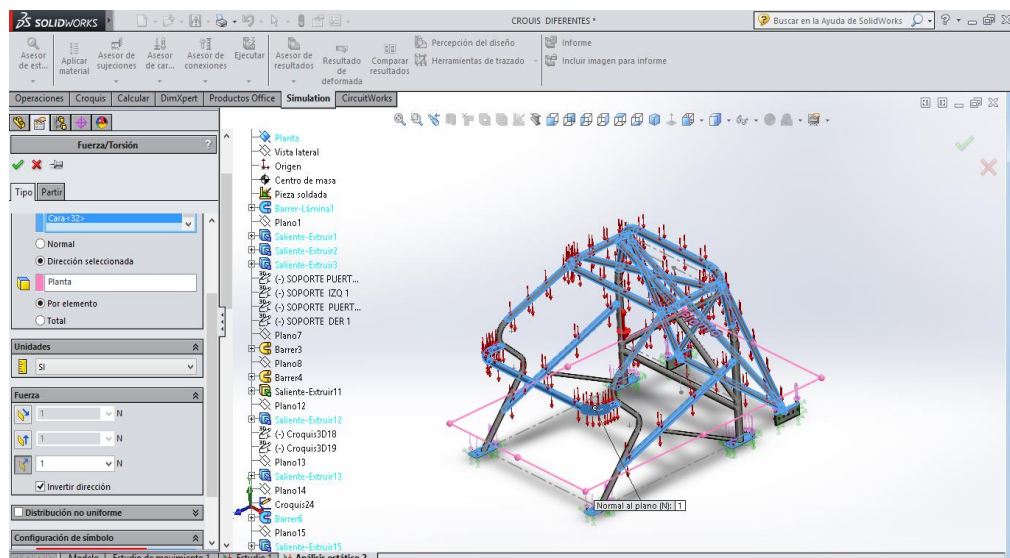


Figura 4.22. Determinación de carga muerta.

Fuente. Autores

#### 4.6 Determinación de cargas vivas (CV)

Se considera carga viva aquella que puede cambiar de posición y magnitud. En este caso sería el peso del piloto y el motor del vehículo.

Carga viva = Peso piloto + Peso asientos + Peso motor (4.5)

Tabla 5.

Peso piloto	Peso asiento	Peso motor	Total
70Kg	10Kg	70Kg	150kg

### Carga viva del diseño

Fuente: Autores

Se elige el plano donde se aplican las cargas en el caso del diseño es en el plano normal, en el que se aplican las cargas vivas y la dirección en los puntos que serán los más críticos que son las sujeciones del diseño a la carrocería.

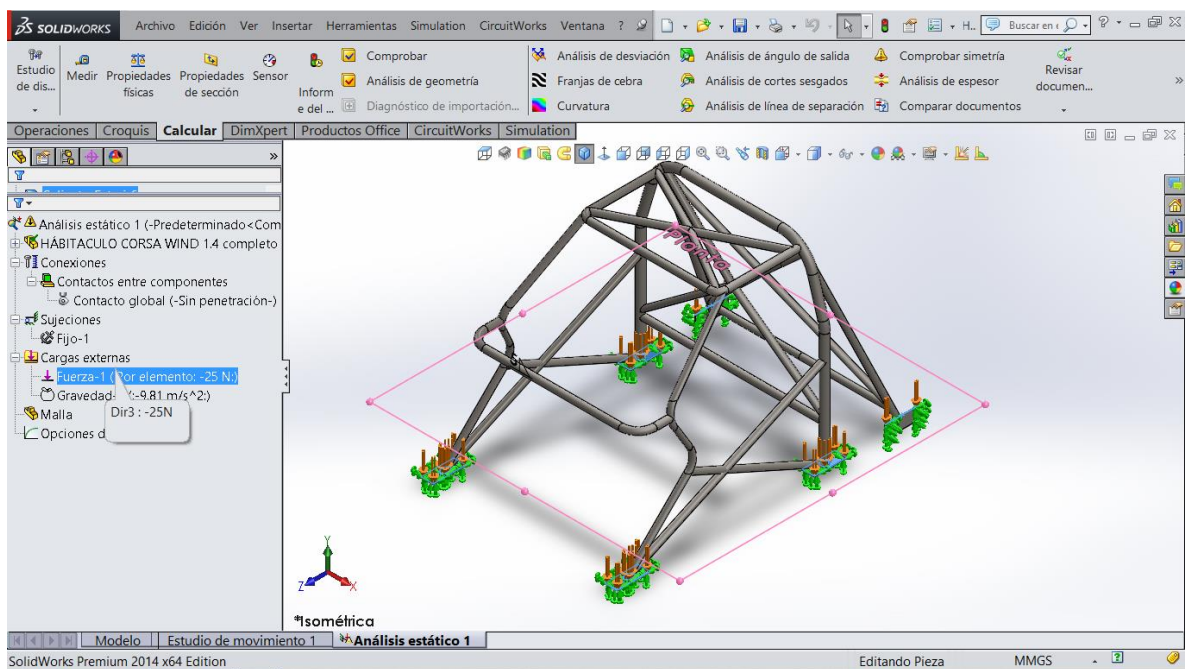


Figura 4.23. Carga viva.

Fuente. Autores

### 4.7 Carga de frenado (CF)

Se supone carga de frenado al parámetro de frenado de pánico. Por ejemplo un vehículo circula a 100km/h con todo su peso en un tramo

horizontal y este debe detenerse absolutamente en un tramo no mayor de 85m.

Para calcular el valor de esta carga se emplea la siguiente formula aquí se demuestra el cálculo.

Datos:

F= peso máximo

Sf = 85m

Si = 0m

V0 = 100km/h a m/s = 27,7m/s.

Donde s es la distancia final (Sf) e inicial (Si), V1: velocidad final, V0: velocidad inicial, a: aceleración.

Se determina la aceleración, para ello se despeja la incógnita a de la siguiente fórmula.

$$V1^2 + V0^2 + 2as \quad (4.6)$$

$$a = \frac{V1^2 - V0^2}{2s} \quad (4.7)$$

Se sustituye valores en (4.7):

$$a = \frac{0 - 27,7}{2(85)}$$

$$a = 4,51\text{m/s}^2$$

Ahora se determina la carga de frenado:

$$C F = m \times a \quad (4.8)$$

Dónde:

CF=carga de frenado, m= masa y a= aceleración.

Se reemplaza los valores en (4.8) y se obtiene:

$$\begin{aligned}CF &= m \times a \\CF &= 350\text{kg} \times 4,51\text{m/s}^2 \\CF &= 1579,71 \text{ (N)}\end{aligned}$$

Se divide el valor de la carga de frenado para el número de miembros estructurales donde se aplicó las cargas.

$$\frac{CF}{ME} \quad (4.9)$$

Se reemplaza los valores en (4.9) y se obtiene:

$$\frac{1579,71}{28} = 56,42\text{N/ME}$$

Carga de resistencia al aire de frenado (Raf).

La fuerza producida por el aire se la calcula con la siguiente ecuación:

$$R_{af} = \frac{1}{2} C_x \rho A_f V^2 \quad (4.10)$$

Dónde:

Raf: Carga por resistencia aerodinámica, su unidad es Newton (N)

P: Densidad del aire, este valor es 1.22 (kg/m<sup>3</sup>); es la condición más crítica para nuestro diseño.

V: Velocidad del aire, en (m/s). (Como mínimo 25 m/s) para nuestro diseño se va asignar a 27.7m/s

Af: Área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m<sup>2</sup>) (1.17m x 1.13m) = 1.32 m<sup>2</sup>

Cx: Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.5)

Se reemplaza los valores en (4.10) y se obtiene:

$$Raf = \frac{1.22 \times 0.5 \times 1.32 \times 27.7^2}{2}$$

$$Raf = 308,91 \text{ (N)}$$

y esto se divide para el número de miembros estructurales que soportan esta carga:

$$\frac{Raf}{n(ME)} \quad (4.11)$$

Se sustituye los valores en (4.11) y se tiene que:

$$\frac{308,91 \text{ (N)}}{35(ME)} = 8,82 \text{ N/ME}$$

Como se observa en el gráfico se asignan las cargas a los miembros estructurales del diseño.

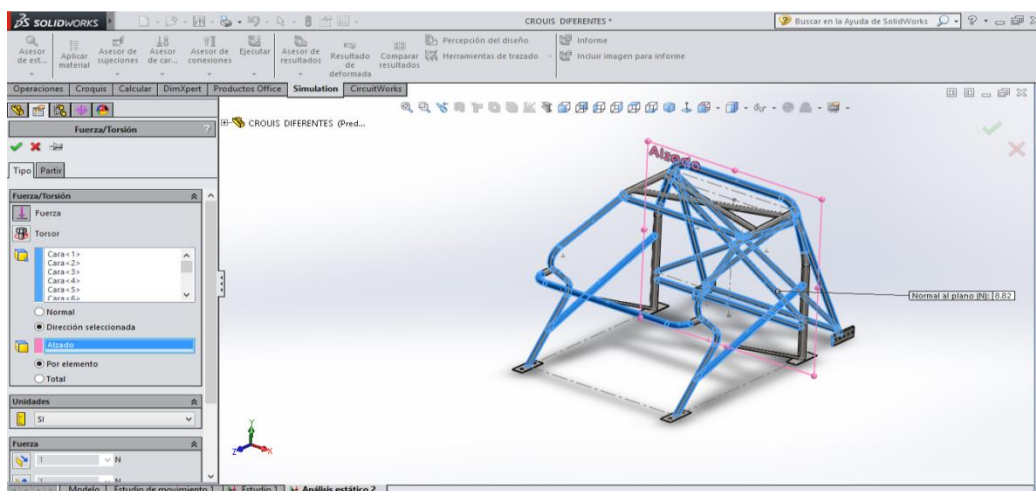


Figura 4.24. Carga de resistencia al aire de frenado.

Fuente. Autores

## 4.8 Asignar el mallado al diseño

Ahora se procede al control de mallado, este comando ayuda a discretizar el diseño en sus partes mínimas; o sea el análisis de cada miembro estructural del diseño.

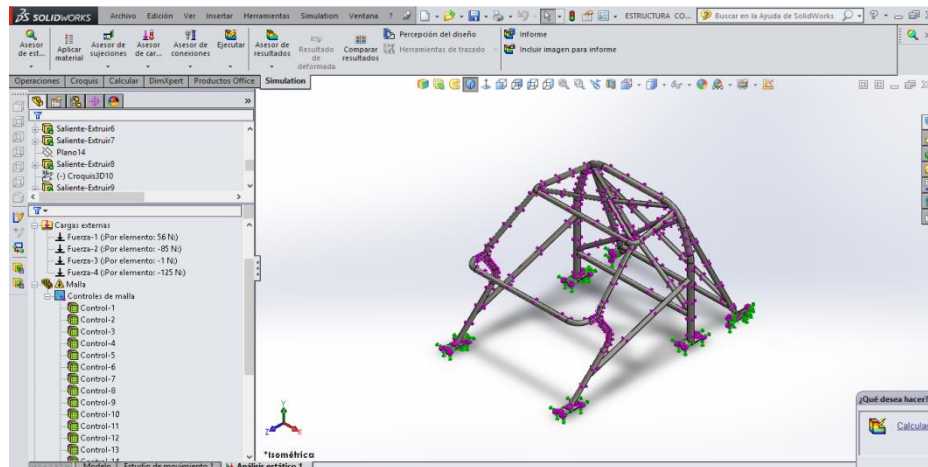


Figura 4.25. Control de mallado.

Fuente. Autores

Luego de aplicar el control de mallado se da la opción crear malla y ejecutar donde el software malla el diseño como se observa a continuación:

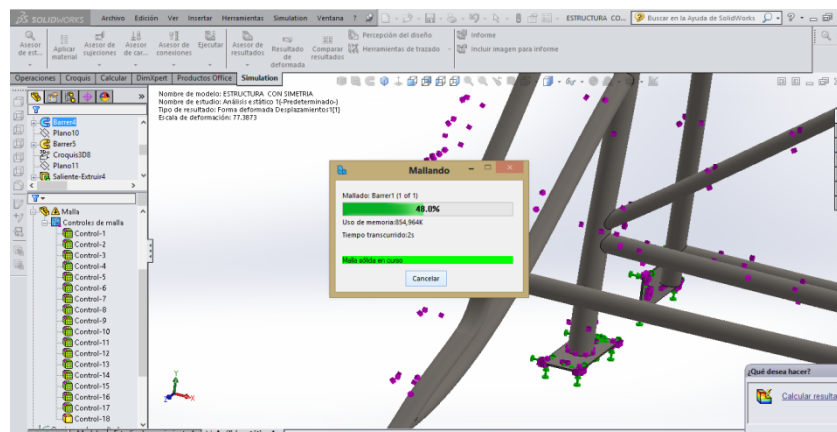


Figura 4.26. Mallado en ejecución

Fuente. Autores

El resultado del mallado donde se observa como el software ejecutó este comando sin ningún error en el diseño.

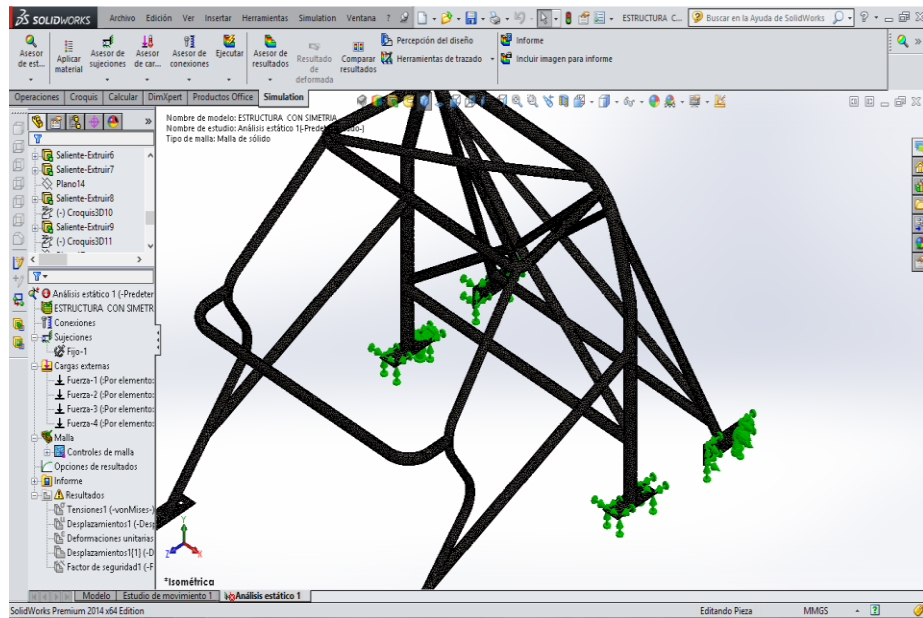


Figura 4.27. Resultado del mallado

Fuente. Autores

Como se observa en la figura 4.27 el mallado del diseño no tuvo error alguno ya que todos los miembros estructurales del diseño están mallados.

## 4.8 Análisis estático de diseño según la teoría de Von Mises

Luego del mallado del diseño el software automáticamente inicia el análisis cuasi estático del diseño.

