

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



TESIS DE GRADO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS PARA UN
VEHÍCULO TIPO BUGGY DE LA FÓRMULA
AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA (FAU)”**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

ALEX FABIÁN ANDRADE ÁLVAREZ
GUIDO ANTONIO JARAMILLO MADRID

RIOBAMBA – ECUADOR

2 009

ESPOCH*Facultad de Mecánica*

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO**Octubre 15 de 2009**

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALEX FABIÁN ANDRADE ÁLVAREZ Y GUIDO ANTONIO JARAMILLO MADRID

Nombre del Estudiante

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CHAIS PARA UN VEHÍCULO TIPO BUGGY DE LA FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA (FAU)”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos Santillán

Ing. Chistian Hidalgo

Ing. Geovanny Novillo

ESPOCH
Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES: ALEX FABIÁN ANDRADE ÁLVAREZ
GUIDO ANTONIO JARAMILLO MADRID

TÍTULO DE LA TESIS:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CHAIS PARA UN VEHÍCULO TIPO BUGGY DE LA FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA (FAU)”

Fecha de Examinación: Octubre 15 de 2009

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán M (Presidente Trib. Defensa)			
Ing. Christian Hidalgo (Director de Tesis)			
Ing. Geovanny Novillo (Asesor de Tesis)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán

APROBACIÓN DE TESIS

Ing. Christian Hidalgo, en calidad de Director de la Tesis presentada por los egresados de la escuela de Ingeniería Automotriz Sr. Alex Fabián Andrade Álvarez y Guido Antonio Jaramillo Madrid, cuyo título es Diseño y Construcción del chasis para un vehículo tipo Buggy de la Fórmula Automovilística Universitaria. Considero que reúnen los requisitos y méritos suficientes, para la presentación y sustentación correspondiente ante el tribunal que se les asigne.

Ing. Christian Hidalgo

Director de Tesis

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Alex Fabián Andrade Álvarez

Guido Antonio Jaramillo Madrid

AGRADECIMIENTO

◆ A nuestros padres, hermanos y familiares por su apoyo moral e incondicional demostrado a lo largo de nuestra vida estudiantil y a Dios por ser el guía de nuestra existencia.

◆ A las autoridades de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo en las personas de su señor Rector Doc. Silvio Álvarez Luna, al señor decano de la facultad de Mecánica Ing. Geovanny Novillo, por darnos la oportunidad de prepararnos y formarnos como profesionales de tercer nivel.

◆ A los Ing. Christian Hidalgo. Director de la Tesis, e Ing. Geovanny Novillo Asesor de la Tesis ya que gracias a sus conocimientos guiaron el desarrollo de la investigación.

◆ A todos nuestros maestros que en el aula y fuera de ella inculcaron siempre el deseo de seguir adelante hasta conseguir el triunfo.

DEDICATORIA

Este recuerdo va dedicado a las personas que siempre están conmigo y han sido el ejemplo de sabiduría y reflejo de superación, dedicación, responsabilidad y amor a sus hijos, por el esfuerzo que han realizado siempre, para darme las herramientas necesarias para triunfar en la vida. Mis padres.

A ustedes Carmita y Guillermo

Con mucho cariño de su hijo.

Alex

Dedico este presente trabajo a las personas que admiro por su esfuerzo, cariño y comprensión que me han demostrado durante toda mi existencia y me ayudaron a culminar un peldaño más en la escalera de la vida , a mis padres Guido Jaramillo y Máxima Madrid.

Guido

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>	
1	INTRODUCCIÓN	
1.1	Generalidades	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación de la Investigación	2
1.4	Objetivos	3
1.4.1	Objetivos Específicos	3
1.4.2	Objetivo General	3
2.	MARCO TEÓRICO	4
2.1	Partes que Constituyen un Vehículo	4
2.1.1	El Chasis	4
2.1.2	Bastidor	5
2.1.3	La Carrocería	6
2.1.4	Esfuerzos Admisibles en el Elemento Estructural	8
2.2	Marco Conceptual	16
2.2.1	Elementos del Bastidor	18
2.2.1.1	Motor	18
2.2.1.2	La Cabina	18
2.2.1.3	Muelles	18
2.2.1.4	Amortiguadores	19
2.2.1.5	Particularidades	19
2.2.2	Cargas Aplicadas	20
2.2.2.1	Carga Muerta (M)	21
2.2.2.2	Carga Viva (V)	21
2.2.2.3	Carga de Frenado (F)	21
2.2.2.4	Carga de Aceleración Brusca (Ab)	21
2.2.2.5	Carga por Resistencia del Aire Frontal (Raf)	21
2.2.2.6	Los Aceros	22
2.2.3	Carga de Impacto	22
2.2.4	Tipos de Aceros	22
2.2.4.1	Aceros al Carbono	22

2.2.4.2	Aceros Aleados	22
2.2.4.3	Aceros de Baja Aleación Ultra Resistentes	23
2.2.4.4	Aceros Inoxidables	23
2.2.4.5	Aceros de Herramientas	23
2.2.5	Acero Estructural	24
2.2.5.1	Ventajas del Acero Estructural	27
2.2.5.2	Desventajas del Acero como Material Estructura	28
2.2.5.3	Propiedades Físicas de los Aceros Estructurales	29
2.2.5.4	Tipos de Perfiles para Bastidores	30
2.2.5.5	Tipos de Barras para Chasis Tubulares	31
2.2.5.6	Consideraciones sobre Soldabilidad de los Materiales	31
2.2.5.6.1	Principios de la Soldadura MIG/MAG	32
2.2.5.6.2	Parámetros de la Soldadura	33
3.	DISEÑO DEL BASTIDOR	35
3.1	Criterios Sobre la Rigidez	35
3.2	Criterios Sobre Peso y su Distribución	39
3.3	Criterios Sobre el Espacio y la Ergonomía	40
3.4	Análisis de Alternativas	42
3.4.1	Alternativa 1	43
3.4.2	Alternativa 2	44
3.5	Selección de la Alternativa Óptima	50
3.6	Diseño del Chasis	51
3.6.1	Diseño de la Estructura en SAP2000 10.1	57
3.6.2	Determinación de Cargas	58
3.6.2.1	Peso Propio de Estructura o Carga Muerta (M)	58
3.6.2.2	Determinación de Cargas Vivas (Cv)	59
3.6.2.3	Calculo de la Carga de Impacto	59
3.6.2.3.1	Choque Superior (Imp- Superior)	59
3.6.2.3.2	Impacto Lateral (Imp- Lateral)	60
3.6.2.3.3	Impacto Frontal (Imp-Frontal)	61
3.6.2.4	Carga de Impactos (Impactos)	61
3.6.2.5	Fuerza de Aceleración (Ab)	61
3.6.2.6	Fuerza de Frenado (F)	62

3.6.2.7	Carga Aerodinámica	62
3.6.3	Definiciones del Material y Propiedades de Sección	63
3.6.4	Definición de los Estados de Carga y sus Combinaciones	65
3.6.5	Asignación de Restricción	67
3.6.6	Asignación del Material	68
3.6.7	Asignación de Perfiles	68
3.6.8	Asignación de Cargas	69
3.6.9	Comprobación de la Alternativa en Sap2000 10.1	71
3.6.10	Análisis del Estado Deformacional o Rigidez	74
3.6.11	Análisis del Estado Tensional	83
3.6.12	Resultados Obtenidos	93
3.6.12.1	Fuerza Axial	93
3.6.12.2	Torsión	94
3.6.12.3	Momentos 2-2	95
3.6.12.4	Momento 3-3	96
3.6.12.5	Cortante 2-2	97
3.6.12.6	Cortante 3-3	98
3.7	Algoritmo de Diseño de un Bastidor	100
4.	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y COSTOS	101
4.1	Construcción	101
4.2	Operaciones Tecnológicas	101
4.2.1	Corte por Aserrado	102
4.2.2	Métodos de Curvado en Frío para CHS	103
4.2.2.1	Curvado en Frío por Presión	103
4.2.2.2	Curvado en Frío Mediante Caja Conformadora	104
4.2.2.3	Curvadora de Rodillos	104
4.2.2.4	Curvado Mediante Cortes a Inglete	105
4.2.3	Métodos para Soldar Nudos de Perfiles Tubulares	106
4.2.4	Posiciones y Secuencias de Soldadura	106
4.2.5	Punteado de la Soldadura	108
4.2.8	Inspección de Soldaduras	109
4.2.9	Flujograma de Construcción	109
4.2.10	Procedimientos Generales para la Fabricación y Montaje	112

4.2.10.1	Montaje	112
4.3	Flujograma de Construcción y Montaje	120
4.4	Costos	121
4.4.1	Costos Directos	122
4.4.2	Costos Indirectos	123
4.4.3	Costos Totales	124
4.4.4	Presupuesto	124
4.5	Análisis del Rendimiento de la Inversión	124
5.	Prueba de Doblado Inverso	126
5.1	Pruebas y Resultados	126
5.1.1	Plan de Pruebas	126
5.1.2	Prueba de Aplana	127
5.1.3	Prueba de Dureza	128
5.1.4	Ensayo de Resistencia a la Tracción	128
5.1.5	Ensayo de Flexión	129
5.1.6	Ensayo de Resistencia por Flexión	130
5.2	Análisis de los Resultados	130
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
6.1	Conclusiones	139
6.2	Recomendaciones	140

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 : Valores de longitud efectiva	12
2.2 : Lista de aceros estructurales norma SAE-IRA	14
2.3 : Lista de aceros estructurales norma ASTM	25
2.4 : Lista de aceros estructurales norma AISI-SAE, UNS	26
2.5 : Tipos de perfiles para bastidores	30
2.6 : Soldadura MIG /MAG- guía de gases (soldadura con gas de protección)	33
3.1 : Parámetros ergonómicos hombre 95%	41
3.2 : Comparación de medidas según parámetros ergonómicos	47
3.3 : Longitud total del vehículo	47
3.4 : Altura del bastidor al arco principal	47
3.5 : Costo material principal tubos	48
3.6 : Comparación de pesos entre las dos alternativas	48
3.7 : Evaluación Económica	49
3.8 : Evaluación Técnica.	49
3.9 : Medidas referentes al arco principal	53
3.10 : Medidas referentes al arco frontal	53
Medidas de largo y ancho de los parámetros ergonómicos del	
3.11 : hombre 95%	54
3.12 : Distribución de la carga viva.	59
3.13 : Dimensiones del material (Artículo N° 3 del reglamento FAU)	63
3.14 : Propiedades del material	64
3.15 : Características de los perfiles asignados	68
3.16 : Valores de las cargas y su colocación en la estructura	69
3.17 : Número de barras analizadas en la estructura.	72
3.18 : Número de barras analizadas por relación de esfuerzos.	74
3.19 : Desplazamientos máximos de los nodos	75
3.20 : Determinación del límite de deformación por carga viva	75
3.21 : Determinación del límite de deformación por el combo uno	76
3.22 : Determinación del límite de deformación por el combo dos	77
3.23 : Determinación del límite de deformación por el combo tres	77
3.24 : Determinación del límite de deformación por el combo cuatro.	78
3.25 : Determinación del límite de deformación por el combo cinco.	79
3.26 : Determinación del límite de deformación por el combo seis	79
3.27 : Determinación del límite de deformación por el combo siete.	80

		13
3.28	: Determinación del límite de deformación por el combo ocho	80
3.29	: Determinación del límite de deformación por el combo nueve.	81
3.30	: Determinación del límite de deformación por el combo diez	81
3.31	: Determinación del límite de deformación por el combo once	82
4.1	: Tiempos de construcción	110
4.2	: Datos para la soldadora MIG/MAG	115
4.3	: Tiempos utilizados para el montaje	119
4.4	: Costos totales	122
4.5	: Análisis de la inversión.	123
5.1	: Comparación de propiedades del material	130

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 : El chasis tubular como refuerzo del vehículo	6
2.2 : Bastidor	6
2.3 : Auto bastidor	7
2.4 : Carrocería del vehículo	8
2.5 : Deformación de un elemento de viga	9
2.6 : Perfil pandeado de una columna con extremos articulados	11
2.7 : Curva de resistencia de columnas	13
2.8 : Motor	18
2.9 : Muelles	19
2.10 : Amortiguadores hidráulicos	19
2.11 : Sistema de suspensión de ruedas con un mismo eje	20
2.12 : Sistema de suspensión por ruedas independientes	20
2.13 : Detalle del perfil tubular	30
3.1 : Las cargas que pueden flectar un chasis	36
3.2 : Un chasis sometido a esfuerzos torsores.	36
3.3 : Estructura rectangular sometida a torsión	37
3.4 : Estructura triangularizada	37
3.5 : Los "atenuadores de impacto" en un chasis tubular.	38
3.6 : El reparto de fuerzas al balancear.	39
3.7 : Conducción estable	40
3.8 : Parámetros ergonómicas del hombre 95%	41
a) Fórmula CAR CROSS España b) Modelo piraña	
3.9 : (australiano)	42
3.10 : Modelo alternativa 1	44
3.11 : Modelo alternativa 2	45
3.12 : Vista lateral de la cabina	46
3.13 : Barras de ariostramiento	46
Gráfico de Dispersión de los Coeficientes Técnicos y	
3.14 : Económicos	50
3.15 : Ejemplo CAR CROSS	52
3.16 : Vista lateral de los parámetros ergonómicos del hombre 95%	55
3.17 : Vista frontal de los parámetros ergonómicos del hombre 95%	55
Vista isométrica de los parámetros ergonómicos del	
3.18 : hombre95%	56

3.19	: Estructura dibujada en AUTOCAD	57
3.20	: Estructura exportada al SAP	58
3.21	: Ingreso de medidas tubo 1	64
3.22	: Ingreso de medidas PLATINA	65
3.23	: Ingreso de las cargas que conforman los combos	66
3.24	: Activación de combos	67
3.25	: Restricción de los apoyos	67
3.26	: Secciones extruidas	69
3.27	: Puntos donde se aplica la carga aerodinámica	70
3.28	: Estructura analizada por relación de esfuerzos	71
3.29	: Implementación del refuerzo de suspensión.	72
3.30	: Rediseño de las protecciones laterales del piloto.	73
3.31	: Análisis de la estructura modificada	73
3.32	: Deformación producida por la carga viva.	76
3.33	: Deformación producida por el combo uno.	76
3.34	: Deformación producida por el combo dos.	77
3.35	: Deformación producida por el combo tres.	78
3.36	: Deformación producida por el combo cuatro.	78
3.37	: Deformación producida por el combo cinco.	79
3.38	: Deformación producida por el combo seis.	79
3.39	: Deformación producida por el combo siete.	80
3.40	: Deformación producida por el combo ocho.	81
3.41	: Deformación producida por el combo nueve.	81
3.42	: Deformación producida por el combo diez.	82
3.43	: Deformación producida por el combo once.	82
3.44	: Identificación del elemento 59 en la estructura	83
3.45	: Identificación del elemento 45 en la estructura	86
3.46	: Identificación del elemento 270 en la estructura.	88
3.47	: Identificación del elemento 140 en la estructura.	91
3.48	: Fuerza axial	93
3.49	: Torsión	94
3.50	: Resultados de la fuerza axial y torsión	94
3.51	: Momento 2-2	95
3.52	: Resultado del momento 2-2	95
3.53	: Momento 3-3	96
3.54	: Resultado momento 3-3	96
3.55	: Cortante 2-2	97
3.56	: Resultado cortante 2-2	97

3.57	: Cortante 3-3	98
3.58	: Resultante cortante 3-3	98
4.1	: Nudo fabricado por aserrado de corte plano antes de soldar	102
4.2	: Curvado en frío por presión.	103
4.3	: Curvado en frío mediante caja conformadora	103
4.4	: Curvadora de rodillos.	104
4.5	: Curvado mediante cortes a inglete.	104
4.6	: Soldadura circular de 360°.	105
4.7	: Soldadura vertical ascendente de 180°.	106
4.8	: Soldadura vertical ascendente	106
4.9	: Soldadura horizontal	107
4.10	: Posición simétrica A. Provoca concentración de tensiones Fisuras detectadas mediante el ensayo con líquidos	107
4.11	: penetrantes.	109
4.12	: Estructura de montaje con apoyos	112
4.13	: Elementos cortados con sus respectivos dobleces	113
4.14	: Bastidor	114
4.15	: Colocación del arco principal	115
4.16	: Barras antivuelco	116
4.17	: Protección posterior	116
4.18	: Protecciones laterales	117
4.19	: Uniones de las protecciones laterales por puntos de suelda	117
4.20	: Arco frontal	118
4.21	: Partes de la estructura	118
5.1	: Prueba de aplastamiento	126
5.2	: Prueba de doblado inverso	126
5.3	: Prueba de tracción	127
5.4	: Prueba de tracción	127

LISTA DE ABREVIACIONES

FAU	: Fórmula Automovilística Universitaria
ASTM	: American Society For Testing And Materials
AISC	: American Institute Of Steel Construction
AISCS	: American Institute of steel Construction Specification
NTE	: Norma Técnica Ecuatoriana
INEM	: Instituto Nacional Ecuatoriano De Normas
ASD	: Allowable Stress Desing
APU	: Análisis de Precios Unitarios
M	: Carga Muerta
Cv	: Carga Viva
Imp	: Carga de Impacto
Ab	: Carga por Aceleración Brusca
F	: Carga de Frenado
Raf	: Carga por Resistencia al aire
Chs	: Perfiles de Sección Redonda
Rhs	: Perfiles de Sección Rectangular
CEV	: Valor de Carbono Equivalente
MIG	: Metal Inerte Gas
MAG	: Metal Activo Gas
GMAW	: Gas Metal Arc Welding
SMAW	: Soldadura por Arco con Electrodo Revestido
FCAW	: Soldadura por arco núcleo de fundente
GMAW	: Soldadura por Arco Metálico y Gas
K	: Rigidez
P	: Carga Aplicada
Δ	: Deformación
E	: Módulo de Elasticidad
G	: Módulo de Elasticidad Transversal
v	: Coeficiente de Poisson
A	: Coeficiente de Dilatación Lineal
I	: Momento de Inercia
J	: Momento Polar de Inercia

A	: Área de la Sección
Ap	: Arco Principal
Af	: Arco Frontal
<	: Ángulo
F	: Fuerza
m	: Masa
a	: Aceleración
N	: Newton
Ton	: Toneladas Fuerza
Kgf	: Kilogramos Fuerza
s	: Segundos
Af	: Área Frontal
Cx	: Coeficiente de Resistencia al Aire
v	: Velocidad
ρ	: Densidad del Aire
Tubo1	: Tubo de 1 Pulgada
Refue	: Refuerzo de Suspensión
Atenu	: Atenuador de Impacto
Fy	: Límite de Fluencia
Fu	: Límite de Rotura
D	: Diámetro Exterior
e	: Espesor
W	: Modulo resistente de la sección, cm ³
i	: Radio de Giro de la Sección, cm
M	: Momento Flexionante
Y	: Deflexión de la Viga
y	: Distancia al Centroides de la Viga
V	: Momento Cortante
fb	: Esfuerzo Nominal
Φ	: Curvatura de la Viga
ϵ	: Deformación
c	: Distancia al Centroides de la Viga
Fb	: Esfuerzo Permisible
Crc	: Column Research Council

l	: Longitud de la Viga
P_e	: Carga de Euler
F_e	: Esfuerzo de Pandeo
k	: Factor de Longitud Efectiva
r	: Radio
f_a	: Esfuerzo Axial
F_c	: Resistencia de la Columna
FS	: Factor de Seguridad
f_b	: Esfuerzo Actuante Máximo
F_{bx}	: Esfuerzo Actuante Máximo en el Eje x
F_{by}	: Esfuerzo Actuante Máximo en el Eje y
F_t	: Esfuerzo Permisible en Tensión
f_{bx}	: Esfuerzo Actuante Máximo en el Eje x
f_{by}	: Esfuerzo Actuante Máximo en el Eje y
U	: Deformación
B	: Ángulo de Corte
θ	: Ángulo de Inclinación
H	: Distancia entre los Planos
e	: Deformación por Unidad de Longitud
t	: Espesor

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 Planos de detalle
- Anexo 2 Manual de procedimientos de diseño de un chasis tipo Buggy en SAP2000 10.1
- Anexo 3 Reglamento FAU
- Anexo 4 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323 Vehículos Automotores. Carrocerías de Buses. Requisitos. Primera Revisión

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir un chasis para un vehículo tipo buggy de la Fórmula Automovilística Universitaria que garantice el soporte y seguridad de los elementos que conforman el mismo, en base al reglamento FAU y a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323.

Se ha optado por la utilización de softwares que permitan comprobar y analizar cada uno de los elementos que conforman la estructura para que no presente fallas, debido a las cargas aplicadas, es imprescindible conocer y tener en mente todos los métodos de fabricación a la hora de construir una estructura tubular como esta.

Para la aplicación de estas teorías es necesario hacer un dibujo aproximado del chasis, de esta manera se harán los correctivos necesarios.

De acuerdo a la normativa de la Fórmula Automovilística Universitaria (FAU), se procedió con el diseño y posterior construcción del chasis del vehículo tipo buggy.

Se recomienda para efectos de diseño en el software SAP2000 10.1 trabajar hasta el color amarillo, que representa a la relación de esfuerzos con un valor de 0,7, lo cual permite optimizar los resultados, siendo estos confiables.

SUMMARY

This project objective is to design and build a chassis for a vehicle Buggy of the University Automobile Formula which warrants the support and safety of the elements of this based on the FAU regulation and the 1323 INEN norm.

Software have been used to test and analyze each one of the elements of the structure in order not to present failures due to applied charges that's why it is indispensable to keep in mind all the manufacturing methods a tubular structure is built.

In order to apply these theories it is necessary to draw the chassis to carry out this approximation correctly.

According to the regulation of the University Automobile Formula (FAU), the design and the construction of the chassis for the vehicle buggy was made.

It is recommended to work until the yellow color effects of design in the software SAP2000 10.1 which represents to the relation of efforts with a value of 0,7. It permits to optimize the results and therefore these are reliable.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Refiriéndose al proyecto planteado, a lo largo de la historia las estructuras han permitido el avance y el sustento de grades obras tanto en la construcción de edificaciones como también de máquinas y en nuestro caso el soporte de vehículos, de esta manera en la actualidad existen gran variedad de estructuras que forman los vehículos de competencia en varias categorías del mundo tuerca con gran rendimiento, seguridad y buena apariencia.

En el marco de la investigación planteada, referido al análisis del diseño y la construcción de la estructura metálica para vehículos tipo buggy, se define el diseño de investigación como el plan o la estrategia global en el contexto del estudio propuesto, lo que permitirá orientar desde el punto de vista técnico y guiar todo el proceso de exploración, desde la recolección de los datos, hasta los últimos detalles técnicos y así cumplir con los objetivos planteados.

Todas las especificaciones indicadas en la presente tesis, establecen características básicas y generales de diseño de un chasis para un vehículo tipo buggy, las cuales serán de gran importancia para la provisión de nuevos modelos de esta competencia.

En consecuencia solo serán rigurosamente fijados algunos parámetros que necesariamente deben cumplirse por corresponder a las características propias del diseño.

El presente trabajo de producción nos apoyamos en las normas de construcción FAU y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323, que establece ciertas condiciones de seguridad, confiabilidad y confort adecuadas para el piloto. Como se trata de una estructura metálica se aplica el código AISC/ASD, con el propósito de realizar un diseño desde el punto de vista estructural seguro.

1.2 ANTECEDENTES

A mediados de los años 1976, se realizan las primeras competencias SAE y Mini Baja, teniendo éxito internacional, hoy en día se la conoce como Formula Student, teniendo gran acogida en Sudamérica especialmente en Venezuela y Chile, por lo que se hace necesaria nuestra participación en estas competencias al existir en el Ecuador la Formula Automovilística Universitaria "FAU".

Excluyendo el equipo eléctrico de un automóvil, el resto de los componentes mecánicos del vehículo, como el tren de potencia, dirección, frenos, etc., quedan englobados en este aparato denominado comúnmente chasis.

El chasis al ser una estructura cuyo propósito es el de conectar rígidamente la suspensión delantera y la trasera y al mismo tiempo ofrecer puntos de conexión para los diferentes sistemas del vehículo y principalmente el de proteger al conductor frente a posibles colisiones. Los diseños de la estructura autoportante rara vez se someten a tensiones del orden de la tensión última, por lo tanto lo determinante muchas veces es la deformación en los rangos admisibles, en otras palabras la rigidez.

Entre los requerimientos generales del diseño de un chasis según el reglamento de la Formula Automovilística Universitaria "FAU" se tienen:

Distancia entre ejes y configuración del vehículo: el vehículo debe tener una distancia entre ejes de no menor a 1525 mm. El vehículo debe tener cuatro neumáticos no necesariamente alineados.

Trocha del vehículo: la trocha menor (delantera o posterior) no debe ser menor que el 75% de la trocha mas larga.

Requerimientos mínimos de materiales: el material base es el acero, la estructura principal del vehículo debe ser construida en tubo estructural negro (mínimo 0.1 % de carbono).

Tomando todos estos aspectos el chasis debe construirse en base a las normas "FAU", ya que la seguridad es el principal requisito por tratarse de una

competencia estudiantil, y por lo tanto son muchas las restricciones a las que el chasis está sometido por parte de la organización, para garantizar la seguridad de los participantes.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta tesis se centra en diseñar por medio de programas de computación el chasis autoportante que permitan determinar los esfuerzos que soporta un chasis de un vehículo en cada una de sus partes, para obtener resultados realistas.

Durante los últimos años, se han producido una gran cantidad de trabajos en la construcción de vehículos muy complejos, buscando la solución dinámica de estos, que ha demostrado ser una tarea difícil. Para evitar el planteamiento de múltiples ecuaciones en cada una de las secciones que conforman el chasis del vehículo tipo buggy, surgen varias herramientas de simulación, con las cuales a partir de las propiedades de inercia, las conexiones entre los distintos cuerpos y las fuerzas actuantes, es posible calcular las fuerzas a las que el chasis está sometido.

Por lo tanto es muy importante aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, que nos ayudarán a ser competitivos, aportando de esta manera a la ESPOCH y a la sociedad con información tecnológica, promoviendo un mercado tanto en publicidad, turismo, espacios de distracción al alcance de todos puesto que todos los materiales requeridos en este proyecto los encontramos en el mercado, fomentando así el desarrollo de la provincia y del país en automovilismo.

1.4 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Contar con un chasis para un vehículo tipo Buggy de la Fórmula Automovilística Universitaria que garantice el soporte y seguridad de los elementos que conforman el mismo.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diseño del chasis mediante la aplicación de paquetes computarizados para modelar su comportamiento mecánico (SAP2000 10.1)
- Construir el chasis basado en la aplicabilidad de normas de estandarización de vehículos, para formula estudiantil aplicamos el reglamento FAU, y el código AISC/ASD.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 PARTES QUE CONSTITUYEN UN VEHÍCULO

Uno de los principales problemas del usuario cuando observa su automóvil es el desconocimiento de las partes que lo integran. Este desconocimiento normalmente proviene del poco interés por estudiar sus partes, asumiendo que la complejidad del vehículo requiere estudios detallados, es necesario determinar las diferencias que existen entre dos componentes del automóvil; la carrocería y el chasis.¹

2.1.1 EL CHASIS

Se emplea principalmente en vehículos de carga, como por ejemplo camionetas, camiones y buses, y también como refuerzo en los coches de competición. El chasis es un marco metálico conocido como bastidor, sobre el cual se montan todos los componentes del vehículo. La carrocería se instala sobre el chasis una vez se haya determinado su aplicación (camión o bus, auto o camioneta). La instalación se efectúa empernando o soldando la carrocería al bastidor; si es empernada se conoce como "carrocería independiente". Si es soldada se conoce como "autoportante".

En los vehículos de competición se podría decir que los dos grandes tipos de chasis son los "monocasco" y los "tubulares". En los primeros el chasis forma parte de la carrocería. Los chasis tubulares son los que más se emplean como refuerzo de los vehículos de competición ya que es más sencilla su construcción y la determinación de los esfuerzos a los que pueda estar sometido.

En cuanto al comportamiento mecánico hay que decir que el chasis es más rígido que la carrocería. Interesa, en el momento de un choque, que la

¹ J. M. ALONSO Técnicas del Automóvil. Chasis. Pág. 20

carrocería se deforme todo lo que se pueda para no transmitir la energía de la colisión al piloto y por otra parte interesa que el chasis se deforme poco para no alterar las características de la conducción.



Figura 2.1: El chasis tubular como refuerzo del vehículo

2.1.2 BASTIDOR

Todos los elementos de un automóvil, como el motor y todo su sistema de transmisión han de ir montados sobre un armazón rígido. Es fácil deducir que necesitamos una estructura sólida para soportar estos órganos. La estructura que va a conseguir esa robustez se llama bastidor y está formado por dos fuertes largueros (L) y varios travesaños (T), que aseguran su rigidez (Fig. 2.2).²

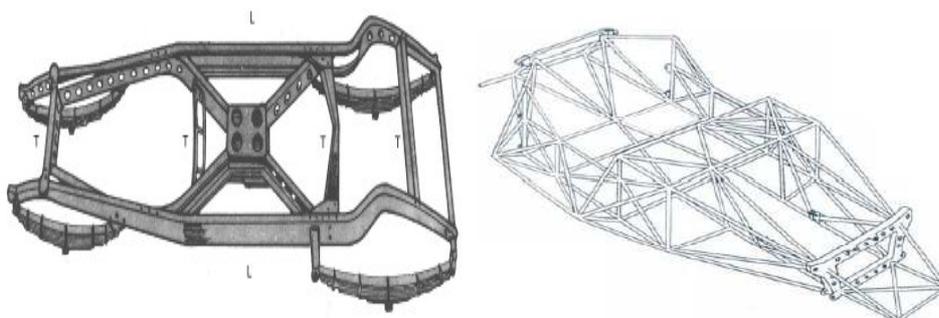


Figura 2.2: Bastidor

² J. M. ALONSO Técnicas del Automóvil. Chasis Pág. 25

Hoy en día en la fabricación de turismos se emplea el sistema de auto bastidor, llamado también carrocería autoportante o monocasco, en el cual la carrocería y el bastidor forman un solo conjunto (Figura 2.3).

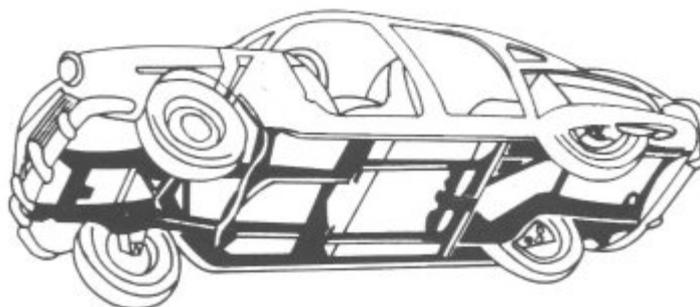


Figura 2.3: Auto bastidor

Los elementos de la suspensión, se complementan con los de la amortiguación que, al contrario de lo que piensa mucha gente, no es lo mismo.

2.1.3 LA CARROCERÍA

Es la parte del automóvil destinada al transporte de carga y pasajeros, existen varios tipos de carrocerías; las más comunes son las llamadas compactas, que se caracterizan porque toda la carrocería se fabrica como una estructura de un solo cuerpo. Todos los elementos mecánicos se incorporan a esta estructura fijándose a las partes más rígidas, especialmente diseñadas para ello. Una de las principales ventajas de este tipo de carrocería es su menor peso al no tener bastidores de fundición de hierro. Además permite un mejor aprovechamiento del espacio. En los vehículos modernos se colocan los motores de forma transversal, aumentando el espacio para pasajeros y carga. Como desventaja para este tipo de carrocería se debe destacar que tras un accidente, choque o colisión, su estructura queda muy deformada. El efecto más común de estos daños es que el vehículo tiende a cargarse hacia un lado durante el desplazamiento y el frenado. Hay que tomar en cuenta que estos efectos también pueden producirse por otras causas; por lo tanto siempre es recomendable efectuar inspecciones periódicas, para descartar fallos mecánicos.³

³ J. M. ALONSO Técnicas del Automóvil. Chasis Pág. 45

Actualmente los turismos se fabrican con la carrocería como soporte o bastidor de los distintos conjuntos o sistemas que se acoplan en el vehículo, denominándose carrocería monocasco o autoportante (Figura 2.4).



Figura 2.4: Carrocería del Vehículo

Estas carrocerías se construyen con una estructura resistente a los esfuerzos a los que están sometidas, y en función a las posibles deformaciones, en caso de accidente, atendiendo a la seguridad pasiva y a los conjuntos que soporta. Excepcionalmente, en los turismos "todo terreno", la carrocería se monta sobre un bastidor formado por largueros y travesaños.

2.1.3 ESFUERZOS ADMISIBLES EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Vigas

La mayor parte de las vigas se diseñan con la teoría de flexión simple. El proceso de diseño implica el cálculo del momento flexionante máximo y la selección de una viga con una resistencia igual o mayor al momento flexionante. En este proyecto se hará hincapié en el diseño por esfuerzos permisibles.⁴

⁴ JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Vigas .Pág. 50

Flexión elástica de la viga de acero

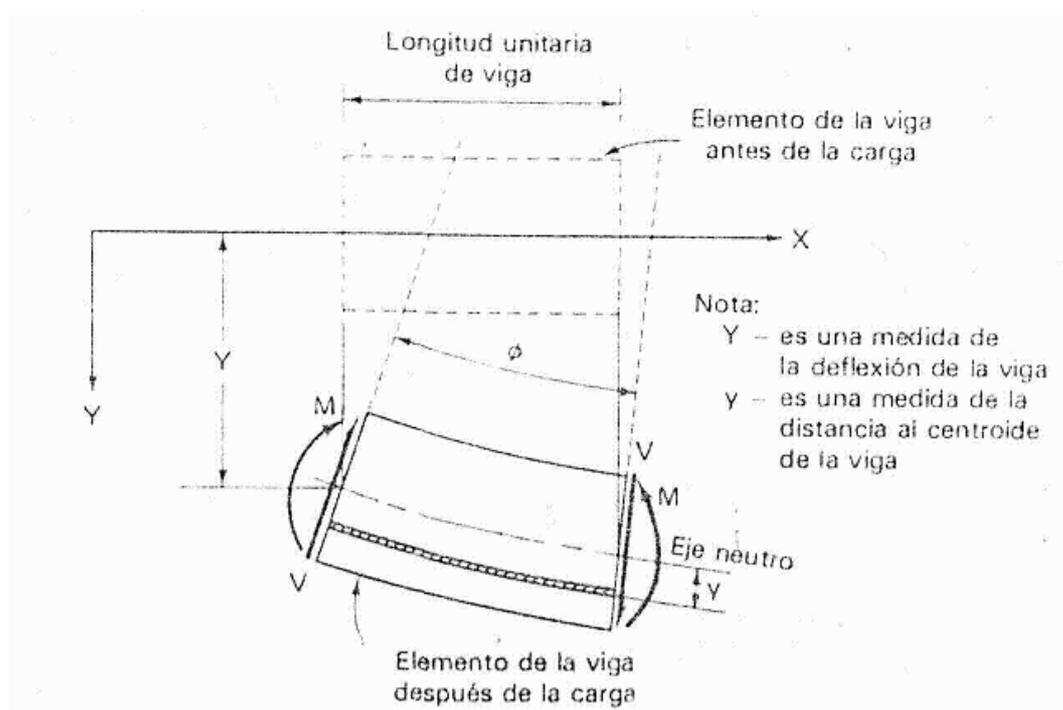


Figura 2.5: Deformación de un elemento de viga

La figura 2.5 muestra una longitud unitaria de viga como si se extrae de la viga completa en cualquier lugar de su longitud. Sobre ella actúan el momento flexionante M y el cortante V positivos como se indica y se muestra en su posición recta sin deflexión antes de ser cargada y con deflexión después de cargarse. Las denominaciones Y y y , positivas como se muestran, se utilizan para representar dos distancias diferentes: la deflexión del eje de la viga y la distancia al centroide de la sección transversal de la viga, respectivamente. La curvatura de la viga o cambio de pendiente por longitud unitaria de la viga, se denota con ϕ , y por tanto la deformación longitudinal unitaria, o cambio de longitud por unidad de longitud, de una fibra horizontal de la viga es igual a:

$$\varepsilon = \phi y. \quad (2.1)$$

Debido al esfuerzo nominal (f_b) es igual módulo de elasticidad (E) multiplicado por la deformación (ε) reemplazando en la anterior ecuación el esfuerzo producido por la flexión es igual a:

$$f_b = E\phi y \quad (2.2)$$

Para el diseño por esfuerzos permisibles de vigas de acero se calcula el esfuerzo producido por la flexión como una función del momento flexionante,

que es proporcional a la curvatura. La constante de proporcionalidad entre el momento y la curvatura es EI , en donde I es el momento de inercia de la sección transversal, entonces el momento flexionante es:

$$M = EI\phi \quad (2.3)$$

Combinando las ecuaciones (2.2) y (2.3), se obtiene la fórmula para los esfuerzos en términos del momento flexionante:

$$f_b = \frac{My}{I} \quad (2.4)$$

Algunas veces se llama la ecuación (2.4) la fórmula de la escudaría y su aplicación esta limitada a la teoría de la flexión simple. La sección inicial de la viga se hace en base al esfuerzo máximo que produce la flexión, para lo cual $y = c$, en donde c es la distancia y máxima desde eje centroidal (o neutro) de la viga hasta la fibra mas alejada de la parte superior o inferior de la sección transversal. Si la sección de la viga es simétrica con relación a su eje x , será la misma para los extremos en tensión y compresión.

$$(f_b)_{\max} = \frac{M_{\max} c}{I} \quad (2.5)$$

Con el objeto de facilitar el diseño y selección de una viga para un momento flexionante máximo, se combinan I y c en un solo parámetro, *el módulo de sección*, denominado con S e igual a I/c .⁵

Esfuerzos permisibles en el diseño elástico

En el procedimiento de diseño por esfuerzos permisibles, se seleccionan las vigas de modo que los esfuerzos normales y cortantes máximos no excedan los valores que permite el AISC para la tensión y el cortante que están especificados en términos de la resistencia de fluencia f_y .⁶

Esfuerzo permisible: $F_b = 0,66F_y \quad (2.6)$

⁵ JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Pág. 52

⁶ JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Pág. 57

Columnas bajo carga axial

En el uso actual, una columna no necesariamente es erecta y vertical, y se denomina columna a cualquier miembro en compresión horizontal, vertical o inclinada si la compresión que transmite es el factor principal que determina su comportamiento. Si la flexión también es un factor importante, se puede utilizar el término viga – columna.⁷

La falla de una columna implica el fenómeno de pandeo.

Resistencia básica de las columnas

La resistencia de pandeo de una columna disminuye con un aumento de la longitud. La carga de pandeo para una columna esbelta está dada por la fórmula de Euler.⁸

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (2.7)$$

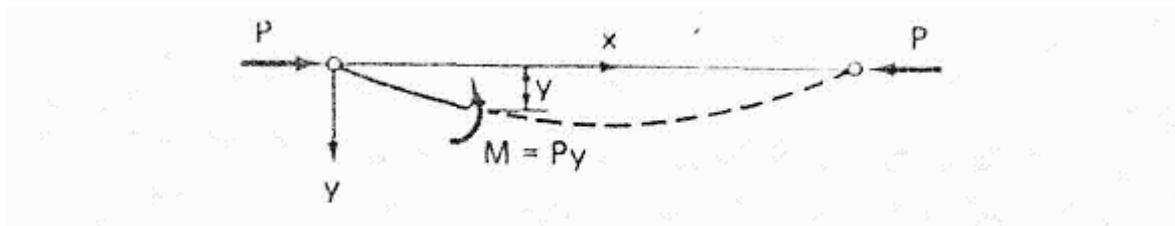


Figura 2.6: Perfil pandeado de una columna con extremos articulados

La carga inicial de Euler, P_e , es una carga que mantendrá justamente a la columna en la forma deformada que se muestra en la figura 2.6. En cualquier punto a lo largo de la columna el momento externo aplicado P_y , es igual al momento resistente interno $EI\phi$, en donde ϕ es la curvatura de la columna.

Si se dividen los dos lados de la ecuación (2.7) entre A y se introduce la relación $I = Ar^2$, en donde r es el radio de giro de la sección transversal, se expresa la carga de pandeo en términos del esfuerzo de pandeo F_e :

$$F_e = \frac{P_e}{A} = \frac{\pi^2 EI}{Al^2} = \frac{\pi^2 E}{(l/r)^2} \quad (2.8)$$

⁷ JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Pág. 99

⁸ JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Pág. 100

Se puede modificar la ecuación para aplicarla a otras condiciones de extremo, como los libres y los empotrados, utilizando el factor de longitud efectiva K . Para un pandeo puro por flexión, Kl es la longitud entre los puntos de inflexión y se conoce como la longitud efectiva. Entonces la ecuación se transforma en:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(Kl/r)^2} \quad (2.9)$$

En la siguiente tabla se relaciona los valores modificados que se recomiendan para utilizarse en el diseño.

Tabla 1: Valores de longitud efectiva

la línea punteada muestra el perfil pandeado de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
valor tecnico de k	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
recomendados de k	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
condición de los extremos		Rotacion inpedida Rotacion libre Rotacion inpedida Rotacion libre			Traslacion inpedida Traslacion inpedida Traslacion libre Traslacion libre	

Al término l/r se denomina *relación de esbeltez* y se usa casi en forma universal como un parámetro en cuyos términos se puede dibujar en forma gráfica o expresar en forma analítica la curva de capacidad de una columna que se obtiene con una fórmula de resistencia.

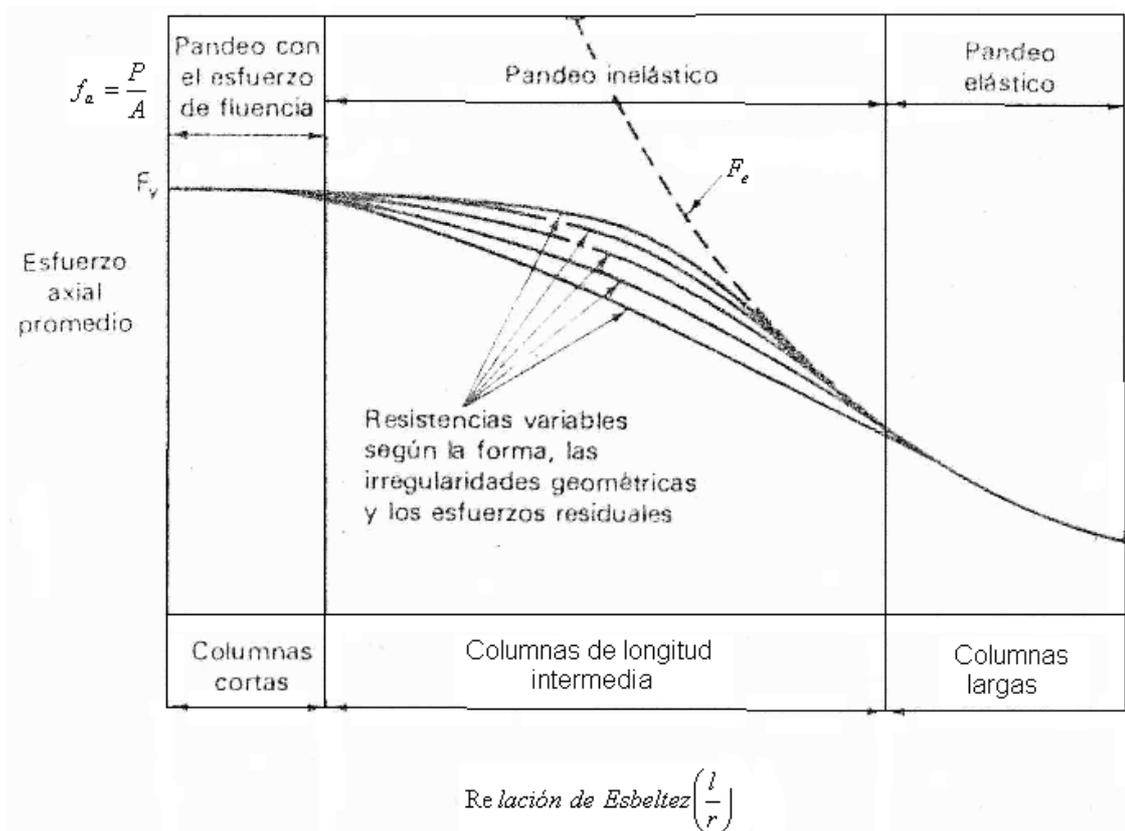


Figura 2.7: Curva de Resistencia de columnas

La figura 2.7 muestra curvas típicas de resistencia de las columnas de acero. Las resistencias de las columnas muy cortas y de las muy largas se expresan con F_y y F_e , respectivamente. En el rango intermedio, la transición F_y a F_e depende de una mezcla compleja de factores (curvatura inicial, excentricidad accidental de los extremos y esfuerzos residuales) y casi siempre se expresa en forma empírica por medio de líneas parabólicas, rectas o con expresiones más complejas.

Con base en las pruebas de columnas, así como en las mediciones de los esfuerzos residuales en los perfiles laminados, el Column Research Council (CRC) propuso en 1960 una transición empírica para los rangos de columnas cortas e intermedias, de F_y para $Kl/r = 0$, hasta la curva de Euler (F_e) a $F_y/2$, dadas por la ecuación (2.10). Por ello, para $Kl/r < C_c$:⁹

$$F_c = \left[1 - \frac{1}{2C_c^2} \left(\frac{Kl}{r} \right)^2 \right] F_y \quad (2.10)$$

En la que F_c = resistencia de la columna, *ksi*

⁹ JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Pág. 104

$$C_c = \sqrt{2\pi E / F_y} \quad (2.11)$$

Para $Kl/r \geq C_c$, se debe aplicar la fórmula de Euler, ecuación (2.9)

Tubos de acero

El tubo de acero redondo hueco, es más eficiente que la barra redonda sólida, puesto que se puede incrementar el radio de giro casi independientemente del área de la sección transversal, con lo que se reduce el l/r y se incrementa el esfuerzo permisible F_a . Si el espesor de la pared en comparación con el diámetro del tubo se hace demasiado pequeño, se debe considerar la posibilidad del pandeo local. Se puede utilizar el esfuerzo total permisible en la columna siempre que la relación D/t sea menor que $3300/F_y$ (D es el diámetro exterior del tubo y t es el espesor de la pared).

Las ventajas incluyen, si los extremos se sellan herméticamente para evitar el acceso del aire, no será necesario tratar el interior de los tubos para evitar la corrosión.

Los tubos están disponibles con un esfuerzo de fluencia de $36ksi$ y todos tienen relaciones D/t muy dentro del límite de $3300/F_y$.¹⁰

Esfuerzos permisibles en compresión

Siempre que el pandeo bajo carga axial rija la sección del diseño de una columna de acero, el esfuerzo permisible bajo cargas de trabajo se basa en las curvas de resistencia de columnas, ecuaciones (2.9) y (2.10), dividiendo entre un apropiado factor de seguridad (FS).

1. Cuando $Kl/r < C_c$, se aplica la curva de resistencia de columna básica del CRC, ecuación (2.10); entonces el esfuerzo permisible de compresión es:

$$F_a = \left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2} \right] \frac{F_y}{FS} \quad (2.12)$$

¹⁰ JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Pág. 107

En donde:

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8C_c} \left(\frac{Kl}{r} \right) - \frac{1}{8C_c^3} \left(\frac{Kl}{r} \right)^3 \quad (2.13)$$

2. Cuando $C_c \leq Kl/r < 200$, se aplica la fórmula de Euler (2.9); entonces:

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{FS(Kl/r)^2} \quad (2.14)$$

En donde:

$$FS = \frac{23}{12} = 1,92$$

Se observa que el esfuerzo permisible en compresión es independiente del punto de fluencia cuando $Kl/r \geq C_c$.

Con una Kl/r de cero, el factor de seguridad de 1,67 en compresión es el mismo que en tensión. Cuando aumenta Kl/r , el factor de seguridad se incrementa hacia 1,92. Esto permite tolerar incertidumbres como la excentricidad inevitable, esfuerzos residuales, torceduras etc.¹¹

Columnas Bajo Esfuerzos Combinados

Las estructuras reales, además de la carga axial, las columnas deben soportar cargas laterales y/o transmitir momentos entre sus extremos y, por lo tanto, están sujetas a esfuerzos combinados debido tanto a la carga axial como al momento. A estos miembros se les denomina vigas-columnas.

Antes de la sexta edición de 1963 del AISC (Manual of Steel Construction) el diseño de los miembros a compresión sometidos a flexión, se obtenía como:

$$f_a + f_b \leq F_{perm} \quad (2.15)$$

Dividiendo esta ecuación por $F_{perm} = F_a$, se obtiene la ecuación de interacción, con un uso muy amplio (AISC, AASHTO y AREA) y con la flexión con respecto a ambos ejes, f_{bx}, f_{by} , así como con carga axial, en la forma siguiente:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1,0 \quad (2.16)$$

¹¹ JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Pág. 114

Se recuerda ahora que F_b depende de diversos factores, que incluyen la longitud no soportada y los criterios de la sección compacta.

C_m es un coeficiente que se define:

1. Para miembros en compresión de marcos sujetos a desplazamiento lateral, $C_m = 0.85$.
2. Para miembros restringidos a compresión en marcos contraventados contra desplazamiento lateral y que no están sujetos a cargas transversales entre sus apoyos en el plano de flexión:

$$C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2} \quad (2.17)$$

Pero no menor de 0.4 en donde M_1/M_2 es la relación del momento menor al mayor en los extremos de esa parte del miembro sin arrostrar en el plano de flexión bajo consideración. M_1/M_2 es positivo cuando se flexiona en curvatura doble y negativo cuando se flexiona en curvatura simple.

3. Se pueden utilizar los valores siguientes:
 - a. Para miembros cuyos extremos están restringidos $C_m = 0.85$
 - b. Para miembros cuyos extremos no están restringidos $C_m = 1$

F_a = Esfuerzo permisible en compresión axial para la fuerza axial sola.

F_b = Esfuerzo permisible en flexión por el momento flexionante solo.

f_a = Esfuerzo de compresión axial actuante.

f_b = Esfuerzo actuante máximo en la fibra de compresión por esfuerzo flexionante.¹²

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Bastidor o Chasis: Constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos).

¹² JOHNSTON, Bruce. Diseño Básico de Estructuras de Acero. Pág. 135

Carrocería: Conjunto de estructura y elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas.

Carrocería Autoportante: Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.

FAU: Las siglas FAU significan Fórmula Automovilística Universitaria, es un organismo de control que rige a una competencia específica.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323 Vehículos Automotores.

Carrocerías de Vehículos. Requisitos. Primera Revisión: Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de vehículos para todas sus modalidades

SAP2000 10.1: El programa sap200010.1 es uno de los software líder en la ingeniería estructural. Se pueden analizar cualquier tipo de estructuras con este programa, e incluso diseñar elemento por elemento de una manera precisa con los reglamentos más conocidos (ACI en EU, RCDF en México, EUROCODIGO en Europa, el método ASD, etc.).

Percentil 95%: Indica que el 95% de las personas que son más pequeños que el tamaño dado.

Acero: Los aceros son aleaciones de hierro-carbono, aptas para ser deformadas en frío y en caliente. Generalmente, el porcentaje de carbono no excede del 1,76%.

Soldadura MIG: En el sistema MIG un sistema de alimentación impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre-electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, mientras la pistola de soldadura se posiciona a un ángulo adecuado y se mantiene a una distancia tobera-pieza, generalmente de 10 mm.

Esfuerzo Axial: El esfuerzo axial (esfuerzo normal) es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones perpendiculares (normales) a la sección transversal de un prisma mecánico. Dada una sección transversal al eje longitudinal de una viga el esfuerzo normal es la fuerza resultante de las tensiones.

Esfuerzo Cortante: La fuerza de cortante o esfuerzo cortante es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como por ejemplo una viga o un pilar. Este esfuerzo está directamente asociado a la tensión cortante.

2.2.1 ELEMENTOS DEL BASTIDOR

2.2.1.1 MOTOR

Tiene como misión transformar la energía química, contenida en el combustible, en energía mecánica del automóvil. Para lograrlo se aprovecha de la fuerza expansiva de los gases, obtenida al quemar el combustible en el interior de los cilindros, transformándola en giro de un eje, que se transmite a las ruedas y desplaza al vehículo.



Figura 2.8: Motor

2.2.1.2 LA CABINA

La cabina se proyecta dándole la máxima resistencia por medio de una estructura lo suficientemente reforzada y de estudio ergonómico que le permita al conductor una conducción cómoda, sin fatiga y segura.¹³

2.2.1.3 MUELLES

Están formados por un alambre de acero enrollado en forma de espiral, tienen la función de absorber los golpes que recibe la rueda (Fig. 2.9).¹⁴

¹³ J. M. ALONSO Técnicas del Automóvil. Chasis Pág. 52

¹⁴ J. M. ALONSO Técnicas del Automóvil. Chasis Pág. 459

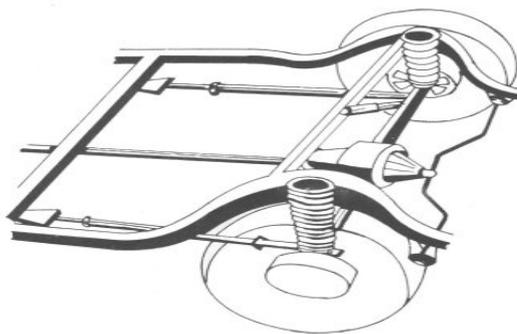


Figura 2.9: Muelles

2.2.1.4 AMORTIGUADORES

Tienen como misión absorber el exceso de fuerza del rebote del vehículo, es decir, eliminando los efectos oscilatorios de los muelles. Pueden ser de fricción o hidráulicos y estos últimos se dividen en giratorios, de pistón y telescópicos, éstos son los más usados.¹⁵

Tanto un sistema como el otro permiten que las oscilaciones producidas por las irregularidades de la marcha sean más elásticas. Para controlar el número y la amplitud de estas, se incorporan a la suspensión los amortiguadores.

Los hidráulicos se unen igualmente por un extremo al bastidor y por el otro al eje o rueda y están formados por dos cilindros excéntricos, dentro de los cuales se desplaza un vástago por el efecto de las oscilaciones a las que ofrece resistencia (Fig. 2.10).



Figura 2.10: Amortiguadores hidráulicos

¹⁵ J. M. ALONSO Técnicas del Automóvil. Chasis Pág. 462

2.2.1.5 PARTICULARIDADES

Estamos considerando las ruedas unidas por el correspondiente eje, esto es, por un eje rígido, pero esto repercute en la suspensión haciéndola poco eficaz, ya que al salvar una rueda un obstáculo, repercute en la opuesta (Fig. 2.11).

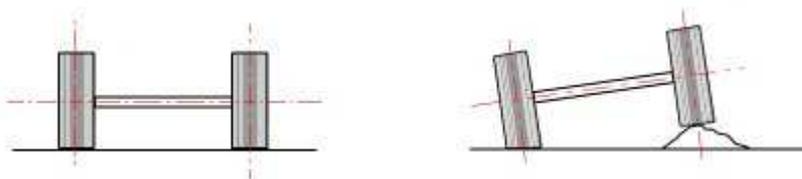


Figura 2.11: Sistema de suspensión de ruedas con un mismo eje

Esto se evita con el sistema de suspensión por ruedas independientes (Fig. 2.12).



Figura 2.12: Sistema de suspensión por ruedas independientes

2.2.2 CARGAS DE DISEÑO

Quizá la tarea más importante y difícil que debe enfrentar un diseñador de estructuras es la estimación de cualquier carga que recibirá una estructura durante su vida útil. No debe omitirse la consideración de cualquier carga que pueda llegar a presentarse. Después de que se han estimado las cargas es necesario investigar las combinaciones más desfavorables que pueden ocurrir en un momento dado.

A continuación se da una breve introducción a los tipos de cargas.

Para los efectos de la presente Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323 se adoptan las definiciones:¹⁶

¹⁶ McCORMAC, Jack. Diseño de Estructuras Metálicas. Pág. 40

2.2.2.1 Carga muerta (M). Corresponde al peso total del chasis en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios. Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen fijas a un mismo lugar. Éstas son el peso propio de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a ellas.

Para diseñar una estructura es necesario estimar los pesos o cargas muertas de sus componentes. Las dimensiones y pesos exactos de las partes no se conocen hasta que se hace el análisis estructural y se selecciona los miembros de la estructura. Los pesos determinados de acuerdo con el diseño, deben compararse con los pesos estimados.

Una estimación razonable de las cargas en la estructura puede hacerse con base en otras similares o en fórmula y tablas diversas disponibles en varias localidades.

Un ingeniero con experiencia en el diseño puede estimar aproximadamente los pesos de la mayoría de los materiales e invertirá poco tiempo repitiendo diseños debido a estimaciones incorrectas.

2.2.2.2 Carga viva (V). Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería. Las cargas vivas son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud. Dicho simplemente, todas las cargas que no son muertas, son vivas. Las cargas que se mueven bajo su propio impulso como camiones, gente, etc. se denominan cargas móviles y aquellas que pueden ser remplazadas, muebles, accesorios se denominan cargas móviles.

2.2.2.3 Carga de frenado (F). Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo. Se asume una desaceleración mayor o igual a 4 m/s²

2.2.2.4 Carga de aceleración brusca (Ab). Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo. Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

2.2.2.5 Carga por Resistencia del Aire frontal (Raf). Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$Raf = 1/2 * Cx * p * Af * V^2 \quad (2.18)$$

Donde:

Raf.- Carga por resistencia Aerodinámica, en (N)

p.- Densidad del aire, en (kg/m³)

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

Af.- Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m²)

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

2.2.2.6 Carga de impacto.- Corresponde a la fuerza producida en una situación desafortunada que pueda tener el piloto al producirse una colisión, siendo la fuerza de impacto la más significativa y de cuidado que debe tener el proyectista para el diseño de la estructura. La fuerza de impacto es la establece de tres formas:

Impacto Frontal se asume un incremento de la masa del vehículo de 8 g

Impacto Lateral se asume un incremento de la masa del vehículo de 4 g

Impacto Superior se asume un incremento de la masa del vehículo de 2 g

2.2.3 LOS ACEROS

El acero es una aleación maleable de hierro y carbono que contiene generalmente ciertas cantidades de manganeso. El acero se produce a partir del arrabio por la suspensión de las impurezas, lo cual se puede efectuar en un horno de hogar abierto, en un convertidor, o en un horno eléctrico.¹⁷

2.2.4 TIPOS DE ACEROS

Los aceros se clasifican en cinco grupos principales: aceros al carbono, aceros aleados, aceros de baja aleación ultra resistente, aceros inoxidable y aceros de herramientas.

2.2.4.1 Aceros al Carbono: El 90% de los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen una cantidad diversa de carbono, menos de un 1,65% de manganeso, un 0,6% de silicio y un 0,6% de cobre. Con este tipo de acero se fabrican maquinas, carrocerías de automóvil, estructuras de construcción, pasadores de pelo, etc.

¹⁷ MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico. Pág. 572

2.2.4.2 Aceros Aleados: Estos aceros están compuestos por una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos; además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono. Estos aceros se emplean para fabricar engranajes, ejes, cuchillos, etc.

2.2.4.3 Aceros de Baja Aleación Ultra Resistentes: Es la familia de aceros mas reciente de las cinco. Estos aceros son más baratos que los aceros convencionales debido a que contienen menor cantidad de materiales costosos de aleación. Sin embargo, se les da un tratamiento especial que hace que su resistencia sea mucho mayor que la del acero al carbono. Este material se emplea para la fabricación de vagones porque al ser más resistente, sus paredes son más delgadas, con lo que la capacidad de carga es mayor. Además, al pesar menos, también se pueden cargar con un mayor peso. También se emplea para la fabricación de estructuras de edificios.

2.2.4.4 Aceros Inoxidables: Estos aceros contienen cromo, níquel, y otros elementos de aleación que los mantiene brillantes y resistentes a la oxidación. Algunos aceros inoxidables son muy duros y otros muy resistentes, manteniendo esa resistencia durante mucho tiempo a temperaturas extremas. Debido a su brillo, los arquitectos lo emplean mucho con fines decorativos. También se emplean mucho para tuberías, depósitos de petróleo y productos químicos por su resistencia a la oxidación y para la fabricación de instrumentos quirúrgicos o sustitución de huesos porque resiste a la acción de los fluidos corporales. Además se usa para la fabricación de útiles de cocina, como pucheros, gracias a que no oscurece alimentos y es fácil de limpiar.

2.2.4.5 Aceros de Herramientas: Estos aceros se emplean para fabricar herramientas y cabezales de corte y modelado de maquinas. Contiene wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación que le proporcionan una alta resistencia, dureza y durabilidad.

2.2.5 ACERO ESTRUCTURAL

TIPOS DE ACEROS ESTRUCTURAL SEGÚN DIVERSAS NORMAS

ACEROS ASTRUCTURALES SEGÚN NORMA SAE-IRA

Tabla 2. 2: Lista de aceros estructurales norma SAE-IRA

IRAM-SAE	Características	Aplicaciones	Característica		
			S _r MPa	S 0,2 MPa	Dureza HB
IRAM/SAE 3115	Acero al Cr-Ni con alta resistencia y alta tenacidad. Acero de baja templabilidad	Piezas de mediana y alta responsabilidad en la construcción de máquinas en general	600	370	174
			600	370	156
			470		143
			470	340	143
			820	580	248
SAE 3310	Acero al Cr-Ni, de muy alta tenacidad. Acero de muy alta templabilidad y muy elevada resistencia a la fatiga	Piezas de alta responsabilidad y de grandes dimensiones. Engranajes, ejes traseros, piezas de dirección, pernos de seguridad. Matrices para plásticos y metales no ferrosos	1000	670	311
			1050	660	321
			715	450	207
					207
			1010	760	311
SAE 4317	Acero al Cr-Ni-Mo, de mediana templabilidad y excelente tenacidad	Piezas de responsabilidad, de grandes y medianas dimensiones. Pernos para cadenas, engranajes y piñones de mando	765	460	229
			755	460	229
			550		156
			550	380	156
			1010	710	302
SAE 5120	Acero al Cr con buena resistencia y tenacidad y baja templabilidad	Piezas de pequeñas y medianas dimensiones, confeccionadas por extrusión o por mecanizado. Pernos de pistón, etc.	570	360	163
			570	390	163
			480	290	137
			490	295	143
			880	710	285
IRAM 5121	Acero al Mn y Cr. Equivalente al acero DIN 20MnCr5. Buenas propiedades en estado cementado, templado y revenido	Engranajes. Coronas y piñones del diferencial. Ejes, árboles. Otras piezas de tamaño mediano	680		207
			680	400	207
			520	310	149
			980	735	302
IRAM/SAE 4815	Acero al Ni-Mo, con muy alta tenacidad, mediana templabilidad y muy alta resistencia.	Piezas de grandes dimensiones y de muy alta responsabilidad, especialmente a la fatiga	650	440	210
			670	450	217
			600	400	179
			1080	860	331

ACERO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA ASTM

Tabla 2.3: Lista de aceros estructurales norma ASTM

Grados del acero	Resistencia a la tracción Kgf/mm ²	Límite de fluencia mín Kgf/mm ²	Alargamiento mínimo % (**)
A37-24ES	37 a 42	24	22
A42-27ES	42 a 52	27	20
A52-34ES	52 a 62	34	18

Características	Espesor, e al que se aplica, mm		Unidad de medida (*)	Grados de aceros	
	A42-27ES	ASTM A36		A42-27ES	ASTM A36
Resistencia a la Tracción, R _m	Todos	(**)	Kgf/mm ²	42 ≤ R _m ≤ 52	41 ≤ R _m ≤ 56
Límite de Fluencia mínimo, R _e	e ≤ 16	(**)	Kgf/mm ²	27	25
Alargamiento Porcentual de Rotura, A, en Probetas de L ₀ = 50 mm	e ≤ 5 5 ≤ e ≤ 16 16 ≤ e ≤ 50	(**)	% mín % mín % mín	22 20 18	19

Aceros estructurales Norma AISI-SAE, UNS

Tabla 2.4: Lista de aceros estructurales norma AISI-SAE, UNS

Designación		TIPOS DE ACEROS
AISI - SAE	UNS	
10XX	G10XXX	Aceros al Carbono comunes
11XX	G11XXX	Aceros maquinables, con alto S
12XX	G12XXX	Aceros maquinables, con alto P y S
13XX	G13XXX	Aceros al Manganeso, con 1,75 % Mn
15XX	G15XXX	Aceros al Manganeso, con Mn sobre 1%
40XX	G40XXX	Aceros al Molibdeno, con 0,25% Mo
41XX	G41XXX	Aceros al Cromo-Molibdeno, con 0,40 a 1,1% Cr y 0,08 a 0,35% Mo
43XX	G43XXX	Aceros al Ni-Cr-Mo, con 1,65 a 2% Ni, 0,4 a 0,9% Cr y 0,2 a 0,3% Mo
46XX	G46XXX	Aceros Ni-Mo, con 0,7 a 2% Ni y 0,15 a 0,3% Mo
47XX	G47XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 1,05% Ni, 0,45% Cr y 0,2% Mo
48XX	G48XXX	Aceros Ni-Mo, con 3,25 a 3,25% Ni y 0,2 a 0,3% Mo
51XX	G51XXX	Aceros al Cromo, con 0,7 a 1,1% Cr
E51100	G51986	Aceros al Cromo (horno eléctrico), con 1,0% Cr
E52100	G52986	Aceros al Cromo (horno eléctrico), con 1,45% Cr
61XX	G61XXX	Aceros Cr-V, con 0,6 a 0,95% Cr y 0,1 a 0,15% V mínimo
86XX	G86XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,2% Mo
87XX	G87XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,25% Mo
88XX	G88XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,3 a 0,4% Mo
9260	G92XXX	Aceros al Silicio, con 1,8 a 2,2% Si
50BXX	G50XXX	Aceros al Cr, con 0,2 a 0,6% Cr y 0,0005 a 0,003% boro
51B60	G51601	Aceros al Cr, con 0,8% Cr y 0,0005 a 0,003% boro
81B45	G81B51	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,3% Ni, 0,45 de Cr, 0,12% Mo y 0,0005 a 0,003% B
94BXX	G94XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,45% Ni, 0,4 de Cr, 0,12% Mo y 0,0005 a 0,003% B

2.2.5.1 VENTAJAS DEL ACERO ESTRUCTURAL

Alta resistencia.- la alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras.

Uniformidad.- las propiedades del acero no cambian apreciablemente en el tiempo.

Elasticidad.- el acero se acerca más en su comportamiento a las 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.

Durabilidad.- si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán 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 carbono, ocurre una reducción considerable de la sección transversal y un gran alargamiento en el punto de falla, antes de que se presente la fractura. 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 esos puntos, evitándose así fallas prematuras. Una ventaja adicional de las estructuras dúctiles es que, al sobrecargarlas, sus grandes deflexiones ofrecen evidencia visible de la inminencia de falla.

Tenacidad.- Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aún 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 formación y montaje, sin fracturarse, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos y taladrarlos sin

daño aparente. La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina *tenacidad*.

Propiedades diversas

Otras propiedades importantes del acero estructural son:

- Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conexión como son la soldadura, los tornillos y los remaches.
- Posibilidad de prefabricar los miembros.
- Rapidez de montaje.
- Reuso posible después de desmontar una estructura
- Posibilidad de venderlo como chatarra, aunque no pueda utilizarse en su forma existente. El acero es el material utilizable por excelencia.
- Su módulo de elasticidad es superior al de muchos otros materiales, como por ejemplo el titanio y el aluminio, con lo que el tamaño de la sección de tubo necesario para tener una misma rigidez es menor.¹⁸

2.2.5.2 DESVENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL

En general el acero tiene las siguientes desventajas:

- **Costo de mantenimiento.-** La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al aire y al agua y, por consiguiente deben pintarse periódicamente.
- **Costo de la protección contra el fuego.-** Aunque algunos miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente durante los incendios.
- **Susceptibilidad al pandeo.-** Entre más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, mayor es el peligro de pandeo. Como se indico previamente, el acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, pero al utilizarse como columnas no resulta muy económico ya que debe usarse bastante material, solo para hacer más rígidas las columnas contra el posible pandeo.

¹⁸ McCORMAC, Jack. Diseño de Estructuras Metálicas. Pág. 1

- **Fatiga.-** Otra característica inconveniente del acero es que su resistencia puede reducirse si se somete a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo, o bien, a un gran número de cambios de la magnitud del esfuerzo.
- **Fractura frágil.-** Bajo ciertas condiciones, el acero puede perder su ductilidad y la falla frágil puede ocurrir en lugares de concentración de esfuerzos. Las cargas que producen fatiga y muy bajas temperaturas agravan la situación.¹⁹

2.2.5.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

A continuación se indican las propiedades físicas recomendadas, válidas para todos los aceros estructurales negros redondos:²⁰

Módulo de elasticidad:	$E = 207000N / mm^2$	
Módulo de elasticidad transversal:	$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = 81000 \frac{N}{mm^2}$	(2.19)
Coefficiente de Poisson:	$\nu = 0,3$	
Coefficiente de dilatación lineal:	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} / ^\circ C$	
Densidad:	$\rho = 7850 \frac{kg}{m^3}$	

2.2.5.4 TIPOS DE PERFILES PARA BASTIDORES

Para la realización de este trabajo como es en base a una normativa de competencia (ver anexo 3) el material que se utilizo es el tubo estructural negro con las dimensiones especificadas en la siguiente tabla:

¹⁹ McCORMAC, Jack. Diseño de Estructuras Metálicas. Pág. 3

²⁰ SHIGHEY Joseph, MITCHEL Larry. Diseño en Ingeniería Mecánica. Pág. 844

Tabla 2.5: Tipos de perfiles para bastidores

DIMENSIONES				PROPIEDADES			
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	PESO	AREA			
	D	e	P	A	I	W	i
Pulg	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
1/2	21.35	2.00	0.99	1.22	0.57	0.59	0.68
3/4	26.90	2.30	1.45	1.78	1.34	1.09	0.87
1	33.70	2.50	1.96	2.45	2.98	1.91	1.10
1 1/4	42.40	2.50	2.55	3.13	6.24	3.13	1.41
1 1/2	48.30	2.65	3.02	3.87	10.05	4.41	1.61
2	60.30	2.65	3.79	4.89	20.26	7.04	2.04
2 1/2	73.00	3.20	5.65	7.02	42.73	12.24	2.47
3	88.90	3.20	6.81	8.62	79.09	18.46	3.03
4	114.30	3.60	9.92	12.52	191.78	34.65	3.91

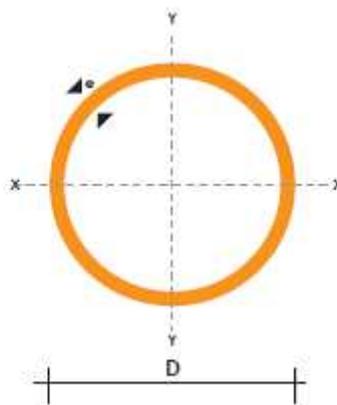
(Fuente: DIPAC)

A= Área de la sección transversal del tubo, cm²

I= Momento de inercia de la sección, cm⁴

W= Módulo resistente de la sección, cm³

i= Radio de giro de la sección, cm.²¹

**Figura 2.13:** Detalle del perfil tubular

Los procesos de fabricación de los aceros estructurales pueden ser en caliente o conformado en frío. Los perfiles tubulares conformados en frío se sueldan siempre, y los perfiles tubulares acabados en caliente, aunque la mayoría se suelda, pueden no presentar costura.