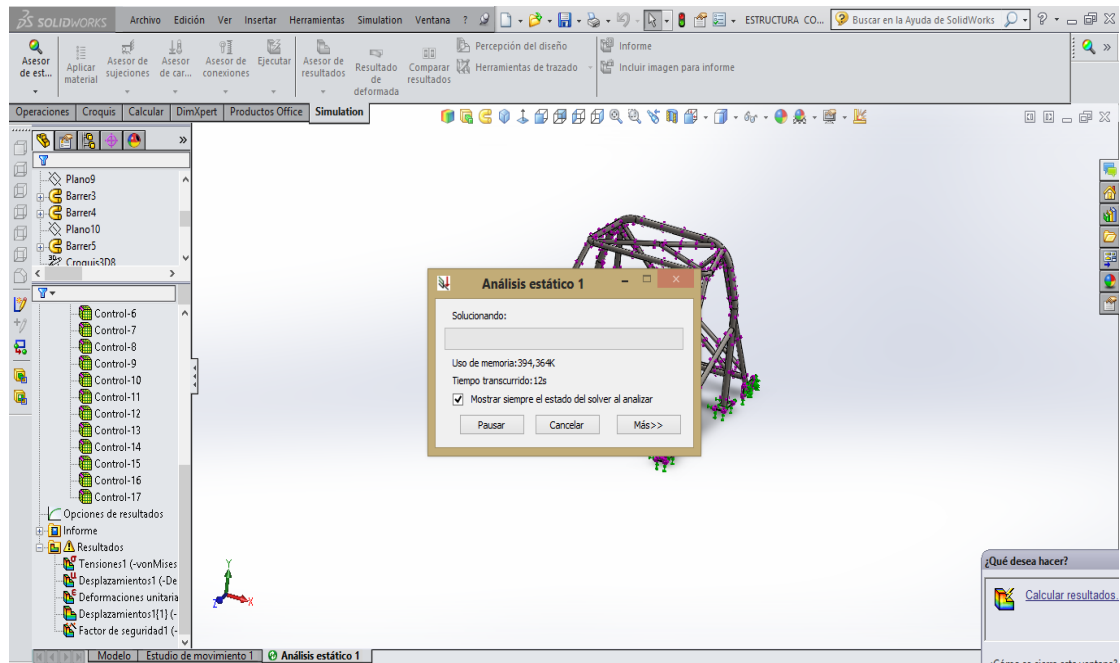


Figura 4.28. Análisis estático

Fuente. Autores

### 4.10 Resultados

Luego de ejecutar el análisis estático del diseño se aplica la Teoría de Von Mises, que es el mejor estimador de fallas en el diseño que permite determinar el esfuerzo máximo en que el elemento se encuentra; como se observa en la figura 4.24 el diseño es en la curvatura de los arcos laterales donde se deforma y el resto del diseño se mantiene intacto con un valor de  $1.64 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Este valor es dado por el mismo programa al asignar las cargas; automáticamente da este resultado.



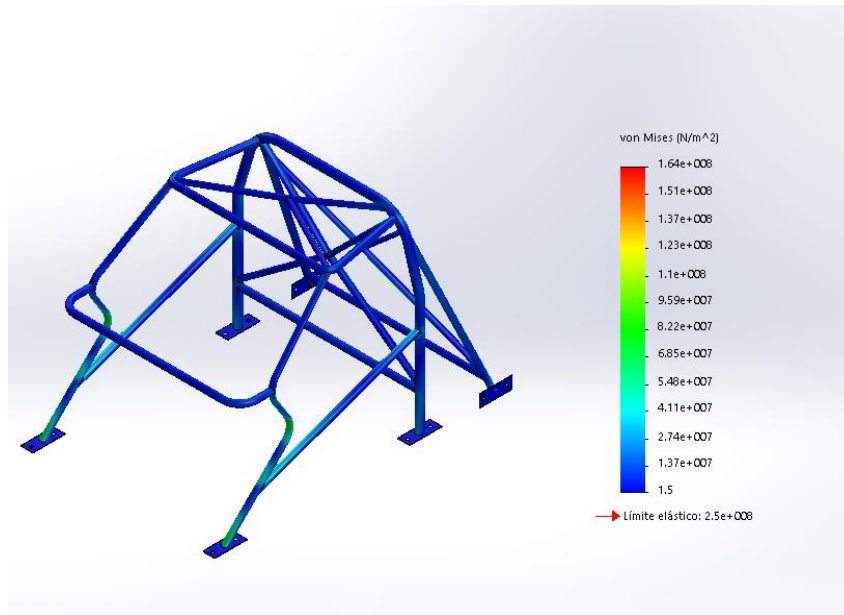


Figura 4.29. Resultado del análisis de la Teoría de Von Mises.

Fuente. Autores

Ahora se observa el resultado de desplazamiento del diseño que se obtiene un valor de 2.93 mm. Este valor se obtiene al aplicar la norma INEN NTN 1323, donde se refiere que las cargas combinadas según los dos métodos (ASD y LRDF) deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores.

En el caso de la barra del diseño, se tiene la longitud de la barra delantera que es 1507.14mm

$$\text{Desplazamiento} = \frac{1}{240 \text{ veces su longitud}} \quad (4.12)$$

$$\text{Desplazamiento} = \frac{1507.14 \text{ mm}}{240}$$

$$\text{Desplazamiento} = 6.28\text{mm}$$

6.28mm es el valor máximo a desplazarse y en el caso del diseño se tiene 2.93mm de desplazamiento; lo que quiere decir que está dentro del parámetro permitido.

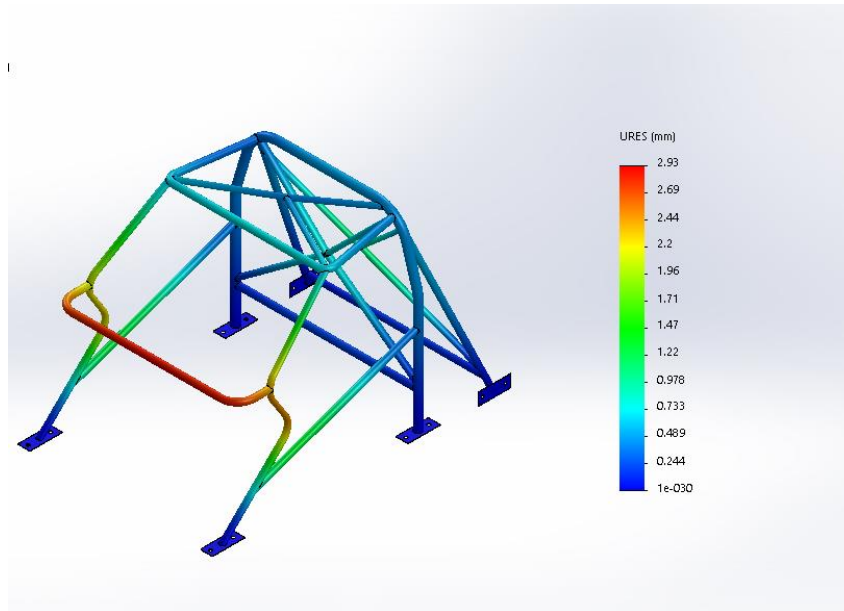


Figura 4.30. Resultado del desplazamiento

Fuente. Autores

El resultado de deformaciones unitarias da un valor de  $5,432 \times 10^{-4}$  como se observa a continuación.

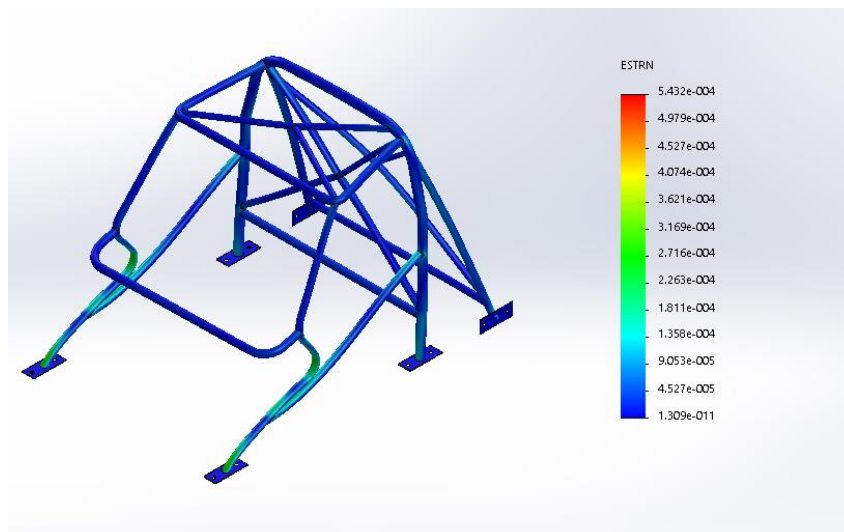


Figura 4.31. Resultado de deformaciones

Fuente. Autores

Y como último resultado se tiene el factor de seguridad del diseño:

Como se determina este valor a continuación se hará la explicación correspondiente:

$$n = \frac{S_y}{\tau_{\max}} \quad (4.13)$$

Dónde:

n = Factor de seguridad.

S<sub>y</sub> = Límite elástico del material.

T<sub>max</sub> = Esfuerzo máximo.

Se sustituye los valores en (4.13) y se obtiene:

$$n = \frac{250 \times 10^6 \text{ MPa}}{164 \times 10^6 \text{ MPa}}$$
$$n = 1,52$$

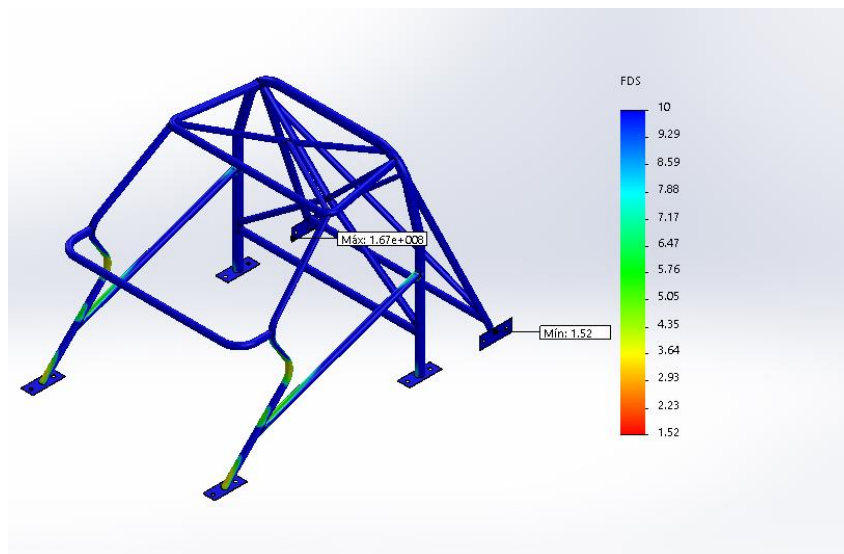


Figura 4.32. Factor de seguridad

Fuente. Autores

El mínimo es 1.52 y el máximo es 1.66 esto quiere decir que al ser mayor a 1 está dentro del parámetro permitido para el diseño ya que soporta todas las combinaciones de cargas.

#### 4.11 Construcción del habitáculo de seguridad en el vehículo

El vehículo se encontraba con todos los accesorios internos antes de empezar con la construcción del diseño.



Figura 4.33. Interior del vehículo estándar.

Fuente. Autores

Se inicia con el desmontaje de los accesorios del interior del vehículo como: asientos delanteros y posteriores, carteras, tapizado, cinturones de seguridad, volante, llanta de refacción, elevador hidráulico, extintor, elementos de seguridad y herramientas del vehículo.



Figura 4.34. Desmontaje de los accesorios internos.

Fuente. Autores

Luego de terminar el desmontaje de las partes del interior del vehículo se procedió con los cortes del acero ASTM A36 según las medidas determinadas en el diseño y como consta en los planos del diseño.



Figura 4.35. Colocación del arco principal.

Fuente. Autores

Luego se cubre el arco secundario delantero.



Figura 4.36. Colocación del arco secundario.

Fuente. Autores

Ahora se procede el doblado del arco lateral de las puertas.



Figura 4.37. Doblado del acero.

Fuente. Autores

Se procede a cubrir el arco lateral de las puertas del vehículo



Figura 4.38. Arco lateral de la puerta.

Fuente. Autores

Luego de ubicar los arcos laterales de las puertas se procede a completar las siguientes partes del diseño.



Figura 4.39. Barras intermedias.

Fuente. Autores

Ahora se cubre las partes posteriores del diseño.



Figura 4.40. Parte posterior.

Fuente. Autores

Como se observa en la figura se puede apreciar la máquina de soldadura empleada luego se detallará los parámetros técnicos de dicho equipo.



Figura 4.41. Soldadura MIG.

Fuente. Autores

Todo este diseño solo se aplicó unos pequeños puntos de soldadura hasta tener armado el diseño completo para luego iniciar con la soldadura completa en el diseño.



Figura 4.42. Puntos de suelda.

Fuente. Autores





Figura 4.43.Puntos de suelda interior

Fuente. Autores

Luego de finalizar el proceso de soldadura en todo el diseño se puede apreciar el resultado de la construcción.



Figura 4.44. Aspecto final en soldadura.

Fuente. Autores



Figura 4.45. Resultado final de soldadura.

Fuente. Autores

#### **4.12 Implementación de asientos tipo bacquet sparco y cinturones de seguridad de cuatro puntos**

Ahora se procede a realizar el montaje de asientos sparco tipo bacquet. Estos asientos no tienen regulación como los convencionales además el material de estos asientos pueden ser de estructura tubular de acero como también puede ser fabricados de fibras como carbono, fibra o kevlar.



Figura 4.46 Montaje de asientos.

Fuente. Autores

Luego de colocar los asientos en el vehículo se procede con la instalación de los cinturones de seguridad de cuatro puntos sparco.



Figura 4.47 Instalación de los cinturones de seguridad de cuatro puntos.

Fuente. Autores.

A continuación se observa el aspecto final del diseño.



Figura 4.48 Resultado final de soldadura.

Fuente. Autores

#### 4.13 Proceso de pintura de la estructura

Se empapela las partes que no se pintan en el vehículo y en si en el diseño.



Figura 4.49 Empapelamiento.

Fuente. Autores

Se empapeló tanto la parte exterior como el interior del vehículo y se inicia con el fondeado de la estructura.



Figura 4.50 Aplicación de fondo de relleno.

Fuente. Autores

Luego de terminar el proceso de fondeado se da la primera mano de pintura. Para esta estructura se utilizó esmalte blanco automotriz para una larga duración y protección de oxidación de la estructura.



Figura 4.51 Primer proceso de pintado.

Fuente. Autores.

Luego se procede con la segunda capa de pintura para dar un acabado preciso en la estructura.



Figura 4.52 Segunda aplicación de capa de pintura.

Fuente. Autores

#### 4.14 Aspecto final de la estructura en el vehículo

Después de terminar las aplicaciones de fondo de relleno y pintura en la estructura. Se puede observar el resultado final de estos procesos.



Figura 4.53. Vista final posterior.

Fuente. Autores



Figura 4.54 Vista final interior.

Fuente. Autores



Figura 4.55 Vista final lateral.

Fuente. Autores



Figura 4.56 Vista fina l interior y asientos.

Fuente. Autores



Figura 4.57. Vista final interior con cinturones sparco.

Fuente. Autores



Figura 4.58 Vista final interior lateral izquierda.

Fuente. Autores





Figura 4.59 Vista final total.

Fuente. Autores.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Con el empleo del software Solid Works 2014, con base en el empleo del Modelamiento por elementos Finitos, se realizó el análisis de tipo cuasi-estático en la estructura, obteniendo resultados óptimos, los cuales se encuentran dentro de los límites permisibles exigidos por la NTE 1323, y la Federación Internacional de Automovilismo.
  
- Se ha logrado evaluar, la funcionalidad, factibilidad y seguridad de la estructura, así como parámetros de geometría, durabilidad, resistencia, costo y disponibilidad de cada uno de los elementos que constituyen la estructura anti-vuelco.
  
- Se ha determinado que el empleo del acero estructural ASTM A-36 es adecuado para la aplicación en estudio, por disponibilidad en el mercado, por cumplir con requisitos de resistencia y rigidez para la construcción de estructuras anti-vuelco.
  
- Para el tipo de estructura en estudio, por las características geométricas y las propiedades mecánicas del material seleccionado se utilizó el criterio de fallo de Método de Energía de Distorsión (Von Mises) considerado como el mejor estimador para materiales dúctiles bajo cargas estáticas, normales, cortantes o combinados totalmente reversibles.

➤ La primera condición de zona crítica el material tiene un esfuerzo máximo de 164 Mpa que no sobrepasa el límite elástico del material empleado el cual tiene un valor de  $S_y=250\text{Mpa}$ , que corresponde al elemento ubicado, en la curvatura de los arcos laterales donde se produce la mayor concentración de esfuerzos.

➤ El factor de seguridad bajo la condición más crítica está localizado en la parte de la curvatura de los arcos laterales con un valor de 1.62 esto garantiza que la estructura está diseñada con un alto grado de confianza para todos los elementos.

➤ El punto crítico del desplazamiento máximo tiene un valor de 2.94 (mm) el cual en función de la NTE 1323, establece que ningún elemento de la estructura debe sufrir una deformación mayor a  $1/240$  veces su longitud con base en este parámetro se tiene un valor de  $(2000/240)=8.33$  mm, el cual está dentro del límite permisible.

➤ Se puede concluir con el presente trabajo que todos los materiales no superan su límite elástico dentro de sus propiedades mecánicas, es decir los materiales soportan todas las situaciones críticas exigidas en la norma en cada una de sus respectivas combinaciones de cargas.

## **5.2 Recomendaciones**

➤ Se sugiere asignar otro tipo de material a la estructura, como el acero al cromo molibdeno (25CrMo4) el cual presenta una alta resistencia mínima a la tracción de 350MPa.

➤ Se recomienda desmontar completamente el panel de instrumentos y mandos, para así evitar realizar doblajes a las barras laterales de las puertas ya que en este punto el diseño presenta la mayor deformación al momento de realizar el análisis con todas las cargas que rige la norma

INEN NTN 1323 de vehículos automotores y carrocerías de buses del Ecuador.

➤ Realizar el mismo análisis con otro tipo de sección de material que sería acoplada al chasis y carrocería del vehículo esto evitaría que use todo el espacio de la cabina, como la que ocupa la de tubo redondo también aplicando técnicas usando aceros de alta resistencia con métodos avanzados de soldadura con gas inerte que se usa para blindaje, a fin de garantizar máxima resistencia y ausencia de puntos de corrosión.

### 5.3 Referencias Bibliográficas

- Álvarez. (2014). Obtenido de <http://www.unylaser.com.br/soldamigmag/>
- Andes. (2014). Obtenido de <http://www.andes.info.ec/es/deportes/equipo-ecuadoriano-ubica-puesto-24-primer-dia-mundial-rally.html>
- Blancafort. (2012). Obtenido de [http://www.mundodeportivo.com/20120915/rallies/accidente-mortal-en-el-rally-principe-de-asturias\\_54349623284.html](http://www.mundodeportivo.com/20120915/rallies/accidente-mortal-en-el-rally-principe-de-asturias_54349623284.html)
- Budynas, Richard (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (octava ed.). Buenos Aires: Mc Graw Hill. Código FECYT 621.815/B83/Dis
- Castro. (27 de 03 de 2014). Obtenido de <http://www.castolin.com/sites/default/files/ckfinder/images/nodes/gl-technologies-brazing.jpg>
- Chong. (2014). Obtenido de [http://www.speedhunters.com/2009/08/event\\_gt\\_gt\\_drift\\_mania\\_hits\\_the\\_west/](http://www.speedhunters.com/2009/08/event_gt_gt_drift_mania_hits_the_west/)
- De Wolf, Jhon (2010). MECÁNICA DE MATERIALES. Mc Graw-Hill. Código FECYT620.112/N53
- Domínguez. (27 de 03 de 2014). Obtenido de [http://dc391.4shared.com/doc/p\\_pyt6RF/preview\\_html\\_34dd7d17.png](http://dc391.4shared.com/doc/p_pyt6RF/preview_html_34dd7d17.png)
- Gil Hermógenes. (2007). ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL VEHÍCULO: CEAC. Código FECYT 629.26/G66/Ele
- Godoy. (2014). Obtenido de <http://www.purotuning.com/foros/showthread.php/38297-Roll-Cage-%28jaula%29-para-CHEVY-de-PISTA>
- Gutiérrez. (2010). Obtenido de <http://marcogutierrez.files.wordpress.com/2010/10/competencia-de-rally-cariamanga-2010-26.jpg>

INEN, I. E. (2009). Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1323.2009.pdf>

Jagger. (27 de 03 de 2014). Obtenido de <http://www.fanaticosdelrally.com/wp-content/uploads/2010/07/Rally-Finlandia-2010-003.jpg>

McCormac, J. C. (2011). DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. México: Alfaomega.

Méndez. (2010). Obtenido de [http://imagenes.cars.com.ar/noticias\\_548\\_0001/0-caracteristicas-de-seguridad-activa--pasiva.jpg](http://imagenes.cars.com.ar/noticias_548_0001/0-caracteristicas-de-seguridad-activa--pasiva.jpg)

Montenegro. (2014). Obtenido de <http://www.elperiodicodelmotor.com/epm/articulo/investigacion-en-la-precolision/215>

Parks, Dennis (2009). MANUAL DE REPARACIÓN DE CARROCERÍAS Y PINTURA AUTOMOTRIZ. Paraninfo. Código FECYT 629.260/P37/Man

Rivas Arias, José María (2009). SOLDADURA ELÉCTRICA Y SISTEMAS TIG-MAG . Paraninfo. Código FECYT 671.521/R.58/Sol

Rodríguez. (2014). Obtenido de [http://petrelbiosensors.com/telecharger\\_logiciels/page/5/](http://petrelbiosensors.com/telecharger_logiciels/page/5/)

Rowe, Richard (2008). MANUAL DE SOLDADURA GMAW (MIG-MAG) . Paraninfo. Código FECYT 671.521/.R69/Man

Sánchez. (2014). Obtenido de <http://www.preciolandia.com/ar/inyeccion-y-encendido-programable-megasq-70zz15-a.html>

Sierra. (27 de 03 de 2014). Obtenido de [http://3.bp.blogspot.com/\\_\\_\\_prITzVZo48/SSSAJ3wVqGI/AAAAAAAAACQ/mltqJqMN9PE/s1600-h/mig+mag.jpg](http://3.bp.blogspot.com/___prITzVZo48/SSSAJ3wVqGI/AAAAAAAAACQ/mltqJqMN9PE/s1600-h/mig+mag.jpg)

Torres. (18 de 02 de 2014). [www.clubsport.com.ar](http://www.clubsport.com.ar). Obtenido de [http://www.clubsport.com.ar/reglamentos/print\\_reglamento\\_tecnico\\_dtnh.html](http://www.clubsport.com.ar/reglamentos/print_reglamento_tecnico_dtnh.html)

Vergara. (27 de 03 de 2014). webdelprofesor. Obtenido de  
[http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/lvergara/Autogena\\_files/gmaw.jp](http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/lvergara/Autogena_files/gmaw.jp)

g

# Anexos



## Anexo 1

Socialización con los estudiantes del décimo semestre de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz en el Autódromo Internacional de Yahuarcocha “José Tobar” el día 10 de Junio del 2014 a las 15:00.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología**

**Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.**

Ibarra, 2 de Julio del 2014

**CERTIFICADO**

Yo Ing. Carlos Nolasco Mafla Yépez certifico:

Que los señores estudiantes egresados **PASTAZ NENGER EDWIN NORBERTO Y TORO VARGAS ÁLVARO HENRY** de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz cumplieron con la socialización del tema de Trabajo de Grado **“DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DEL HABITÁCULO E IMPLEMENTACIÓN DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA UN VEHÍCULO CORSA WIND 1.4 PARA RALLY.”**, con lo estudiantes de Décimo Semestre de la carrera en mención el día 10 de Junio del 2014 a las 15h00.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,

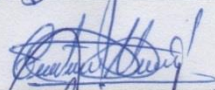


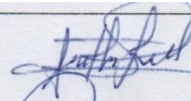
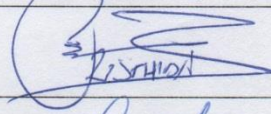
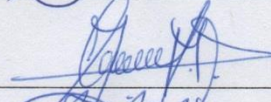

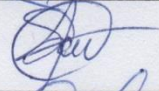

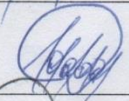
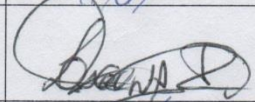
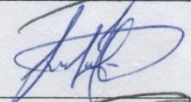
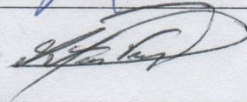
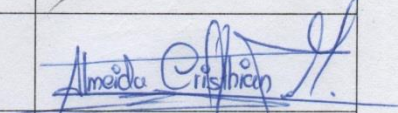

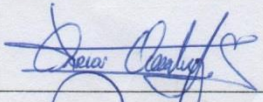
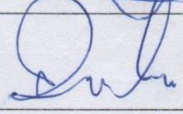

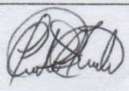
Ing. Carlos Mafla Yépez

**DIRECTOR DE TESIS**

**CARRERA DE INGENIERIA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.**

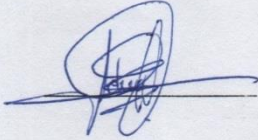
Nómina de alumnos de décimo semestre que recibieron la socialización del tema: Diseño, análisis y construcción del habitáculo de seguridad para un vehículo de rally.

NOMBRE	C.I	FIRMA
Leonardo Acuña	040177605-9	
Santiago Fidel Villamarín	100318538-6	Fidel Villamarín
Cristian Mejía	100370780-7	
DARWIN ESPERZA	100388621-6	
EDWIN PASPUEL	040163499-3	
David Velasco	100369426-0	
JAVIER GONZALEZ	100351472-2	
Dennis Lara	172047124-0	
Cristian Moraín	100329196-8	
Diego Castañeda	100339381-4	
Wilken Cevallos	100385545-7	
Johnny Narvaéz	100377888-1	

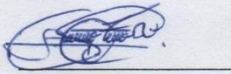
Jonathan Cevallos	100362680-9	
GUSTAVO BONABO	040161371-6	
Mauricio Flores	100330956-2	
Lenin Cuzco	040157641-8	
Dudley Silva	100428351-9	
Carlos Castillo	100312430-0	
Cristian Maldonado	100435602-6	
ROLANDO LAGUNA	040103766-8	
Jimmy Ruano	040122193-2	
Alfonso Varquez	100252458-3	
Cristian Almeida	100329334-5	
Jipsson Villareal	100361864-0	
CARLOS QUEJAL	040178326-1	
David Chacón	100316219-3	
David Noguera	100334196-1	
Fernando Zúñiga	040183811-3	

**SOCIALIZADORES**

**Edwin Pastaz**



**Álvaro Toro**



**DOCENTE**

**Ing. Carlos Mafla**

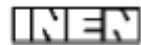








## Anexo 2 NORMA INEN NTN 1323



### INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 323:2009**  
**Primera revisión**

---

### **VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

ROAD VEHICLES. BUS BODIES. REQUIREMENTS

First Edition

---

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos  
MC 01.01-401  
CDU: 629.11.011.8  
CIIU: 3843  
ICS: 43.020.80

---

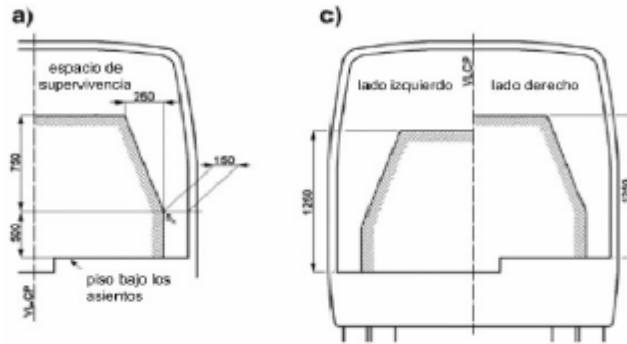


<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</b></p>	<p><b>VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES.</b></p> <p><b>REQUISITOS</b></p>	<p><b>NTE INEN</b> <b>1 323:2009</b> Primera Revisión <b>2009-02</b></p>
<p><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades.</p>		
<p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todas las carrocerías de buses, sean importadas o de construcción nacional. (Ver nota 1).</p> <p>2.2 Esta norma incluye a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportantes</p>		
<p><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de la presente NTE INEN se adoptan las definiciones establecidas en las NTE INEN ISO 3833 vigente, NTE INEN 1 155 vigente, y las que a continuación se detallan:</p> <p>3.1.1 <i>Carga de aceleración brusca (A<sub>b</sub>)</i>. Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.</p> <p>3.1.2 <i>Carga de frenado (F)</i>. Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.</p> <p>3.1.3 <i>Carga de giro (G)</i>. Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.</p> <p>3.1.4 <i>Carga por Resistencia del Aire frontal (R<sub>w</sub>)</i>. Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.</p> <p>3.1.5 <i>Carga muerta (M)</i>. Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.</p> <p>3.1.6 <i>Carga viva (V)</i>. Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.</p> <p>3.1.7 <i>Carrocería</i>. Conjunto de estructura, elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas.</p> <p>3.1.8 <i>Carrocería autoportante</i>. Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.</p> <p>3.1.9 <i>Bastidor o chasis</i>. Constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos).</p> <p>3.1.10 <i>Espacio de supervivencia</i>. Es el volumen que se obtiene en el compartimento de ocupantes, desplazando en línea recta el plano vertical y transversal indicado en la figura 1, de manera que se pase el punto S<sub>n</sub> de la figura 2 desde el punto S<sub>n</sub> del último asiento exterior a través del punto S<sub>n</sub> de cada asiento exterior intermedio hasta el punto S<sub>n</sub> del primer asiento exterior del ocupante.</p>		
<p>NOTA 1.- La definición de buses de acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente.</p>		
<p><i>(Continua)</i></p>		
<p>DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos</p>		

**FIGURA 1. Vista transversal del espacio de supervivencia. (Ver nota 2)**

Especificación del espacio de supervivencia

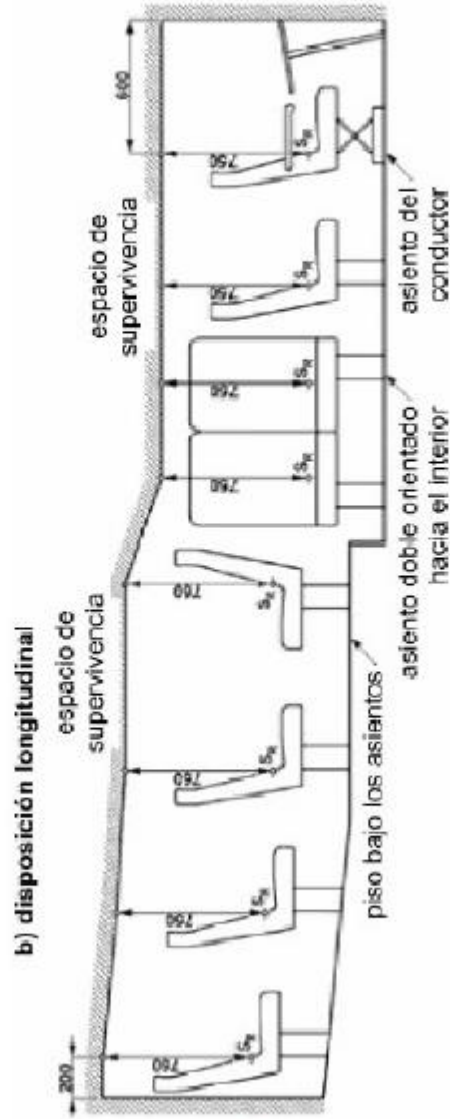
a) y c) disposiciones laterales



NOTA 2. El objetivo de las figuras 1 y 2 es indicar las dimensiones en milímetros del espacio de supervivencia. Las figuras 1 y 2 no están relacionadas con una forma geométrica o distribución de asientos específica en las carrocerías.

(Continúa)

FIGURA 2 Vista longitudinal del espacio de supervivencia



3.1.11 Peso máximo admisible para el chasis. Conocida también como capacidad de carga. Es la carga útil máxima emitida para la cual fue diseñado el vehículo. Este valor es proporcionado por el fabricante del chasis.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Consideraciones de diseño de la carrocería. Se debe considerar lo siguiente:

4.1.1 Las especificaciones del chasis, lo cual incluye:

- Tipo de Servicio de la carrocería.
- Peso bruto vehicular (PBV).
- Capacidad de carga de los ejes.
- Peso del chasis en vacío o tara, total y por ejes.
- Relación peso/potencia.

4.1.2 La estabilidad, lo cual incluye:

- Distribución de masa
- Altura del centro de gravedad
- Dimensiones de la carrocería
- Rigidez de suspensión.
- Capacidad de inclinación (rollo).