Para el caso de la construcción de un chasis tubular lo más usual es utilizar perfiles tubulares conformados en frío.

• ²¹ DIPAC. Manual de Productos de Acero. Pág. 14

2.2.5.5 TIPOS DE BARRAS PARA CHASIS TUBULARES

Al existir barras huecas o macizas es sabido que los tubos de pared delgada aguantan bien a pandeo y a flexión porque el momento de inercia I es mayor que para un tubo macizo del mismo peso. En conclusión las barras que interesan son las huecas o en otras palabras los tubos.

Dentro de los tubos tenemos de sección circular (**CHS**) o de sección rectangular (**RHS**) Los CHS tienen una forma especialmente atractiva y ofrecen una distribución del acero muy efectiva alrededor del eje centroidal. Este perfil opone las mismas resistencias frente a cargas de viento y agua. El inconveniente que tienen es que a la hora de unir formas circulares entre sí puede que se precise de un perfilado especial. Por otra parte, se sabe que las propiedades geométricas de las barras influyen sobre la capacidad resistente de la unión. Sólo se puede obtener el mejor diseño si el diseñador comprende el comportamiento de la unión y lo tiene en cuenta desde el diseño conceptual. Se conocen las propiedades de las uniones entre CHS y las de las uniones entre RHS, pero no se conocen con tanto rigor las propiedades de las uniones mixtas de CHS con RHS, por lo que no se consideran. En el caso del chasis se prefieren los CHS frente a los RHS por estética, por aerodinámica, por la flexión multiaxial y sobre todo por reglamentación.

El incremento en el límite elástico causado por la deformación en frío puede utilizarse solamente para perfiles RHS en elementos a tracción o compresión pero no a flexión. Nuestra elección es el perfil CHS por lo que no tiene importancia este incremento en el límite elástico.

2.2.5.6 CONSIDERACIONES SOBRE SOLDABILIDAD DE LOS MATERIALES

Básicamente es la composición química de un tipo de acero la que determina su soldabilidad. Para la soldabilidad de los aceros sin alear, el utilizado generalmente para la construcción de un chasis, son decisivos el contenido de carbono ($C \leq 0,22\%$) que presentan y la pureza del acero indicada por el contenido de azufre ($S \leq 0,045\%$), fósforo ($P \leq 0,045\%$) y N_2 ($N_2 \leq 0,009\%$).

La soldabilidad mejora, no sólo por el bajo porcentaje de carbono ($\leq 0,20 \%$), sino que también por la microestructura de grano fino del material, el cual reduce la susceptibilidad a la fractura frágil. La composición química, la cual influye sobre la susceptibilidad a la rotura en frío de la zona afectada por el calor, se mide a menudo por el Valor del Carbono Equivalente CEV tal y como se indica a continuación:

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (2.20)$$

Para espesores de pared inferiores a 16mm, generalmente se acepta que si $CEV < 0,40$ no aparecen grietas. Para $0,40 < CEV < 0,45$, hay que tomar algunas precauciones dependiendo del proceso de soldadura. Para un CEV mayor que 0,45 normalmente se necesita un precalentamiento.

2.2.5.6.1 PRINCIPIOS DE LA SOLDADURA MIG/MAG

La soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible es un proceso en el que el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, estando protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte (proceso MIG) o por un gas activo (proceso MAG).

MIG = METAL INERTE GAS

MAG = METAL ACTIVO GAS

GMAW = GAS METAL ARC WELDING

El proceso puede ser:

- **SEMIAUTOMÁTICO**: La tensión de arco, la velocidad de alimentación del hilo, la intensidad de soldadura y el caudal de gas se regulan previamente. El avance de la antorcha de soldadura se realiza manualmente.
- **AUTOMÁTICO**: Todos los parámetros, incluso la velocidad de soldadura, se regulan previamente, y su aplicación en el proceso es de forma automática.

- **ROBOTIZADO:** Todos los parámetros de soldeo, así como las coordenadas de localización de la junta a soldar, se programan mediante una unidad específica para este fin. La soldadura la efectúa un robot al ejecutar esta programación.

Este tipo de soldadura se utiliza principalmente para soldar aceros de bajo y medio contenido de carbono, así como para soldar acero inoxidable, aluminio y otros metales no férricos y tratamientos de recargue.

Produce soldaduras de gran calidad en artículos para la industria del automóvil, calderería y recipientes a presión o estructura metálica en general, construcción de buques y un gran número de otras aplicaciones, día a día en aumento.

Tabla 2.6: Soldadura MIG /MAG- guía de gases (soldadura con gas de protección)

PROCESO	MATERIAL	AGA MIX 20 o 25				
		AGA MIX 12				CO ₂
		Argón S			Argón SR	
Soldadura con MIG/MAG	Acero suave y acero de baja aleación	*				x
	Acero de alta aleación		*			
	Aluminio y sus aleaciones			*		
	Cobre y sus aleaciones			*		
	Titanio				*	

2.2.5.6.2 PARÁMETROS DE LA SOLDADURA

En la soldadura MIG/MAG el proceso es controlado por varios parámetros de soldadura, a saber:

- Tensión (longitud de arco)
- Velocidad de alimentación del alambre (que determina a su vez la intensidad de la corriente)
- Inductancia (ajustable en la mayor parte de las fuentes de corriente)
- Tipo de gas protector
- Velocidad del balance
- Inclinação de la pistola
- Longitud libre del alambre

VENTAJAS

- Protege el arco y el baño de la acción oxidante
- Hilo consumible del sistema
- Suelda piezas de más elevado espesor
- Gran rendimiento de trabajo (al aportar 10 veces superior al depositado con el electrodo de arco manual)
- Se evita el movimiento descendente, conforme se consume el electrodo revestido
- Puesto que no hay escoria, se reducen las operaciones de limpieza
- Bajo aporte de calor en la pieza de trabajo (evita deformaciones en las piezas)
- No son necesarias las interrupciones para el cambio de electrodo en cualquier posición

LIMITACIONES

- El método MIG/MAG es a la vez sencillo y difícil de aprender y usar (si se trata de soldar dos chapas sin ninguna exigencia especial sobre el resultado, el método es fácil. En cambio si hay exigencias sobre problemas en la unión, existencias de poros, etc., el método MIG/MAG requiere del soldador habilidad y experiencia).
- El método MIG/MAG es que el equipo es mas complejo y por lo tanto más costoso y menos portátil que el equipo MMA
- El diseño de la pistola hace que la accesibilidad en algunas posiciones sea difícil
- El gas no puede exponerse a la corriente de aire

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL BASTIDOR

3.1 CRITERIOS SOBRE RIGIDEZ

Rigidez: La rigidez es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones generalizadas o desplazamientos generalizados.

La expresión global de la rigidez es:
$$K = \frac{P}{\Delta} \quad (3.1)$$

Siendo:

P: La carga aplicada

Δ : La deformación

La rigidez para elementos estructurales tipo barra cumple las siguientes proporcionalidades:

$$K \propto (E \cdot I \cdot G \cdot A \cdot J)$$

Siendo:

E, El módulo de elasticidad o módulo de Young

G, Módulo de elasticidad transversal

I, El momento de inercia

A, El área de la sección

J, Momento polar de inercia cortante

De estas proporcionalidades se deduce que a mayor módulo de elasticidad, momento de inercia y/o área de sección, mayor será la rigidez.

En la rigidez de un chasis, en principio se tienen en cuenta dos aspectos: la rigidez a flexión y la rigidez torsional.

Rigidez a flexión: Se refiere a cuanto flecta el chasis debido a la carga de los diferentes elementos que conforman el vehículo.

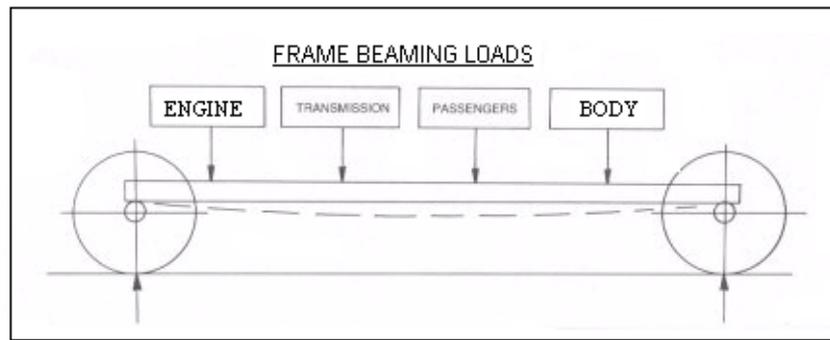


Figura 3.1: Las cargas que pueden flexionar un chasis

Rigidez Torsional: Se refiere a cuanto se deforma un chasis debido a un esfuerzo de torsión que, por ejemplo, se da cuando una de las ruedas delanteras pasa por un bache mientras que las demás no. Esta es la característica que se debe cuidar para poder validar un chasis en cuanto a rigidez.

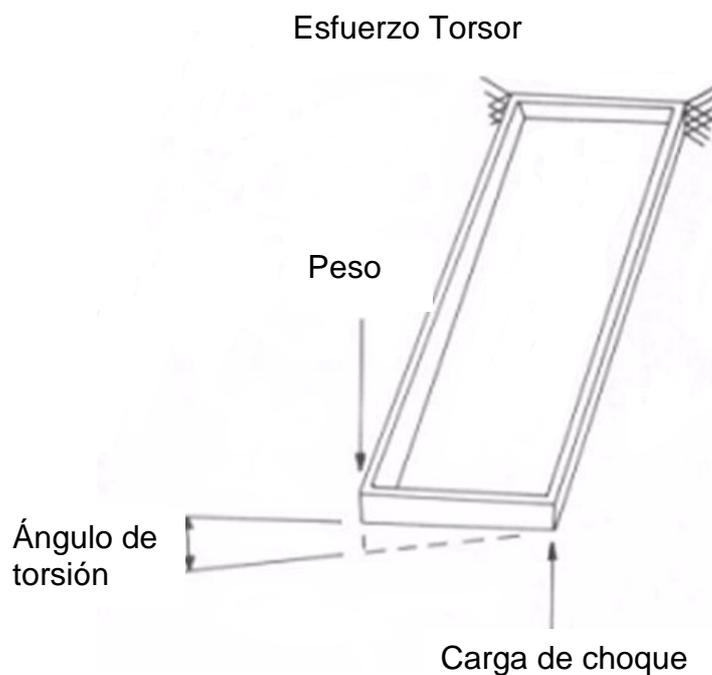


Figura 3.2: Un chasis sometido a esfuerzos torsores.

Triangularización: Por ejemplo, tenemos una estructura rectangular a la que se le aplica una carga tal y como se muestra en la siguiente figura.

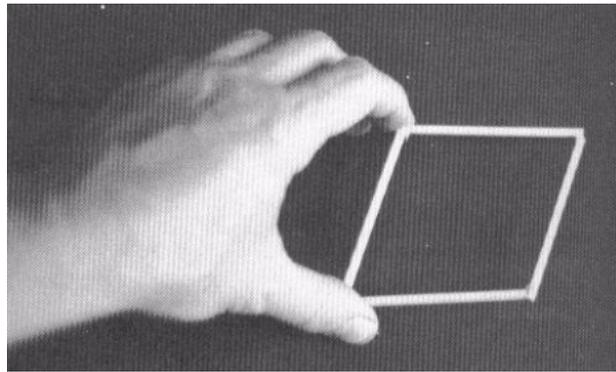


Figura 3.3: Estructura rectangular sometida a torsión

Se comprueba que la rigidez torsional no es mucha ya que los nudos deben absorber gran parte de los esfuerzos en forma de momento flector. Si se arriostra esta estructura se hace que la barra de arriostramiento trabaje a esfuerzo axial (tracción o compresión) de modo que el nudo sufre un momento flector más pequeño. Diversos estudios muestran que la deformación debida a esfuerzo axial es mucho menor, en órdenes de magnitud, que la debida a momentos flectores y torsores. Por eso es preferible que se hagan trabajar las barras a esfuerzo axial antes que a momento flector y/o momento torsor. Esto se consigue con las estructuras triangularizadas. En cuanto al tipo de esfuerzo axial, es preferible la tracción a la compresión para evitar problemas de pandeo

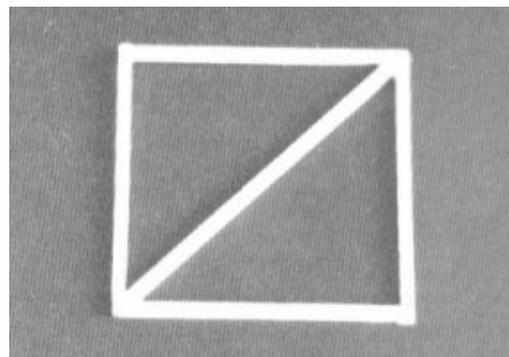


Figura 3.4: Estructura triangularizada

Para el diseño de un chasis, en cuanto a la rigidez se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- Hay elementos que no son parte integrante de la estructura pero que también aportan rigidez, en muchos casos nada despreciable, como por ejemplo, el motor. Hay que tenerlos en cuenta a la hora de calcular.

- Si bajamos el módulo elástico E , por ejemplo, elegimos titanio o aluminio frente al acero, para que no baje la rigidez total hay que aumentar el momento de inercia I o el área de la sección A incrementando los diámetros de los tubos.
- Los elementos que producen mucha carga como por ejemplo el motor y la suspensión deberán ser amarrados en el chasis en puntos triangularizados.
- Los controles de la conducción deberán ser fijados lo mejor posible para que el chasis no se deforme durante la conducción.
- Las barras con una distancia entre apoyos mayores necesitan un momento de inercia mayor para aumentar la rigidez.
- Para aumentar la rigidez torsional se le pueden añadir a la estructura básica los llamados sidepod que dan un mayor momento de inercia.

Estos atenuadores de impacto también incrementan la protección al impacto lateral.

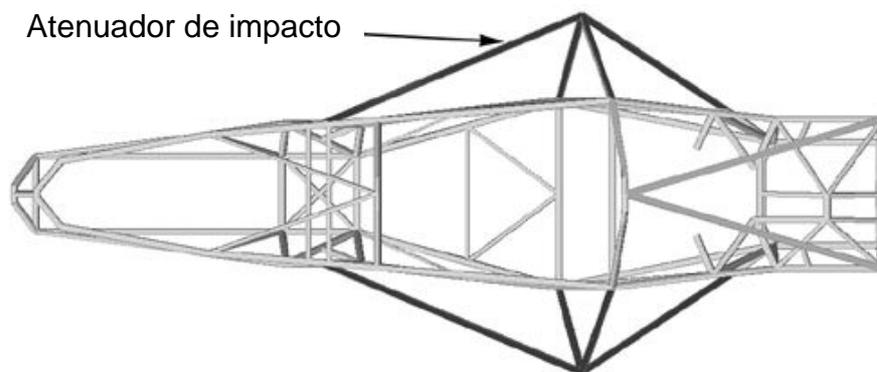


Figura 3.5: Los "atenuadores de impacto" en un chasis tubular.

- El correcto amarre de los componentes motrices es muy importante para una larga vida del chasis.

- Los anclajes del cinturón de seguridad no deberán deformarse perceptiblemente durante el choque.
- Aunque para un choque interesa que la carrocería se deforme lo máximo posible, la parte que protege a los pies del conductor conviene que sea rígida.

3.2 CRITERIOS SOBRE PESO Y SU DISTRIBUCIÓN

En el diseño de un chasis, en cuanto al peso y su distribución se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- Cuanto menos peso tenga el chasis, respetando la rigidez, mejor se aprovechará la potencia del motor.
- Respecto a los estudios hechos para la suspensión conviene que el centro de gravedad esté lo más bajo posible para disminuir el balanceo.

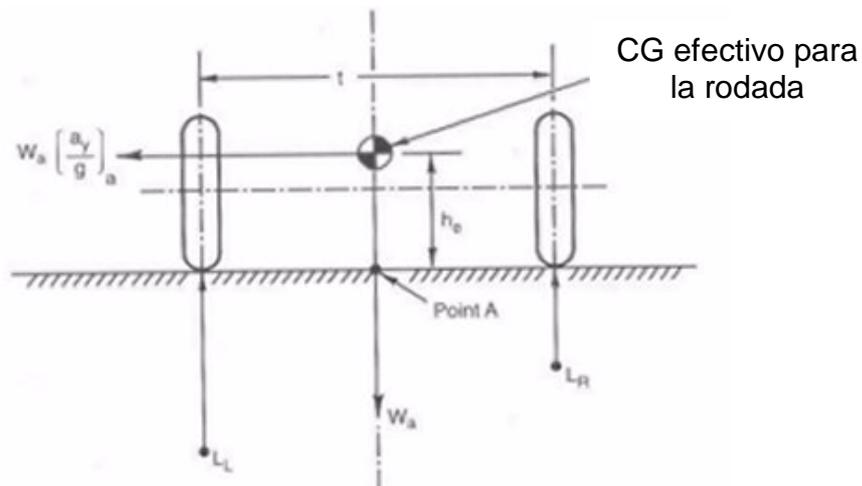


Figura 3.6: El reparto de fuerzas al balancear.

- Respecto a los estudios hechos para la aerodinámica conviene que el centro de gravedad esté por delante del centro de presiones lateral para evitar inestabilidades en la conducción debidas a cambios súbitos de viento lateral, por ejemplo, al adelantar a un camión. Es sabido que el centro de presiones lateral está más hacia atrás si la superficie lateral es mayor en la parte trasera que en la delantera.

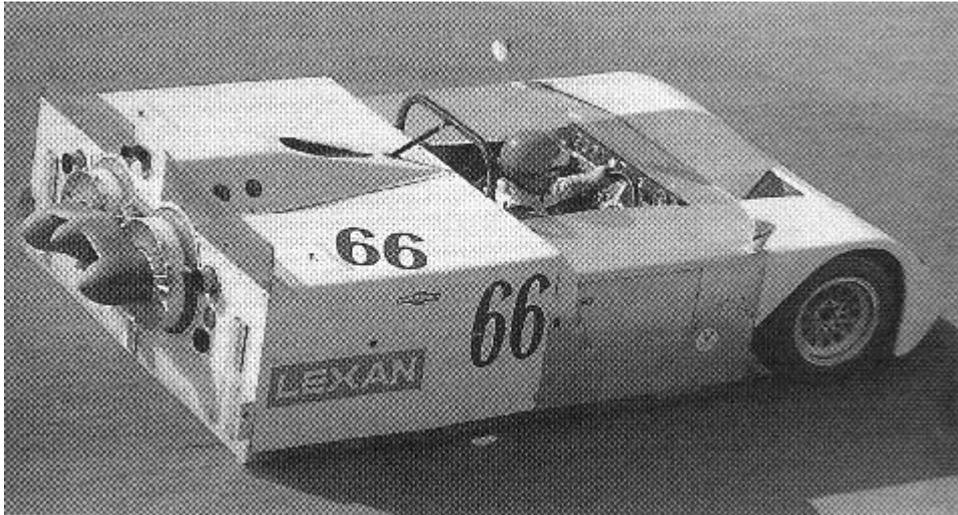


Figura 3.7: La superficie posterior es mayor y hace que el centro de presiones esté por detrás del centro de gravedad. La conducción es más estable.

3.3 CRITERIOS SOBRE EL ESPACIO Y LA ERGONOMÍA

En el diseño de un chasis, en cuanto a las necesidades de espacio se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- En el diseño de la estructura en los alrededores del motor y del diferencial (si lo tiene), si hay transmisión por cadena, se debe dejar suficiente espacio para poder colocar un rango de tamaños de piñones aceptable.
- Debe considerarse la facilidad de acceso para el mantenimiento de los elementos de propulsión.
- El hombre de percentil 95% debe poder entrar con comodidad en el coche con el casco puesto. Percentil 95% quiere decir que el 95% de los hombres es de tamaño menor que este modelo y que sólo el 5% es mayor. La estructura no debe interferir con el conductor en los movimientos que éste realice para la conducción. Un problema particular en este aspecto son los brazos del conductor.

A continuación se detallan las medidas del hombre 95% que se utilizarán para determinar el diseño de la cabina del vehículo:

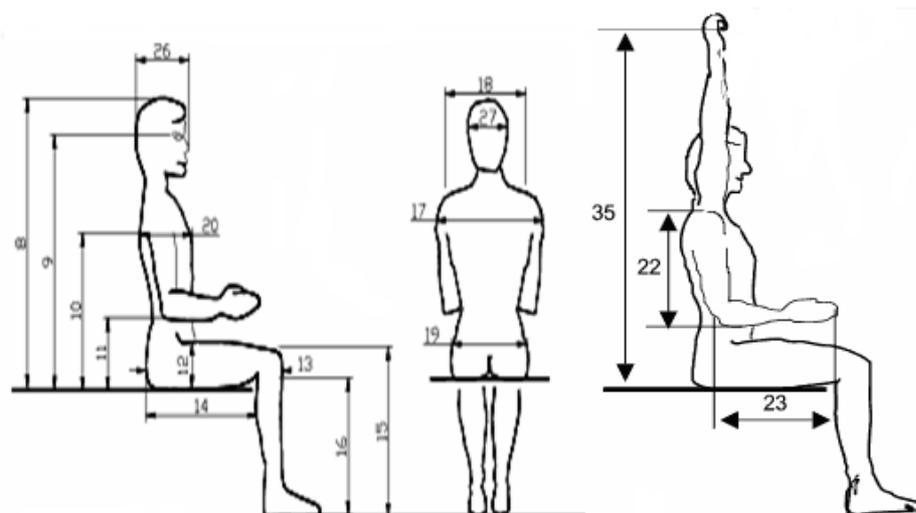


Figura 3.8: Parámetros ergonómicos del hombre 95%

Tabla 3.1: Parámetros ergonómicos hombre 95%

DIMENSIONES	PERCENTILES HOMBRE		PERCENTILES MUJER	
	5%	95%	5%	95%
1 - Altura	1625	1855	1505	1710
8-Sentado Altura	850	965	795	910
9-Altura de ojos sentado	735	845	685	795
10-Sentado Hombro	540	645	505	610
14-longitud nalga-poplíteo	440	550	435	530
15-altura de la rodilla	490	595	455	540
17-Hombro Manga	420	510	355	435
18-Hombro Manga	365	430	325	385
19-Hip Manga	310	405	310	435
20-Profundidad de pecho	215	285	210	295
23-Codo punta de los dedos	440	510	400	460
27-Jefe Manga	145	165	135	150
26-Longitud	175	205	160	190

Establecidas estas medidas se distribuye en la cabina de la siguiente manera:

- Las medidas de los pedales, la longitud y el ángulo de los pies determinan la altura de la parte frontal del chasis.
- El ángulo de las piernas y las dimensiones del cuerpo determinan la longitud del asiento.
- La línea de visión se utiliza para determinar la altura del arco frontal.
- Es muy importante una rápida evacuación del conductor si hay accidente. Por ejemplo, en la competición de Formula (FAU) es de un mínimo de diez segundos.

3.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

La generación de soluciones es, por supuesto, el aspecto esencial y central del diseño, es por ello que para agrupar y esquematizar este conjunto de ideas se recurre al análisis comparativo que sistematiza la forma que puede tomar un producto o máquina.

En el estudio de este proyecto se plantearon dos alternativas dibujadas en AUTOCAD en base a los criterios de rigidez, distribución, espacio y ergonomía, también es muy importante tener en cuenta la apariencia y forma del vehículo para lo cual se estudiaron los diferentes modelos existentes en el mercado que se asemejan a nuestros requerimientos así tenemos la Fórmula CAR CROSS (España), o los GOCART australianos que se muestran en la siguiente figura:

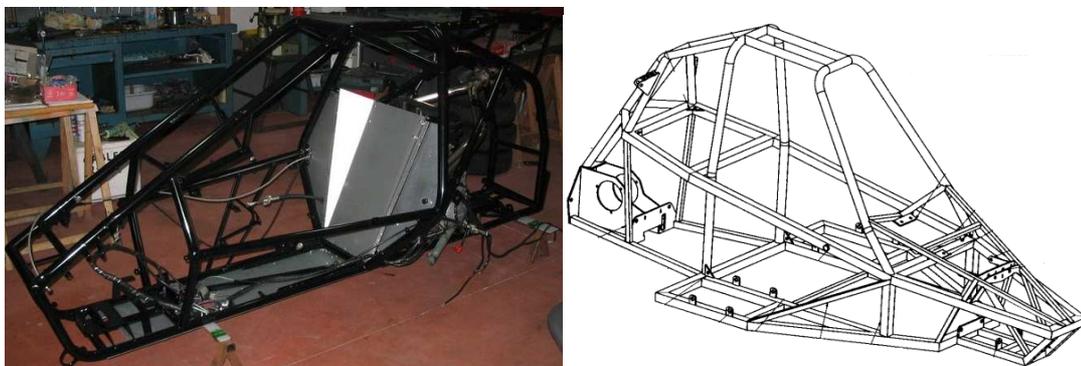


Figura 3.9: a) Fórmula CAR CROSS España b) Modelo piraña (australiano)

Teniendo en cuenta todos estos aspectos se presentan las siguientes alternativas:

3.4.1 ALTERNATIVA 1

- La alternativa 1, consta con una longitud del bastidor de 2500mm de forma irregular (no rectangular), un arco principal y frontal que protege al piloto en caso de un volcamiento.
- Las protecciones laterales son dibujadas en base al reglamento FAU (ver anexo 3).
- La distancia correspondiente al tren de potencia se debe tomar muy en cuenta para su correcta ubicación. Las dimensiones del motor es de 500 x 500mm y mas la relación de transmisión de 300mm debiendo tener una distancia mínima de 800mm para su correcta colocación en el vehículo. Al tener el arco principal un ángulo de 15° la distancia debe aumentar estableciéndose una distancia de 1000mm.
- La cabina es dibujada en base a los parámetros ergonómicos del hombre 95%. (ver tabla 3)
- La protección superior del piloto tiene un ángulo de 10° favoreciendo al flujo del aire (consideraciones de aerodinámicas).
- Al utilizar un tubo de 1 ¼ in con un peso de 2.55 kg/m por esta razón el bastidor no consta de barras de arriostamiento para alivianar su peso.

La alternativa 1 presenta las siguientes especificaciones:

Ancho del bastidor:	650 mm
Altura del vehículo:	1067,3mm
Distancia de la cabina:	1300 mm
Ancho medio del arco principal:	650 mm
Ancho superior del arco principal:	450 mm
Distancia para la ubicación del tren de potencia:	1000 mm
Altura del arco frontal:	300 mm
Distancia total del bastidor:	2500 mm
Peso estimado de la estructura (SAP- tubo 1plg):	100,5 kg
Inclinación del arco principal:	15°
Inclinación del arco principal:	0°

Costo del material a utilizar (tubo 1 ¼; e = 2.5): 320 \$

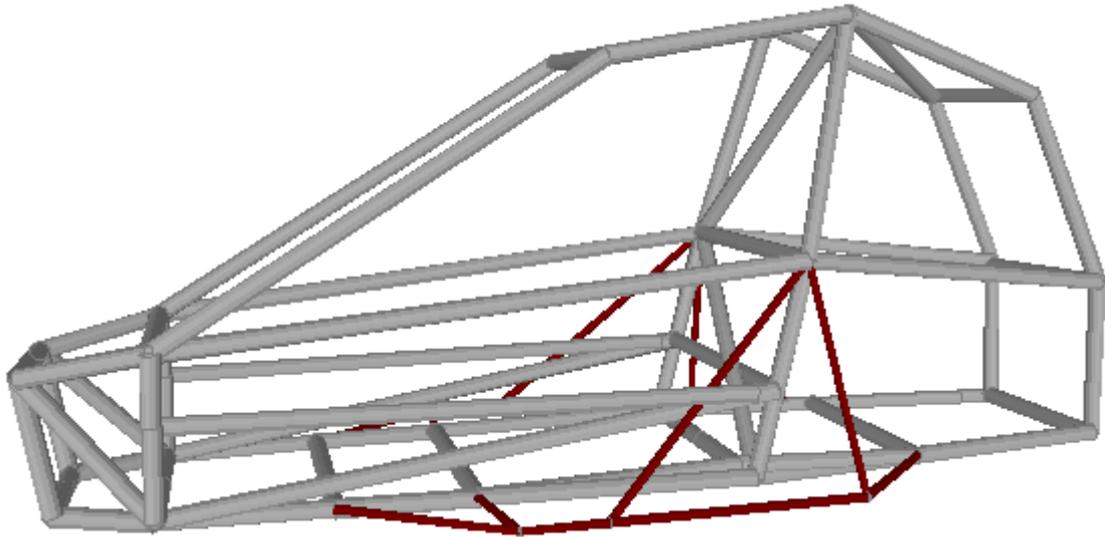


Figura 3.10: Modelo alternativa 1

3.4.2 ALTERNATIVA 2

- La alternativa 2 consta de un bastidor de forma regular (rectangular), con una longitud de 2300mm
- El arco principal y frontal tienen una inclinación respecto a la vertical de 10° el mismo que está dentro de la reglamentación FAU protegiendo al piloto en caso de voltearse el vehículo.
- Las protecciones laterales son dibujadas en base al reglamento FAU (ver anexo 3).
- El tren de potencia tiene una distancia de 800mm y al tener un ángulo de inclinación de 10° el arco principal la distancia suficiente para el ingreso del tren de potencia es de 900mm.
- La cabina es dibujada en base al hombre 95%. (ver tabla 3)
- La protección superior del piloto tiene un ángulo de 6° y una distancia de 600mm favoreciendo al confort del piloto.
- Al utilizar un tubo de 1plg con un peso de 1.96 kg/m disminuyéndonos el peso de la estructura constando de esta manera el bastidor con barras de arriostramiento mejorando la seguridad de la estructura.

La alternativa 2 presenta las siguientes características:

Ancho del bastidor:	450 mm
Altura del vehículo:	1103,3mm
Distancia de la cabina:	1300 mm
Ancho medio del arco principal:	700 mm
Ancho superior del arco principal:	450 mm
Distancia para la ubicación del tren de potencia:	900 mm
Altura del arco frontal:	350 mm
Distancia total del bastidor:	2300 mm
Peso estimado de la estructura (SAP- tubo 1in):	75 kg
Inclinación del arco principal:	10°
Inclinación del arco frontal:	10°
Costo del material a utilizar (tubo 1 pulg; e = 2.5mm):	250 \$

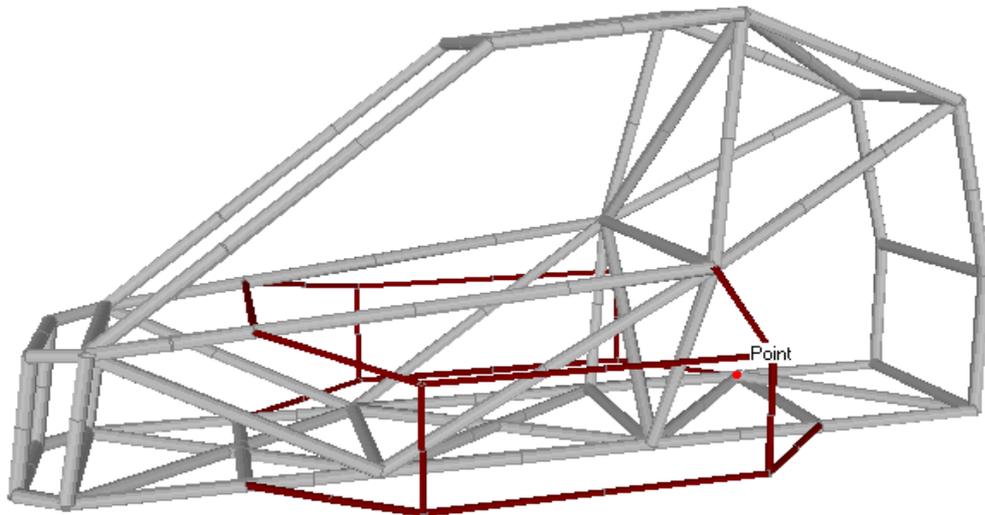


Figura 3.11: Modelo alternativa 2

EVACUACIÓN DEL PILOTO

Uno de los requerimientos de la norma FAU es la rápida salida del piloto del auto, estableciendo un tiempo de salida de 10 segundos por lo que el espacio de salida debe ser lo suficientemente adecuado para que el piloto cumpla con esta estipulación.

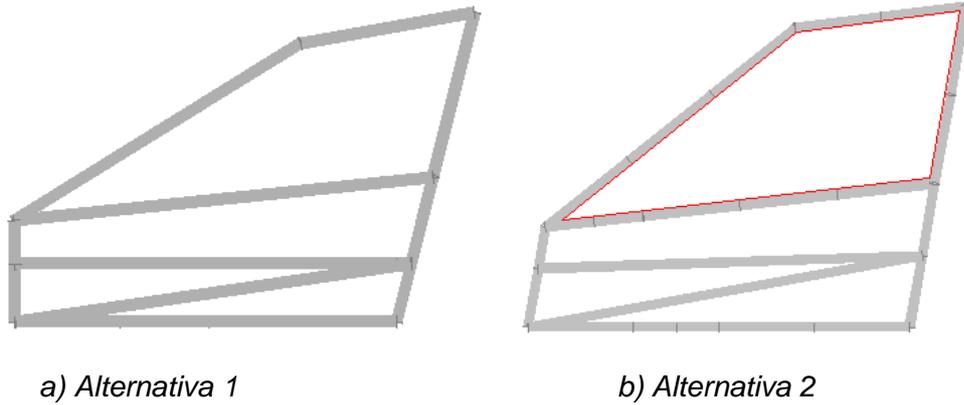
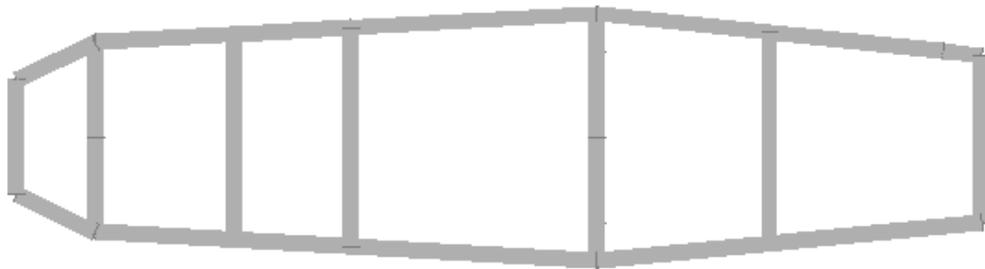


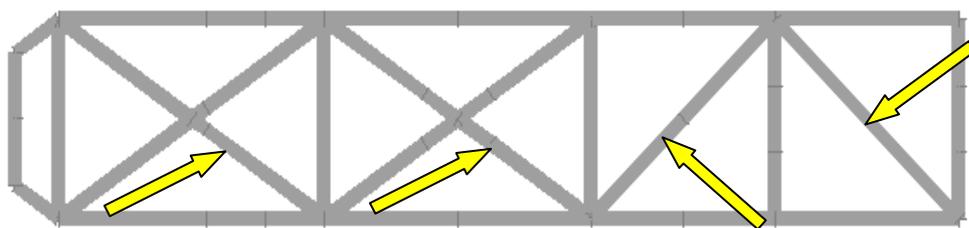
Figura 3.12: Vista lateral de la cabina

RIGIDEZ - SEGURIDAD DEL BASTIDOR

La forma estructural que presenta el bastidor de la alternativa 2 es más rígida y segura que la alternativa 1 por contar con barras de arriostramiento como se muestra en la siguiente figura:



a) Alternativa 1:



b) Alternativa 2:

Figura 3.13: Barras de arriostramiento

ERGONOMÍA

La ergonomía en este proyecto está relacionada con la comodidad del piloto situado en la cabina, cabe destacar que en toda competencia automovilística se busca optimizar el espacio es decir reducir a lo máximo, sin afectar a la conducción del piloto.