4.1.3 El confort, lo cual incluye:

- Aislamiento acústico y térmico.
- Ventilación.
- Hermeticidad.
- Ergonomía.

4.1.4 El mantenimiento, lo cual incluye:

- Accesibilidad a los elementos del vehículo.

4.1.5 La seguridad, lo cual incluye:

- Seguridad activa y pasiva.

4.1.6 Método de anclaje y montaje, lo cual incluye:

- Disposiciones y recomendaciones del fabricante del chasis (manual de carrozado).

4.1.7 Estructura, lo cual incluye:

- Materiales metálicos y no metálicos.
- Uniones y juntas.
- Tratamientos de materiales.
- Geometría.
- Resistencia estructural.

(Continúa)

## 5. REQUISITOS

### 5.1 Estructura de las carrocerías de buses

5.1.1 Cargas de Diseño. Para el análisis cuasi estático de la estructura de la carrocería se aplicarán las cargas especificadas en el presente numeral.

5.1.1.1 Cargas vivas. Se determinarán de acuerdo con la tabla 1.

TABLA 1. Cargas vivas de diseño.

TIPO DE SERVICIO (ver nota 3)	MASA DE UN OCUPANTE (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg) (ver nota 4)	ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m <sup>2</sup> )
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano (escolar e Institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interurbano (Intraprovincial)	70	5	100 x Vol	0,16
Larga Distancia (Interprovincial y turismo)	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

5.1.1.2 Carga de Giro (G). Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva de determinado radio de giro y a cierta velocidad. Esta fuerza centrífuga deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del bus a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 km/h y el radio de giro se establece en función de la tabla 2.

TABLA 2.- Velocidades, radios mínimos y peraltes en carretera. (Ver Nota 5)

Velocidad (del vehículo) (km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)	Peralte (%)
80	250	8
85	300	
90	350	
95	400	
100	450	
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

NOTA 3.- De acuerdo a la NTE INEN ISO 9835 vigente y al Reglamento de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre vigente.

NOTA 4.- Vol.- Volumen de las bodegas portaequipajes en m<sup>3</sup>

NOTA 5.- Tabla determinada al documento Norma 3.1-IC

(Continúa)

5.1.1.3 Carga de frenado (F). Se asume una desaceleración mayor o igual a  $4 \text{ m/s}^2$  (ver Nota 6).

5.1.1.4 Carga de aceleración brusca ( $A_b$ ). Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

5.1.1.5 Carga por resistencia del aire frontal ( $R_{af}$ ). Se la aplicará como la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$R_{af} = (1/2) \times (Cx) \times \rho \times A_f \times V^2$$

Donde:

$R_{af}$  = Carga por resistencia Aerodinámica, en (N).

$\rho$  = Densidad del aire, en ( $\text{kg/m}^3$ ).

V = Velocidad del aire, en (m/s). (Como mínimo 25 m/s).

$A_f$  = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en ( $\text{m}^2$ ).

Cx = Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7)

5.1.2 *Combinaciones de cargas básicas.* Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base al menos a las siguientes combinaciones de cargas básicas:

5.1.2.1 Según método ASD (Allowable strength design)

- 1: M
- 2: M + V
- 3: M + V + G
- 4: M + V + F
- 5: M + V + F +  $R_{af}$
- 6: M + V +  $R_{af}$
- 7: M + V +  $A_b$
- 8: M + V +  $A_b$  +  $R_{af}$

5.1.2.2 Según método LRFD (Load resistance factor design)

- 1: 1,4M+V
- 2: 1,2M + 1,6V + 0,5G
- 3: 1,2M + 0,5V + 1,6G
- 4: 1,2M + 1,6F + 0,8  $R_{af}$
- 5: 1,2M + 0,5 V + 0,5F + 1,3 $R_{af}$
- 6: 1,2M + 1,5 $A_b$  + 0,5V
- 7: 0,9M – 1,3 $R_{af}$
- 8: 0,9M + 1,3 $R_{af}$

5.1.3 *Factores.* Los factores a utilizarse según el método ASD o LRFD serán los indicados en: Specification for Structural Steel Buildings (AISC) y North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members (AISi).

5.1.4 Las cargas combinadas, según los dos métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a 1/240 veces su longitud.

NOTA 6. De acuerdo con el Ensayo del Tipo 0 con motor embragado para vehículos clase N de la DIRECTIVA 98/12/CE DE LA COMISIÓN EUROPEA, Anexo 2, Ensayos de frenado y rendimiento de los dispositivos de frenado.

(Continúa)

**5.1.5 Resistencia de la estructura.** Las estructuras de carrocerías deberán cumplir las siguientes condiciones:

**5.1.5.1** Debe resistir una carga estática sobre el techo, equivalente al cincuenta por ciento (50%) del peso máximo admisible para el chasis, distribuido uniformemente a lo largo del mismo, sin experimentar deformaciones en ningún punto, que superen los setenta milímetros (70 mm).

**5.1.5.2** Durante el ensayo de resistencia de la estructura o ni una vez finalizado el mismo, la estructura de la carrocería debe resistir para que el espacio de supervivencia no resulte invadido según el alcance del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure de las Naciones Unidas. (Ver Nota 7)

**5.1.6 Materiales de la estructura.** Deben ser perfiles estructurales protegidos contra la corrosión que cumplan con las NTE INEN correspondientes vigentes. (Ver nota 8).

**5.1.7 Soldadura de carrocerías.** Las carrocerías de buses deben soldarse de acuerdo con las normas vigentes AWS D8.8 para componentes de acero y/o AWS D8.14 para componentes de aluminio.

**5.1.7.1** El proceso y procedimiento de soldadura será calificado de acuerdo con las normas vigentes AWS D1.3 para acero, AWS D1.2 para aluminio y AWS D1.6 para acero inoxidable.

**5.1.8 Manuales.** El fabricante de carrocerías debe disponer y aplicar la información indicada en los manuales de fabricación y montaje de carrocerías provistos por el fabricante de chasis. Para ello el fabricante de chasis debe entregar obligatoriamente dichos manuales específicos para cada modelo de chasis.

**5.2 Unión chasis-carrocería.** Las uniones entre el chasis y la carrocería se realizarán siguiendo exclusivamente las recomendaciones del fabricante del chasis para bus de transporte de pasajeros, indicadas en su manual de fabricación y montaje de carrocerías de buses.

**5.3 Documentos técnicos.** El proveedor de carrocerías debe disponer de memorias de cálculo estructural, listado de materiales, planos de construcción dimensionales, eléctricos, y neumáticos; para cada modelo de carrocería y chasis. El formato de los planos debe cumplir con el CPE INEN 03 Código de Dibujo Técnico-Mecánico.

**5.4 Vidrios de seguridad.** Los vidrios deben cumplir con la NTE INEN 1669 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

**5.5 Elementos de seguridad.** Las carrocerías de buses deben cumplir con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

**5.6** Los dispositivos de alumbrado, espejos retrovisores y señalización luminosa deben cumplir con la NTE INEN 1 155 vigente y con el RTE INEN 034 Elementos de Seguridad en vehículos automotores vigente.

#### **5.7 Otros Requisitos**

**5.7.1 Superficies de pisos y áreas de entrada y salida.** Deben ser de material antideslizante.

**5.7.2 Equipo e instalación eléctrica.** Deben cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.2 y 7.5.3 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver anexo A).

**5.7.3 Pintura.** Debe cumplir con las NTE INEN correspondientes vigentes (ver nota 8).

NOTA 7. Mientras no exista un documento normativo INEN equivalente

NOTA 8. En el caso de no existir Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN se deben utilizar las normas o reglamentos equivalentes de reconocido prestigio, tales como: ASTM, DIN, JIS, ANSI.

(Continúa)

5.7.4 *Aislamiento térmico y acústico.* Debe cumplir con lo indicado en el numeral 7.5.1 de la Directiva Europea 2001/85 CE (ver Anexo A).

5.7.5 *Fiamabilidad de materiales.* Retardante al fuego con un índice de llama no menor de 150 bajo la norma ASTM E 162 o un máximo de 250 mm/min según la norma ISO 3795.

5.7.6 *Sujeción de Parabrisas.* Debe cumplir con lo dispuesto en el documento normativo FMVSS 212 vigente.

5.7.7 Los materiales del piso, la perflería de las ventanas y de las puertas deben cumplir con las NTE INEN vigentes (ver Nota 8).

5.7.8 Los sistemas eléctricos y neumáticos deben estar ocultos (ver Anexo A).

5.7.9 *Salidas de emergencia.* El número mínimo de salidas de emergencia será de acuerdo a la tabla 3.

**TABLA 3. Número mínimo de salidas de emergencia**

Número de pasajeros	Número total mínimo de salidas de emergencia
17-30	4
31-45	5
46-60	6
61-75	7
76-90	8
Mayor a 90	9

## 6. ENSAYOS

6.1 Los ensayos serán los indicados en la presente norma.

### 6.2 Métodos de ensayo de resistencia de la estructura.

La estructura del bus se ensayará por cualquiera de los métodos de ensayo contemplados en el numeral 6 del documento Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure, de las Naciones Unidas.

## 7. ROTULADO

7.1 Las carrocerías deben disponer de una placa inalterable de identificación, con fines de rastreo, de fácil acceso, visible, legible y debe disponer de al menos la siguiente información:

- Nombre de la empresa fabricante de la carrocería.
- Número de certificado de evaluación de la conformidad de la estructura (NCE).
- Capacidad de pasajeros.
- Fecha de la fabricación (de finalización) (MM/AAAA).
- Número de producción (seis dígitos alfanuméricos).
- Número de chasis (VIN)
- País de origen de la carrocería.

Tamaño mínimo de la placa: 148,5 mm de largo  
105 mm de ancho (formato A6).

7.2 El fabricante será responsable de marcar el número de producción indeleblemente en al menos dos lugares de la carrocería.

(Continúa)



# ANEXO 3 NORMAS FIA.

## ARTÍCULO 8 - ESTRUCTURAS DE SEGURIDAD

- 8.1 Generalidades:**  
La instalación de una estructura de seguridad es obligatoria. Puede estar:
- Fabricada de acuerdo con los requerimientos de los artículos siguientes.
  - Homologada o certificada por una ADN de acuerdo con los reglamentos de homologación para estructuras de seguridad. Se debe presentar a los Comisarios Técnicos de la prueba una copia original del documento de homologación o del certificado, aprobado por la ADN y firmado por técnicos cualificados que representen al fabricante.  
Toda nueva estructura de seguridad homologada o certificada por una ADN y vendida a partir del 01/01/2003, deberá estar identificada, de forma individual, mediante una placa de identificación colocada por el constructor, que no pueda copiarse ni retirarse (por ejemplo, soldada, troquelada o con un adhesivo autodestructible).  
La placa de identificación debe indicar el nombre del constructor, el número de homologación o de certificación de la ficha de homologación o del certificado de la ADN y el número de serie

18

co-driver.

## ARTICLE 8 - SAFETY CAGES

- 8.1 General:**  
The fitting of a safety cage is compulsory. It may be either :
- Fabricated in compliance with the requirements of the following articles :
  - Homologated or Certified by an ASN according to the homologation regulations for safety cages :  
An authentic copy of the homologation document or certificate, approved by the ASN and signed by qualified technicians representing the manufacturer, must be presented to the event's Scrutineers.  
Any new cage which is homologated by an ASN and is on sale, as from 01.01.2003, must be identified by means of an identification plate affixed to it by the manufacturer; this identification plate must be neither copied nor moved (i.e. embedded, engraved or self-destructing sticker).  
The identification plate must bear the name of the manufacturer, the homologation or certification number of the ASN homologation form or certificate and the individual series number of the manufacturer.

## ANEXO 3 - SEGURIDAD APPENDIX 3 - SAFETY

- Unico del fabricante.  
Un certificado en el que figuren los mismos números deberá llevarse a bordo y presentarse a los Comisarios Técnicos de la prueba.
- Homologada por la FIA de acuerdo con el reglamento de homologación para estructuras de seguridad.  
Esta estructura de seguridad debe ser objeto de una extensión (VO) de la ficha de homologación del vehículo homologado por la FIA.  
La identificación del fabricante y un número de serie deben ser claramente visibles en todas las estructuras homologadas y vendidas desde el 1 de enero de 1997.  
La ficha de homologación de la estructura debe especificar cómo y dónde se indica esta información, y los compradores deben recibir el certificado numerado correspondiente.  
Para los siguientes vehículos, la estructura de seguridad debe estar homologada por FIA:  
Variante Kit Súper 1600, Variante Kit Súper 2000, Variante Kit Súper 2000 Rallye, Variante World Rallye Car.  
Toda modificación de una estructura de seguridad homologada o certificada está prohibida.  
Será considerado como modificación cualquier proceso sobre la estructura por medio de mecanizado o soldadura que implique una modificación permanente del material o de la estructura de seguridad.  
Cualquier reparación de una estructura de seguridad homologada o certificada que haya resultado dañada como consecuencia de un accidente debe ser realizada por el fabricante de la estructura o con su aprobación.  
Los tubos de las estructuras de seguridad no deben transportar fluidos ni ninguna otra cosa.  
Las estructuras de seguridad no deben dificultar la entrada o salida del piloto y del copiloto.  
Los elementos de la estructura pueden ocupar parte del espacio reservado para los ocupantes y atravesar el salpicadero, así como los revestimientos y los asientos traseros. Los asientos traseros pueden plegarse.
- 8.2 Definiciones:**
- 8.2.1 Estructura de seguridad:**  
Estructura multitubular instalada en el habitáculo muy cerca de la carrocería, concebida con el fin de evitar una deformación importante de la carrocería (chassis) en caso de accidente.
  - 8.2.2 Arco de seguridad:**  
Estructura tubular que forma un arco con dos bases de anclaje.
  - 8.2.3 Arco principal (Dibujo 263-1):**  
Estructura prácticamente vertical constituida por un arco tubular de una sola pieza (inclinación máxima  $\pm 10^\circ$  con respecto a la vertical) situado en un plano transversal al vehículo e inmediatamente detrás de los asientos delanteros. El eje del tubo debe estar contenido en un solo plano.
  - 8.2.4 Arco delantero (Dibujo 263-1):**  
Similar al arco principal pero su forma sigue los montantes del parabrisas y el borde superior del parabrisas. El eje del tubo debe estar contenido en un solo plano.
  - 8.2.5 Arco lateral (Dibujo 263-2):**  
Estructura casi longitudinal y prácticamente vertical constituida por un arco tubular de una sola pieza situado en la parte derecha o izquierda del vehículo; el pilar delantero de esta estructura sigue el montante del parabrisas y sus montantes traseros son casi verticales y están justo detrás de los asientos delanteros. Visto de lado, el montante trasero debe ser recto.
  - 8.2.6 Semiarco lateral (Dibujo 263-3):**  
Identico al arco lateral pero sin pilar trasero.
  - 8.2.7 Tirante longitudinal:**  
Tubo de una pieza casi longitudinal que une las partes superiores del arco principal y delantero.
  - 8.2.8 Tirante transversal:**  
Tubo semitransversal de una pieza que une los miembros superiores de los arcos o semiarcos laterales.
  - 8.2.9 Tirante diagonal:**  
Tubo transversal que une:  
uno de los ángulos superiores del arco principal, o uno de los extremos del miembro transversal en el caso de un arco lateral, y el pie de anclaje opuesto inferior del arco o
- A certificate bearing the same numbers must be carried on board and be presented to the event's Scrutineers.
- Homologated by the FIA according to the homologation regulations for safety cages.  
It must be the subject of an extension (VO) to the homologation form of the vehicle homologated by the FIA.  
The manufacturer's identification and a series number must be clearly visible on all cages homologated and sold after 01.01.1997.  
The homologation form of the cage must specify how and where this information is indicated, and the purchasers must receive a numbered certificate corresponding to this.  
For the following cars, the cage must compulsorily be homologated by the FIA :  
Super 1600 Kit Variant, Super 2000 Kit Variant, Super 2000 Rally Kit Variant, World Rally Car Variant.  
Any modification to a homologated or certified safety cage is forbidden.  
To be considered as a modification, any process made to the cage by machining, weld, that involves a permanent modification of the material or the safety cage.  
All repairs to a homologated or certified safety cage, damaged after an accident must be carried out by the manufacturer of the rollcage or with his approval.  
Tubes of the safety cages must not carry fluids or any other item.  
  
The safety cages must not unduly impede the entry or exit of the driver and co-driver.  
Members may intrude into the occupant's space in passing through the dashboard and trim, as well as through the rear seats. The rear seat may be folded down.
- 8.2 Definitions :**
- 8.2.1 Safety cage :**  
Multi-tubular structure installed in the cockpit and fitted close to the bodysell, the function of which is to reduce the deformation of the bodysell (chassis) in case of an impact.
  - 8.2.2 Rollbar :**  
Tubular frame forming a hoop with two mounting feet.
  - 8.2.3 Main rollbar (Drawing 263-1):**  
Transverse and near-vertical (maximum angle  $\pm 10^\circ$  to the vertical) single piece tubular hoop located across the vehicle just behind the front seats.  
The tube axis must be within one single plane.
  - 8.2.4 Front rollbar (Drawing 263-1):**  
Similar to main rollbar but its shape follows the windscreen pillars and top screen edge.  
The tube axis must be within one single plane.
  - 8.2.5 Lateral rollbar (Drawing 263-2):**  
Near-longitudinal and near-vertical single piece tubular hoop located along the right or left side of the vehicle, the front pillar of which follows the windscreen pillar and the rear pillar of which is near-vertical and located just behind the front seats.  
  
The rear pillar must be straight in side view.
  - 8.2.6 Lateral half-rollbar (Drawing 263-3):**  
Identical to the lateral rollbar but without the rear pillar.
  - 8.2.7 Longitudinal member :**  
Near-longitudinal single piece tube joining the upper parts of the front and main rollbars.
  - 8.2.8 Transverse member:**  
Near-transverse single piece tube joining the upper parts of the lateral half-rollbars or of the lateral rollbars.
  - 8.2.9 Diagonal member :**  
Transverse tube between  
One of the top corners of the main rollbar, or one of the ends of the transverse member in the case of a lateral rollbar, and a the lower mounting point on the opposite side of the rollbar.

19

<p>el extremo superior de un trante trasero con el punto de anclaje inferior del otro trante trasero.</p>	<p>or The upper end of a backstay and the lower mounting point of the other backstay.</p>
<p><b>8.2.10 Trantes desmontables:</b> Miembros de una estructura de seguridad que deben poder desmontarse.</p>	<p><b>8.2.10 Removable members :</b> Members of a safety cage which must be able to be removed.</p>
<p><b>8.2.11 Refuerzo de la estructura:</b> Miembro añadido a la estructura de seguridad para mejorar su resistencia.</p>	<p><b>8.2.11 Cage reinforcement :</b> Member added to the safety cage to improve its strength.</p>
<p><b>8.2.12 Pie de anclaje:</b> Placa soldada al final de un tubo de la estructura para permitir su atornillado y/o soldadura a la carrocería/chasis, generalmente sobre una placa de refuerzo.</p>	<p><b>8.2.12 Mounting foot :</b> Plate welded to the end of a rollbar tube to permit its bolting and/or weld to the bodyshell/chassis, usually onto a reinforcement plate.</p>
<p><b>8.2.13 Placa de refuerzo:</b> Placa metálica fijada al monocoque/chasis bajo el pie de anclaje de un arco para repartir mejor la carga en el monocoque/chasis.</p>	<p><b>8.2.13 Reinforcement plate :</b> Metal plate fixed to the bodyshell/chassis under a rollbar mounting foot to better spread the load onto the bodyshell/chassis.</p>
<p><b>8.2.14 Carleta (Dibujo 268-84)</b> Refuerzo para un ángulo o unión hecho de chapa doblada en forma de U de espesor no inferior a 1 mm.  Los extremos de la carleta (Punto E) deben estar situados a una distancia del punto superior del ángulo (Punto S) de 2 a 4 veces el diámetro exterior del tubo mayor de los tubos unidos.</p>	<p><b>8.2.14 Gusset (Drawing 268-84)</b> Reinforcement for a bend or junction made from bent sheet metal with a U shape the thickness of which must not be less than 1.0 mm. The ends of this gusset (Point E) must be situated at a distance from the top of the angle (Point S) of between 2 to 4 times the outer diameter of the biggest of the tubes joined.</p>
<p><b>8.3 Especificaciones</b></p>	<p><b>8.3 Specifications</b></p>
<p><b>8.3.1 Estructura básica</b> La estructura básica debe estar realizada de acuerdo con alguno de los diseños siguientes: * 1 arco principal + 1 arco delantero + 2 miembros longitudinales + 2 trantes traseros + 6 pies de anclaje (Dibujo 253-1) o * 2 arcos laterales + 2 miembros transversales + 2 trantes traseros + 6 pies de anclaje (ver Dibujo 253-2) o * 1 arco principal + 2 semiarcos laterales + 1 miembro transversal + 2 trantes traseros + 6 pies de anclaje (Dibujo 253-3). La parte vertical del arco principal debe ser tan recta como sea posible, estar lo más cerca posible del contorno interior de la carrocería y tener una sola curvatura en su parte vertical inferior. El montante delantero de un arco delantero o de un arco lateral debe seguir los montantes del parabrisas lo más cerca posible y tener una sola curvatura en su parte vertical inferior. Las conexiones de los miembros transversales de los arcos laterales, las conexiones de los miembros longitudinales al arco principal y delantero, así como la conexión de un semiarco lateral al arco principal, deben estar situadas al nivel del techo. En cualquier caso, no debe haber más de 4 uniones desmontables a nivel del techo. Los trantes traseros deben anclarse cerca del techo y cerca de los ángulos superiores exteriores del arco principal, a ambos lados del vehículo, y está permitido hacerlo por medio de conexiones desmontables. Deberán formar un ángulo mínimo de 30° con la vertical y estar dirigidos hacia atrás, serán rectos y tan cercanos como sea posible a los paneles interiores laterales de la carrocería.</p>	<p><b>8.3.1 Basic structure</b> The basic structure must be made according to one of the following designs: * 1 main rollbar + 1 front rollbar + 2 longitudinal members + 2 backstays + 6 mounting feet (Drawing 253-1) or * 2 lateral rollbars + 2 transverse members + 2 backstays + 6 mounting feet (Drawing 253-2) or * 1 main rollbar + 2 lateral half-rollbars + 1 transverse member + 2 backstays + 6 mounting feet (Drawing 253-3)  The vertical part of the main rollbar must be as close as possible to the interior contour of the bodyshell and must have only one bend with its lower vertical part. The front pillar of a front rollbar or of a lateral rollbar must follow the windscreen pillars as closely as possible and have only one bend with its lower vertical part. In order to build the safety cage, the connections of the transverse members to the lateral rollbars, the connections of the longitudinal members to the front and main rollbars, as well as the connection of a semi-lateral rollbar to the main rollbar must be situated at the roof level. In all cases, there must not be more than 4 removable connections at the roof level. The backstays must be attached near the roofline and near the top outer bends of the main rollbar, on both sides of the car, possibly by means of removable connections. They must form an angle of at least 30° with the vertical, must run rearwards and be straight and as close as possible to the interior side panels of the bodyshell.</p>
<p><b>8.3.2 Diseño:</b> Una vez que la estructura básica está definida, debe ser completada con miembros y refuerzos obligatorios (ver Artículo 253-8.3.2.1), a los cuales se podrán añadir miembros y refuerzos opcionales (ver Artículo 253-8.3.2.2). Salvo que esté explícitamente autorizado o que se utilicen conexiones desmontables de conformidad con el Artículo 253-8.3.2.4, todos los trantes y refuerzos tubulares deben ser de una sola pieza.</p>	<p><b>8.3.2 Design:</b> Once the basic structure is defined, it must be completed with compulsory members and reinforcements (see Article 253-8.3.2.1), to which optional members and reinforcements may be added (see Article 253-8.3.2.2). Unless explicitly permitted and unless dismantlable joints are used in compliance with Article 253-8.3.2.4, all members and tubular reinforcements must be single pieces.</p>
<p><b>8.3.2.1 Trantes y refuerzos obligatorios:</b></p>	<p><b>8.3.2.1 Compulsory members and reinforcements:</b></p>
<p><b>8.3.2.1.1 Tirante diagonal:</b> <u>Vehículos homologados antes del 01/01/2002:</u> La estructura debe incorporar uno de los trantes diagonales definidos por los Dibujos 253-4, 253-5 y 253-6. La orientación de la diagonal puede invertirse. En el caso del Dibujo 253-6, la distancia entre los dos anclajes de la carrocería/chasis no debe ser superior a 300 mm. Los miembros deben ser rectos y pueden ser desmontables. El extremo superior de la diagonal debe unirse al arco principal a menos de 100 mm de la unión del arco principal con el trante longitudinal trasero, o al tirante longitudinal trasero a menos de</p>	<p><b>8.3.2.1.1 Diagonal member :</b> <u>Cars homologated before 01/01/2002:</u> The cage must have one of the diagonal members defined by Drawings 253-4, 253-5, 253-6. The orientation of the diagonal may be reversed. In the case of Drawing 253-6, the distance between the two mountings on the bodyshell/chassis must not be greater than 300mm. Members must be straight and may be removable. The upper end of the diagonal must join the main rollbar no further than 100mm from its junction with the backstay, or the backstay no more than 100 mm from its junction with the main rollbar (see</p>

100 mm de su unión con el arco principal (ver Dibujo 253-52 para las medidas).

El extremo inferior de la diagonal debe unirse al arco principal o a un trante longitudinal trasero a menos de 100 mm del pie de anclaje (excepto para el caso del Dibujo 253-6).

Vehículos homologados desde el 01/01/2007:

La estructura debe tener dos miembros diagonales en el arco principal de acuerdo con el Dibujo 253-7.

Los miembros deben ser rectos y pueden ser desmontables.

El extremo inferior de la diagonal debe unirse con el arco principal o con el trante trasero a menos de 100 mm del pie de anclaje (ver Dibujo 253-52 para las medidas).

El extremo superior de la diagonal debe unirse al arco principal a menos de 100 mm de la unión de este con el trante posterior.

#### 8.3.2.1.2 Tirantes de puertas:

Se deberán montar uno o varios trantes longitudinales a cada lado del vehículo de acuerdo con los Dibujos 253-8, 253-9, 253-10 y 253-11 (Dibujos 253-8, 253-10 y 253-11 para vehículos homologados a partir de 01/01/2007).

Los dibujos pueden combinarse entre sí.

El diseño debe ser idéntico de ambos lados.

Podrán ser desmontables.

La protección lateral estará situada tan alta como sea posible, pero sus puntos de anclaje superiores no estarán a más de la mitad de la altura total de la abertura de la puerta medida desde su base.

Si estos puntos de anclaje superiores están situados delante o detrás de la abertura de la puerta, esta limitación de altura es también válida para la intersección correspondiente al trante y la abertura de la puerta.

En el caso de una protección en «X» (Dibujo 253-9), es aconsejable que los puntos de anclaje inferiores de los trantes se fijen directamente sobre el larguero longitudinal del monocasco (chasis) y que al menos una parte de la «X» sea una barra de una sola pieza.

La conexión de los tirantes de puertas con el pilar de refuerzo del parabrisas (Dibujo 253-15) está autorizada.

Para competiciones sin copiloto, dichos miembros pueden ser montados solo en el lado del conductor y no es obligatorio que el diseño sea idéntico en ambos lados.

#### 8.3.2.1.3 Elementos de refuerzo de techo:

Para vehículos homologados a partir del 01/01/2005 únicamente:

La parte superior de la estructura de seguridad debe cumplir con las indicaciones de los Dibujos 253-12, 253-13 y 253-14.

Los refuerzos pueden seguir la curvatura del techo.

Para competiciones sin copiloto, en el caso del Dibujo 253-12 solamente, puede montarse un solo refuerzo pero su conexión delantera debe estar situada del lado del piloto.

Los extremos de los refuerzos deben estar a menos de 100 mm de la unión entre arcos y miembros (esto no será de aplicación para la punta de la V formada por los refuerzos en los Dibujos 253-13 y 253-14).

#### 8.3.2.1.4 Pilar de refuerzo del parabrisas:

Para vehículos homologados a partir del 01/01/2005 únicamente:

Deben estar montados a cada lado del arco delantero si la dimensión «A» es superior a 200 mm (ver Dibujo 253-15).

Puede ser curvado a condición de que sea rectilíneo en vista lateral y que el ángulo de la curvatura no exceda los 20°.

Su extremo superior debe estar a menos de 100 mm de la unión entre el arco delantero (lateral) y el miembro longitudinal (transversal) (ver Dibujo 253-52 para las medidas).

Su extremo inferior debe estar a menos de 100 mm del pie de anclaje (delantero) del arco delantero (lateral).

#### 8.3.2.1.6 Refuerzo de ángulos y uniones:

Las uniones entre:

- los miembros diagonales del arco principal,
- los refuerzos del techo (configuración según Dibujo 253-12 y únicamente para vehículos homologados a partir de 01/01/2007),
- los tirantes de las puertas (configuración del Dibujo 253-9),
- los tirantes de las puertas y los pilares de refuerzo del parabrisas (Dibujo 253-15),

deben estar reforzadas por un mínimo de 2 cartelas de conformidad con el Artículo 253-8.2.14.

Si los tirantes de las puertas y el pilar de refuerzo del parabrisas no están situados en el mismo plano, el refuerzo puede estar

Drawing 253-52 for the measurement).

The lower end of the diagonal must join the main rollbar or the backstay no further than 100 mm from the mounting foot (except for the case of Drawing 253-6).

Cars homologated as from 01/01/2007:

The cage must have two diagonal members on the main rollbar according to Drawing 253-7.

Members must be straight and may be removable.

The lower end of the diagonal must join the main rollbar or the backstay no further than 100 mm from the mounting foot (see Drawing 253-52 for the measurement).

The upper end of the diagonal must join the main rollbar no further than 100 mm from its junction with the backstay, or the backstay no more than 100 mm from its junction with the main rollbar.

#### 8.3.2.1.2 Doorbars:

One or more longitudinal members must be fitted at each side of the vehicle according to Drawings 253-8, 253-9, 253-10 and 253-11 (Drawings 253-9, 253-10 and 253-11 for cars homologated as from 01/01/2007).

Drawings may be combined.

The design must be identical on both sides.

They may be removable.

The side protection must be as high as possible, but its upper attachment point must not be higher than half the height of the door opening measured from its base.

If these upper attachment points are located in front of or behind the door opening, this height limitation is also valid for the corresponding intersection of the strut and the door opening.

In the case of doorbars in the form of an «X» (Drawing 253-9), it is recommended that the lower attachment points of the cross-struts be fixed directly onto the longitudinal member of the bodyshell/chassis and that at least one part of the «X» be a single-piece bar.

The connection of the doorbars to the windscreen pillar reinforcement (Drawing 253-15) is authorised.

For competitions without co-driver, members may be fitted on the driver's side only and it is not compulsory for the design to be identical on both sides.

#### 8.3.2.1.3 Roof reinforcement:

Cars homologated as from 01/01/2005 only:

The upper part of the safety cage must comply with one of Drawings 253-12, 253-13 and 253-14.

The reinforcements may follow the curve of the roof.

For competitions without co-drivers, in the case of Drawing 253-12 only, only one diagonal member may be fitted but its front connection must be on the driver's side.

The ends of the reinforcements must be less than 100 mm from the junction between rollbars and members (not applicable to the top of the V formed by reinforcements in Drawings 253-13 and 253-14).

#### 8.3.2.1.4 Windscreen pillar reinforcement:

Cars homologated as from 01/01/2005 only:

It must be fitted on each side of the front rollbar if dimension «A» is greater than 200 mm (Drawing 253-15).

It may be bent on condition that it is straight in side view and that the angle of the bend does not exceed 20°.

Its upper end must be less than 100 mm from the junction between the front (lateral) rollbar and the longitudinal (transverse) member (see Drawing 253-52 for the measurement).

Its lower end must be less than 100 mm from the (front) mounting foot of front (lateral) rollbar.