Analizando las dos alternativas propuestas la ergonomía se aplica a las dos estructuras.

Tabla 3.2: Comparación de medidas según parámetros ergonómicos

	ALTERNATIVA1	ALTERNATIVA2
∠ SUPERIOR	10°	6°
∠ DEL ARCO PRINCIPAL	15°	10°
ALTURA DEL AP.	1067,3mm	1103,3mm
ANCHO DEL AP.	650mm	700mm
ALTURA DEL AF.	300mm	350mm
AP= arco principal AF= arco frontal ∠ = ángulo		

LONGITUD DEL VEHÍCULO

Distancia total del vehículo es fundamental en el rendimiento de un vehículo de competencias, al ser un vehículo tipo rally, mientras menor es la longitud del auto mejora su velocidad y estabilidad en curva.

Tabla 3.3: Longitud total del vehículo

	ALTERNATIVA1	ALTERNATIVA2
DISTANCIA TOTAL	2500mm	2300mm

ALTURA

La altura máxima que permite el reglamento es de 1400mm medidos desde el piso hasta la parte mas alta del vehículo, la distancia del auto al piso es de 118mm.

Tabla 3.4: Altura del bastidor al arco principal

	ALTERNATIVA1	ALTERNATIVA2
Altura cabina	1067,3	1103,3
Altura al piso	180	180
Altura total del vehículo	1247,3	1283,3

COSTO

Lo más importante de un trabajo es realizarlo con materiales de calidad con el menor costo posible.

Tabla 3.5: Costo total por tubos

	ALTERNATIVA1	ALTERNATIVA2
TUBOS	320\$	250\$

PESO

Mientras menos pesado tenga un vehículo su rendimiento es mejor tanto en consumo de combustible, degradación de neumáticos y sobre todo la velocidad del mismo razón por la cual en toda competencia se busca trabajar con elementos lo más livianos posibles sin afectar su calidad.

Tabla 3.6: Comparación de pesos entre las dos alternativas

	ALTERNATIVA1	ALTERNATIVA2
PESO	100,5kg	75kg

APARIENCIA

Al diseñar gráficamente toda estructura se lo hace para impresionar, satisfacer y orientar al cliente, al comparar las dos alternativas la alternativa uno es un modelo moderno aerodinámico que a simple vista sea agradable a las personas.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Teniendo claras las propuestas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista Técnico y Económico.

Se indicaran diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor de (1 a 5), dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención, siendo 1 malo y 5 excelente. A los puntos de comparación también se les asignara un peso de (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será denominado como el factor de importancia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

Tabla 3.7: Evaluación Económica

PUNTOS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE IMPORTANCIA (fi)	PUNTAJE (pi)		
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE IDEAL
1 Materiales.	3	4	5	5
2 Costos de fabricación	3	5	5	5
3 fuentes de energía	2	4	4	5
4 Mantenimiento	1	4	4	5
5 Consumo	2	3	4	5
Total = $\sum(fi \times pi)$		45	50	55
Coeficiente Económico = P total/P ideal		82%	91%	100%

Tabla 3.8: Evaluación Técnica.

PUNTOS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE IMPORTANCIA (fi)	PUNTAJE (pi)		
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE IDEAL
1 Rigidez	3	4	5	5
2 Ergonomía	3	5	5	5
3 Distancia total	2	3	4	5
4 Altura	3	5	5	5
5 Peso	3	3	4	5
6 Salida del piloto	3	4	5	5
7 Apariencia	2	5	4	5
8 Espacio	2	4	4	5
Total = $\sum(fi \times pi)$		87	96	105
Coeficiente Económico = P total/P ideal		83%	91%	100%

Para tener una mejor apreciación de los resultados de los cuadros anteriores graficamos el coeficiente económico vs. Coeficiente técnico y ponderamos la alternativa que más se aproxime a la ideal, como se muestra en la figura 11.

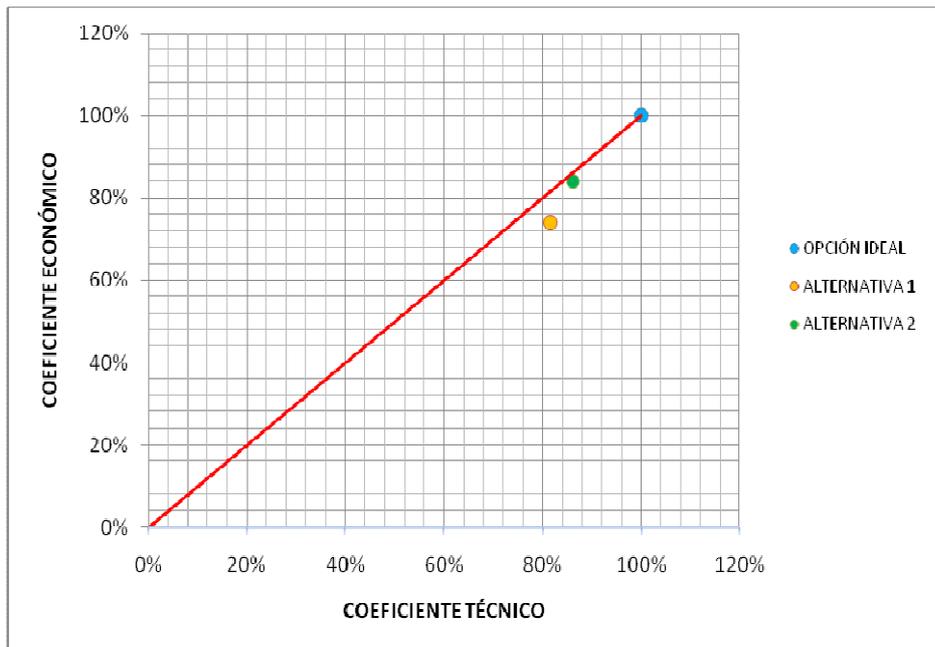


Figura 3.14: Gráfico de dispersión de los coeficientes técnicos y económicos

3.5 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA

Por el análisis descrito en el acápite anterior seleccionamos la alternativa dos, la misma que garantiza seguridad, velocidad y estabilidad, economía, confort. La selección más adecuada será la opción que además de tener los coeficientes Técnicos y Económicos apropiados, mantenga un equilibrio entre estos. Analizando los resultados se obtuvo que la alternativa 1 tiene un coeficiente económico de 82%, mientras que la opción 2 tiene el 91%. En cuanto a la evaluación técnica la opción 1 tiene el 83% respecto a la opción 2 que es del 91%. Por esto el proyecto indicado a desarrollar será basado en la OPCIÓN 2.

SEGURIDAD

- En la salida o evacuación rápida del piloto en caso de un accidente o una situación de emergencia.
- Por contar con un bastidor de forma regular que brinda un mejor agarre a la suspensión del vehículo,
- Por estar formado por barras de arriostramiento que aumentan la rigidez en el mismo.

VELOCIDAD Y ESTABILIDAD

- Mejora notablemente su velocidad en entrar y salida en una curva por tener una menor longitud.

ECONOMÍA

- La estructura presenta un ahorro en material al ser realizada con el tubo de 1 pulgada.
- Su menor peso estructural ayuda a reducir las cargas transmitidas sus apoyos y mejorando el consumo de combustible.

CONFORT

La cabina del vehículo está conformada para que el piloto no presente incomodidad al momento de conducir.

3.6 DISEÑO DEL CHASIS

Durante el proceso de diseño del chasis sucederá que necesitaremos cambiar repetidas veces la geometría hasta que se satisfagan todos los objetivos.

Por eso es necesario trabajar en el programa AUTOCAD. El hecho de que sea paramétrico implica que las cotas que definan la geometría van a poder cambiar de magnitud incluso cuando la estructura esté ya dibujada. En un programa no paramétrico habría que borrar y dibujar de nuevo la zona que nos interesase cambiar como es el SAP. En nuestro caso utilizaremos AUTOCAD para el dibujo.

Todo coche de una determinada competición tiene unas características geométricas comunes. Es conveniente tomar estas características como parámetros principales del sistema. Para lo cual realizaremos una tabla donde aparezcan estas cotas comunes a todos los coches de una misma competición.

De esta manera es más fácil ver qué cotas se están cambiando en el caso de que sea necesario hacerlo. Primero hay que ver cómo se va a dibujar el chasis. Ejemplo Carcross:

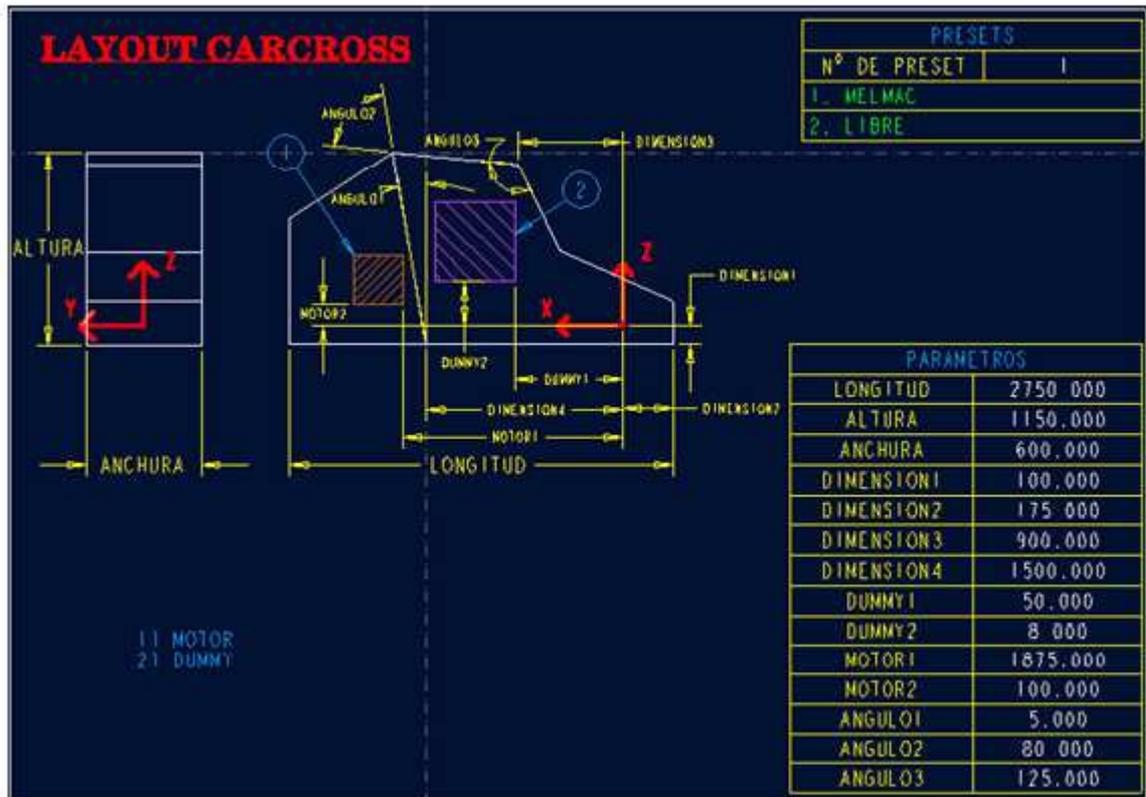


Figura 3.15: Ejemplo CAR CROSS

Aplicando las normas que rigen a la FAU las cuales están enfocadas al diseño, fabricación y control de la competencia para eventos tipo Rally el vehículo a ser diseñado pertenece a dicha categoría.

En base a los parámetros ergonómicos del hombre 95% se procede.

Diseño del bastidor:

La norma FAU establece que la longitud del vehículo es a consideración del diseñador, pero se conoce que un vehículo cuando es menor su longitud mejora considerablemente su comportamiento en curva por lo que técnicamente se recomienda que su longitud no exceda de los 2600mm.

Distancia del motor: 60cm. Considerando que es un sistema de transmisión por cadena, la distancia correspondiente al tren de potencia es: 90cm.

La distancia de la cabina en los modelos similares va de 1500 a los 1100mm, de esta manera se toma una medida promedio que es de 1300mm.

Teniendo estas dimensiones y considerando el confort del piloto, el bastidor nos queda con las siguientes dimensiones: 900mm correspondientes al tren de potencia más 1300mm de la cabina y 100mm para la colocación de los

pedales; dándonos una longitud total del bastidor de 2300mm. Estas medidas son dibujadas en AUTOCAD. (ver anexo 1).

Arco Principal:

El arco principal se extiende desde la parte baja de la estructura (bastidor), sube hasta la parte más alta y vuelve a descender hasta la parte baja de la estructura. El arco principal debe tener una inclinación mínima de 10° de la vertical. La altura máxima del vehículo medida desde el piso es de 160cm, todo esto por norma FAU. (Ver anexo3).

En la siguiente tabla se establecen los valores normalizados para el diseño:

Tabla 3.9: Medidas referentes al arco principal

	INCLINACIÓN (GRADOS)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)
NORMA FAU	10	-----	140
HOMBRE 95%	-----	51	95
VALOR SELECCIONADO	10	70	110,3

Arco frontal:

El arco frontal puede ser construido en más de una pieza. El arco frontal no puede ser inclinado más de 20° de la vertical.

Tabla 3.10: Medidas referentes al arco frontal

	INCLINACIÓN (GRADOS)	ALTURA (cm)
NORMA FAU	No mas de 20°	-----
HOMBRE 95%	-----	25
VALOR SELECCIONADO	10	35

Diseño de la cabina:

La cabina está conformada por el arco principal, el arco frontal y protecciones laterales, además la parte superior de la cabina tiene una distancia de 60cm.

Medidas de la cabina:

Altura: 1010.03mm

Longitud: 1300mm

Ancho superior e inferior: 450mm

Ancho intermedio: 700mm

Con estas medidas seleccionadas y de acuerdo con los parámetros ergonómicos del hombre 95% la persona ingresa correctamente a la cabina. Estas medidas son:

Tabla 3.11: Medidas de largo y ancho de los parámetros ergonómicos del hombre 95%

DIMENSIONES:	HOMBRE 95% (cm)
Anchura hombro a hombro	51
Distancia de oreja a oreja	16,5
Distancia de la persona en el asiento	40,5
Distancia de la cadera a los pies	100

Protecciones laterales:

La estructura de impacto lateral debe abarcar por lo menos tres miembros tubulares situados en cada lado del conductor, el miembro estructural de impacto del lado superior debe conectar el arco principal y el arco frontal, los otros dos tubos serán ubicados en forma triangular para obtener una mejor rigidez.

Ergonomía:

Para comprender de mejor forma y con la ayuda de un programa de diseño de imagen 3DMax se observa la distribución del hombre 95% en la cabina:

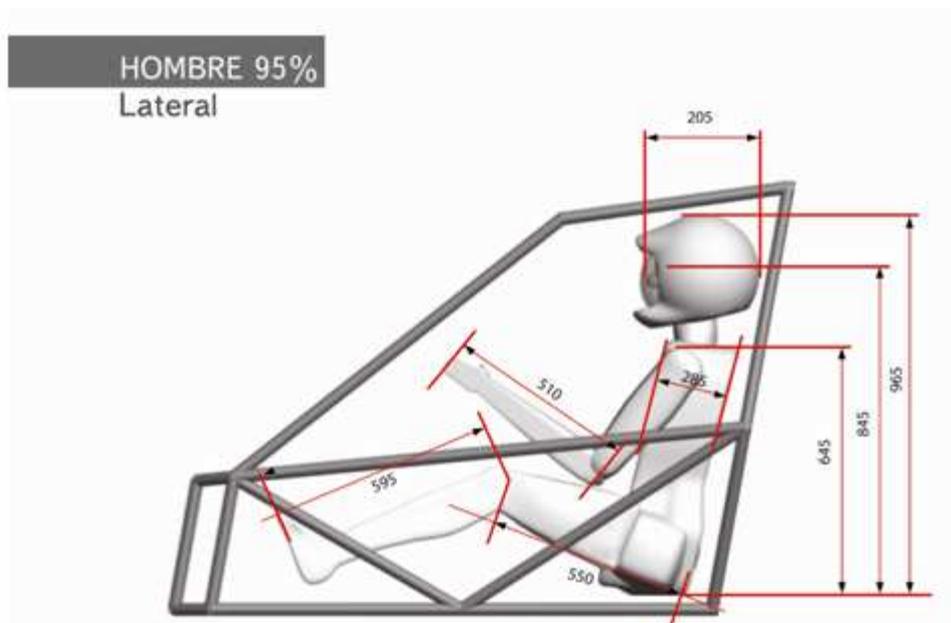


Figura 3.16: Vista lateral de los parámetros ergonómicos del hombre 95%

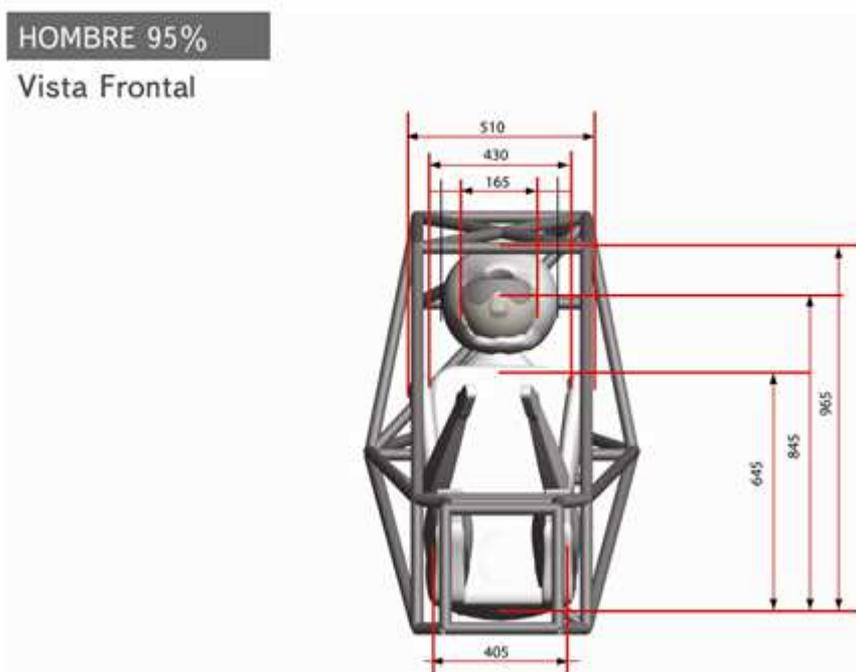


Figura 3.17: Vista frontal de los parámetros ergonómicos del hombre 95%

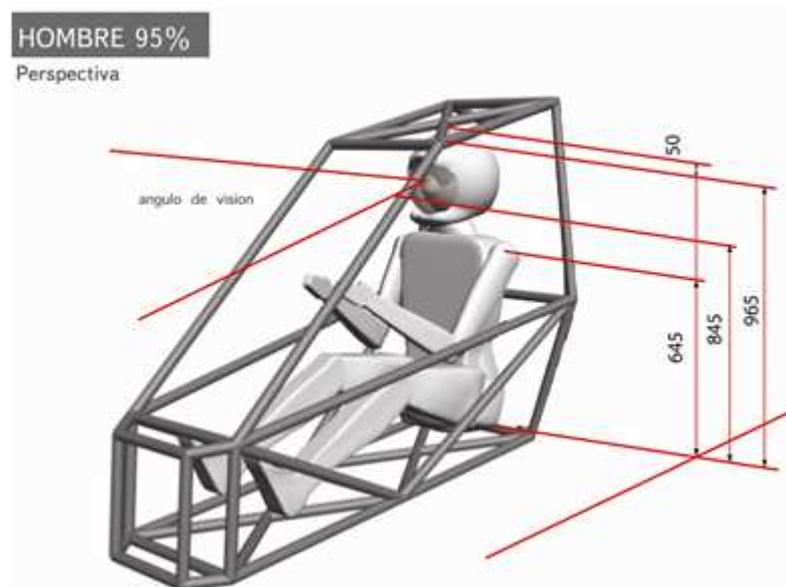


Figura 3.18: Vista isométrica de los parámetros ergonómicos del hombre 95%

Atenuadores de impacto:

Los atenuadores de impacto son elementos capaces de reducir la fuerza en caso de un impacto, los atenuadores laterales tienen las siguientes medidas:

Ancho: 20cm

Largo: 50cm

Alto: 30cm

La ubicación y la forma son de acuerdo al criterio del diseñador. Cabe destacar que los atenuadores de impacto deben ser deformables, es decir deben fallar en caso de una colisión.

Apoyos de la suspensión

Para establecer los puntos de apoyo de la suspensión se ubicarán de acuerdo con el diseño de la suspensión (ver tesis: diseño y trucaje de la suspensión y dirección), dibujándose las platinas con las siguientes medidas:

Altura: 5,08 cm

Ancho: 5,69 cm

Separación entre ellas: 8 cm

Modelo Geométrico de la estructura:

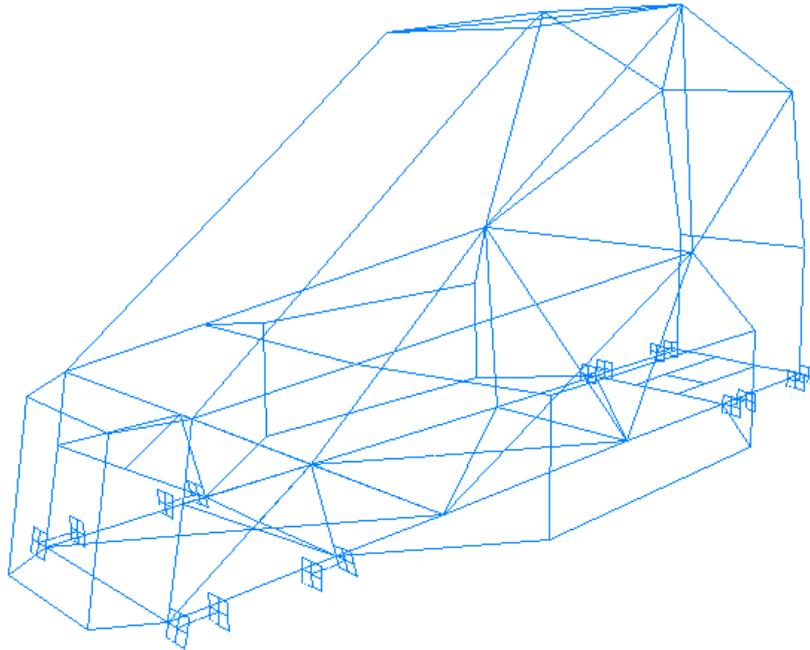


Figura 3.19: Estructura dibujada en AUTOCAD

3.6.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA EN SAP2000 10.1

Para realizar el análisis y diseño de la estructura en SAP2000 10.1 se necesita seguir los siguientes pasos:

- a) Importar el modelo geométrico generado en AUTOCAD.
- b) Definir los estados de carga y sus combinaciones (activando los respectivos combos y retirando las combinaciones automáticas).
- c) Definir materiales, secciones, perfiles
- d) Asignar las secciones a los diferentes elementos estructurales
- e) Asignar las cargas (con su valor y dirección respectivos).
- f) Asignar las condiciones de apoyo a los puntos o nodos.
- g) Ejecutar la opción analizar (run now).
- h) Seleccionar el código de diseño a aplicarse (AISC – ASD).
- i) Ejecutar la opción de diseño.

Una vez dibujada la estructura en AUTOCAD es importada desde el SAP para su análisis. (Ver anexo 2)

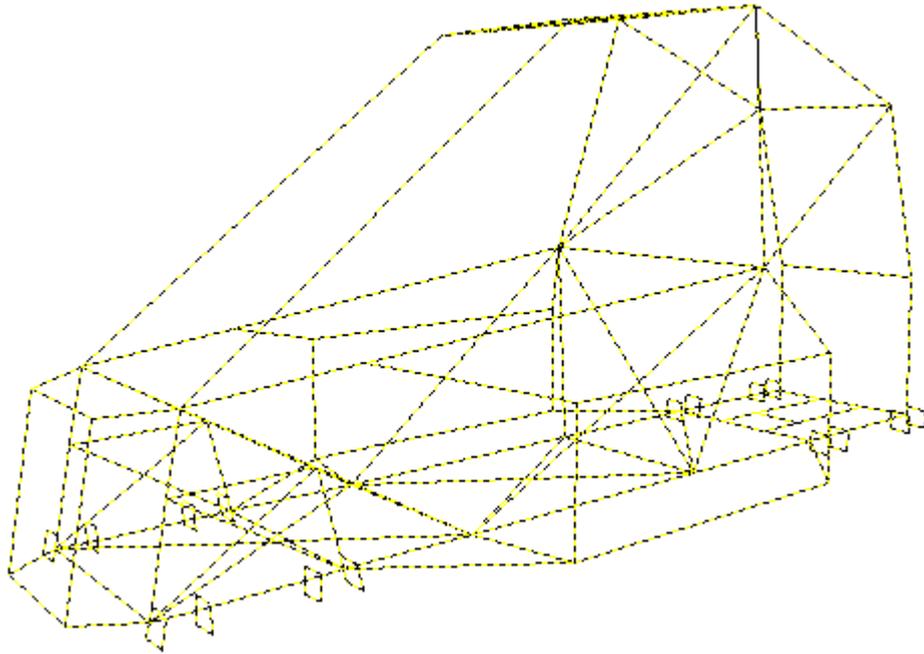


Figura 3.20: Estructura exportada al SAP

El estudio realizado en el programa sap2000 10.1 se basa en tres aspectos fundamentales como son definir, asignar y resultados.

3.6.2 DETERMINACIÓN DE CARGAS

3.6.2.1 PESO PROPIO DE ESTRUCTURA o carga muerta (M)

El programa calcula automáticamente el peso de la estructura, al no contar con las especificaciones y ubicaciones exactas como es el peso del tol y otros accesorios del vehículo se debe determinar un factor de carga muerta que es el siguiente:

Peso tol:	40kg
Accesorios:	60kg
Peso de la estructura:	79kg

$$\text{coeficiente} = \frac{\text{peso del tol} + \text{accesorios}}{\text{peso de la estructura}} = \frac{(40 + 60)kg}{79kg} = 1,3 \quad (3.2)$$

Este factor es ingresado en el programa como lo indica el anexo 2 página 7.

Por efecto de la soldadura se tiene un incremento de 2% y 3%. En tal virtud tenemos un coeficiente de 1.32 de incremento del peso de la estructura.

3.6.2.2 DETERMINACIÓN DE CARGAS VIVAS (CV)

La carga viva es aquella que puede cambiar de posición y magnitud. Por esta razón se considera carga viva al peso de la persona quien maneja el vehículo y el motor del mismo.

Persona promedio (percentil 95% más el asiento): $(75+10)$ kg = 85kg

Motor: 75kg

La carga es aplicada en los nudos donde está ubicado el motor y el piloto.
(Ver anexo 2).

Tabla 3.12: Distribución de la carga viva.

	CARGA VIVA (Ton)	NUDOS SELECCIONADOS	CARGA POR NUDO (Ton)
PILOTO	0,850	5	0,170
MOTOR	0,750	4	0,188

Estas dos cargas son ingresadas al programa como se indica en el anexo 2.

3.6.2.3 CALCULO CARGAS DE IMPACTO

Peso propio estimado estructura: 0,079 Ton
 Carga muerta total: 0,100 Ton
 Carga viva total: 0,160 Ton
TOTAL: 0,339 Ton

3.6.2.4 IMPACTO SUPERIOR (IMP- SUPERIOR)

Para dar cumplimiento al reglamento FAU (Anexo 3), la aceleración que tiene el vehículo al producirse un choque en la parte superior del vehiculo es de dos gravedades.

Datos:

$a = 2g$

Nodos = 9

(3.3)

$$F = m.a$$

$$F = 339kg \times 2 \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$Ab = 6644,4N$$

Trasformamos de newton a kilogramos fuerza

$$1N = 0,102kgf$$

$$6677,7288kgf = 2,71Ton$$

La fuerza aplicada por nodo es :

$$\frac{F}{nodos} = \frac{0,68Ton}{9} = 0,08Ton$$

El valor aplicado en cada nodo es $(0,68Ton/9) = \mathbf{0,08Ton}$

Ingresamos la carga producida por el choque superior al programa (ver anexo 2)

3.6.2.5 IMPACTO LATERAL (IMP- LATERAL)

Refiriéndose a la normativa FAU (Anexo 3), para una colisión lateral la norma indica un factor de aceleración de 4g.

Datos:

Factor de aceleración $a = 4g$

Nodos: 12

$$F = m.a$$

$$F = 339kg \times 4 \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$Ab = 13288,8N$$

Trasformamos de newton a kilogramos fuerza

$$1N = 0,102kgf$$

$$1355,4576kgf = 1,36Ton$$

La fuerza aplicada por nodo es :

$$\frac{F}{nodos} = \frac{1,36Ton}{12} = 0,113Ton$$

Ingresamos la carga producida por el choque lateral al programa (Ver anexo 2)

3.6.2.6 IMPACTO FRONTAL (IMP-FRONTAL)

En base a la reglamentación FAU (Anexo 3), el factor de aceleración en un choque frontal es de ocho veces el peso del auto, es decir 8g.

Datos:

Factor aceleración $a = 8g$

Nodos = 8

$$F = m.a$$

$$F = 339kg \times 8 \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$Ab = 26577,6N$$

Transformamos de newton a kilogramos fuerza

$$1N = 0,102kgf$$

$$2710,9152kgf = 2,71Ton$$

La fuerza aplicada por nodo es :

$$\frac{F}{nodos} = \frac{2,71Ton}{8} = 0,34Ton$$

Ingresamos la carga producida por el choque frontal al programa refiérase al anexo 2 página 28.

3.6.2.7 COMBINACIÓN DE IMPACTOS (IMPACTOS)

La carga combinación de impactos es considerada en el peor de los casos al producirse un accidente, donde en este ocurran un choque frontal, un lateral y un superior. Los tres choques son considerados al mismo tiempo por la razón que en el programa SAP2000 10.1 no existe la opción para que los impactos sucedan uno a continuación del otro. De esta manera se ingresan los valores de cada una de las cargas en el programa con el nombre de IMPACTOS como se muestra en el anexo 2 página 20.

3.6.2.8 FUERZA DE ACELERACIÓN (Ab)

Para dar cumplimiento a la norma INEN 1323, la aceleración del vehículo debe

de ser de $4 \frac{m}{s^2}$

Datos:

$$A = 4 \frac{m}{s^2}$$

Nodos: 184

$$Ab = m.a$$

$$Ab = 339kg \times 4 \frac{m}{s^2}$$

$$Ab = 1356N$$

Trasformamos de newton a kilogramos fuerza

$$1N = 0,102kgf$$

$$138,312kgf = 0,14Ton$$

La fuerza aplicada por nodo es :

$$\frac{Ab}{nodos} = \frac{0,14Ton}{184} = 0,00076Ton$$

Ingresamos la fuerza de aceleración al programa (ver anexo 2).

3.6.2.9 FUERZA DE FRENADO (F)

Para dar cumplimiento a la norma INEN 1323, la aceleración del vehículo debe de ser el doble de la fuerza de aceleración.

Datos.

$$F=2 Ab$$

$$Nodos = 184$$

$$F = 2Ab$$

$$F = 2 \times 138,312kgf$$

$$F = 276,624kgf$$

Trasformamos a toneladas

$$276,624kgf = 0,28Ton$$

La fuerza aplicada por nodo es :

$$\frac{F}{nodos} = \frac{0,2766Ton}{184} = 0,0015Ton$$

Ingresamos la fuerza de frenado al programa (ver anexo 2).

3.6.2.10 CARGA AERODINÁMICA

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

$$R_{af} = \frac{1}{2} C_x \rho A_f V^2 \quad (3.4)$$

Donde:

Raf.- Carga por resistencia Aerodinámica, en (N)

ρ .- Densidad del aire, en (kg/m³)

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

A_f.- Área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m²)

C_x.- Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7)

Reemplazamos los valores:

$$R_{af} = \frac{1}{2} C_x \rho A_f V^2$$

$$R_{af} = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 0,7538 \cdot 38,38^2$$

$$R_{af} = 145,93N$$

$$1N = 0,102kgf$$

$$145,93N = 14,885kgf = 0,015Ton$$

Dividimos para el numero de nudos: (0,15Ton/49) = **0,0003Ton**

Los valores de las cargas ingresamos en el SAP como se especifica en el anexo 2.

3.6.3 DEFINICIONES DEL MATERIAL Y PROPIEDADES DE SECCIÓN

De acuerdo al Reglamento de la Norma FAU, en su Artículo No. 3 el material a ser utilizado es el acero estructural que tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 3.13: Dimensiones del material (ver anexo 3, artículo N° 3 del reglamento FAU)

	Diámetro (D)		Espesor (e)	
	pulg	mm	pulg	mm
AP, AFI, barra de anclaje, arneses	1	25,4	0,095	2,4
	---	25	----	2,5
soportes de arco principal, anclajes	1	25,4	----	1,6
	1	25,4	0,049	----

En nuestro mercado encontramos el tubo estructural que cumple con estas especificaciones como es ASTM A56 equivalente al acero ASTM A36, describe la gama de dimensiones de los perfiles tubulares conformados en frío, que son los requeridos, podemos mencionar las características del material entre ellas las propiedades de sección:

Tabla 3.14: Propiedades del material

DIMENSIONES					PROPIEDADES.					
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	I	E	Fy	Fu
Pulg.	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
1	33,7	2,5	1,96	2,45	2,98	1,91	1,1	207000	248.2	400
¾	19,1	1,5	4,2	0,83	0,32	0,34	0,62	207000	248.2	400
5/8	15,88	0,75	1,86	0,36	0,10	0,11	0,53	207000	248.2	400

El material correspondiente tanto al pasador como las áreas son de acero, por lo tanto las propiedades como E, Fy, Fu, son las mismas.

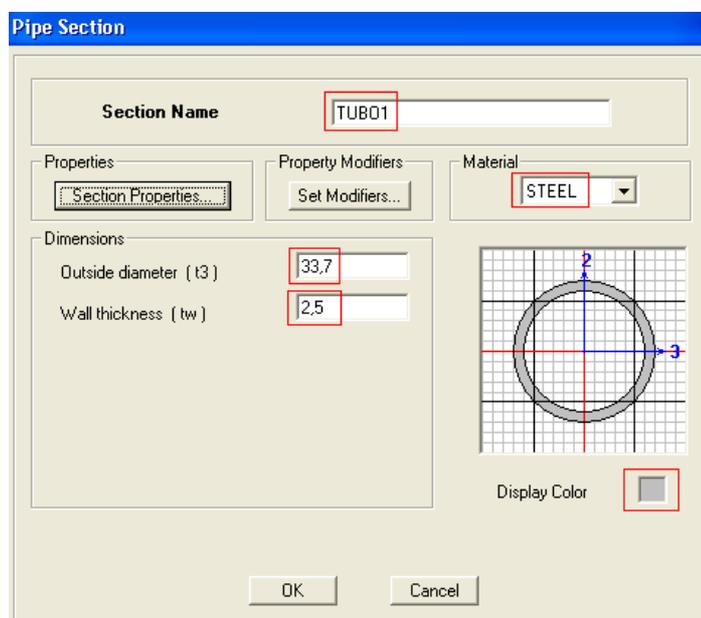
Para simplificar la denominación de las secciones se les podrán los siguientes nombres:

El tubo de una pulgada correspondiente al chasis se lo denomina con el nombre de TUBO1

El tubo de 5/8 de pulgada correspondiente a los atenuadores de impacto se lo denominara con el nombre de ATEN

El tubo de 3/4 de pulgada en caso de que la estructura falle sea definido un nuevo perfil para reforzarla dicha sección se la ha denominado con el nombre de REFUE.