#### 8.3.2.1.6 Reinforcement of bends and junctions:

The junctions between:

- the diagonal members of the main rollbar,
- the roof reinforcements (configuration of Drawing 253-12 and only for cars homologated as from 01/01/2007),
- the doorbars (configuration of Drawing 253-9),
- the doorbars and the windscreen pillar reinforcement (Drawing 253-15),

must be reinforced by a minimum of 2 gussets complying with Article 253-8.2.14.

If the doorbars and the windscreen pillar reinforcement are not situated in the same plane, the reinforcement may be made of fabricated sheet metal, provided it complies with dimensions in

fabricado en chapa de acero, siempre que cumpla con las dimensiones del Artículo 253-8.2.14.

Article 253-8.2.14.

**8.3.2.2 Tirantes y refuerzos opcionales:**  
Excepto otras indicaciones dadas en el Artículo 253-8.3.2.1, los tirantes y refuerzos mostrados en los Dibujos 253-12 a 253-21 y 253-23 a 253-33 son opcionales y pueden ser instalados a voluntad del fabricante. Deben estar soldados o bien instalados mediante conexiones desmontables.  
Todos los tirantes y refuerzos mencionados anteriormente pueden utilizarse por separado o combinados entre sí.

**8.3.2.2 Optional members and reinforcements :**  
Except other indications given in Article 253-8.3.2.1, members and reinforcements shown in Drawings 253-12 to 253-21 and 253-23 to 253-33 are optional and may be installed as desired by the constructor. They must be either welded or installed by means of dismountable joints.  
All members and reinforcements mentioned above may be used separately or combined with one another.

**8.3.2.2.1 Refuerzo de techo (Dibujos 268-12 a 268-14):**  
Opcionales únicamente para los vehículos homologados antes del 01/01/2005.

**8.3.2.2.1 Roof reinforcements (Drawings 268-12 to 268-14):**  
Optional only for cars homologated before 01/01/2005.

Para competiciones sin copiloto, en el caso del Dibujo 253-12 solamente, puede montarse un solo refuerzo pero su conexión delantera debe estar situada del lado del piloto.

For competitions without co-drivers, in the case of Drawing 253-12 only, one diagonal member only may be fitted but its front connection must be on the driver's side.

**8.3.2.2.2 Pilar de refuerzo del parabrisas (Dibujo 268-16):**  
Opcionales únicamente para los vehículos homologados antes del 01/01/2005.

**8.3.2.2.2 Windsreen pillar reinforcement (Drawing 268-16):**  
Optional only for cars homologated before 01/01/2005.

Este refuerzo puede ser curvado a condición de que sea rectilíneo en vista lateral y que el ángulo de la curvatura no exceda los 20°.

It may be bent on condition that it is straight in side view and that the angle of the bend does not exceed 20°.

**8.3.2.2.3 Diagonales entre los tirantes traseros (Dibujo 268-21):**  
La configuración del Dibujo 253-21 puede ser reemplazada por la del Dibujo 253-22, en el caso de que se instale un refuerzo en el techo de acuerdo con el Dibujo 253-14.

**8.3.2.2.3 Backstay diagonals (Drawing 268-21):**  
The configuration of Drawing 253-21 may be replaced with that of Drawing 253-22 if a roof reinforcement complying with Drawing 253-14 is used.

**8.3.2.2.4 Puntos de anclaje de la suspensión delantera (Dibujo 268-26):**  
Las extensiones deben estar conectadas a los puntos de anclaje superiores de la suspensión delantera.

**8.3.2.2.4 Front suspension mounting points (Drawing 268-26):**  
The extensions must be connected to the front suspension top mounting points.

**8.3.2.2.6 Tirantes transversales (Dibujos 268-28 a 268-30):**  
Los miembros transversales montados sobre el arco principal o entre los tirantes traseros pueden usarse para los anclajes de los arneses de seguridad, conforme al Artículo 253-6.2 (está prohibida la utilización de conexiones desmontables).  
Para los miembros mostrados en los Dibujos 253-26 a 253-27, el ángulo entre el brazo central y el vertical debe ser de 30° como mínimo.  
El miembro transversal fijado al arco delantero no debe invadir el espacio reservado para los ocupantes. Debe estar situado tan alto como sea posible, pero su borde inferior no debe encontrarse por encima del punto más elevado del salpicadero.  
Para vehículos homologados a partir del 01-01-2007, no debe posicionarse por debajo de la columna de dirección.

**8.3.2.2.6 Transverse members (Drawings 268-28 to 268-30):**  
Transverse members fitted on the main rollbar or between the backstays may be used for the safety harness mountings in accordance with Article 253-6.2 (use of dismountable joints prohibited).  
For members shown on Drawings 253-26 and 253-27, the angle between the central leg and the vertical must be at least 30°.

The transverse member fixed to the front rollbar must not encroach upon the space reserved for the occupants. It may be placed as high as possible but its lower edge must not be higher than the uppermost point of the dashboard.  
For cars homologated as from 01/01/2007, it must not be positioned below the steering column.

**8.3.2.2.8 Refuerzos de ángulo o de uniones (Dibujos 268-31 a 268-34):**

**8.3.2.2.8 Reinforcement of bends or junctions (Drawings 268-31 to 268-34):**

Los refuerzos deben estar hechos de tubos o chapa curvada en forma de U de conformidad con el Artículo 253-8.2.14.  
El espesor de los elementos que formen un refuerzo no debe ser menor de 1,0 mm.  
Los extremos de las barras de refuerzo tubulares no deben situarse más abajo o a más distancia de la mitad de la longitud del miembro al que van unidos, a excepción de aquellos del arco delantero, que pueden llegar hasta la unión de las barras de refuerzo de las puertas y el arco delantero.

Reinforcements must be made of tubes or bent-sheet metal with U shape complying with Article 253-8.2.14.  
The thickness of the components forming a reinforcement must not be less than 1.0 mm.  
The ends of the tubular reinforcements must not be more than half way down or along the members to which they are attached, except for those of the junction of the front rollbar, which may join the junction of the door strut/front rollbar.

**8.3.2.3 Configuración mínima de la estructura de seguridad:**  
La configuración mínima de la estructura de seguridad se define como sigue:

**8.3.2.3 Minimum configuration of the safety cage :**  
The minimum configuration of a safety cage is defined as follows:

Vehículos homologados	Con copiloto	Sin copiloto
entre el 01/01/2002 y el 31/12/2004	Dibujo 253-35A	Dibujo 253-35A o simétrico
entre el 01/01/2005 y el 31/12/2005	Dibujo 253-35B	Dibujo 253-35B o simétrico
a partir del 01/01/2006	Dibujo 253-35C	Dibujo 253-35C o simétrico

Cars Homologated	With co-driver	Without co-driver
between 01/01/2002 and 31/12/2004	Drawing 253-35A	Drawing 253-35A or symmetrical
between 01/01/2005 and 31/12/2005	Drawing 253-35B	Drawing 253-35B or symmetrical
as from 01/01/2006	Drawing 253-35C	Drawing 253-35C or symmetrical

Las barras de las puertas y los refuerzos del techo pueden variar de conformidad con los Artículos 253-8.3.2.1.2 y 253-8.3.2.1.3.

Doorbars and roof reinforcement may vary according to Articles 253-8.3.2.1.2 and 253-8.3.2.1.3.

**8.3.2.4 Tirantes desmontables:**  
Si se usan tirantes desmontables en la construcción de una estructura de seguridad, las conexiones desmontables utilizadas deben ser conformes a un tipo aprobado por la FIA (ver Dibujos 253-37 a 253-47). No podrán soldarse después de ensamblarse.

**8.3.2.4 Removable members :**  
Should removable members be used in the construction of a safety cage, the dismountable joints used must comply with a type approved by the FIA (Drawings 253-37 to 253-47). They must not be welded once assembled.

Los tornillos y las tuercas deben ser de calidad ISO 8.8 o superior (norma ISO).

Las conexiones desmontables especificadas en los Dibujos 253-37, 253-40, 253-43, 253-46 y 253-47 están reservadas solamente para fijar los tirantes y los refuerzos opcionales descritos en el Artículo 253-6.3.2.2, y está prohibido utilizarlos para unir las partes superiores del arco principal, del arco delantero, de los semiarcos laterales y de los arcos laterales.

#### 8.3.2.6 Especificaciones complementarias:

Longitudinalmente, la estructura de seguridad debe estar completamente contenida entre los anclajes de los elementos de las suspensiones delanteras y traseras que soportan las cargas verticales (muelles y amortiguadores).

Los refuerzos suplementarios que excedan estos límites se autorizan entre la estructura de seguridad y los puntos de anclaje de las barras estabilizadoras traseras en el monocasco/chasis. Cada uno de esos puntos de anclaje puede ser conectado a la estructura de seguridad mediante un solo tubo de 30 x 1,5 mm.

Para vehículos homologados a partir del 01/01/2002:

En protección frontal, los refuerzos de los ángulos y de las uniones de los ángulos superiores del arco delantero deben ser visibles únicamente a través de la superficie del parabrisas descrita en el Dibujo 253-48.

Para todas las estructuras de seguridad de los vehículos de «Super 2000» homologados a partir del 01/01/2000 y para todas las estructuras de seguridad para vehículos de rallyes homologados a partir de 01/01/2001:

La apariencia de la estructura de seguridad en la abertura de la puerta debe cumplir con los criterios siguientes (ver Dibujo 253-49):

- Dimensión A: debe tener un mínimo de 300 mm.
- Dimensión B: debe tener un máximo de 250 mm.
- Dimensión C: debe tener un máximo de 300 mm.
- Dimensión E: no debe ser superior a la mitad de la altura de la abertura de la puerta (H).

#### 8.3.2.8 Puntos de anclaje de la estructura a la carrocería/chasis:

El mínimo de puntos de anclaje es:

- uno para cada montante del arco delantero;
- uno para cada montante de los arcos laterales o semiarcos laterales;
- uno para cada montante del arco principal;
- uno para cada tirante longitudinal trasero.

Para conseguir un montaje óptimo en la carrocería, el guarnecido original puede ser modificado junto a la estructura de seguridad o sus puntos de anclaje, recortándolo o modificándolo localmente. Sin embargo, esta modificación no permite la eliminación completa de partes de la tapicería o guarnecido.

Si es necesario, la caja de fusibles podrá ser trasladada para permitir el montaje de la estructura de seguridad.

Puntos de anclaje del arco delantero, arco principal, arcos laterales o semiarcos laterales:

Cada punto de anclaje debe incluir una placa de refuerzo de un espesor de, al menos, 3 mm.

Cada pie de anclaje debe estar fijado por, al menos, 3 tornillos en una placa de refuerzo de acero, soldada a la carrocería, que tenga al menos 3 mm de espesor y una superficie mínima de 120 cm<sup>2</sup>.

Para vehículos homologados a partir del 01/01/2007, el área de 120 cm<sup>2</sup> debe ser la superficie de contacto entre la placa de refuerzo y la carrocería. Se muestran ejemplos en los Dibujos 253-50 a 253-56.

Para el Dibujo 253-52, la placa de refuerzo no requiere necesariamente estar soldada a la carrocería.

En el caso del Dibujo 253-54, los laterales del punto de anclaje pueden cerrarse con una placa soldada.

Los tornillos deben ser, al menos, de diámetro M8 y de calidad ISO 8.8 o superior (norma ISO). Las tuercas serán autobloqueantes o dotadas de arandelas de bloqueo.

El ángulo entre 2 tornillos (medido con respecto al eje central del tubo al nivel del pie de anclaje, cf. Dibujo 253-50) no debe ser inferior a 60 grados.

Puntos de anclaje de los tirantes traseros:

Cada tirante longitudinal trasero deberá estar fijado con al menos 2 tornillos M8 y placas de refuerzo cuya superficie mínima sea de 60 cm<sup>2</sup> (Dibujo 253-57), o bien fijado con un solo tornillo a doble cizalladura (Dibujo 253-58), siempre que este sea de la sección y resistencia adecuadas y a condición de que se suelde un manguito al tirante. Estas exigencias son las mínimas.

The screws and bolts must have a minimum quality of 8.8 (ISO standard).

Dismountable joints complying with Drawings 253-37, 253-40, 253-43, 253-46 and 253-47 are solely for attaching optional members and reinforcements described by Article 253-6.3.2.2, and are forbidden for joining the upper parts of the main rollbar, of the front rollbar, of the lateral half-rollbars and of the lateral rollbars.

#### 8.3.2.6 Additional constraints:

Longitudinally, the safety cage must be entirely contained between the mounting points of the front and rear suspension elements carrying the vertical loads (springs and shock absorbers).

Supplementary reinforcements exceeding these limits are authorized between the safety cage and the anchorage points of the rear anti-roll bars on the bodyshell/chassis. Each of these anchorage points may be connected to the safety cage by a single tube with dimensions of 30 x 1.5 mm.

For cars homologated as from 01/01/2002:

In frontal projection, reinforcements of bends and junctions of the upper corners of the front roll-coil cage must be only visible through the area of the windscreen described by Drawing 253-48.

For all the safety cages for "Super 2000" cars homologated as from 01/01/2000 and for all the safety cages for rally cars homologated as from 01/01/2001:

The presence of the cage reinforcements in the door aperture must comply with the following criteria (Drawing 253-49):

- Dimension A must be a minimum of 300 mm
- Dimension B must be a maximum of 250 mm
- Dimension C must be a maximum of 300 mm
- Dimension E must not be more than half the height of the door aperture (H).

#### 8.3.2.8 Mounting of roll-overs to the bodyshell/chassis:

Minimum mounting points are:

- 1 for each pillar of the front rollbar;
- 1 for each pillar of the lateral rollbars or lateral half-rollbars;
- 1 for each pillar of the main rollbar;
- 1 for each backstay.

To achieve an efficient mounting to the bodyshell, the original interior trim may be modified around the safety cages and their mountings by cutting it away or by distorting it. However, this modification does not permit the removal of complete parts of upholstery or trim.

Where necessary, the fuse box may be moved to enable a rollcage to be fitted.

Mounting points of the front, main, lateral rollbars or lateral half-rollbars:

Each mounting point must include a reinforcement plate at least 3 mm thick.

Each mounting foot must be attached by at least three bolts on a steel reinforcement plate at least 3 mm thick and of at least 120cm<sup>2</sup> area which is welded to the bodyshell.

For cars homologated as from 01/01/2007, the area of 120 cm<sup>2</sup> must be the contact surface between the reinforcement plate and the bodyshell. Examples according to Drawings 253-50 to 253-56. For Drawing 253-52, the reinforcement plate need not necessarily be welded to the bodyshell.

In the case of Drawing 253-54, the sides of the mounting point may be closed with a welded plate.

Fastening bolts must have a minimum diameter of M8 and a minimum quality of 8.8 (ISO standard). Fasteners must be self-locking or fitted with lock washers.

The angle between 2 bolts (measured from the tube axis at the level of the mounting foot, cf. Drawing 253-50) must not be less than 60degrees.

Mounting points of the backstays:

Each backstay must be secured by a minimum of 2 M8 bolts (2008) with mounting feet of at least 60 cm<sup>2</sup> area (Drawing 253-57), or secured by a single bolt in double shear (Drawing 253-58), provided it is of adequate section and strength and provided that a bush is welded into the backstay. These are minimum requirements.

In addition, more fasteners may be used, the support plates of the mounting feet may be welded to reinforcement plates, the safety cage (as defined by Article 253-6.3.1) may be welded to

### 8.3.4 Indicaciones para la soldadura:

Deberá cubrir todo el perímetro del tubo. Todas las soldaduras deben ser de la mejor calidad posible y de una penetración total (preferentemente, soldadura al arco en atmósfera de gas inerte). Aunque una buena apariencia exterior no garantiza necesariamente la calidad de la soldadura, una soldadura de mala apariencia no será nunca señal de un buen trabajo.

En el caso de utilizar acero tratado térmicamente, deben seguirse las instrucciones del fabricante (electrodos especiales, soldadura en atmósfera de gas inerte).

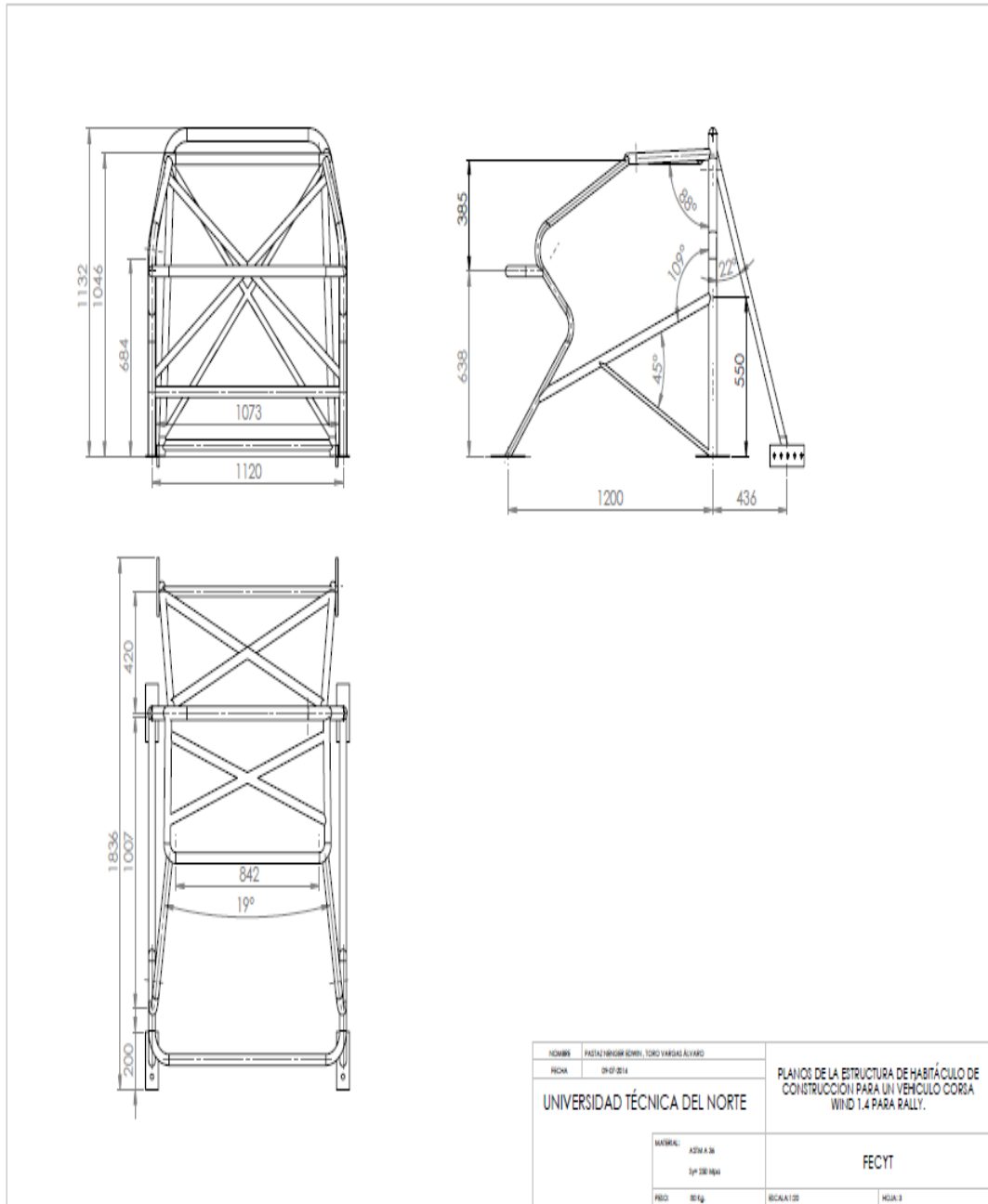
### 8.3.5 Revestimiento protector:

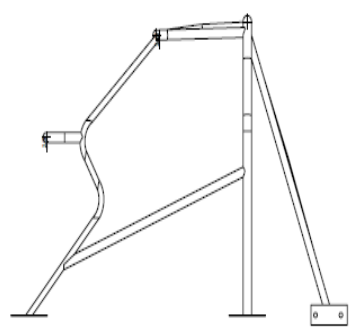
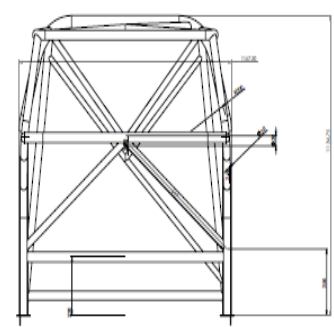
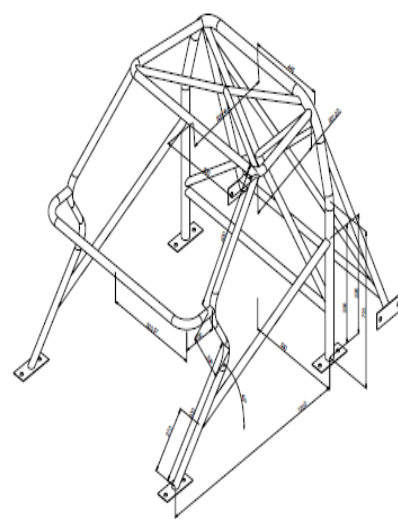
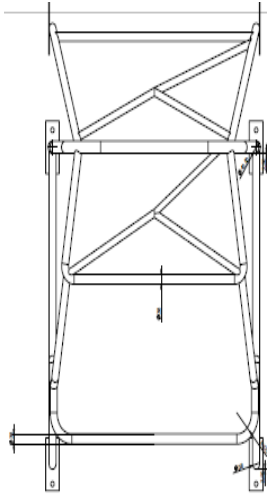
En los lugares donde los cuerpos de los ocupantes puedan entrar en contacto con la estructura de seguridad, debe instalarse un revestimiento protector no inflamable.

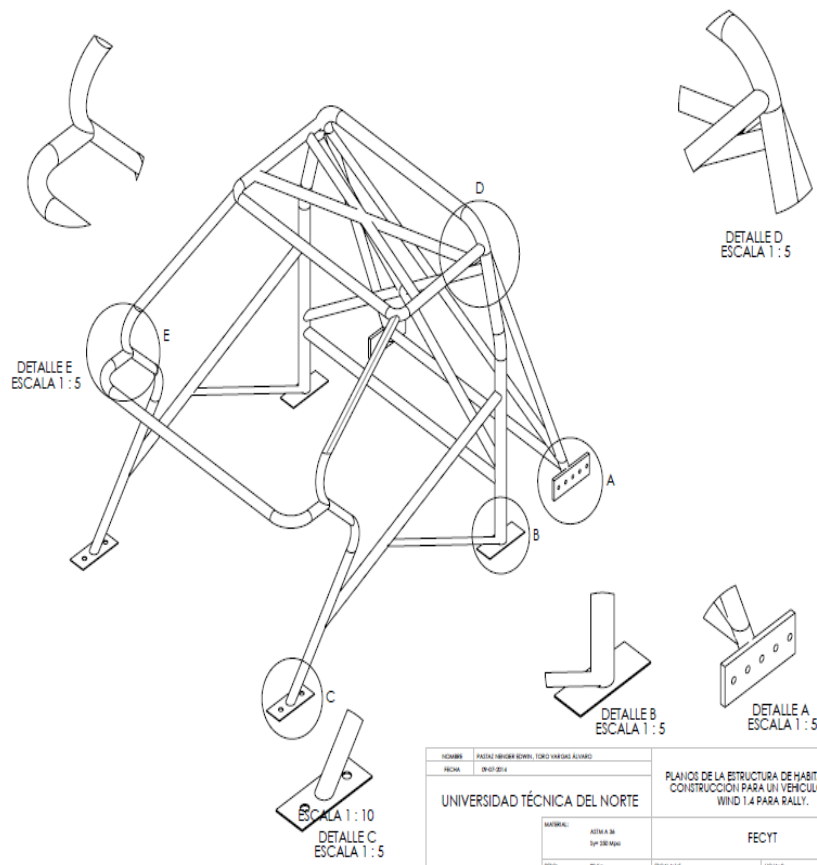
En aquellos puntos en los que los cascos de los ocupantes pudieran entrar en contacto con la estructura de seguridad, el revestimiento debe cumplir con la norma FIA 8857-2001 tipo A (ver la Lista Técnica n.º 23 «Revestimiento de arco de seguridad homologado por la FIA») y estar fijado de manera permanente a la estructura.

Aplicación: Para todas las categorías.

## Anexo 4 Planos del diseño de la estructura.







NOMBRE:	PROYECTO DE INGENIERIA CIVIL, TERCER SEMESTRE		
FECHA:	20/07/2014		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE		PLANOS DE LA ESTRUCTURA DE HABITACULO DE CONSTRUCCION PARA UN VEHICULO CORRERA WIND 1.4 PARA RALLY.	
MATERIAL:	ACERO INOXIDABLE	FECYT	
PROF:	MEG	ESCALA 1:5	HOJA 3



## Anexo 5 Informe de Solidworks 2014



Descripción  
HABITÁCULO DE SEGURIDAD  
PARA UN VEHÍCULO CORSA WIND 1.4

Simulación de ANALISIS DISEÑO  
DE HABITÁCULO

Fecha: miércoles, 09 de julio de 2014  
Diseñador: Pastaz Nenger Edwin, Toro  
Vargas Álvaro

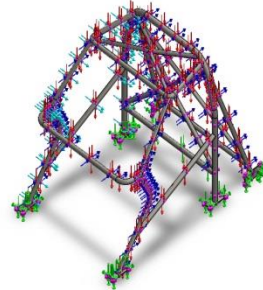
Nombre de estudio: Análisis estático  
1

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de Contenidos

Descripción	112
Información de modelo	113
Propiedades del estudio	114
Unidades	114
Propiedades de material	115
Cargas y sujeciones	116
Información de malla	118
Fuerzas resultantes	124
Resultados del estudio	123

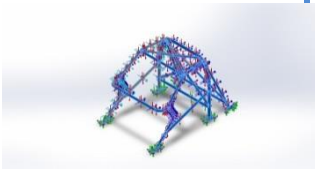
Información de modelo



Nombre del modelo: ANALISIS DISEÑO DE HABITÁCULO

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Fecha de modificación
<p>Barrer1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:44.6432 kg                      Volumen:0.00568703 m<sup>3</sup>                      Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>                      Peso:437.503 N</p>	<p>ANÁLISIS DISEÑO DE HABITÁCULO.SLDPRT                      Jul 09 16:32:32 2014</p>

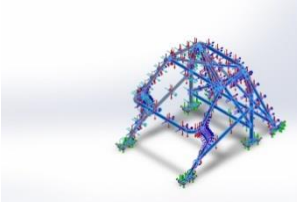
### Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde Solidworks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de Solidworks

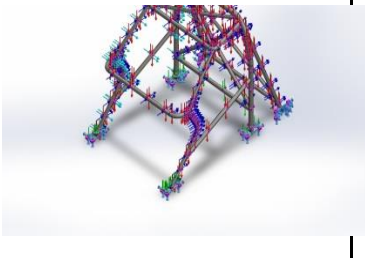
### Unidades

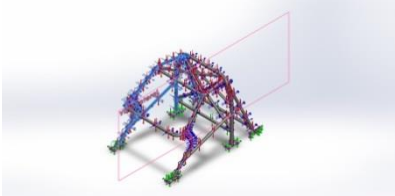
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

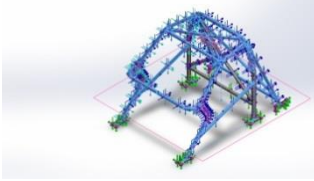
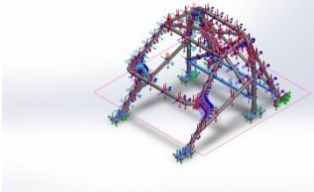
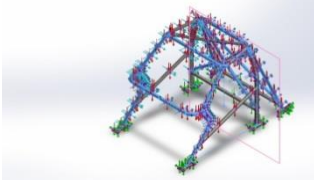
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de Von Mises</p> <p>Límite elástico: 2.5e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 4e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 7.93e+010 N/m<sup>2</sup></p>	<p>Sólido</p> <p>1(Barrer1)(ESTRUCTURA CON SIMETRIA)</p>

### Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades:	6 cara(s)	
		Tipo:	Geometría fija	
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	
Fuerza de reacción(N)	-895.817	2555.53	3499.92	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades:	16 cara(s), 1 plano(s)	
		Referencia:	Vista lateral	
		Tipo:	Aplicar fuerza	
		Valores:	---, ---, 56 N	
		Ángulo de fase:	0	
		Unidades:	deg	

<p>Fuerza-2</p>		<p>Entidades: 30 cara(s), 1 plano(s)</p> <p>Referencia: Planta</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: ---, ---, -85 N</p> <p>Ángulo de fase: 0</p> <p>Unidades: deg</p>
<p>Fuerza-3</p>		<p>Entidades: 6 cara(s), 1 plano(s)</p> <p>Referencia: Planta</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: ---, ---, -1 N</p> <p>Ángulo de fase: 0</p> <p>Unidades: deg</p>
<p>Fuerza-4</p>		<p>Entidades: 28 cara(s), 1 plano(s)</p> <p>Referencia: Alzado</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: ---, ---, -125 N</p> <p>Ángulo de fase: 0</p> <p>Unidades: deg</p>

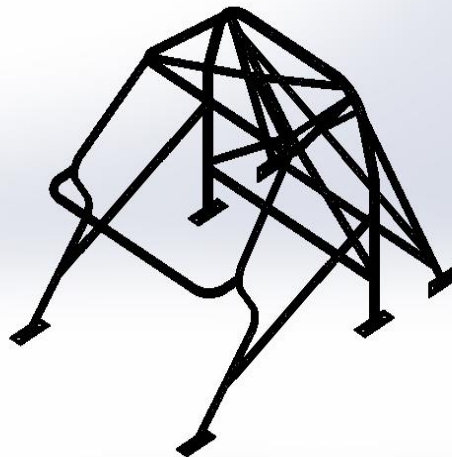
### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	8.75027 mm
Tamaño mínimo del elemento	1.75005 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

### Información de malla - Detalles


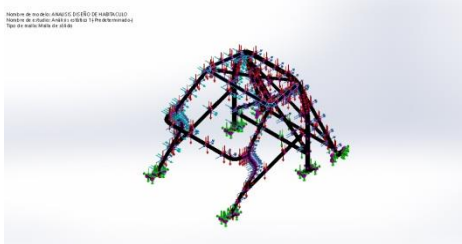
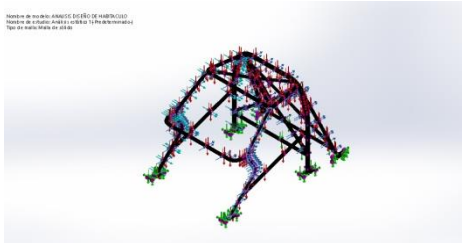
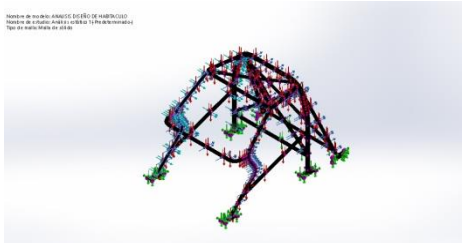
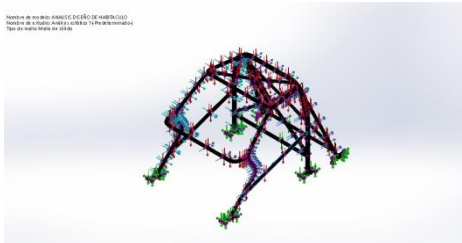
Número total de nodos	476681
Número total de elementos	239134
Cociente máximo de aspecto	5237.1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	37.3
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.074
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:01:02
Nombre de computadora:	EDWIN