Ejemplo (tubo): definición TUBO1 correspondiente al chasis:

**Figura 3.21:** Ingreso de medidas tubo 1

Ejemplo (áreas): Definición de PLATINA correspondiente a las áreas:

Figura 3.22: Ingreso de medidas PLATINA

La definición de los materiales y propiedades de sección se detallan en el manual de procedimientos para el diseño de un Buggy. (Ver anexo 2 página 4).

3.6.4 DEFINICIÓN DE LOS ESTADOS DE CARGA Y SUS COBINACIONES

Las siguientes combinaciones utilizadas están dadas por la norma INEN 1323 correspondiente al código AISC - ASD (ver anexo 4), cabe indicar que las combinaciones dadas por el código ASD son modificadas y adaptadas a los

requerimientos de la competencia como son la implementación de la carga de impacto.

Las combinaciones son establecidas en las peores situaciones que el vehículo pueda encontrarse en la competencia como:

COMB1 = P-PROPIO

COMB2 = P-PROPIO + C-VIVA

COMB3 = P-PROPIO + C-VIVA + AERODINAMICA

COMB4 = P-PROPIO + C-VIVA + FRENADO

COMB5 = P-PROPIO + C-VIVA + FRENADO + AERODINAMICA

COMB6 = P-PROPIO + C-VIVA + ACELERACION

COMB7 = P-PROPIO + C-VIVA + ACELERACION + AERODINAMICA

COMB8 = P-PROPIO + C-VIVA + IMPACTOS

COMB9 = P-PROPIO + C-VIVA + AERODINAMICA + IMP-SUPERIOR

COMB10 = P-PROPIO + C-VIVA + ACELERACION + IMP-FRONTAL

COMB11 = P-PROPIO + C-VIVA + FRENADO + AERODINAMICA + IMP-LATERAL

Una vez ya creadas las combinaciones de cargas las ingresamos al programa (véase el anexo 2). Dando como resultado la siguiente pantalla.

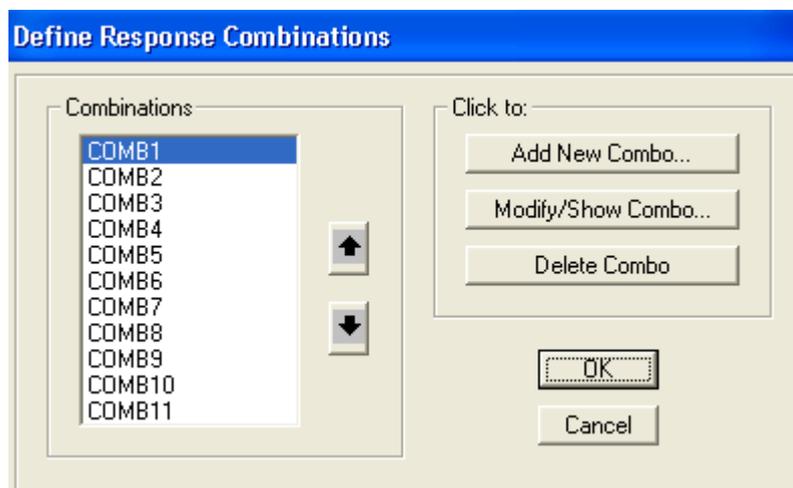


Figura 3.23: Ingreso de las cargas que conforman los combos

Nota:

Las combinaciones de carga corren automáticamente en el programa, pero se las deben ser activadas como se indica en la siguiente figura:

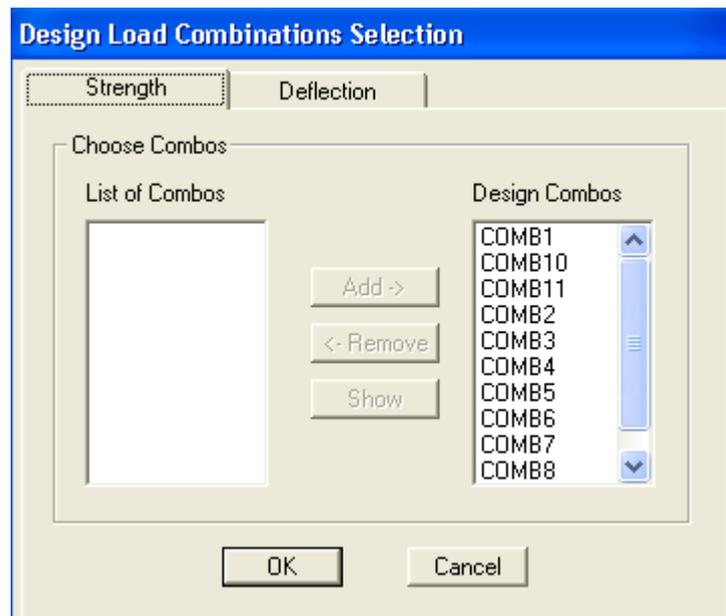


Figura 3.24: Activación de combos

Ver anexo 2 página 33.

3.6.5 ASIGNACIÓN DE RESTRICCIONES

Para que el programa funcione lo más posible a la realidad, los puntos de apoyo de la suspensión deben ser restringidos, así tenemos que el movimiento de translación en los ejes 1,2,3 y el movimiento de rotación en los ejes 1 y 3. Dejando solo el movimiento producido por la suspensión que corresponde a la traslación en el eje 2 (de arriba hacia abajo o viceversa).



Figura 3.25: Restricción de los apoyos

Para restringir los nodos véase el manual de procedimientos de diseño de un chasis buggy. (Ver anexo 2).

3.6.6 ASIGNACIÓN DEL MATERIAL

Las propiedades del material con el cual trabaja el programa son modificadas de acuerdo al acero A36 que son las siguientes:

$$F_y = 248,2 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_u = 400 \frac{N}{mm^2}$$

$$E = 207000 \frac{N}{mm^2}$$

Y se mantienen los mismos valores para las demás especificaciones como:

Tipo de material: isotrópico

Color: celeste

Los procedimientos para las modificaciones y asignación están en el anexo 2.

3.6.7 ASIGNACIÓN DE PERFILES

Asignamos los siguientes perfiles al chasis, a los refuerzos de suspensión, a las áreas, pasadores y a los atenuadores de impacto con las siguientes características:

Tabla 3.15: Características de los perfiles asignados

PARTE DE LA ESTRUCTURA	Asignación	Diámetro	Espesor	Material	Color
		D (mm)	e (mm)		
Áreas	PLATINAS	-----	8	Steel	Rojo
Atenuadores de impacto	ATENU	19,1	1,1	Steel	Vino
Chasis	TUBO1	33,7	2,5	Steel	Plomo
Pasador	BUJE	10	-----	Steel	Tomate
Refuerzos	REFUE	19,1	1,5	Steel	Azul

Comprobamos que todos los elementos estén correctamente asignados (ver anexo 2). Esto lo podemos determinar rápidamente activando la opción section y extruir dándonos como resultado la siguiente estructura:

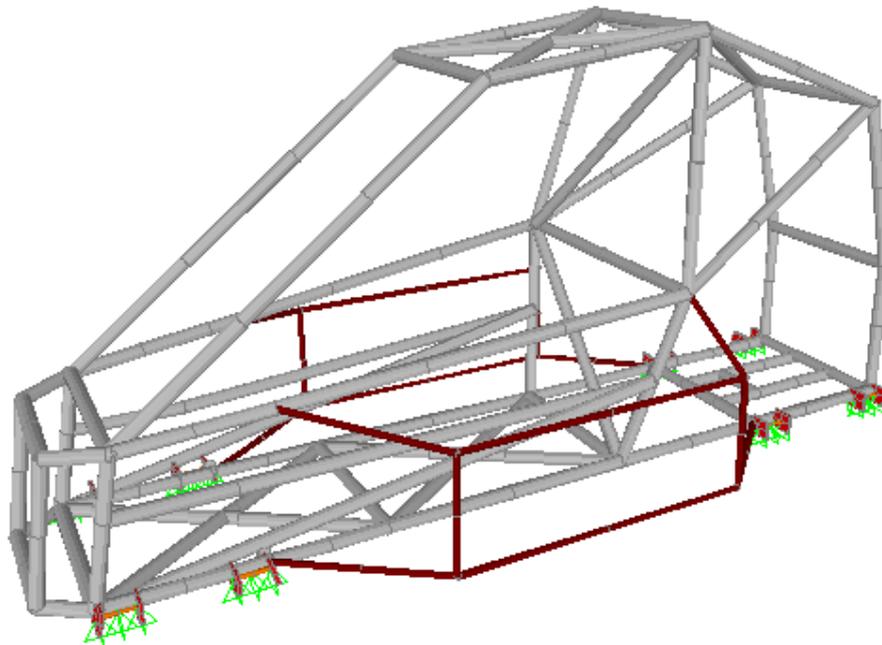


Figura 3.26: Secciones extruidas

3.6.8 ASIGNACIÓN DE CARGAS

Las cargas que fueron determinadas anteriormente son ingresadas al programa de la siguiente manera:

- Seleccionamos los nudos donde van a ser aplicadas.
- A los nudos seleccionados asignamos la carga con su respectivo valor y dirección.

Tabla 3.16: Valores de las cargas y su colocación en la estructura

Carga	Valor (Ton)	Nudos seleccionados	Valor: por nudo (Ton)	Dirección
Aceleración	0,68	184	0,00076	-X
Aerodinámica	0,015	49	0,0003	+X
Frenado	0,2766	184	0,0015	+X
Impacto Frontal	2,71	8	0,34	+X
Impacto Lateral	1,36	12	0,113	+Y
Impacto Superior	0,68	9	0,08	-Z
Viva (piloto -motor)	0,85 - 0,75	5 - 4	0,17 - 0,1875	-Z

Ejemplo (carga aerodinámica):

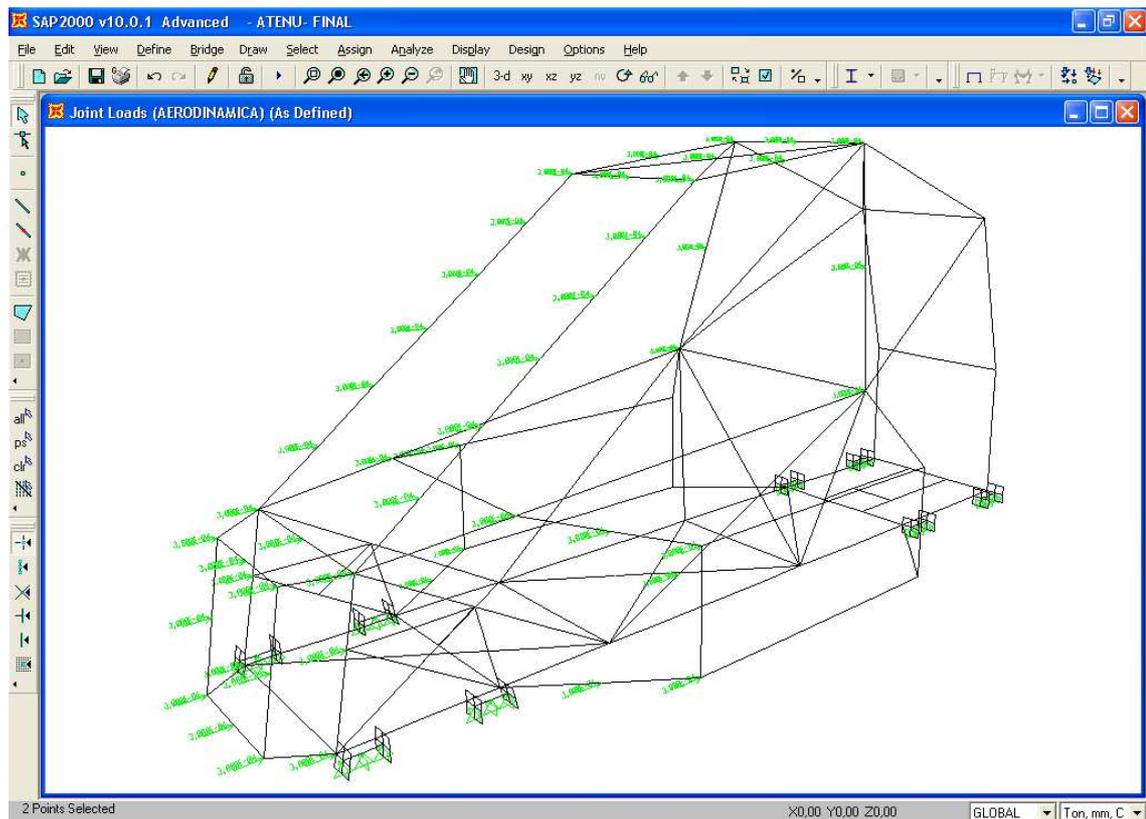


Figura 3.27: Puntos donde se aplica la carga aerodinámica

Todas las cargas restantes son asignadas de la misma manera con su respectiva denominación valor y sentido, estos pasos son detallados en el anexo 2.

3.6.9 COMPROBACIÓN DE LA ALTERNATIVA POR SU RELACIÓN DE ESFUERZOS EN SAP2000 10.1

El programa SAP2000 10.1 tiene una ventaja muy grande que nos permite visualizar con gran facilidad que barra o elemento está fallando por medio de la barra de colores que va desde el valor de 0 a 1. La barra de colores indica la relación de capacidad o la relación de esfuerzos del elemento de esta manera se determina que elemento está trabajando correctamente o no. Los colores van desde el color plomo que indica que el elemento está sobredimensionado hasta el rojo que indica que está fallando.

De esta manera corremos el programa para ver como están funcionando los elementos que la componen:

NOTA: Al correr el análisis del programa se debe verificar los estados de carga, combinaciones estén activados y desactivar la opción MODAL cuando no se requiere el estudio de los modos vibracionales.

Para correr el programa seleccionamos la opción Run y damos clic en el botón run now, esperamos un momento y aceptamos el análisis realizado por el programa. Cuando el programa ya está en ejecución, comprobamos el funcionamiento de los elementos de la estructura mediante la barra de colores que se la obtiene dando click en el botón . (Ver anexo 2 página 36)

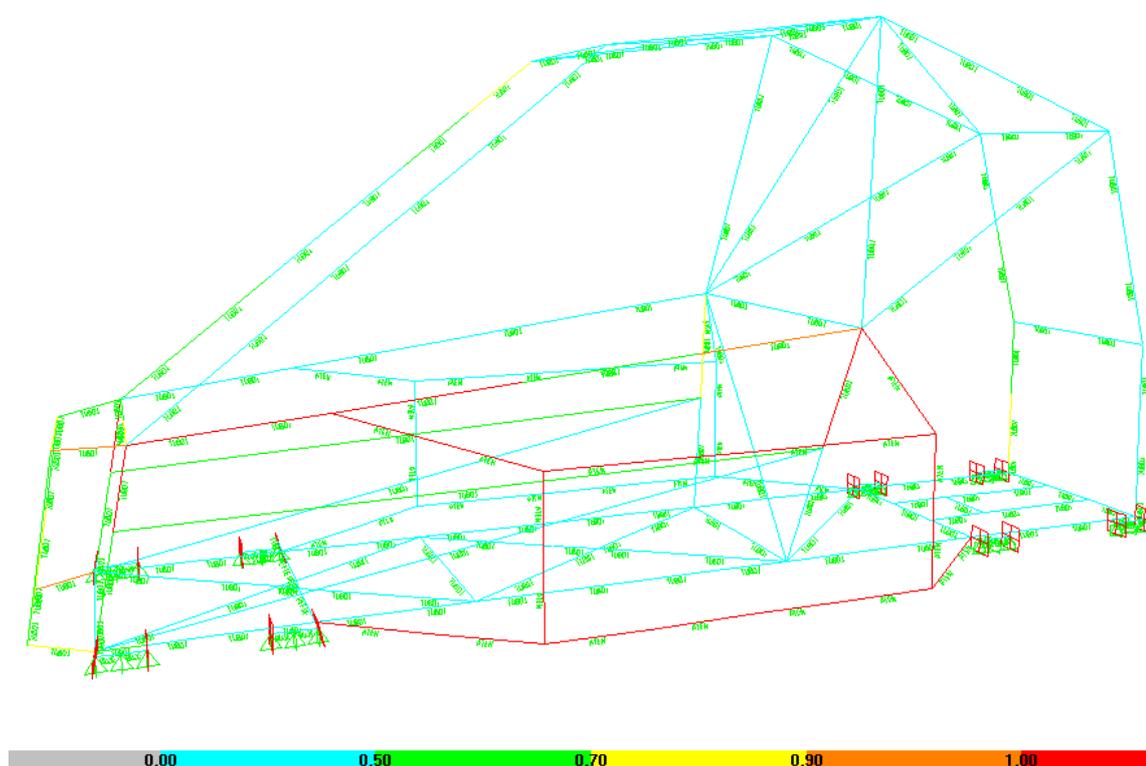


Figura 3.28: Estructura analizada por relación de esfuerzos

La barra de colores indica la relación de esfuerzos, esta relación no debe ser mayor o igual a uno. El valor máximo aceptable es de 0.95.

Analizando la gráfica podemos observar que tenemos 25 barras que presentan fallas, 19 de ellas pertenecen al atenuador de impactos que por reglamentación deben fallar por lo que no se las toma en cuenta, pero las restantes 6 barras del chasis de color rojo presentan un gran problema en el diseño de la estructura ya el chasis no debe fallar.

Refiriéndose al algoritmo de diseño se deben realizar los cambios necesarios para obtener una estructura óptima.

Los cambios que a continuación se indican son el resultado de una serie de modificaciones e intentos para obtener una estructura que trabaje en condiciones aceptables.

Entre los cambios que se realizaron fue el reforzamiento de la suspensión dándonos como resultado:

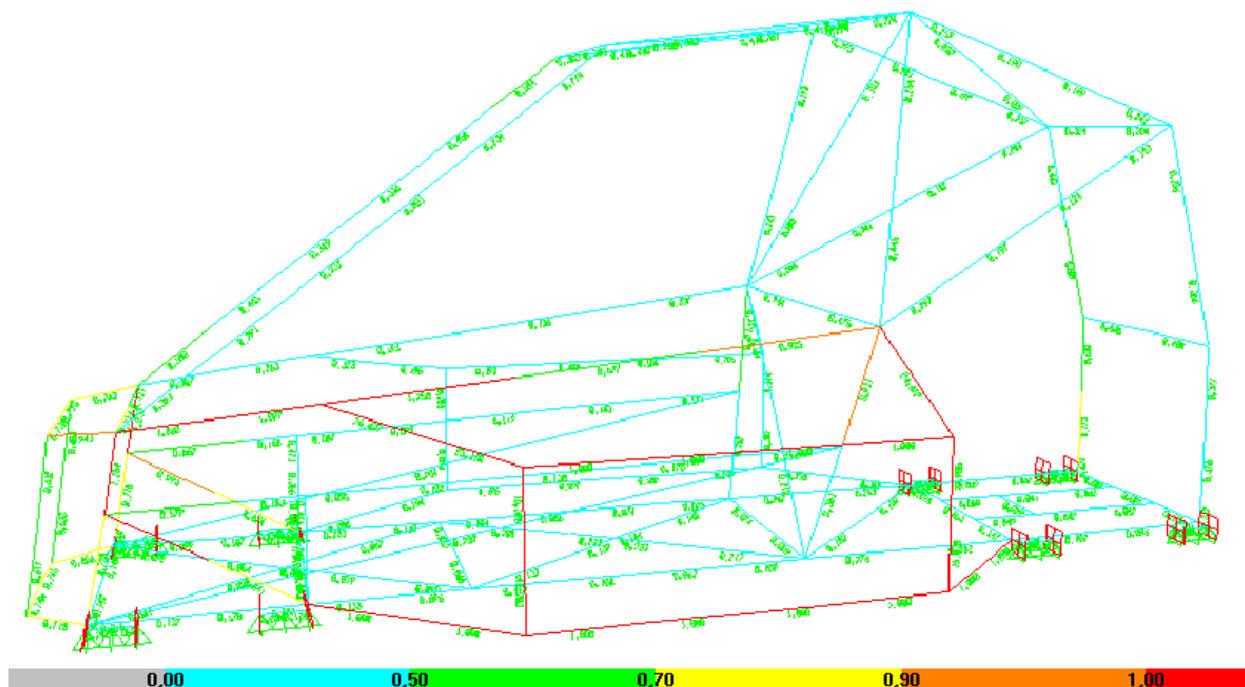


Figura 3.29: Implementación del reforzo de suspensión.

En el siguiente cuadro se indica el número de barras correspondientes a cada color, resultado del análisis del programa.

Tabla 3.17: Número de barras analizadas en la estructura.

Análisis (barra de colores)	BARRAS
Plomo	0
Celeste	194
Verde	18
Amarillo	13
Tomate	4
Rojo	25
TOTAL	254

Con esta nueva implementación la estructura sigue presentando errores en el funcionamiento de la estructura.

Por esta razón aplicando el reglamento FAU (ver anexo 3) que establece que se podrán realizar cambios en el reglamento si se comprueba la eficiencia de los mismos.

El cambio que se realizó tiene que ver con las protecciones laterales del piloto, dos de las tres barras fueron cambiadas y distribuidas de distinta forma teniendo en cuenta que toda figura triangular soporta grandes esfuerzos. También a estas barras se implemento los refuerzos para la suspensión delantera, quedándonos de la siguiente manera:

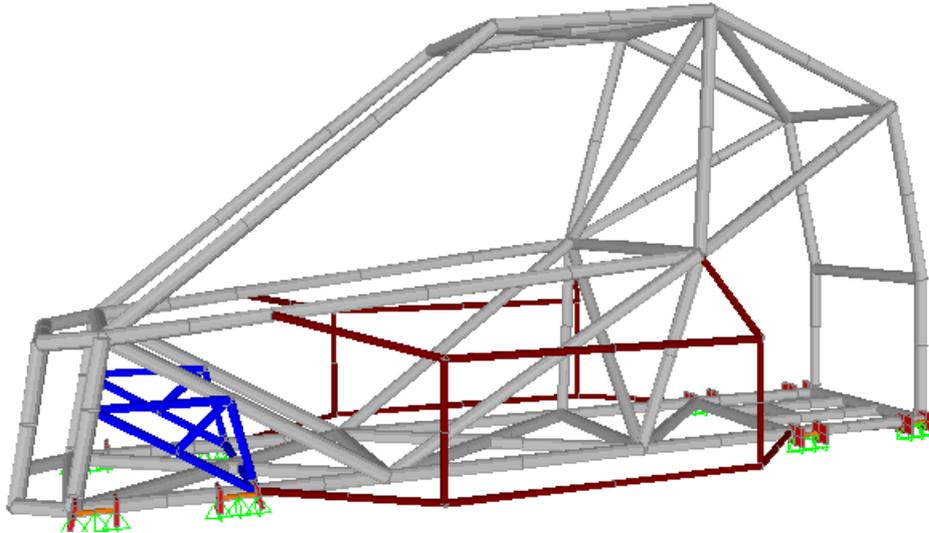


Figura 3.30: Rediseño de las protecciones laterales del piloto.

Los resultados obtenidos con estos nuevos cambios dieron un buen resultado como se puede observar:

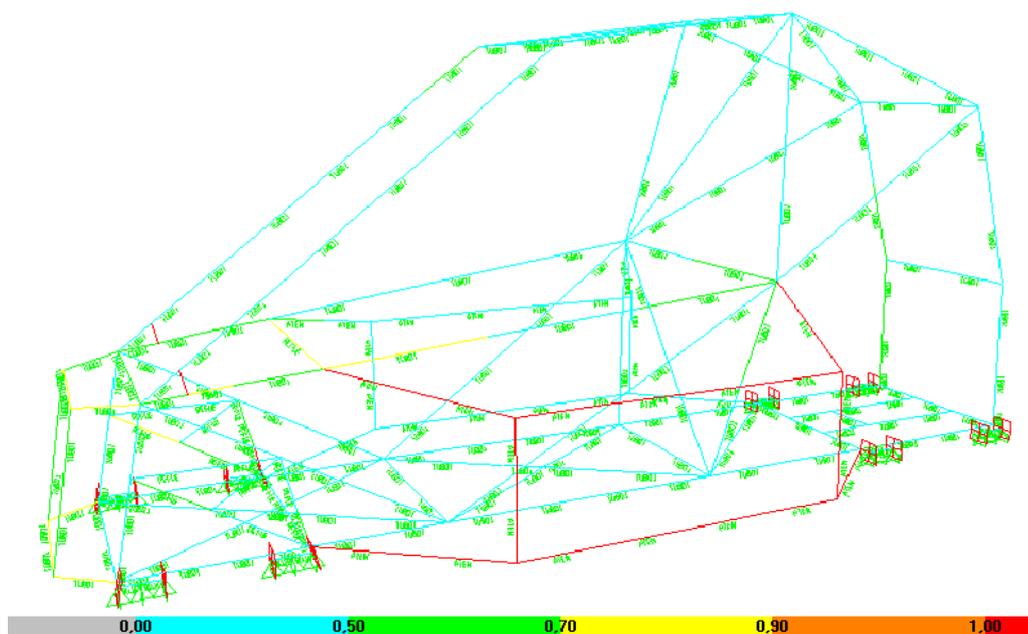


Figura 3.31: Análisis de la estructura modificada

En el siguiente cuadro se indica el número de barras correspondientes a cada color de la estructura, resultado del análisis del programa.

Tabla 3.18: Número de barras analizadas por relación de esfuerzos.

Análisis (barra de colores)	BARRAS
Plomo	0
Celeste	207
Verde	27
Amarillo	12
Tomate	1
Rojo	19
TOTAL	266

Las diecinueve barras que están de color rojo pertenecen a los atenuadores de impacto laterales los cuales al producirse un impacto se deben deformar.

Mediante esta nueva distribución se redujo de seis barras que presentaban falla a cero barras, cumpliendo de esta manera con los parámetros de diseño del reglamento FAU, criterios de rigidez, es decir, el correcto funcionamiento de la estructura.

Todos estos pasos son indicados en el anexo 2 página 35.

3.6.10 ANÁLISIS DEL ESTADO DEFORMACIONAL O RIGIDEZ

En todos nodos por efecto de las cargas aplicadas y combinaciones de cargas presentan deformaciones. Estas deformaciones no deben de sobrepasar el valor límite que esta dado por relación que para carga viva es de $\frac{L}{360}$; y para

las demás combinaciones de carga es de $\frac{L}{240}$.

Para determinar la máxima deformación que nos entrega el programa se procede de la siguiente manera:

- Seleccionamos del menú principal la opción Display.
- Damos click en Show Tables (shift + 12)
- De la opción ANALYSIS RESULTS marcamos Joint Output y damos click en el botón OK.

- Obtenemos una tabla de la cual seleccionamos Joint displacements. Esta tabla nos indica todos los desplazamientos producidos por las combinaciones de carga (un total 3093 desplazamientos).
- Para obtener la máxima deformación exportamos la tabla a Excel.
- La tabla obtenida en Excel es simplificada al valor máximo y mínimo.

Tabla 3.19: Desplazamientos máximos de los nodos

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	m	m	m
62	COMB11	Combination	0,019975	0,085723	-0,014926
427	COMB11	Combination	0,00874	-0,008826	-0,000329

Esta tabla nos indica que la máxima deformación está en el nodo 62, producida por la combinación de carga número once (COMB11), siendo de 0.085723m en el eje de las Y (U2).

Ver anexo 2 página 40.

Deformación por Carga Viva

Tabla 3.20: Determinación del límite de deformación por carga viva

CARGA VIVA					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U3	Límite de Deformación	Evaluación
7	0,2965	TUBO 1	0,0003	0,000823611	OK
387	0,2965	TUBO 1	0,0004	0,000823611	OK
386	0,225	TUBO 1	0,0001	0,000625	OK
391	0,15	TUBO 1	0,00005022	0,000416667	OK

Los valores obtenidos se encuentran por debajo de 0.014926m que es la deformación máxima calculada por el SAP. Esto quiere decir que la estructura correspondiente al chasis designada con la sección TUBO1 tubo uno esta funcionando correctamente.

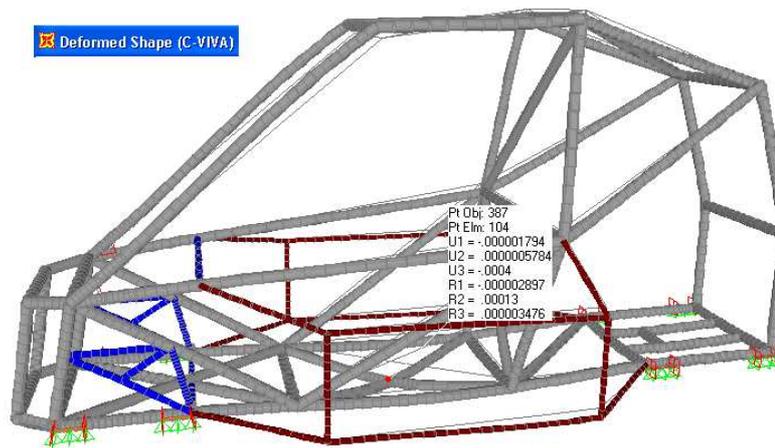


Figura 45: Deformación producida por la carga viva.

Deformaciones Producidas por las Combinaciones de Carga y la Carga Viva

COMB1

Tabla 3.21: Determinación del límite de deformación por el combo uno

COMB1					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U3	Límite de Deformación	Evaluación
394	0,1764	TUBO 1	0,0000189	0,000735	OK
320	0,1364	REFUE	0,000002608	0,000568333	OK
131	0,335	TUBO 1	0,00004485	0,001395833	OK
426	0,15	ATEN	0,00009459	0,000625	OK

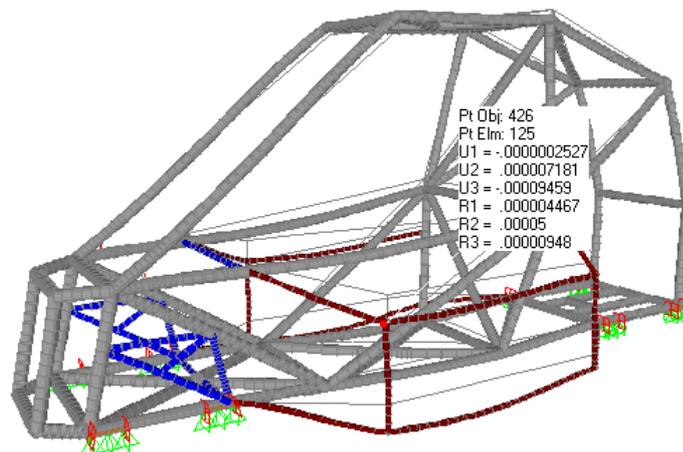
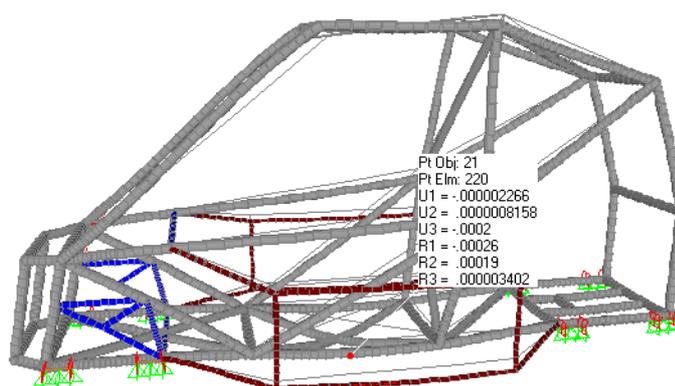


Figura 3.33: Deformación producida por el combo uno.

COMB2**Tabla 3.22:** Determinación del límite de deformación por el combo dos

COMB2					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U3	Límite de deformación	Evaluación
78	0,1815	TUBO 1	0,00002798	0,00075625	OK
21	0,1625	TUBO 1	0,00003983	0,000677083	OK
15	0,335	TUBO 1	0,00006156	0,001395833	OK
129	0,1316	TUBO 1	0,00004398	0,000548333	OK

**Figura 3.34:** Deformación producida por el combo dos.**COMB3****Tabla 3.23:** Determinación del límite de deformación por el combo tres

COMB3					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U3	Límite de deformación	Evaluación
83	0,1815	TUBO 1	0,00009877	0,00075625	OK
87	0,0909	TUBO 1	0,000002475	0,00037875	OK
30	0,225	TUBO 1	0,0002	0,0009375	OK
426	0,1931	Aten	0,0001	0,000804583	OK

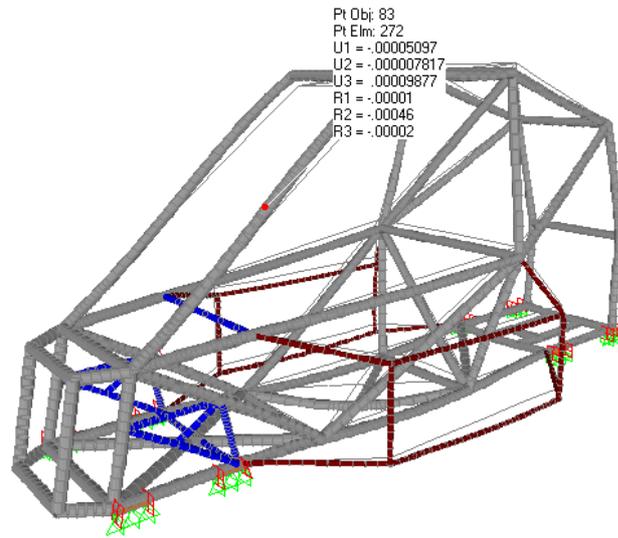


Figura 3.35: Deformación producida por el combo tres.

COMB4

Tabla 3.24: Determinación del límite de deformación por el combo cuatro.

COMB4						
Joint	Longitud (L) m	Sección	U1	Límite de Deformación	Evaluación	
427	0,1938	ATEN	0,0005	0,0008075	OK	
428	0,2458	ATEN	0,0005	0,001024167	OK	
48	0,316	TUBO 1	0,00001256	0,001316667	OK	
422	0,1931	ATEN	0,0005	0,000804583	OK	

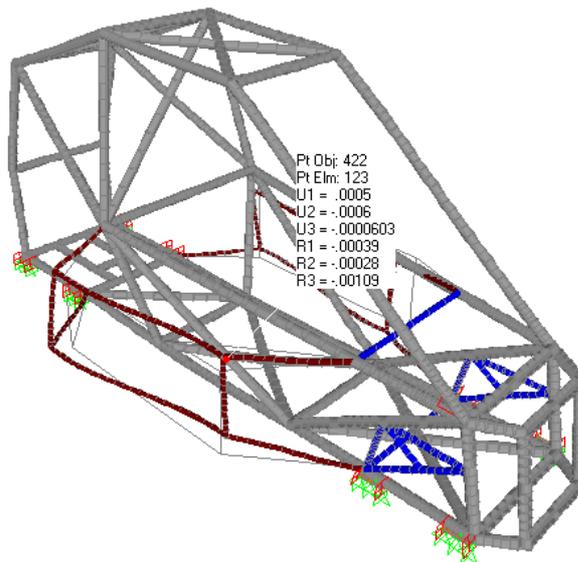
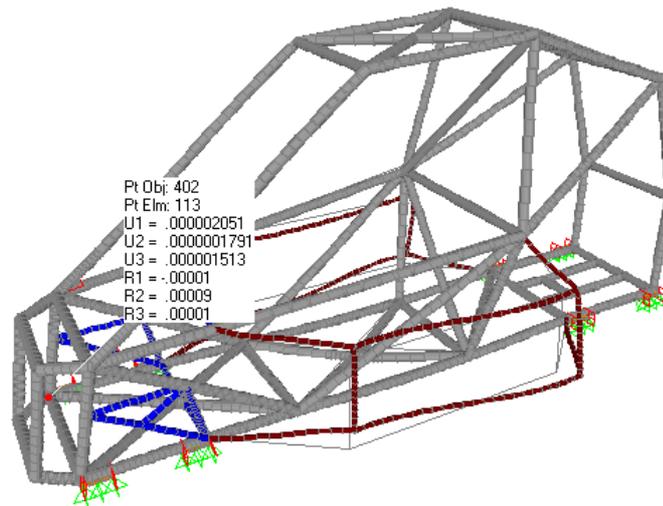


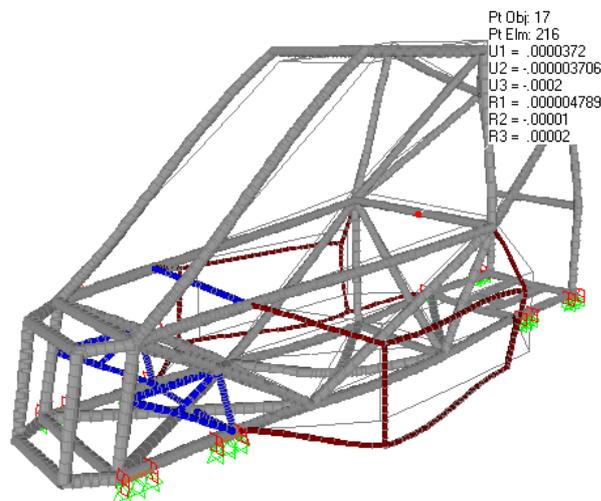
Figura 3.36: Deformación producida por el combo cuatro.

COMB5**Tabla 3.25:** Determinación del límite de deformación por el combo cinco.

COMB5					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U1	Límite de Deformación	Evaluación
67	0,15	ATEN	0,0005	0,000625	OK
4	0,1815	TUBO 1	0,00003829	0,00075625	OK
402	0,129	TUBO 1	0,000002051	0,0005375	OK

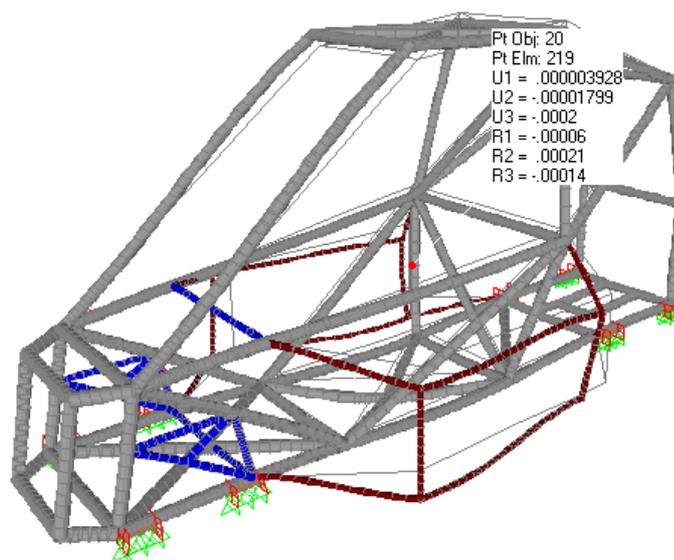
**Figura 3.37:** Deformación producida por el combo cinco.**COMB6****Tabla 3.26:** Determinación del límite de deformación por el combo seis

COMB6					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U1	Límite de Deformación	Evaluación
12	0,335	TUBO 1	0,00007056	0,001395833	OK
69	0,2014	TUBO 1	0,00006751	0,000839167	OK
17	0,35	TUBO 1	0,0000743	0,001458333	OK

**Figura 38:** Deformación producida por el combo seis.

COMB7**Tabla 3.27:** Determinación del límite de deformación por el combo siete.

COMB7					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U1	Límite de Deformación	Evaluación
89	0,2577	TUBO 1	0,00002834	0,00107375	OK
427	0,1938	ATEN	0,0002	0,0008075	OK
81	0,3681	TUBO 1	0,00005195	0,00153375	OK

**Figura 3.39:** Deformación producida por el combo siete.**COMB8****Tabla 3.28:** Determinación del límite de deformación por el combo ocho

COMB8					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U2	Límite de Deformación	Evaluación
62	0,1938	ATEN	0,085723	0,0008075	Falla
67	0,15	ATEN	0,027	0,000625	Falla
117	0,1938	ATEN	0,0751	0,0008075	Falla
41	0,1858	ATEN	0,0077	0,000774167	Falla
15	0,335	TUBO1	0,0013	0,001395833	OK
21	0,1625	TUBO1	0,00003296	0,000677083	OK

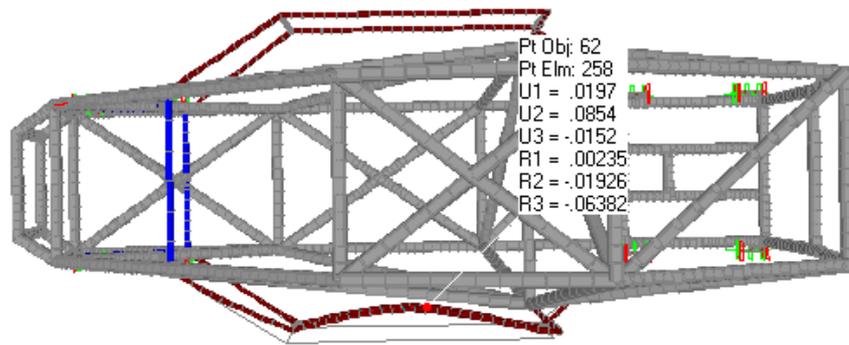


Figura 3.40: Deformación producida por el combo ocho.

COMB9

Tabla 3.29: Determinación del límite de deformación por el combo nueve.

COMB9					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U2	Límite de Deformación	Evaluación
32	0,2946	TUBO1	0,0007	0,0012275	OK
81	0,3681	TUBO1	0,0008	0,00153375	OK
75	0,2296	TUBO1	0,0003	0,000956667	OK
30	0,225	TUBO1	0,0006	0,0009375	OK

Pt Obj: 81
Pt Elm: 9
U1 = .0002
U2 = -.00002046
U3 = -.0008
R1 = -.00005
R2 = -.00038
R3 = -.00004

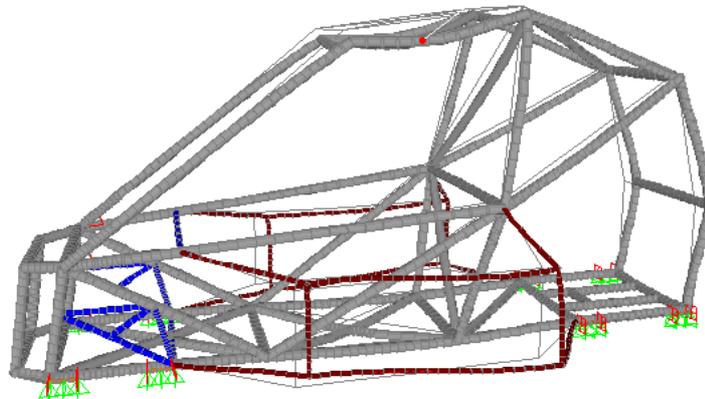


Figura 3.41: Deformación producida por el combo nueve.

COMB10

Tabla 3.30: Determinación del límite de deformación por el combo diez

COMB10					
Joint	Longitud (L) m	Sección	U2	Límite de Deformación	Evaluación
71	0,1518	TUBO1	0,0003	0,0006325	OK
35	0,1518	TUBO1	0,0005	0,0006325	OK
36	0,1685	TUBO1	0,0004	0,000702083	OK
129	0,35	TUBO1	0,0003	0,001458333	OK

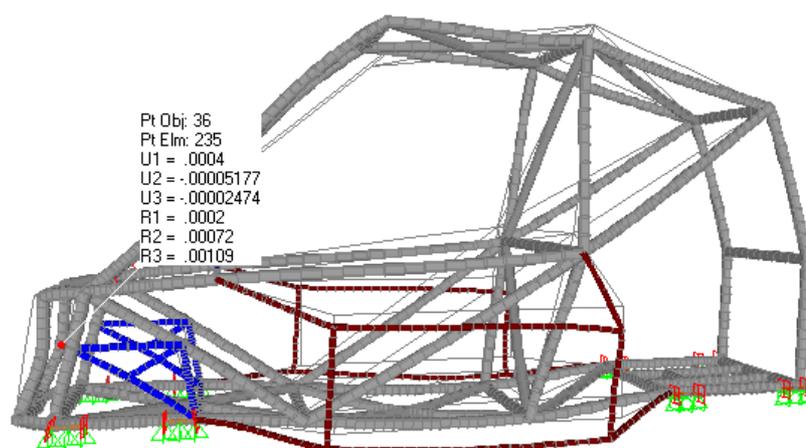


Figura 3.42: Deformación producida por el combo diez.

COMB11

Tabla 3.31: Determinación del límite de deformación por el combo once

COMB11						
Joint	Longitud (L) m	Sección	U2	Límite de Deformación	Evaluación	
72	0,1938	ATEN	0,059	0,0008075	Falla	
62	0,1938	ATEN	0,0857	0,0008075	Falla	
110	0,1938	ATEN	0,0487	0,0008075	Falla	
117	0,1938	ATEN	0,0757	0,0008075	Falla	

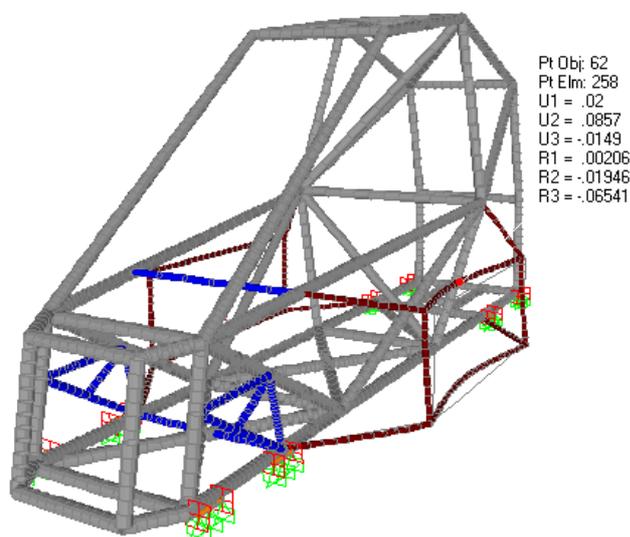


Figura 3.43: Deformación producida por el combo once.

Analizando las cargas y sus combinaciones podemos observar que tanto la carga viva, muerta, de aceleración, de frenado, aerodinámica como los combos 1,2,3,4,5,6,7 no producen daños a la estructura, incluso en los atenuadores de impacto, esto quiere decir que cuando el vehículo este en competencia funcionará sin ninguna dificultad (condiciones normales de funcionamiento: aceleración,

frenado, máxima velocidad). Y al producirse una colisión en carrera representados por los combos 8, 9,10 y 11, los atenuadores de impacto cumplen con su función de deformarse y de esta manera absorben la energía del impacto, sin que la estructura denominada chasis falle. Como conclusión de los datos obtenidos podemos decir que las cargas y combinaciones de cargas que son aplicadas a la estructura cumplen con la reglamentación dispuesta por la FAU.

3.6.11 ANÁLISIS DEL ESTADO TENSIONAL

Lo hacemos verificando las razones de esfuerzos que obedecen a la ecuación

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Mediante esta ecuación comprobamos que ningún valor supere el valor de 1.

Debemos excluir de este concepto a los atenuadores de impacto, ya que el valor de la relación de esfuerzos es mayor a 1.

El análisis del estado tensional se lo realiza en las barras más críticas de la estructura, por lo tanto los elementos más cargados están:

FRAME O ELEMENTO 59 (TUBO1)

El elemento 59 presenta una relación de esfuerzos mayor bajo la acción de la combinación de carga número ocho. Esta combinación hace que la barra trabaje a tensión. (Ver anexo 2).

Unidades: Ton, m

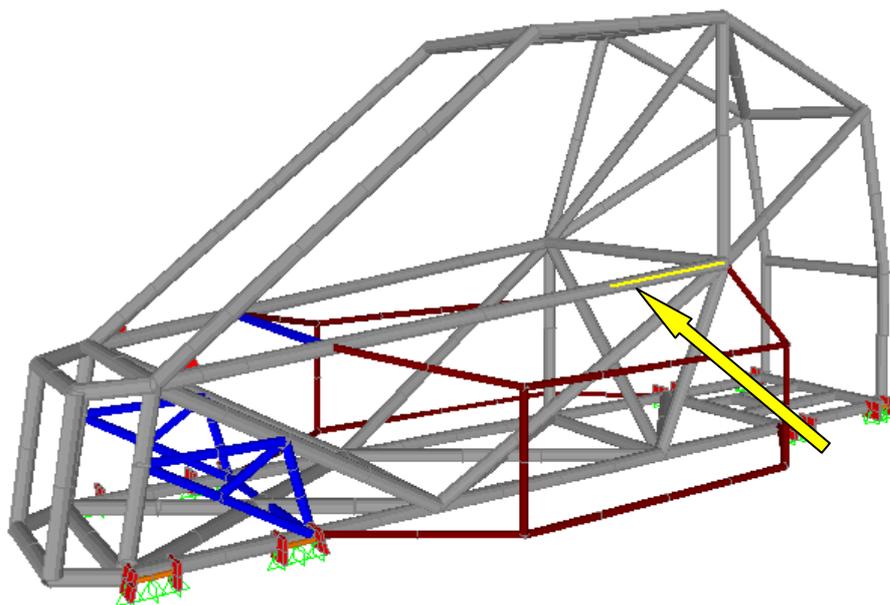


Figura 3.44: Identificación del elemento 59 en la estructura

Esfuerzo Axial:

Datos:

$$P = 0,262Ton$$

$$A = 2,54E - 4m^2$$

$$f_a = \frac{P}{A} \quad (3.22)$$

$$f_a = \frac{0.262Ton}{2.45e - 4m^2}$$

$$f_a = 1070,424 \frac{Ton}{m^2}$$

Factor de longitud efectiva (K):

Los extremos del elemento 59 no están restringidos

$$K = 1$$

Coefficiente

$$C_m = 1$$

Esfuerzo permisible en tensión:

Datos:

$$F_y = 25310.507 \frac{Ton}{m^2}$$

Para el cálculo del esfuerzo permisible F_t se aplica la siguiente ecuación:

$$F_t = 0,6F_y$$

$$F_t = 0,6 \cdot 25310,507 \frac{Ton}{m^2}$$

$$F_t = 1586,304 \frac{Ton}{m^2}$$

Esfuerzo permisible en secciones compactas

Datos:

$$F_y = 25310,507 \frac{Ton}{m^2}$$

Para el cálculo del esfuerzo permisible F_b se aplica la siguiente ecuación:

$$F_b = 0,66F_y$$

$$F_b = 0,66 \cdot 25310,507 \frac{Ton}{m^2}$$

$$F_b = 16704,934 \frac{Ton}{m^2}$$

Esfuerzos combinados:

Aplicamos la ecuación de iteración del AISC para diseño bajo esfuerzos combinados en el caso donde (para el acero A36) f_a / F_a es menor que 0,15:

Si es menor de 0.15 aplicamos la siguiente formula:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Y si el valor es mayor a 0.15 se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (3.23)$$

Datos:

$$f_a = 1070,424 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

En este caso el elemento esta sometido a tensión se tomara el esfuerzo permisible a tensión: F_t

$$F_t = 15186,304 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$f_a / F_t = \frac{1070,424}{15186,304} = 0,0704$$

Aplicamos la ecuación número (2.16).

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

$$\begin{aligned} \frac{1070,424}{15186,304} + \frac{3695,684}{16704,934} + \frac{8307,103}{16704,934} &\leq 1,0 \\ 0,07 + 0,221 + 0,497 &\leq 1,0 \\ &0,615 \leq 1,0 \end{aligned}$$

El valor de 0,615 es la relación de esfuerzos del elemento 59 , que nos indica si el elemento está funcionando de forma correcta o está sobrecargado, en este caso el elemento se encuentra dentro del margen permitido que va de 0 a 0,95.

FRAME O ELEMENTO 45 (TUBO1)

Analizado bajo la acción del COMB8

Unidades: Ton, m

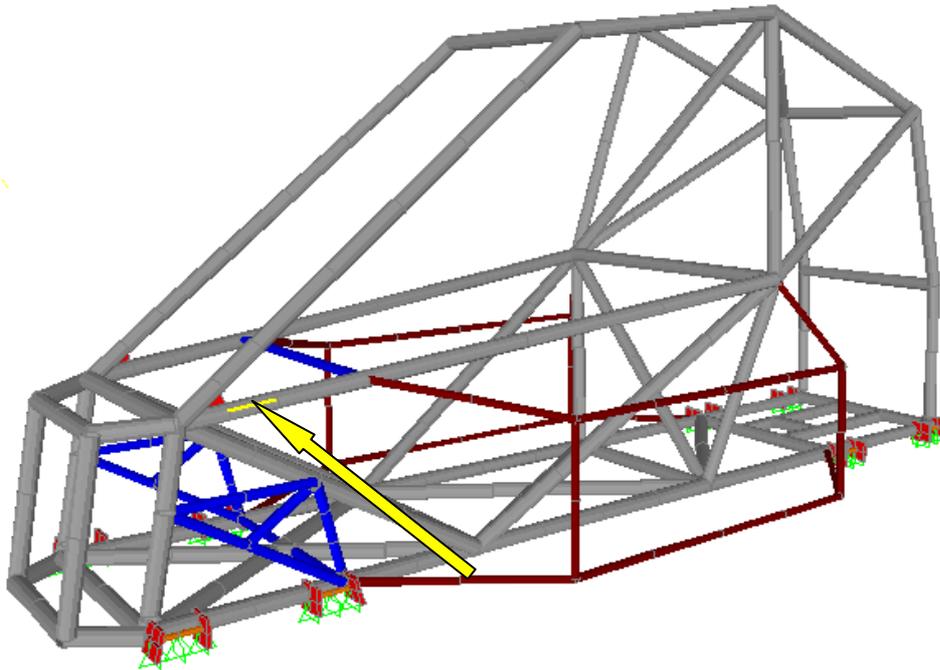


Figura 3.45: Identificación del elemento 45 en la estructura

Esfuerzo Axial:

Datos:

$$P = 0,236Ton$$

$$A = 2,54E - 4m^2$$

$$f_a = \frac{P}{A}$$

$$f_a = \frac{0.236Ton}{2.45E - 04m^2}$$

$$f_a = 965,003 \frac{Ton}{m^2}$$

Factor de longitud efectiva (K):

Los extremos del elemento 45 no están restringidos

$$K = 1$$

Coficiente

$$C_m = 1$$

Esfuerzo permisible en tensión:

Datos:

$$F_y = 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Para el cálculo del esfuerzo permisible F_t se aplica la siguiente ecuación:

$$F_t = 0,6F_y$$

$$F_t = 0,6 \cdot 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_t = 15186,304 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzos permisibles en secciones compactas (F_b)

Datos:

$$F_y = 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Para el cálculo del esfuerzo permisible F_b se aplica la siguiente ecuación:

$$F_b = 0,66F_y$$

$$F_b = 0,66 \cdot 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_b = 16704,934 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzos combinados:

Aplicamos la ecuación de iteración del AISCS para diseño bajo esfuerzos combinados en el caso donde (para el acero A36) f_a / F_a es menor que 0,15:

Si es menor de 0.15 aplicamos la siguiente formula:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Y si el valor es mayor a 0.15 se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Datos:

$$f_a = 965,003 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_a = 8055,955 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{965,003}{8055,955} = 0,12$$

Aplicamos la ecuación número (2.16).

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

$$\frac{965,003}{8055,955} + \frac{6857,209}{16704,934} + \frac{9022,276}{16704,934} \leq 1,0$$

$$0,120 + 0,410 + 0,540 \leq 1,0$$

$$0,789 \leq 1,0$$

El valor de 0,789 es la relación de esfuerzos del elemento 45, nos indica si el elemento está funcionando de forma correcta o está sobrecargado, en este caso el elemento se encuentra dentro del margen permitido que va de 0 a 0,95.

FRAME O ELEMENTO 270 (REFUERZO DE LA SUSPENSIÓN)

Analizado bajo la acción del COMBO8

Unidades: Ton, m

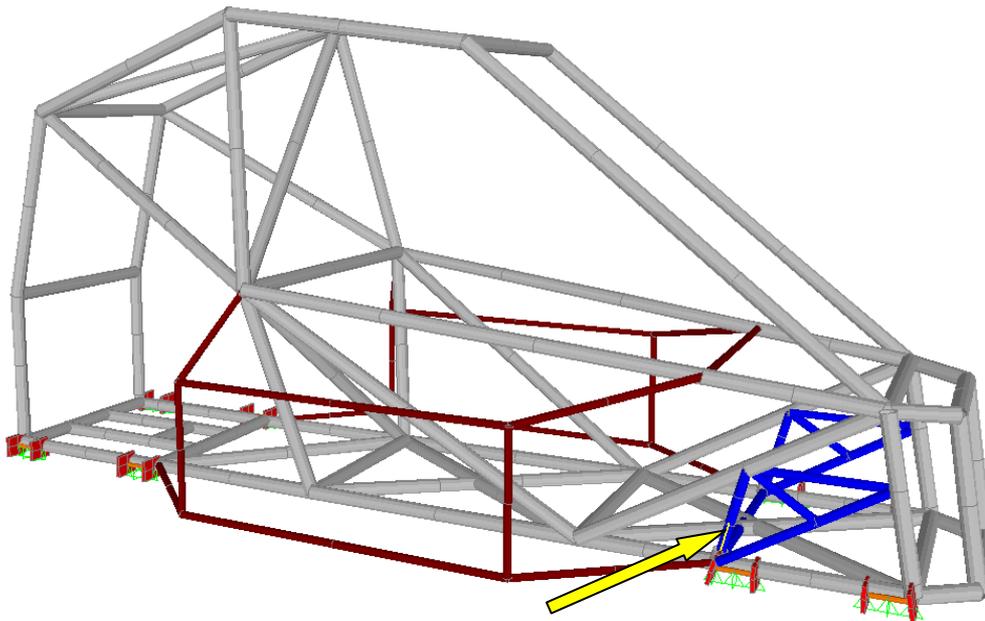


Figura 3.46: Identificación del elemento 270 en la estructura.

Esfuerzo Axial:

Datos:

$$P = 0,255\text{Ton}$$

$$A = 6,22E - 5\text{m}^2$$

$$f_a = \frac{P}{A}$$

$$f_a = \frac{0,255\text{Ton}}{6,22E-05\text{m}^2}$$

$$f_a = 4098,277 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Factor de longitud efectiva (K):

$$K = 1$$

Coefficiente

Los extremos del elemento 270 no están restringidos

$$C_m = 1$$

Esfuerzo permisible en tensión:

Datos:

$$F_y = 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Para el cálculo del esfuerzo permisible F_t se aplica la siguiente ecuación:

$$F_t = 0,6F_y$$

$$F_t = 0,6 \cdot 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_t = 15186,304 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzos permisibles en secciones compactas (F_b)

Datos:

$$F_y = 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Para el cálculo del esfuerzo permisible F_b se aplica la siguiente ecuación:

$$F_b = 0,66F_y$$

$$F_b = 0,66 \cdot 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_b = 16704,934 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzos combinados:

Aplicamos la ecuación de iteración del AISCS para diseño bajo esfuerzos combinados en el caso donde (para el acero A36) f_a / F_a es menor que 0,15:

Si es menor de 0.15 aplicamos la siguiente formula:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Y si el valor es mayor a 0.15 se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Datos:

$$f_a = 4098,277 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_a = 13927,217 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{4098,277}{13927,217} = 0,294$$

Aplicamos la ecuación número (2.16).

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

$$\begin{aligned} \frac{4098,277}{13927,217} + \frac{1841,661}{16704,934} + \frac{10692,028}{16704,934} &\leq 1,0 \\ 0,294 + 0,115 + 0,642 &\leq 1,0 \\ 0,947 &\leq 1,0 \end{aligned}$$

El valor de 0,947 es la relación de esfuerzos del elemento 270, nos indica si el elemento está funcionando de forma correcta o está sobrecargado, en este caso el elemento se encuentra al límite del diseño que el programa exige que sea de 0.95.

FRAME O ELEMENTO 140 (TUBO1)

El elemento 140 corresponde a la parte delantera del vehículo.

Analizado bajo la acción del COMBO8

Unidades: Ton, m

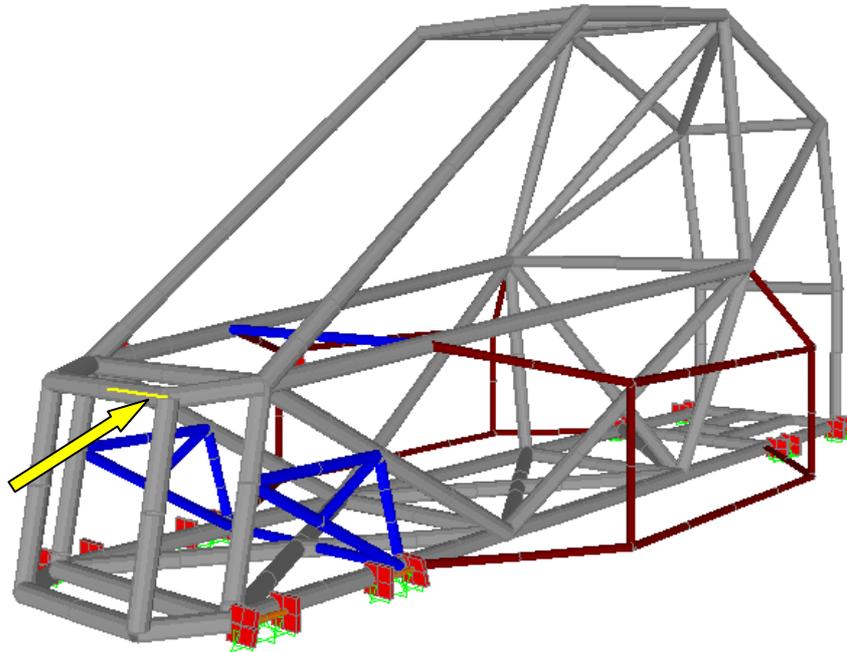


Figura 3.47: Identificación del elemento 140 en la estructura.

Esfuerzo Axial:

Datos:

$$P = 0,494Ton$$

$$A = 2,45E - 04m^2$$

$$f_a = \frac{P}{A}$$

$$f_a = \frac{0,494Ton}{2,45E - 04m^2}$$

$$f_a = 2015,759 \frac{Ton}{m^2}$$

Factor de longitud efectiva (K):

$$K = 1$$

Coeficiente

Los extremos del elemento 140 no están restringidos

$$C_m = 1$$

Esfuerzo permisible en tensión:

Datos:

$$F_y = 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Para el cálculo del esfuerzo permisible F_t se aplica la siguiente ecuación:

$$F_t = 0,6F_y$$

$$F_t = 0,6 \cdot 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_t = 15186,304 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzos permisibles en secciones compactas (F_b)

Datos:

$$F_y = 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Para el cálculo del esfuerzo permisible F_b se aplica la siguiente ecuación:

$$F_b = 0,66F_y$$

$$F_b = 0,66 \cdot 25310,507 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_b = 16704,934 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzos combinados:

Aplicamos la ecuación de iteración del AISCS para diseño bajo esfuerzos combinados en el caso donde (para el acero A36) f_a / F_a es menor que 0,15:

Si es menor de 0.15 aplicamos la siguiente formula:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Y si el valor es mayor a 0.15 se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Datos:

$$f_a = 2015,759 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$F_a = 14167,899 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{2015,759}{14167,899} = 0,142$$

Aplicamos la ecuación número (2.16).

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1,0$$

$$\begin{aligned} \frac{2015,759}{14167,899} + \frac{4044,158}{16704,934} + \frac{9593,848}{16704,934} &\leq 1,0 \\ 0,142 + 0,242 + 0,574 &\leq 1,0 \\ 0,766 &\leq 1,0 \end{aligned}$$

El valor de 0,766 es la relación de esfuerzos del elemento 140, nos indica si el elemento está funcionando de forma correcta o está sobrecargado, en este caso el elemento se encuentra funcionando correctamente, al valor de 0,766 le corresponde el color amarillo (entre 0,7 y 0,8), siendo al valor de 0,766 de aceptable (valor máximo 0,95).

3.6.12 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados se enfocaran a las cargas y combos más representativos es decir los de mayor valor. (Ver anexo 2).

3.6.12.1 FUERZA AXIAL

El combo más representativo es el ocho (COMB8)

La carga más representativa es la de impactos (IMPACTOS): choque frontal, superior y lateral

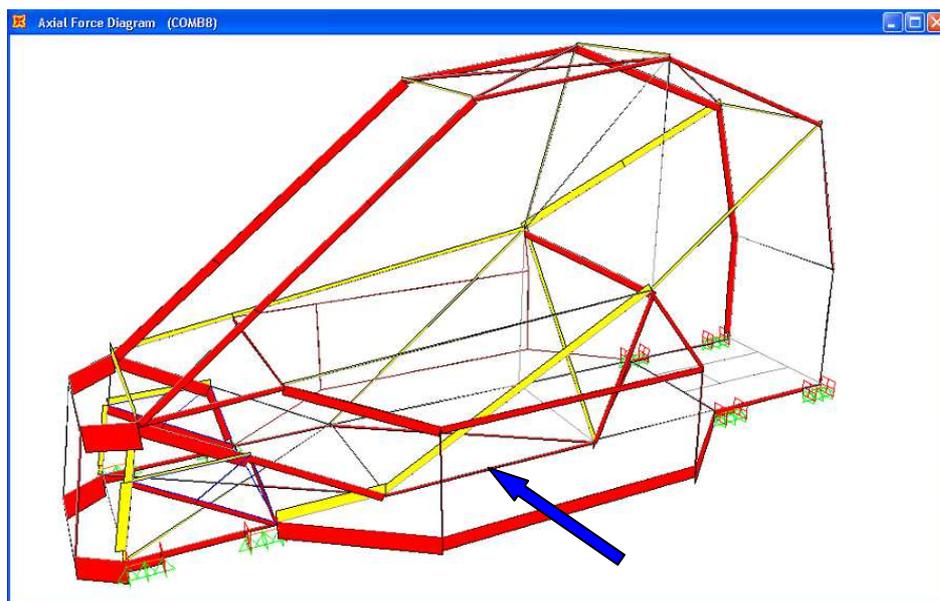


Figura 3.48: Fuerza axial

3.6.12.2 TORSIÓN

En el análisis a torsión es tomado el combo ocho.

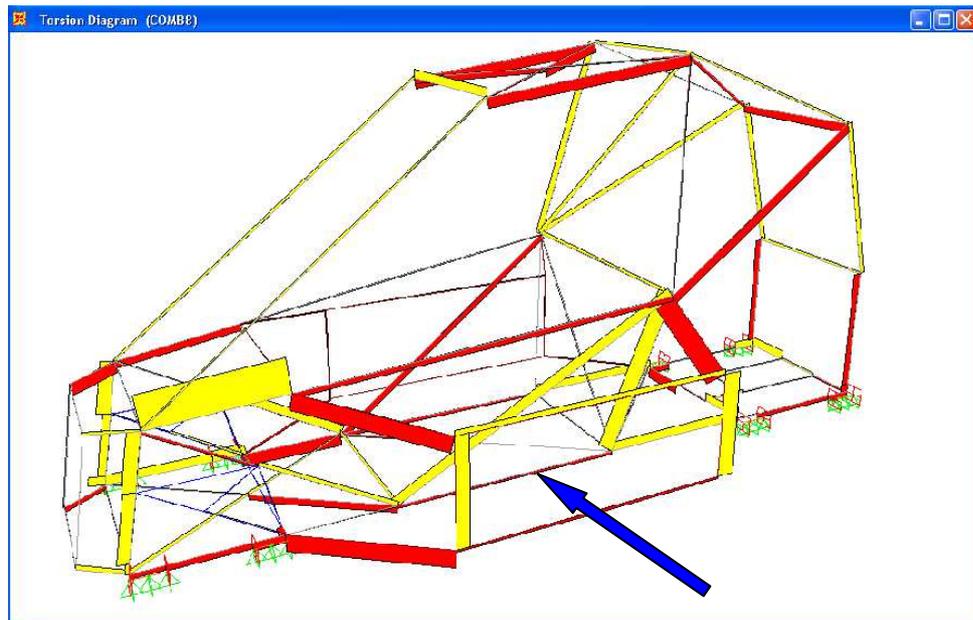


Figura 3.49: Torsión

Resultados del elemento seleccionado (axial y a torsión):