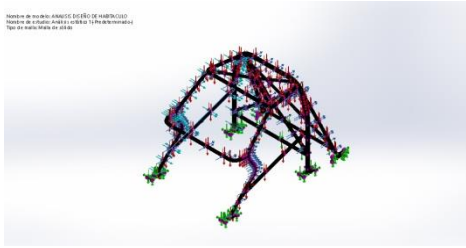
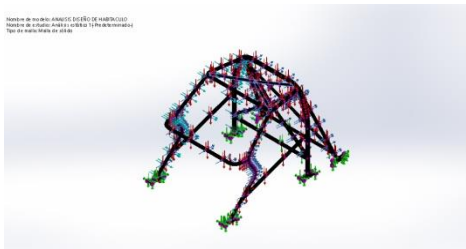
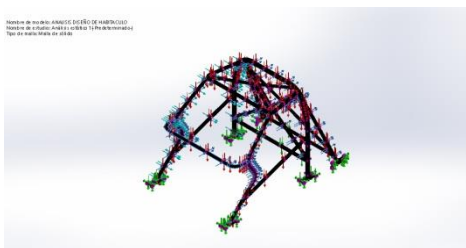
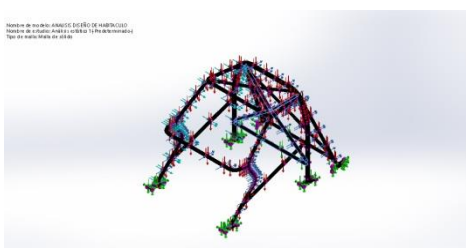
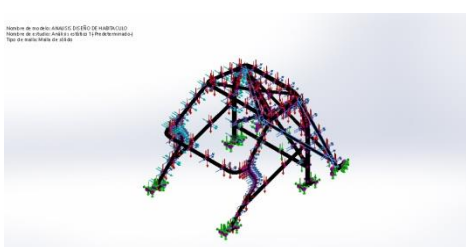
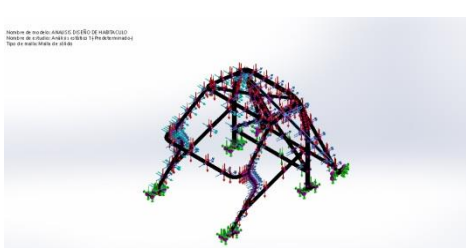
Nombre de modelo: ANALISIS DISEÑO DE HABITACULO  
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre-determinad o-)  
Tipo de malla: Malla de sólido

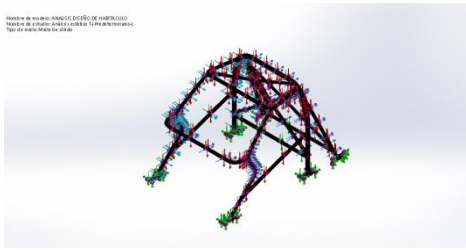
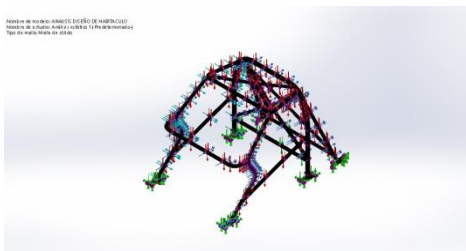
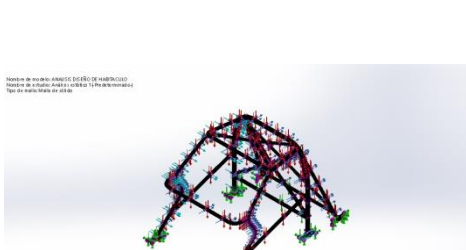
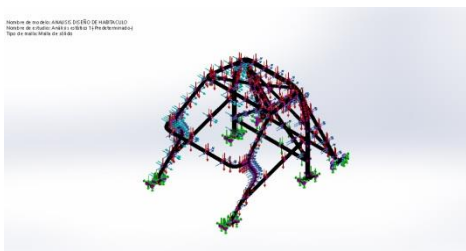
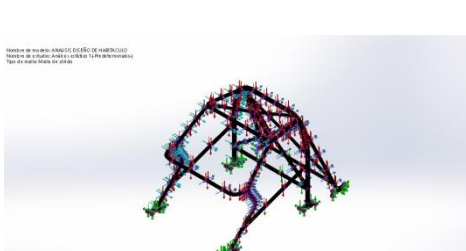




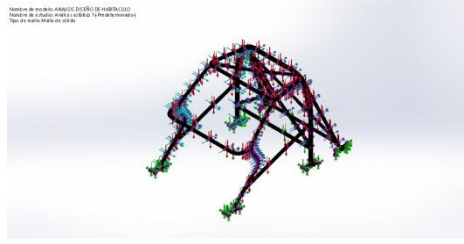
Información sobre el control de malla:

Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla
Control-1		Entidades: 9 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-2		Entidades: 5 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-3		Entidades: 5 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-4		Entidades: 5 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-5		Entidades: 1 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :

Control-6		Entidades: 1 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-7		Entidades: 3 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-8		Entidades: 5 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-9		Entidades: 5 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-10		Entidades: 3 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-11		Entidades: 3 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :

Control-12		Entidades: 8 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-13		Entidades: 8 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-14		Entidades: 8 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9 378 Coeficiente 1.5 :
Control-15		Entidades: 8 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :
Control-16		Entidades: 1 arista(s), 7 cara(s) Unidades: mm Tamaño: 10.9378 Coeficiente 1.5 :

Control-17



Entidades: 8 cara(s)

Unidades: mm

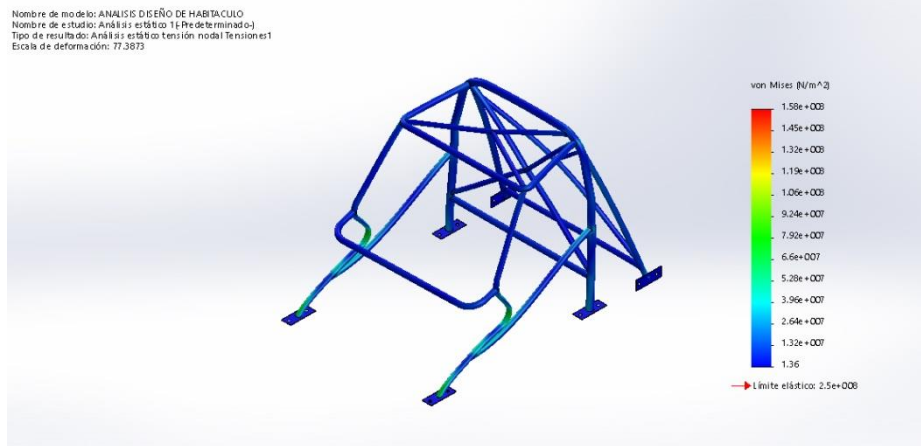
Tamaño: 10.9378

Coeficiente 1.5

:

## Resultados del estudio

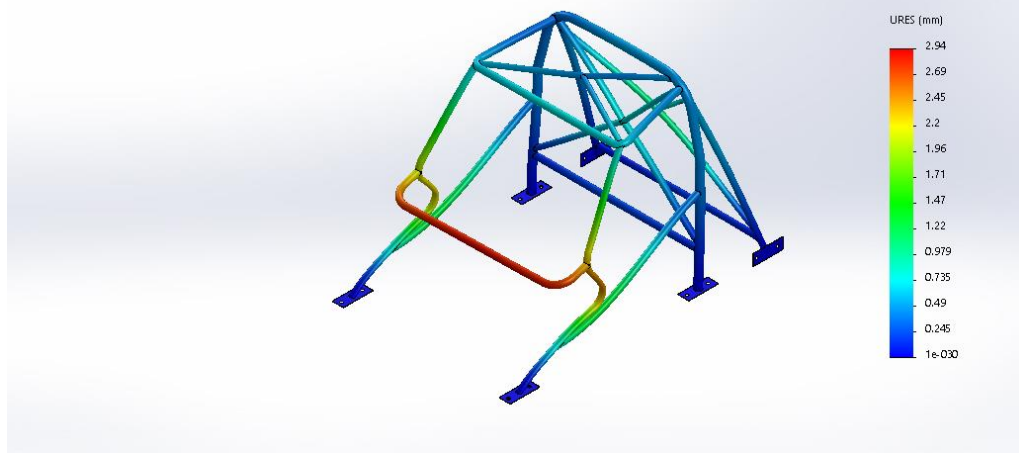
Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de Von Mises	1.35632 N/m <sup>2</sup> Nodo: 82912	1.58371e+00 8 N/m <sup>2</sup> Nodo: 136850



ANLÁISIS DISEÑO DE HABITÁCULO-Análisis estático 1-  
Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm  78	2.938 25 mm Nodo: 97154

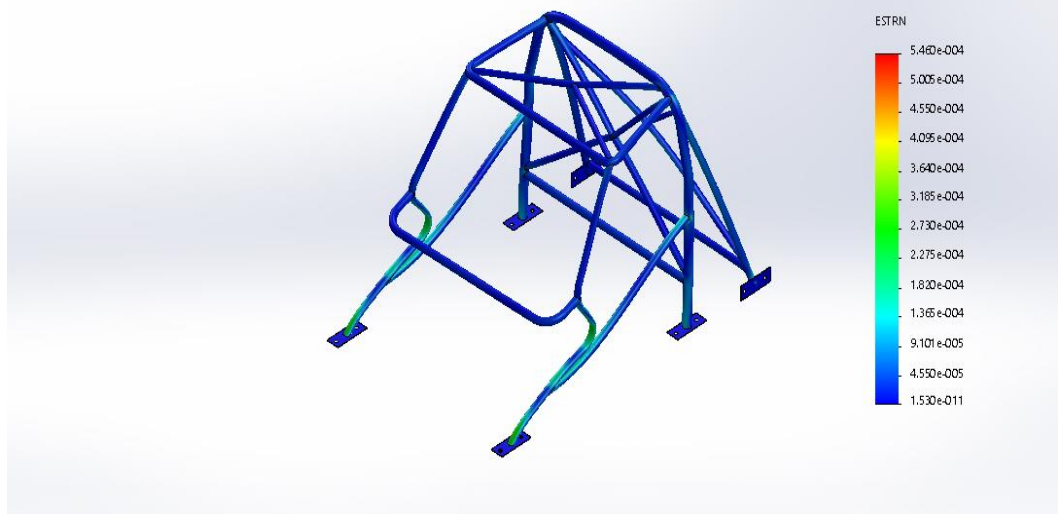
Nombre de modelo: ANÁLISIS DISEÑO DE HABITÁCULO  
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Predefinido)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 77.3873



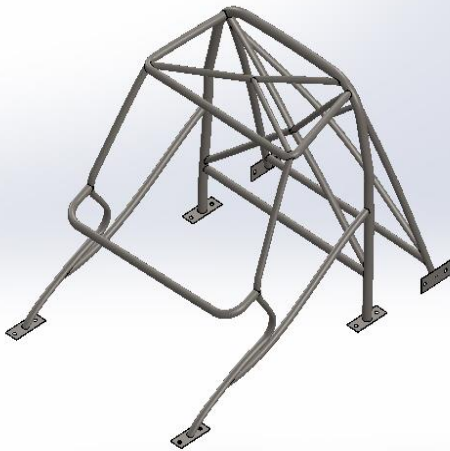
ANÁLISIS DISEÑO DE HABITÁCULO-Análisis estático 1-  
Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.53e-011 Elemento: 225296	0.000546033 Elemento: 31239

Nombre de modelo: ANÁLISIS DISEÑO DE HABITÁCULO  
Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predefinido)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 77.3873



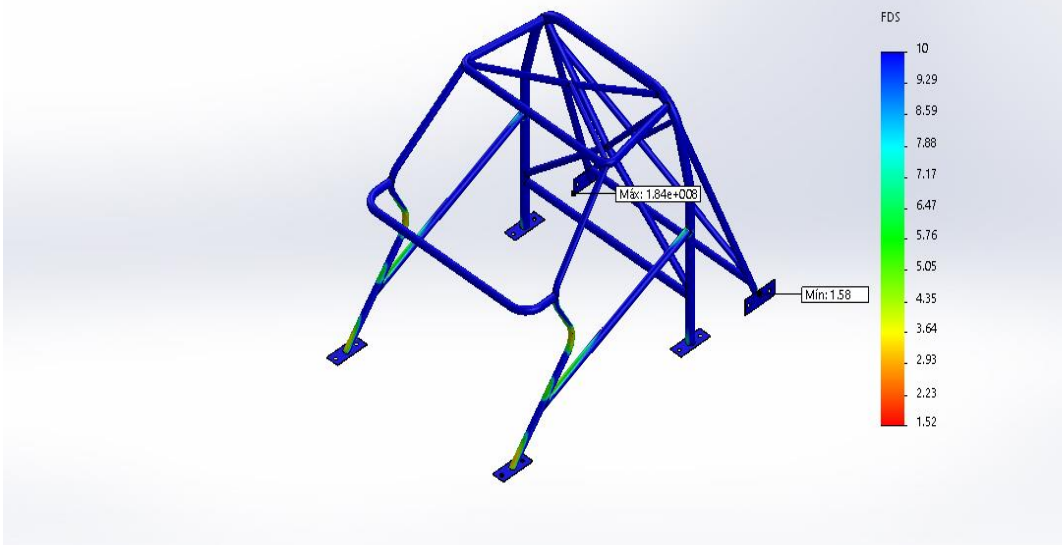
ANÁLISIS DISEÑO DE HABITÁCULO-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada
<p data-bbox="371 495 663 555"> Nombre de modelo: ANALISIS DISEÑO DE HABITACULO  Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre determinado)  Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1{1}  Escala de deformación: 77.3873 </p>  <p data-bbox="371 1104 1193 1200"> ANÁLISIS DISEÑO DE HABITÁCULO-Análisis estático 1-  Desplazamientos-Desplazamientos1{1} </p>	



Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Factor de seguridad1	Automático	1.57857 Nodo: 136850	1.84322e+008 Nodo: 82912

Nombre de modelo: ANÁLISIS DISEÑO DE HABITÁCULO  
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre-determinado)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.6



ANÁLISIS DISEÑO DE HABITÁCULO-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	100270712-1	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	PASTAZ NENGER EDWIN NORBERTO	
DIRECCIÓN:		Ibarra, Barrio Azaya calle Latacunga14-58 y Babahoyo	
EMAIL:		edwinp_83@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO:	062612556	TELÉFONO MÓVIL	0985727618

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EL DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DEL HABITACULO DE SEGURIDAD PARA UN CORSA WIND 1.4 PARA RALLY".
AUTOR (ES):	PASTAZ NENGER EDWIN NORBERTO
FECHA: AAAAMMDD	2014/10/23
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Mafla

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, PASTAZ NENGER EDWIN NORBERTO, con cédula de identidad Nro. 100270712-1, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes Octubre de 2014

**EL AUTOR:**



(Firma).....  
Nombre: PASTAZ NENGER EDWIN NORBERTO  
C.C. 100270712-1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **PASTAZ NENGER EDWIN NORBERTO**, con cédula de identidad Nro. **100270712-1** manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: **“DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DEL HABITACULO DE SEGURIDAD PARA UN CORSA WIND 1.4 PARA RALLY”**. Que ha sido desarrollado para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de Octubre de 2014

(Firma).....  
Nombre: **PASTAZ NENGER EDWIN NORBERTO**  
Cédula: **100270712-1**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	040181534-5	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	TORO VARGAS ÁLVARO HENRY	
DIRECCIÓN:		San Gabriel, Calle Colón y Los Arrayanes.	
EMAIL:		alvareins_01@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO:	062290898	TELÉFONO MÓVIL	0959496904

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EL DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DEL HABITACULO DE SEGURIDAD PARA UN CORSA WIND 1.4 PARA RALLY".
AUTOR (ES):	TORO VARGAS ÁLVARO HENRY
FECHA: AAAAMMDD	2014/10/23
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Mafía

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, TORO VARGAS ÁLVARO HENRY, con cédula de identidad Nro. 040181534-5, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes Octubre de 2014

EL AUTOR:

(Firma).....  
Nombre: TORO VARGAS ÁLVARO HENRY  
C.C. 040181534-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **TORO VARGAS ÁLVARO HENRY**, con cédula de identidad Nro. **040181534-5** manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: **"DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DEL HABITACULO DE SEGURIDAD PARA UN CORSA WIND 1.4 PARA RALLY"**. Que ha sido desarrollado para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de Octubre de 2014

(Firma).....  
Nombre: TORO VARGAS ÁLVARO HENRY  
Cédula: 040181534-5