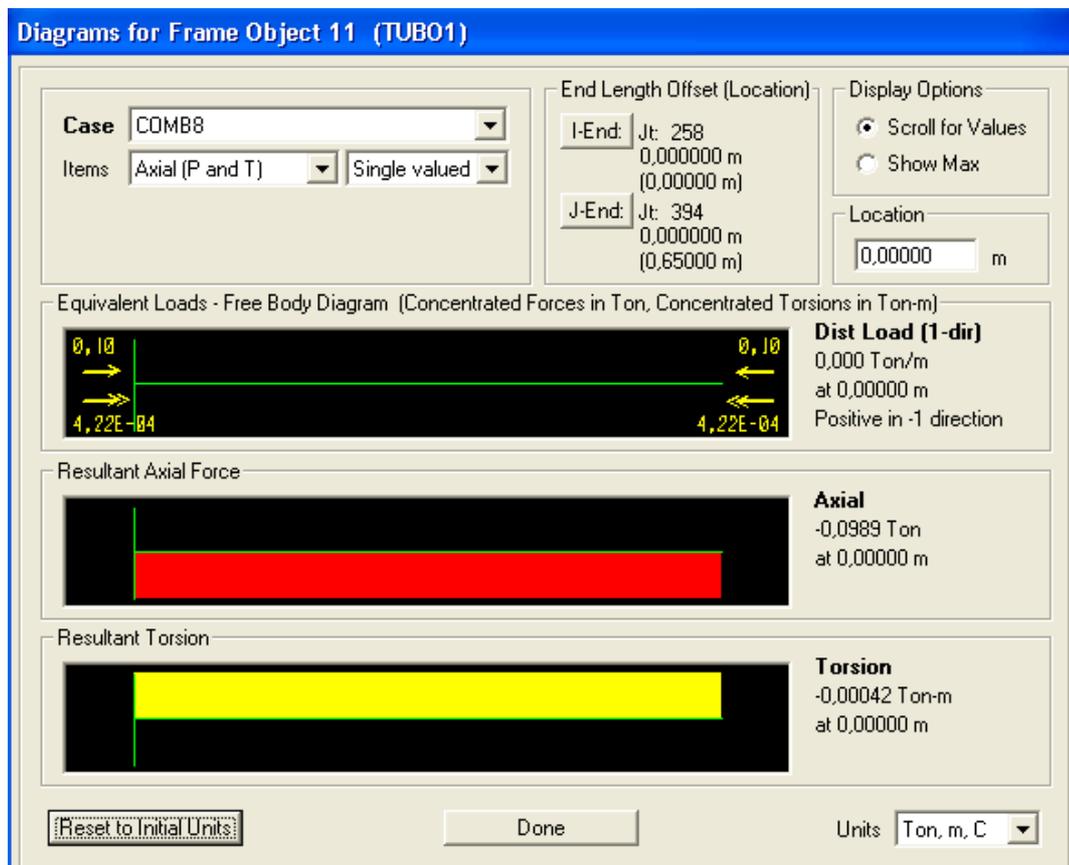


Figura 3.50: Resultados de la fuerza axial y torsión

3.6.12.3 MOMENTOS 2-2

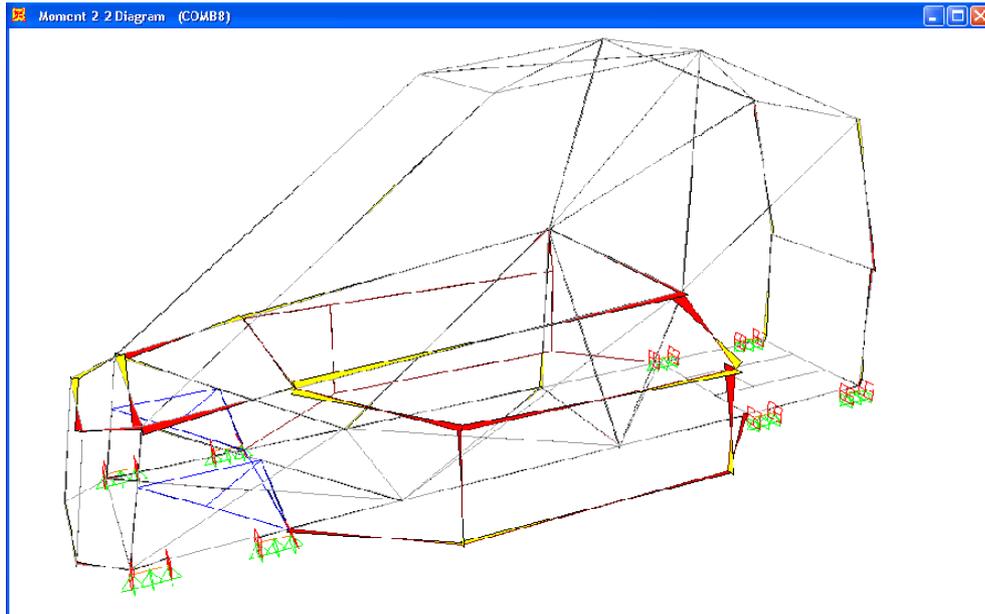


Figura 3.51: Momento 2-2

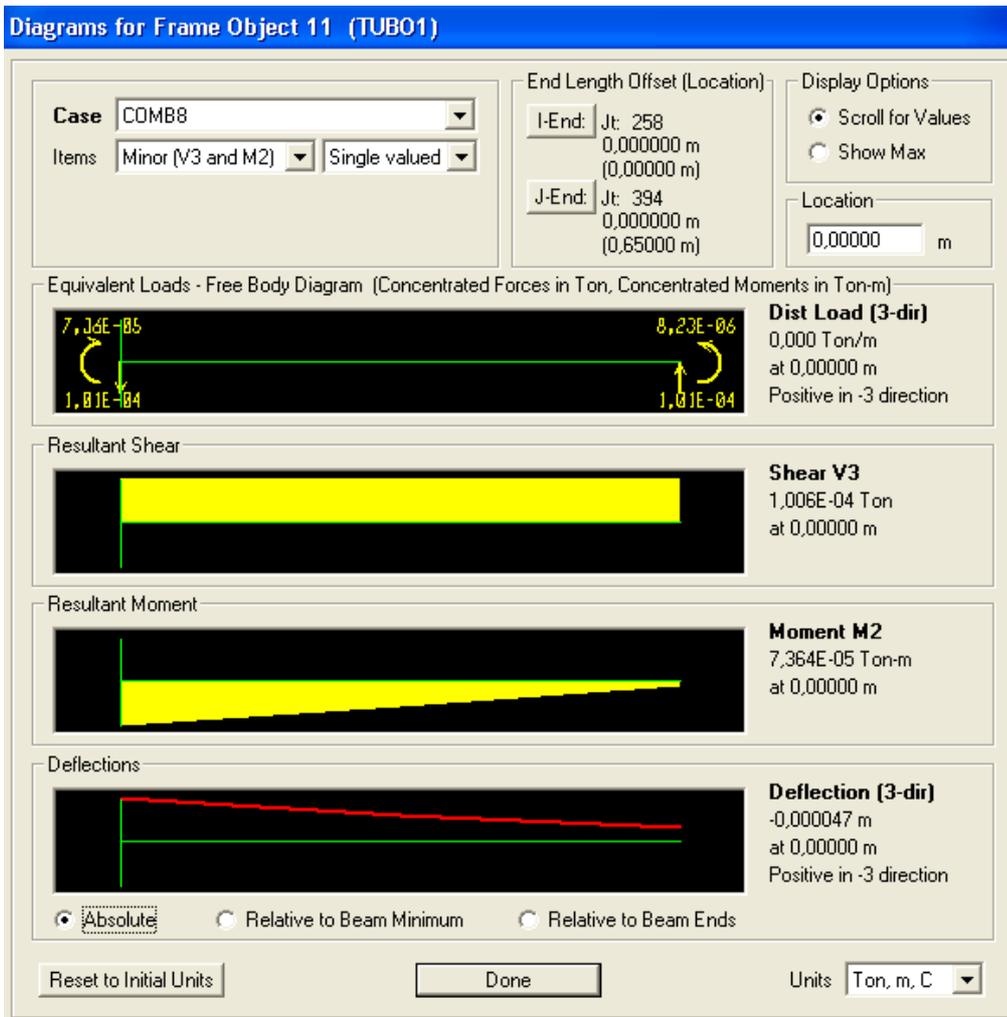


Figura 3.52: Resultado del momento 2-2

3.6.12.4 MOMENTO 3-3

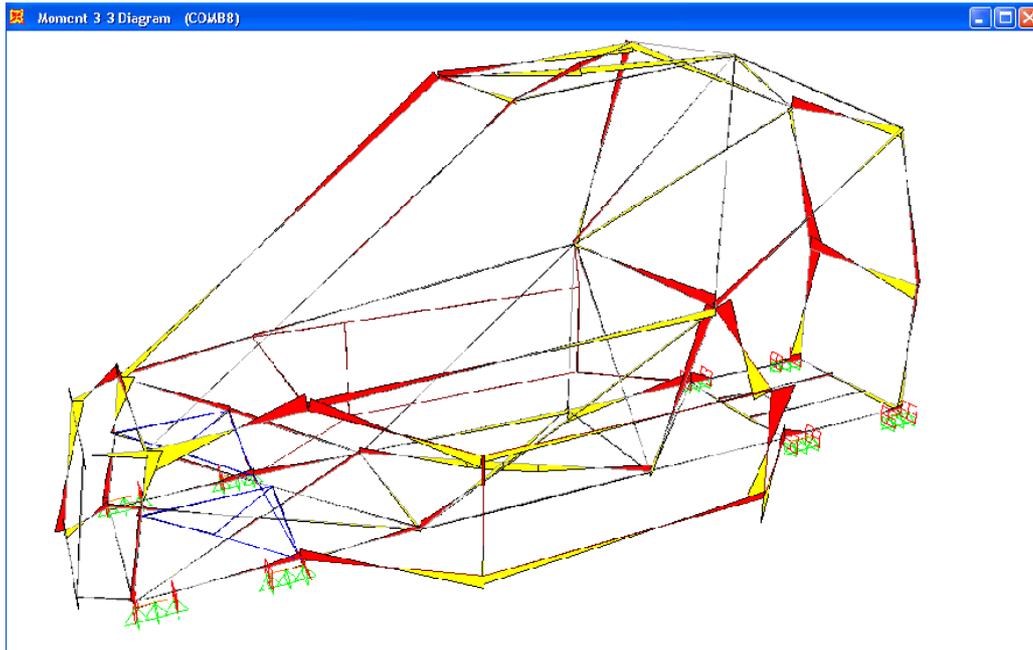


Figura 3.53: Momento 3-3

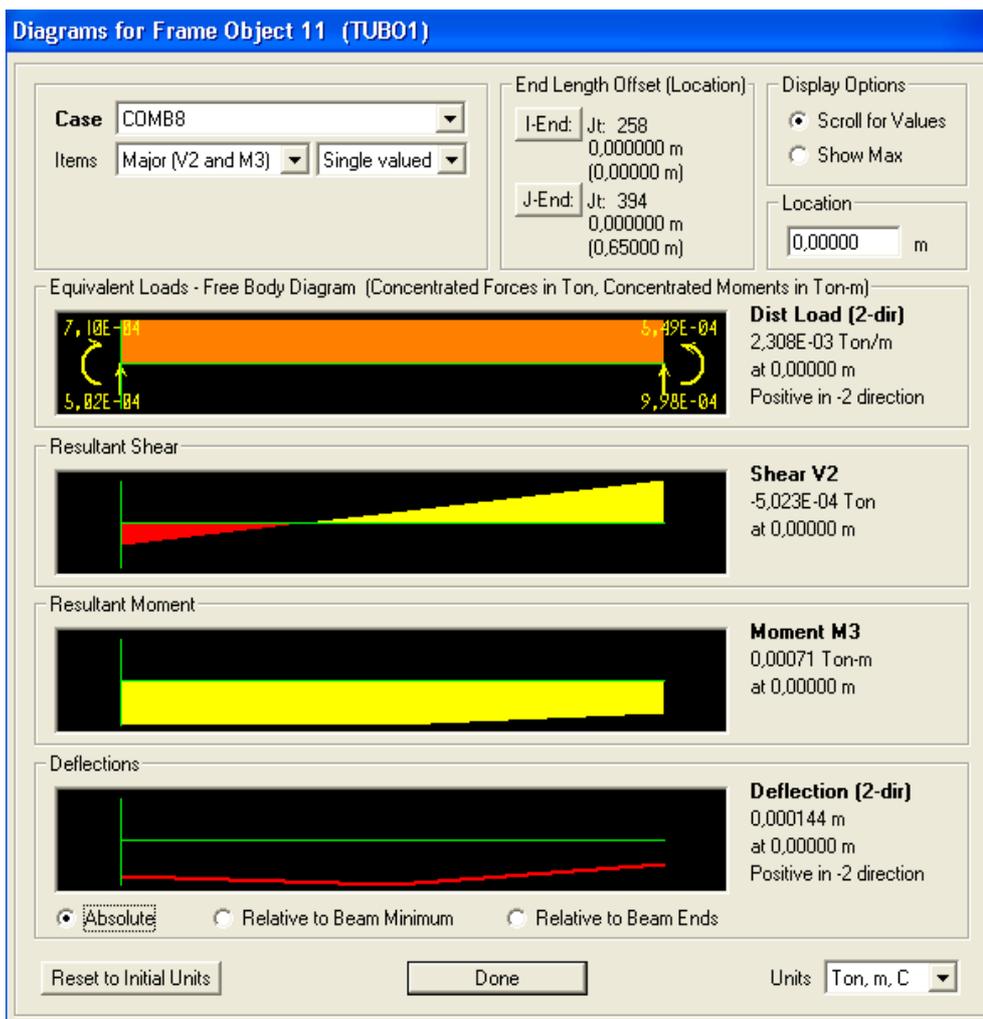


Figura 3.54: Resultado momento 3-3

3.6.12.5 CORTANTE 2-2

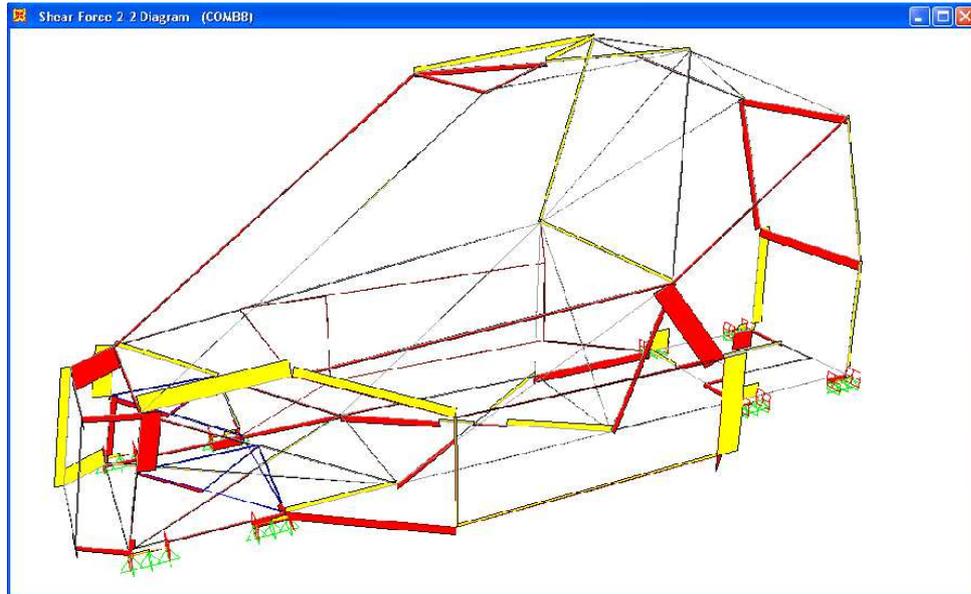


Figura 3.55: Cortante 2-2

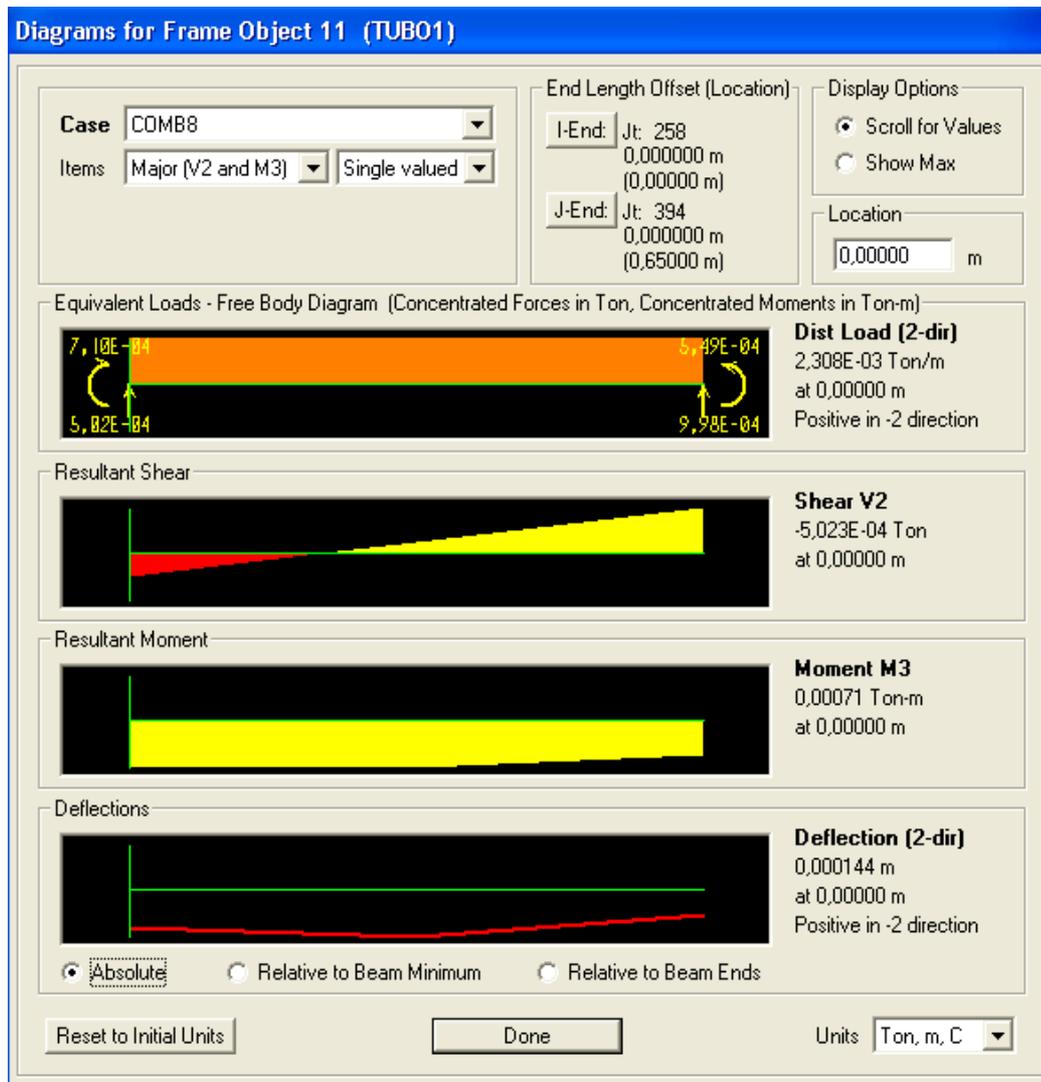


Figura 3.56: Resultado cortante 2-2

3.6.12.6 CORTANTE 3-3

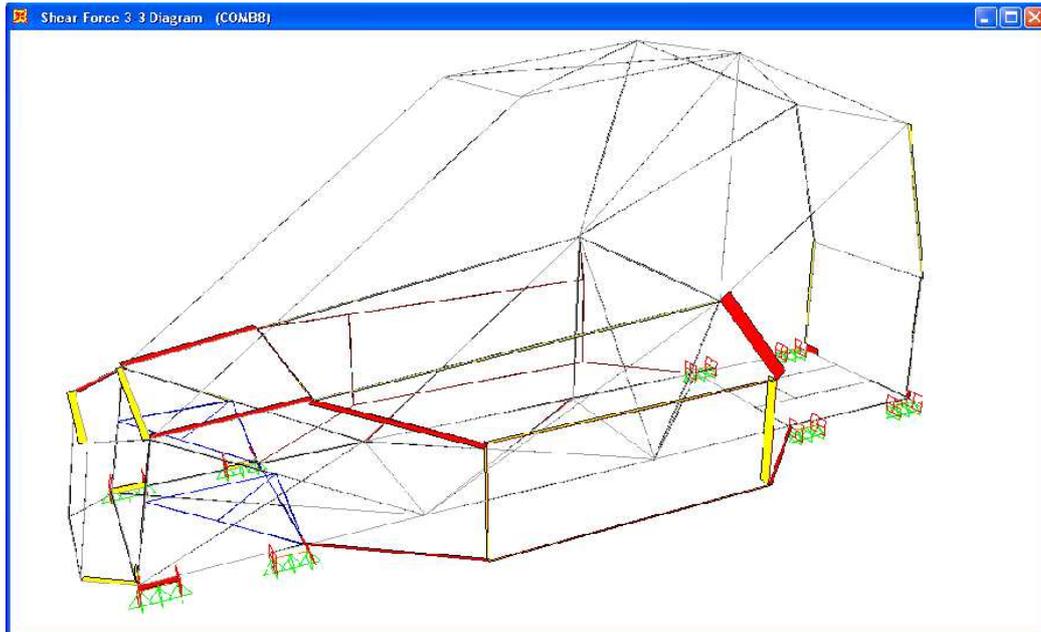


Figura 3.57: Cortante 3-3

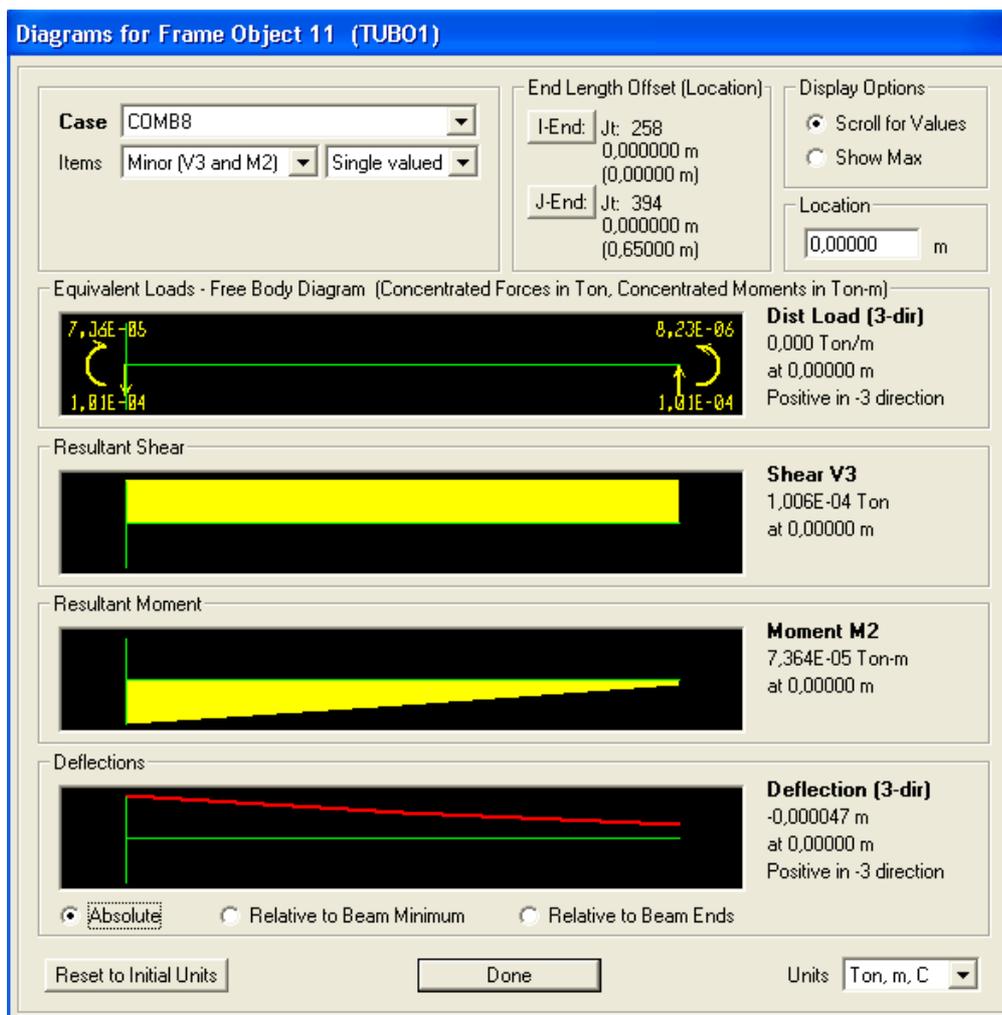
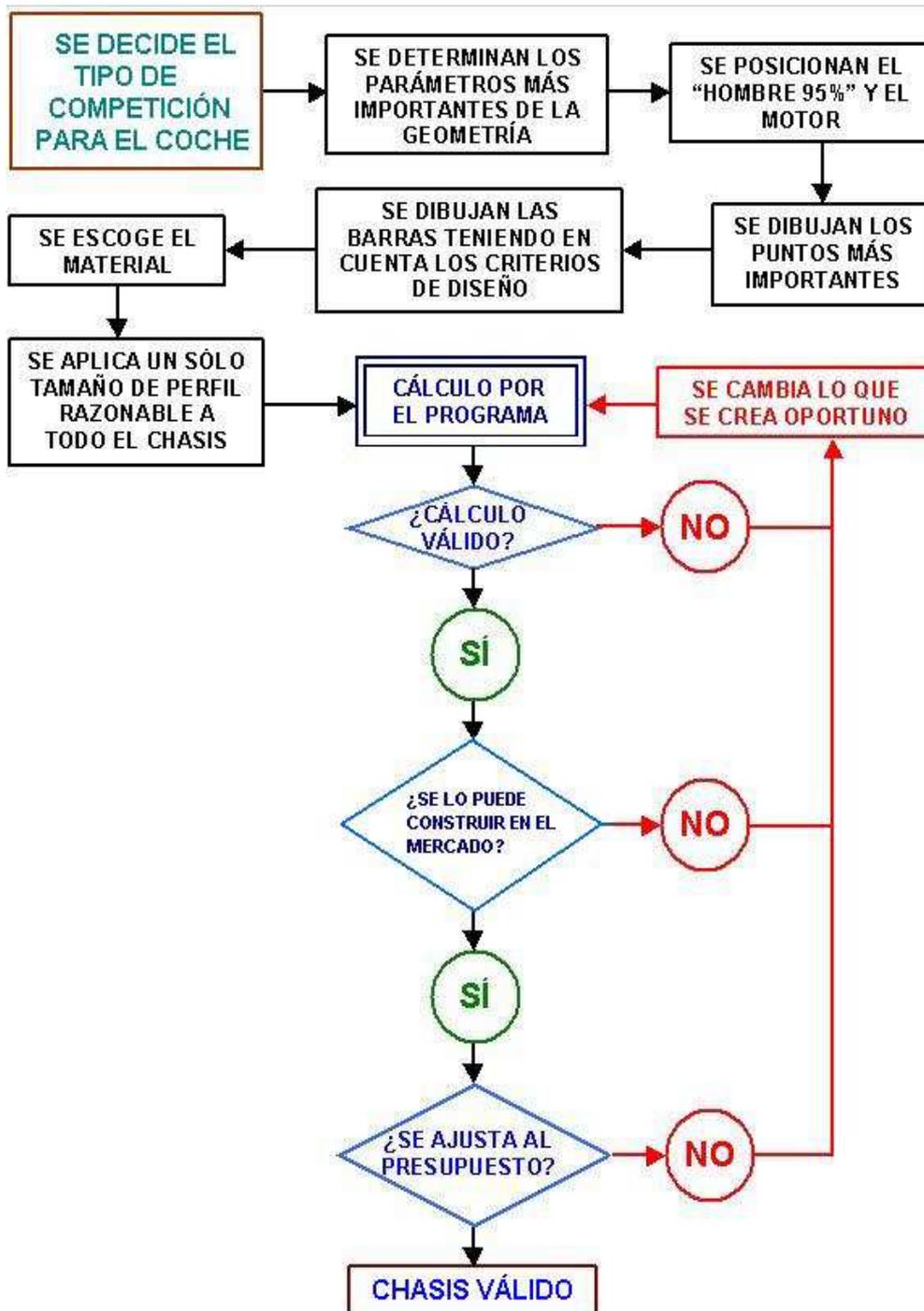


Figura 3.58: Resultante cortante 3-3

Ver anexo 2 página 44.

3.7 ALGORITMO DE DISEÑO DE UN BASTIDOR



CAPÍTULO IV

4. TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y COSTOS

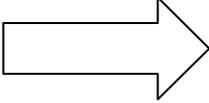
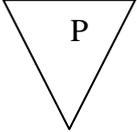
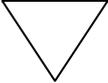
4.1 Construcción

El costo total de las estructuras de perfiles tubulares también se ve influido en sentido positivo o negativo particularmente por los costos de producción. Los siguientes trabajos de taller se tienen que planificar y llevar a cabo cuidadosamente.

Al igual que para el resto de las estructuras de acero, la construcción de estructuras de perfiles tubulares en los talleres debería organizarse, a ser posible, de tal manera que el material siga un proceso unidireccional desde la recepción hasta la entrega final. Normalmente se siguen los siguientes pasos:

- a. Marcado
- b. Corte a la longitud adecuada por aserrado o corte por soplete
- c. Curvado (si es necesario)
- d. Preparación de los bordes para soldar. Este paso se puede realizar junto con el b.
- e. Soldadura
- f. Desbaste. Este paso también se puede hacer antes que el e, ya que puede resultar complicado realizar el granallado después del montaje.
- g. Pintado para protección frente a la corrosión externa o con pinturas intumescentes para proteger frente al fuego. Se deberían considerar las combinaciones de diferentes pasos siempre que resulte viable y económico.

4.1.1 OPERACIONES TECNOLÓGICAS

Simbología	Significado
	Traslado o transporte
	Operaciones tecnológicas
	Inspección
	Pintura
	Almacenamiento

4.1.1.1 Corte por aserrado

La fabricación de una estructura empieza, en general, con la preparación de los extremos de las barras. Los métodos que se usan con más frecuencia son el corte por aserrado y el corte por soplete. En el caso de la estructura de un chasis debido al menor coste y a su mayor sencillez de ejecución es preferible el aserrado frente al corte por soplete.

La herramienta para cortar es una robusta sierra circular con avance hidráulico, una robusta sierra de banda o una sierra alternativa de arco. También es posible efectuar una doble operación de corte con una cortadora de cabeza giratoria. En este caso hay que procurar evitar la torcedura recíproca. También se pueden emplear los siguientes aparatos dependiendo de la calidad y de la precisión del corte deseado:

- Muela de rectificar: Proceso rápido, falta de precisión, con pronunciadas rebabas.
- Disco dentado de acero: Proceso rápido pero impreciso, con metal fundido que produce grandes cantidades de rebabas.
- Fresadora: Velocidad relativamente baja, con alto nivel de precisión y ausencia de rebabas. Ritmo de trabajo satisfactorio.

La unión directa entre los perfiles circulares necesita un corte "perfilado", a menudo denominado "silla de montar". Sin embargo, las curvas de intersección multiplanares pueden ser sustituidas por cortes planos en la barra, empleando el procedimiento del aserrado, en función de los diámetros relativos de los tubos utilizados en el nudo.

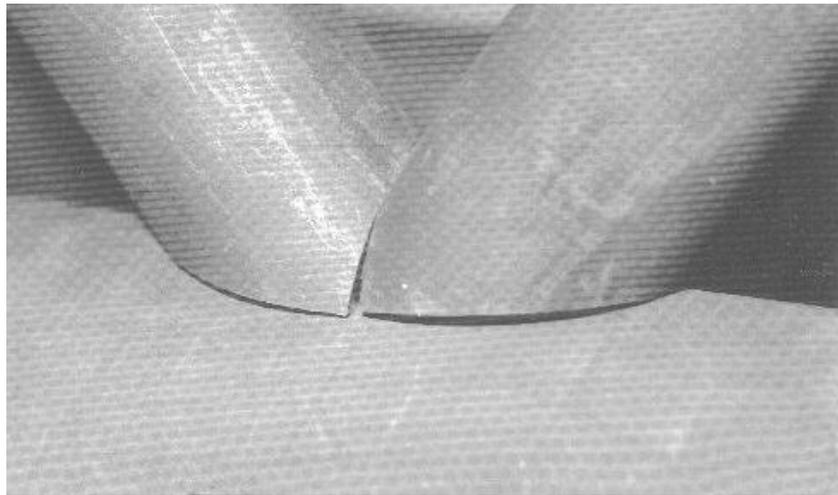


Figura 4.1: Nudo fabricado por aserrado de corte plano antes de soldar

4.1.2 Métodos de curvado en frío para CHS

Durante esta operación podrán aparecer pliegues en la zona interna comprimida y el espesor de la zona externa alargada disminuye. Para evitar la formación de pliegues y la ovalización, son favorables los siguientes condicionantes:

- Bajo límite elástico del material.
- Alta resistencia última del material.
- Considerable alargamiento en la rotura a tracción (por lo menos un 20%).

Otros parámetros determinantes son la relación entre el espesor de la pared con respecto al diámetro del CHS y la relación del radio de curvado con respecto al diámetro del CHS.

4.1.2.1 Curvado en frío por presión

Tras colocar un perfil tubular entre dos rodillos fijos, se curva por el

desplazamiento del conformador central, normalmente conectado a un empujador hidráulico. Esta operación también se puede llevar a cabo manteniendo quieto el conformador central y empujando los rodillos laterales.

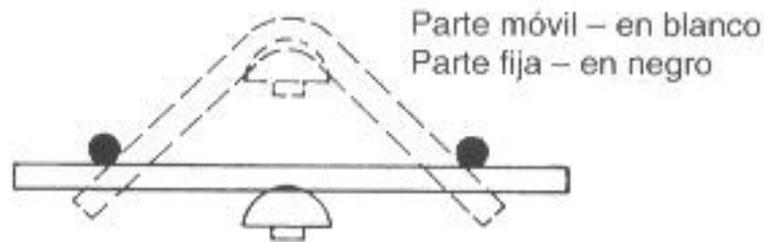


Figura 4.2: Curvado en frío por presión.

4.1.2.2 Curvado en frío mediante caja conformadora

Se introduce la pieza en una caja conformadora preperfilada "A". Los extremos de la pieza a trabajar deben estar provistos de un tapón guía. La lubricación es fundamental. El método sólo resulta económico si se necesitan muchos curvados con el mismo tamaño de perfil tubular. Es un método válido únicamente para tubos que tienen la curvatura cerca del extremo, cosa que no se suele dar muy a menudo en los chasis tubulares.

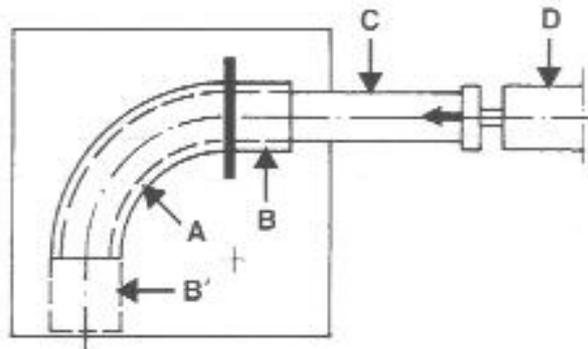


Figura 4.3: Curvado en frío mediante caja conformadora.

4.1.2.3 Curvadora de rodillos

Esta herramienta, con la que se produce el curvado pasando la pieza a través de tres rodillos, es, en general, la preferida por los fabricantes de estructuras de acero. Las dimensiones del rodillo son acordes a los tamaños de los CHS. Para curvado en frío con curvadora de rodillos, en la

práctica el límite del radio de curvado es de, aproximadamente, 5 veces el diámetro externo del tubo.

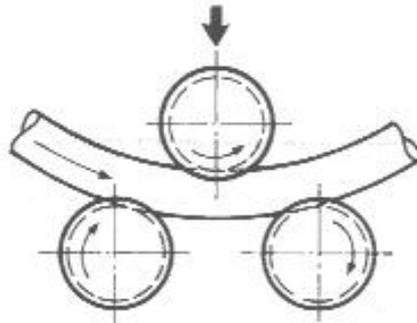


Figura 4.4: Curvadora de rodillos.

4.1.2.4 Curvado mediante cortes a inglete

Normalmente, para curvas de radio grande, se pueden obtener curvas aproximadas uniendo secciones rectas extremo con extremo y soldándolas por dichos extremos previamente cortados con un ángulo adecuado.

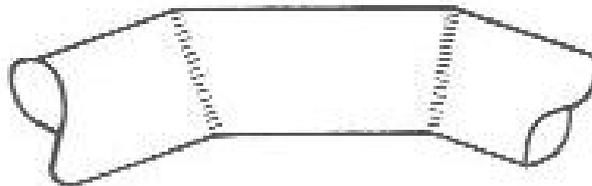


Figura 4.5: Curvado mediante cortes a inglete.

4.1.3 Métodos para soldar nudos de perfiles tubulares

La soldadura de nudos de perfiles tubulares pertenece principalmente al grupo de la soldadura por fusión, aunque si el número de unidades es elevado, también es aplicable la soldadura por fricción, que pertenece al grupo de la soldadura por presión. Hay cinco subgrupos de la soldadura por fusión denominada autógena, por arco metálico, por resistencia eléctrica, por haz de electrones y por plasma. La soldadura por arco se utiliza de manera predominante, pero por mayor seguridad de la estructura se utilizó la soldadura MIG, para la unión de los perfiles tubulares:

- Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)

- Soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW)
- Soldadura por arco metálico y gas (GMAW)

En cuanto a los equipos y máquinas para soldar, hay que diferenciar tres métodos, la soldadura manual, con máquina semiautomática o totalmente automática. Los dos primeros se emplean normalmente en el caso de perfiles tubulares.

4.1.4 Posiciones y secuencias de soldadura

Para comenzar se mencionan dos puntos principales:

- Para los espesores más pequeños, se deben evitar, en lo posible, las soldaduras con varias pasadas.
- Hay que seguir las secuencias de soldadura apropiadas, ya que afectan en gran medida a la contracción, a las tensiones residuales y la deformación de una estructura soldada.

Dependiendo de la posición y de la movilidad de los elementos estructurales, se muestran a continuación cuatro posiciones para soldar en nudos de perfiles tubulares estructurales, junto con las secuencias de soldadura.

1. Soldadura circular de 360°

Se hace la soldadura hacia abajo (plana), mientras la sección gira 360°.



Figura 4.6: Soldadura circular de 360°.

2. Soldadura vertical ascendente de 180°

Todas las soldaduras se hacen en la parte superior y después el panel gira sobre sí mismo (180°) para completar la operación.

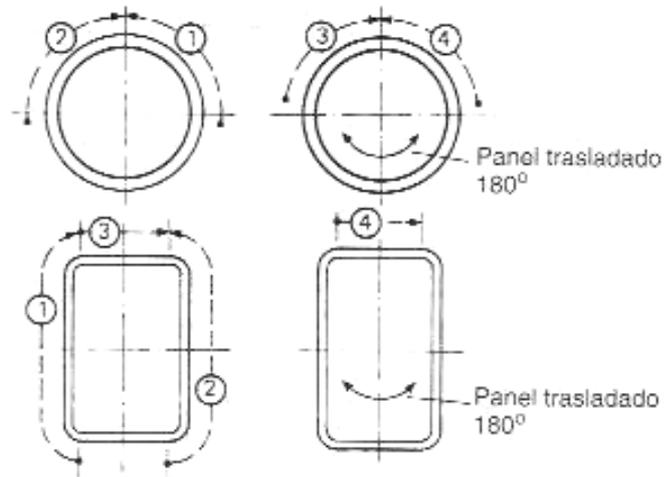


Figura 4.7: Soldadura vertical ascendente de 180°.

3. Soldadura vertical ascendente

Los perfiles tubulares no se pueden mover.

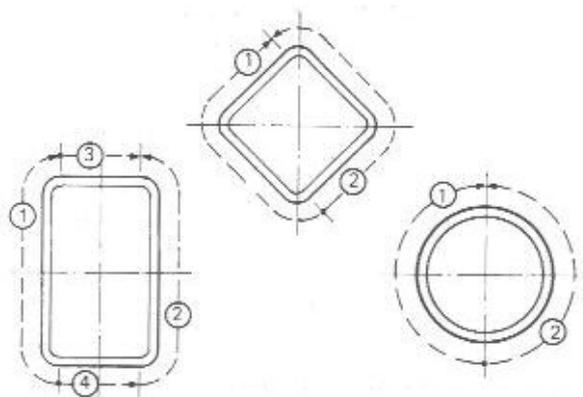


Figura 4.8: Soldadura vertical ascendente

4. Soldadura horizontal

Esta posición es necesaria cuando las barras están en posición vertical y no se pueden mover. Si las barras se encuentran en posición horizontal, las soldaduras se hacen en posición vertical.

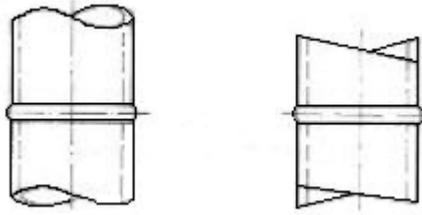


Figura 4.9: Soldadura horizontal

4.2.5 Punteado de la soldadura

El punteado de la soldadura es una soldadura corta hecha para la unión preliminar de las barras de perfil tubular de una estructura, obteniendo una sujeción temporal previa a la soldadura definitiva del montaje. El espesor de la garganta del punteado de soldadura tiene que estar de acuerdo con la posición de la raíz. Este debe garantizar una unión limpia en la raíz de la soldadura. Los extremos de los puntos de soldadura deben estar correctamente ejecutados para obtener una buena fusión en el cordón de la raíz.

Se tienen que llevar a cabo con mucho cuidado, puesto que los puntos de soldadura se convierten en parte de la soldadura definitiva. Por eso los soldadores precisan de una calificación especial para hacer trabajos de punteado de la soldadura.

El punteado del CHS se hace de forma circular cuando el diámetro del CHS es pequeño. Con respecto al punteado de la soldadura de un nudo de CHS hay que evitar la soldadura en la posición simétrica A de los tubos acoplados debido a la concentración de tensiones que se localizan en ese punto. En general, la longitud mínima del punteado de un tubo acoplado se puede reducir hasta $1/10$ del diámetro exterior del tubo.

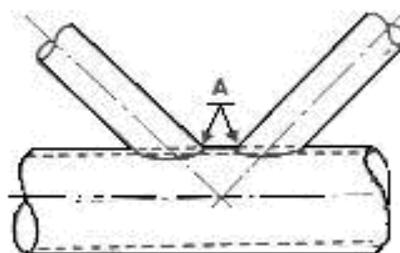


Figura 4.10: Posición simétrica A. Provoca concentración de tensiones

4.2.8 Inspección de soldaduras

Las soldaduras de las estructuras de acero se pueden comprobar mediante ensayos destructivos (sólo en laboratorio) o no destructivos. Desde el punto de vista económico, la extensión de las inspecciones debería ser mínima. Así pues, las soldaduras en ángulo son preferibles a las soldaduras a tope.

Los ensayos destructivos, que son los ensayos de tracción, de plegado, de resistencia frente al impacto, de dureza y de fatiga, se suelen hacer antes de empezar la soldadura final de una estructura. Estos ensayos también se llevan a cabo para comprobar la capacidad profesional de los soldadores. Los siguientes cinco métodos no destructivos pueden facilitar información concluyente con respecto a la calidad efectiva de la soldadura:

- Inspección visual
- Ensayo con partículas magnéticas
- Ensayo con líquidos penetrantes
- Inspección ultrasónica
- Inspección radiográfica mediante rayos X

Es de importancia fundamental efectuar una detenida inspección visual de la costura de la soldadura, así como de la zona próxima a la soldadura, tanto antes como después de soldar. Por lo tanto, se recomienda comprobar la separación de la raíz entre las partes que hay que soldar, el ángulo de inclinación entre los elementos estructurales, la uniformidad en la preparación de los bordes de la soldadura, el ángulo de bisel, la distancia entre la alineación de las caras y la eliminación total de aceite, grasa, etc.

El ensayo con partículas magnéticas es un método rápido y práctico para descubrir los defectos superficiales como las pequeñas fisuras que, por supuesto, no son obviamente visibles. Este método se aplica principalmente para encontrar defectos de soldadura en las uniones de nudos, los cuales resultan difíciles de determinar con otros métodos. Se pulverizan finas partículas magnéticas en la superficie que hay que revisar, y se produce un flujo del campo magnético mediante una bobina o una horquilla magnética.

Cuando una fisura distorsiona o produce una discontinuidad en el campo magnético, las partículas magnéticas anteriormente pulverizadas se alinean a lo largo de las fisuras indicando con claridad hasta las más finas de ellas (hasta $1/10000$ mm). El registro de la medición se hace con fotografías.

En la práctica, el examen de las soldaduras se limita generalmente a la inspección visual, para cuya realización se precisa de un inspector con experiencia que juzgue la calidad de la soldadura.



Figura 4.11: Fisuras detectadas mediante el ensayo con líquidos penetrantes.

Flujograma de construcción

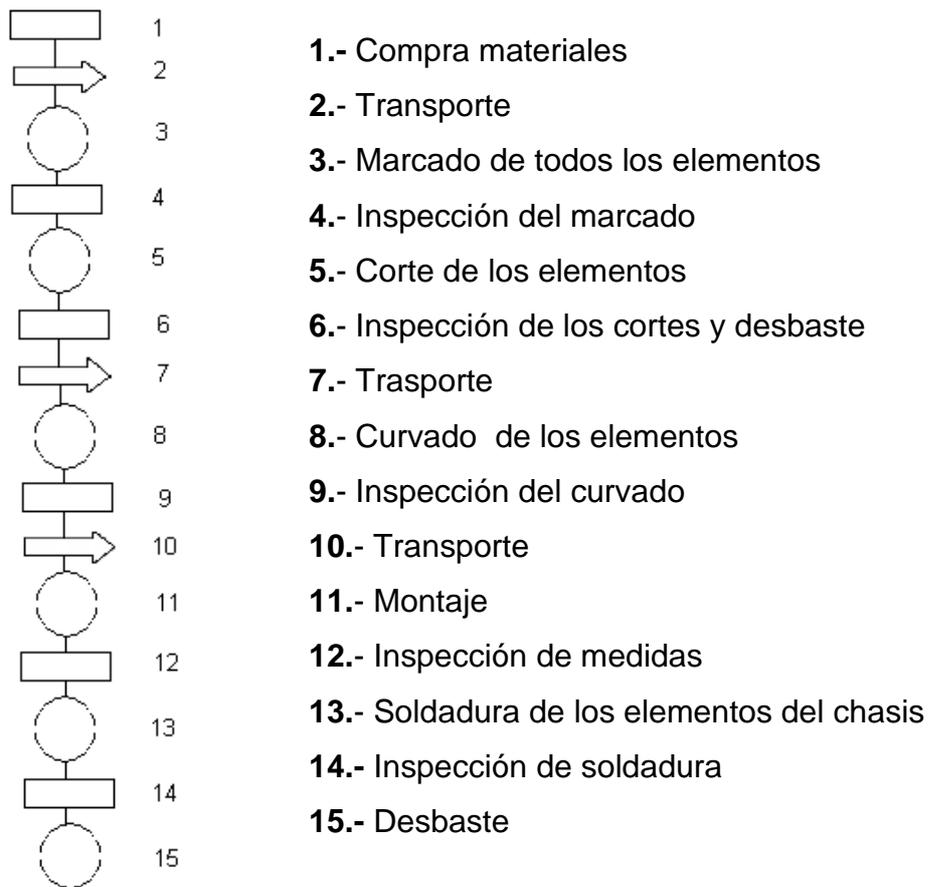


Tabla 4.1: Tiempos de construcción

Operación	horas de la operación
Compra materiales	1
Transporte	0,5
Marcado de todos los elementos	6
Inspección del marcado	2
Corte de los elementos	15
Inspección de los cortes y desbaste	32
Transporte	0,2
Curvado de los elementos	5
Inspección del curvado	4
Transporte	0,2
Montaje	22
Inspección de medidas	4
Soldadura de los elementos del chasis	8
Inspección de soldadura	2
Desbaste	6
total horas de construcción	107,9

Equivalente a dos semanas de construcción.

4.2.10 PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA FABRICACIÓN Y MONTAJE

4.2.10.1 MONTAJE

La buena elección de un método de montaje se ve afectada en gran medida por la disponibilidad de bastidores o estructuras de montaje en el taller o a pie de obra, las cuales facilitan las operaciones de soldadura y atornillado. Con el fin de conseguir posiciones favorables al soldador, los bastidores permiten la rotación de los montajes parciales de celosías.

En la fabricación del bastidor hay que tener en cuenta las contracciones de la soldadura y considerar las deformaciones por distorsión para garantizar la precisión del tamaño y la forma correcta de los productos. El bastidor también se puede colocar fijo en una mesa plana, la cual suele constar de un armazón hecho con perfiles de acero dispuestos en posición horizontal y fijados con hormigón y cubiertos con una chapa de acero. El montaje se hace montando encima de la mesa los elementos a fijar.

Para las celosías de perfiles tubulares, es fundamental pensar de antemano el orden y la secuencia del montaje, en especial para nudos en los que intersecan más de dos barras de relleno, en los cuales hay que tener un cuidado especial con respecto al método de montaje. Se pueden aplicar diversos sistemas de montaje, por ejemplo el armazón con apoyos, la losa para el marcado y el entramado con rotación. Los apoyos sujetan las barras de la celosía en las posiciones adecuadas, unas con respecto a las otras.

Otro procedimiento, el de la "losa para el marcado", consiste simplemente en marcar en el suelo de hormigón del taller. Se aplica cuando no está justificada la construcción de armazones de montaje.

El equipamiento de un bastidor de rotación tiene como función sujetar las piezas estructurales en las posiciones correctas para soldarlas y permitir la rotación del conjunto de la pieza alrededor de la línea de giro. La

aplicación económica de un bastidor depende en gran medida del número de unidades que hay que fabricar, así como del grado de precisión de fabricación necesaria para un proyecto.

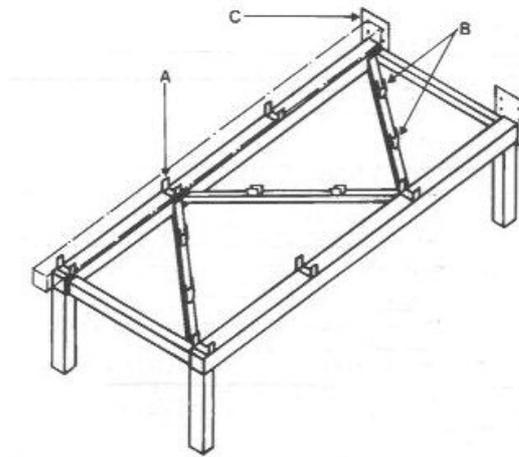


Figura 4.12: Estructura de Montaje con Apoyos

Las contracciones y las distorsiones provocadas por la soldadura, que evidentemente se originan durante el soldeo, se deberían compensar, preferiblemente, apretando el bastidor, etc.

En el plan de fabricación también hay que considerar los siguientes factores:

- Espacio de trabajo
- Posibilidades de almacenamiento y apilamiento de los elementos estructurales
- Máquinas herramientas
- Mano de obra especializada

Montaje y construcción del chasis tipo buggy

Para el montaje y construcción del vehículo tipo buggy se definieron los siguientes parámetros:

Montaje: losa para el marcado

Trabajo de taller: corte o aserrado

Soldadura: MIG

Método e curvado: Curvadora de rodillos

Determinados los parámetros que influyen en la correcta fabricación del vehículo se realizaron los siguientes pasos de construcción:

Realizamos los siguientes pasos:

1. Se dibujan cada uno de los elementos en una plancha de madera a medida real como se indica en los planos, incluidos el diámetro del tubo.
2. Se mide cada uno de los elementos para establecer la distancia a la que se debe cortar el tubo para luego ser desbastado.
3. Los elementos o barras que contienen dobleces, se señalan las medidas de los ángulos mediante una escuadra graduable en base al lo dibujado en la plancha de madera, estos elementos son:

Arco principal:	con 4 dobleces
Barra antivuelco:	con 2 dob. por tubo
Protección superior trasera del vehículo:	con 2 dob. por tubo

4. Se lleva los tubos a la dobladora por rodillos, los ángulos tomados de la plancha de madera se colocan en la máquina para proceder a realizar la curvatura.
5. Todos los elementos se deben cortar con un pequeño exceso en su medida ya que al momento de desbastar se corre el riesgo de excederse disminuyendo su longitud. Si lo segundo sucede se debe cortar un nuevo tubo.



Figura 4.13: Elementos cortados con sus respectivos dobleces

Una vez ya cortados y con sus respectivos dobleces los tubos se procede a montar la estructura comenzando por:

Construcción del Bastidor

Una vez dibujado y cortado los pedazos correspondientes al bastidor (a los largeros del bastidor se le suma la medida del radio del tubo para ser cortados), se los va uniendo uno por uno comprobando que se encuentren a nivel y con las medidas de los planos mediante puntos de suelda.

Una vez que se encuentran verificadas todas las medidas se procede a soldar todo el conjunto.



Figura 4.14: Bastidor

SOLDADURA MIG: los puntos de suelda son realizados mediante el sistema MIG/MAG un sistema de alimentación impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre-electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, mientras la pistola de soldadura se posiciona a un ángulo adecuado y se mantiene a una distancia tobera-pieza, generalmente de 10 mm. A continuación se dan los datos para soldar:

Tabla 4.2: Datos para la soldadora MIG/MAG

PRCESO MIG	Ø		AMPERAJE	VOLT.	FLUJO lt/min	VELOCIDAD ALIMEN. ALAM. cmt/min
	mm	Pulg.				
CORTO CIRCUITO	0,8	0,03	90-110	15-21	8-15	500-860
	0,9	0,035	90-110	16-22		400-750
	1	0,04	100-120	17-22		310-630
	1,2	0,045	100-130	17-22		250-560
SPRAY	0,8	0,03	140-280	24-28	10-20	990-1700
	0,9	0,035	165-300	24-28		910-1320
	1	0,04	180-410	24-30		700-1200
	1,2	0,045	200-450	24-30		530-990

Colocación del Arco Principal

Para su colocación en le bastidor se utilizó la escuadra falsa con un ángulo de 80°, procedemos a puntear la estructura.

Luego de ser punteada la estructura el ángulo de inclinación del arco principal debe ser de 80° en ambos extremos de no ser así se procede a romper los puntos con una sierra y se lo coloca otra vez, también comprobamos si el arco se encuentra alineado conforme indican los planos mediante la utilizaron del flexómetro, escuadra falsa.



Figura 4.15: Colocación del arco principal

Barras Antivuelco

La barra antivuelco une el arco frontal desde su parte superior hasta el bastidor, en el proceso de construcción la barra antivuelco conforma parte del arco frontal

de esta manera podemos comprobar que la inclinación del arco frontal con respecto al bastidor debe ser de 80° de no ser así una de las medidas esta incorrecta también se debe comprobar la distancia de separación de 450mm entre las dos barras tanto en el arco principal como en el bastidor.



Figura 4.16: Barras antivuelco

Protecciones Traseras (Posteriores)

Las protecciones traseras unen el arco principal desde su parte superior hasta el bastidor, estas protecciones constan de dos dobleces por tubo, Se coloca verificando que forme 90° con el bastidor con sus respectivos destajes, de esta manera se mantiene la barra de forma fija mientras se comprueba sus medidas para luego apuntalar la estructura mediante puntos de suelda.



Figura 4.17: Protección posterior

Protecciones Laterales

Las protecciones laterales constan de tres barras por lado:

La primera une el arco principal con el arco frontal.

La segunda el arco principal en su parte más ancha hasta la mitad que corresponde a la cabina (en el bastidor).

La tercera une el arco frontal desde el extremo superior con la mitad que corresponde a la cabina (en el bastidor).

Se cortan los tubos de acuerdo con las medidas de los planos, se realizan los destajes necesarios, colocamos en la estructura se comprueba las medidas y ponemos los puntos de suelda.

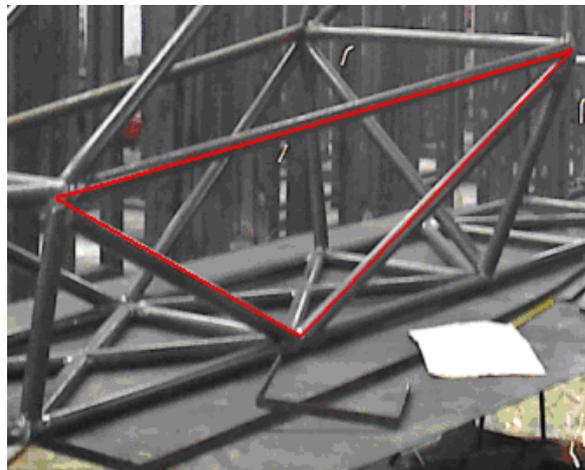


Figura 4.18: Protecciones laterales



Figura 4.19: Uniones de las protecciones laterales por puntos de suelda

Arco Frontal

El arco frontal se forma uniendo las barras antivuelco con barra en el segundo dobles. Esta barra debe contener su respectivo destaje y medidas según los planos.



Figura 4.20: Arco frontal

Una vez realizado todos estos pasos la estructura es reforzada en:
Arco principal, barras antivuelco, protecciones traseras, parte frontal del
vehículo:



Figura 4.21: Partes de la estructura

4.1 FLUJOGRAMA DE MONTAJE

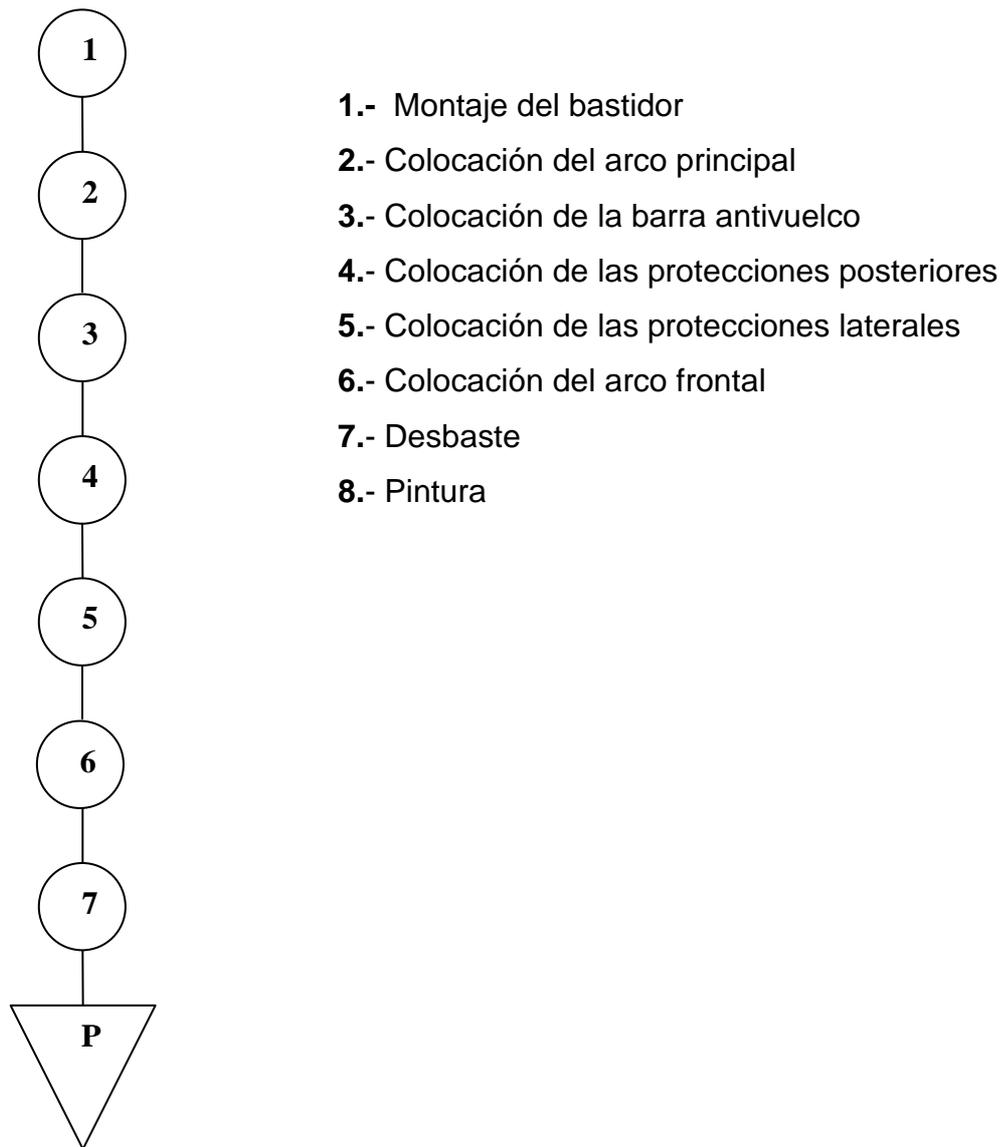


Tabla 4.3: Tiempos utilizados para el montaje

Elemento	Cantidad	Tiempo en horas	Tiempo total en horas
Bastidor	1	8	8
Arco principal	1	2	2
Barra antivuelco	2	2	2
Protecciones posteriores	2	1	1
Protecciones laterales	2	2	2
Arco frontal	1	1	1
Desbaste		3	3
Pintura		3	3
Tiempo total de montaje			22

4.2 COSTOS

Durante la realización de este proyecto se definieron dos etapas fundamentales que son la etapa de diseño y la etapa de construcción.

4.2.1 COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son considerados los valores correspondientes a: materiales, mano de obra, maquinarias y herramientas y transporte; estos rubros influyen y se destinan directamente al proyecto en sí, es decir no forman parte de otro proyecto.

De acuerdo al inciso anterior los costos directos son los siguientes:

4.2.2 COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos corresponden a los valores utilizados en la realización del proyecto que benefician a quienes realizaron el proyecto, es decir pueden ser utilizados para otra investigación y se les considera del 20 al 30% de los costos directos, en este trabajo se considerará el 20% por no tener utilidad.

El análisis de costos se lo realizó utilizando el programa APU obteniendo los siguientes resultados:

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)

PROYECTO : DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL CHASIS BUGGY

FECHA : 2009-10-05

ITEM : 01

RUBRO : ESTRUCTURA

UNIDAD : kg

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
TUBO ASTM A36 d=1 plg	kg	1	3	3.00
TUBO ASTM A36 d=5/8plg	kg	0.026	8	0.21
TUBO ASTM A36 d=3/4plg	kg	0.026	4.5	0.12
ALAMBRE SOLDADORA	kg	0.026	15	0.39
DISCOS DE CORTE Y DESBASTE	kg	0.0066	1.75	0.01
PINTURA ANTIOXIDANTE	kg	0.01	15	0.15
PINTURA APOXICA	kg	0.026	20	0.52

				4.40
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	SUBTOTAL
SOLDADORA MIG/MAG		0.3	1.5	0.45
DOBLADORA DE TUBOS		0.04	13.5	0.54
MOLADORA		0.6	0.35	0.21
COMPRESOR		0.1	0.5	0.05
HERRAMIENTA MENOR		1	0.09	0.09

				1.34

C.- MANO DE OBRA	CATEG	HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	SUBTOTAL
SOLDADOR		0.4	3.75	1.50
PINTOR		0.1	1.875	0.19
MAESTRO		1	2.5	2.50
AYUDANTE		1	1.125	1.13

5.31

D.- TRANSPORTE	UNID.	CANTIDAD	PREC.TRASP	SUBTOTAL
TUBO ASTM A36 d=1 plg	kg	1	0.4	0.40
TUBO ASTM A36 d=5/8plg	kg	0.026	0.4	0.01
TUBO ASTM A36 d=3/4plg	kg	0.026	0.4	0.01
ALAMBRE SOLDADORA	kg	0.026	0.05	0.00
DISCOS DE CORTE Y DESBASTE	kg	0.0066	0.05	0.00
PINTURA ANTIOXIDANTE	kg	0.01	0.05	0.00
PINTURA APOXICA	kg	0.026	0.05	0.00

0.42

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	11.47
COSTOS INDIRECTOS 20 %	2.29
PRECIO UNITARIO	14.00

LISTA DE MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNID.	PRECIO UNIT	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
ALAMBRE SOLDADORA	kg	15.00	1.98	29.70
DISCOS DE CORTE Y DESBASTE	kg	1.75	0.50	0.88
PINTURA ANTIOXIDANTE	kg	15.00	0.76	11.40
PINTURA APOXICA	kg	20.00	1.98	39.60
TUBO ASTM A36 d=1 plg	kg	3.00	76.00	228.00
TUBO ASTM A36 d=3/4plg	kg	4.50	1.98	8.91
TUBO ASTM A36 d=5/8plg	kg	8.00	1.98	15.84

=====

TOTAL = 334.32

LISTA DE EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	COSTO x HORA	HORAS-EQUIPO	TOTAL
COMPRESOR	0.50	7.60	3.80
DOBLADORA DE TUBOS	13.50	3.04	41.04
HERRAMIENTA MENOR	0.09	76.00	6.84
MOLADORA	0.35	45.60	15.96
SOLDADORA MIG/MAG	1.50	22.80	34.20

=====

TOTAL = 101.84

LISTA DE MANO DE HOBRA

DESCRIPCION	CAT.	SAL.REALxHORA	HOR-HOMBRE	TOTAL
SOLDADOR		3.75	30.40	114.00
PINTOR		1.88	7.60	14.25
MAESTRO		2.50	76.00	190.00
AYUDANTE		1.13	76.00	85.50
				=====
TOTAL =				403.75

TRANSPORTE DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNID.	PRECIO TRANSP	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
ALAMBRE SOLDADORA	kg	0.05	1.98	0.10
DISCOS DE CORTE Y DESBASTE	kg	0.05	0.50	0.03
PINTURA ANTIOXIDANTE	kg	0.05	0.76	0.04
PINTURA APOXICA	kg	0.05	1.98	0.10
TUBO ASTM A36 d=1 plg	kg	0.40	76.00	30.40
TUBO ASTM A36 d=3/4plg	kg	0.40	1.98	0.79
TUBO ASTM A36 d=5/8plg	kg	0.40	1.98	0.79
				=====
TOTAL =				32.24

Tabla 4.4: Costos Totales

Costos Directos:		
	Materiales	334,32
	Equipos	101,84
	Mano de obra	403,75
	Transporte	32,24
Total Costos Directos:		872,15
Costos Indirectos:		
	20% de CD	174,43
Total Costos:		1046,58

4.2.3 PRESUPUESTO

El presupuesto es el valor estimado de cuanto costara el proyecto. Este valor es muy importante para comenzar a desarrollar el proyecto ya que se pueden plantear grandes y muy buenos proyectos pero que en la practica su valor es demasiado costoso es decir que su presupuesto sea inalcanzable y más aun si se trata de estudiantes.

El presupuesto entregado por el programa APU es el siguiente:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
01 ESTRUCTURA	kg	76	14.00	1,064.00
				=====
TOTAL =				1,064.00

4.3 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LA INVERSIÓN

Tabla 4.5: Análisis de la inversión.

	INVERSIÓN	AHORRO	TIEMPO
CARRO 1	1064	0	2 semanas
CARRO 2	889,57	174.43	2 semanas

Los costos para producir este vehículo asciende a una aproximado de \$ 4.000,00, mismos que al ofertar en el mercado el costo sería de \$ 5.000,00, dando una utilidad de \$ 1.000,00 que significa una utilidad del 25% de la inversión

En conclusión este proyecto es viable porque el margen de utilidad es representativo, ya que si el mismo generara una ganancia del 10% o menos, sería mejor depositar el capital a plazo fijo en una institución financiera y ganaríamos sin hacer ningún esfuerzo.

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 PLAN DE PRUEBAS

5.1.1 PRUEBA DE APLANAMIENTO

Una sección de tubo no menor de 2½" [63 mm] de longitud para tubos sin costura y no menos que 4" [100 mm] de longitud para tubos soldados se aplanará en frío entre platos paralelos en dos pasos. Para tubos soldados, la soldadura se colocará a 90° en dirección de la fuerza aplicada (en el punto de máximo doblado). Durante el primer paso, el cual es un ensayo de ductilidad, no deberán ocurrir rajaduras o roturas, hasta que la distancia entre los platos sea menor que el valor de H calculado por la siguiente ecuación:

$$H = \frac{(1+e)t}{e+t/D} \quad (5.1)$$

Donde:

H = distancia entre los platos, pulgadas [mm]

t = espesor especificado de pared del tubo, pulgadas [mm]

D = diámetro especificado exterior del tubo, pulg. [mm]

e = deformación por unidad de longitud (constante para un dado tipo de calidad de acero: 0.07 para aceros de medio carbono (máximo de carbono especificado 0.19% o menor), 0.08 para aceros aleados ferríticos 0.09 para aceros austeníticos y **0.09 para aceros de bajo carbono** (máximo especificado de carbono 0.18% o menor)).

Durante el segundo paso, el cual es una prueba de solidez, el aplastamiento continuará hasta que la muestra se rompa o las paredes opuestas del tubo se toquen. Evidencias de material laminado o defectuoso, o de soldadura incompleta que se revelen durante el ensayo de aplastamiento serán causas de rechazo.

Imperfecciones superficiales en las muestras antes del aplastamiento, pero reveladas durante el primer paso del ensayo, se juzgarán de acuerdo con los requisitos de terminación.

Roturas superficiales resultantes de imperfecciones superficiales no serán causa de rechazo.

Cuando sean ensayados productos con baja relación D / t , debido a que la deformación impuesta debida a la geometría es excesivamente alta en las superficies interiores localizadas a las seis y doce horas, roturas en estos lugares no serán causa de rechazo si la relación D / t es menor que 10.



Figura 5.1: Prueba de aplastamiento

5.1.2. PRUEBA DE DOBLADO INVERSO O ENSAYO DE FLEXIÓN

El ensayo de flexión se emplea preferentemente en la fundición gris y más raramente en el acero, pero recibe también empleo en la madera, en el hormigón y en otros elementos constructivos. Generalmente se lleva a cabo disponiendo la barra a ensayar de modo que quede libremente apoyada sobre rodillos en ambos extremos y cargándola en el centro.

En materiales tenaces no se puede determinar nada más que el límite de flexión por poderse doblar en 180° sin rotura, adquiriendo forma de "U". En los materiales agrios se puede llegar a la rotura y con ello calcular la resistencia a la flexión partiendo del momento flexor máximo y del módulo resistente:

Esta relación que da como supuesto el cumplimiento de la ley de Hooke, se emplea también en materiales que no siguen esta ley. Por esta razón en la fundición gris y en hormigón la resistencia a la flexión es notablemente mas elevada que la resistencia a la tracción. En la madera es menor que la resistencia a la tracción porque la fibras se doblan en la parte comprimida.

Una sección de 8" [210 mm] de longitud y $\frac{1}{2}$ " [12.7 mm] de ancho se aplicara una fuerza hasta lograr que la probeta o se rompa o tenga una forma de U.



Figura 5.2: Prueba de doblado inverso o resistencia a la flexión

5.1.3. PRUEBA DE DUREZA

Para tubos de 0.200" [5.1 mm] y más en espesor de pared, se usarán los ensayos de dureza Brinell o Rockwell. Cuando se utilice el ensayo de dureza Brinell, se puede usar una bola de 10 mm con una carga de 3000, 1500, o 500 kg, o una de 5 mm con una carga de 750 kg, a opción del fabricante.

Para tubos de menos de 0.200" [5.1 mm] hasta incluso 0.065" [1.7 mm] de espesor de pared se usará el ensayo de dureza Rockwell.

Para tubos menores de 0.065" [1.7 mm] de espesor de pared no se requiere ensayo de dureza.

El ensayo de dureza Brinell se puede hacer sobre el exterior del tubo, cerca del extremo, sobre el exterior de una muestra cortada de un tubo, o sobre la pared de una sección transversal de una muestra cortada de un tubo, a opción del fabricante. Este ensayo se hará de tal manera que la distancia desde el centro de la impresión al borde de la muestra sea al menos 2.5 veces el diámetro de la impresión.

El ensayo de dureza Rockwell se puede hacer sobre la superficie interna, sobre la sección transversal de pared, o sobre la cara externa de una muestra achatada, a elección del fabricante.

5.1.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

El ensayo de tracción es el más frecuentemente realizado en los materiales que se emplean para la construcción de máquinas, porque nos suministra las más importantes propiedades necesarias para formar juicio sobre el material.



Figura 5.3: Prueba a tracción

Durante el ensayo la probeta provista de extremos con espaldilla de apoyo es colgada en la máquina de tracción y se va alargando paulatinamente, determinándose al mismo tiempo los esfuerzos que señala la máquina.



Figura 5.4: Prueba a tracción

a. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

PRUEBA DE APLASTAMIENTO

$$H = \frac{(1 + e)f}{e + t/D}$$

$$H = \frac{(1 + 0.09)2.5}{0.09 + 2.5/25.4}$$

$$H = \frac{2.725}{0.09 + 0.098}$$

$$H = 14.93 \text{ mm.}$$

H = distancia entre los platos, pulgadas [mm]

t = espesor especificado de pared del tubo, pulgadas [mm]

D = diámetro especificado exterior del tubo, pulg. [mm]

e = deformación por unidad de longitud (constante para un dado tipo de calidad de acero: 0.07 para aceros de medio carbono (máximo de carbono especificado 0.19% o menor), 0.08 para aceros aleados ferríticos 0.09 para aceros austeníticos y **0.09 para aceros de bajo carbono** (máximo especificado de carbono 0.18% o menor)).

PRUEBA DE DOBLADO

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \tag{5.2}$$

$$I_x = \frac{1.25 \text{ cm} \times (0.125)^3}{12}$$

$$I_x = 0.00020345 \text{ cm}^4 \times 2.98 \text{ cm}^4$$

$$M_c = \frac{PL}{4} \tag{5.3}$$

$$M_c = \frac{118 \times 11}{4}$$

$$M_c = 324.5 \text{ Kg.cm}$$

$$f_c = \frac{M_c C}{I} \tag{5.4}$$

$$f_c = \frac{324.5 \text{ kg.cm} \times 0.0625}{0.00020345}$$

$$f_c = 99686.6552 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c = \frac{324.5 \text{ kg.cm} \times 0.0625}{2.98}$$

$$f_c = 6.805 \text{ Kg/cm}^2$$

PRUEBA DE TRACCIÓN

$$f_u = 1425 \text{ Kg}$$

Tensión ultima

$$A = 0.25 \text{ cm} \times 1.25 \text{ cm}$$

$$A = 0.3125 \text{ cm}^2$$

$$f_u = 1425 \text{ Kg}$$

$$s_u = \frac{f_u}{A}$$

$$s_u = \frac{1425}{0.3125}$$

$$s_u = 4560 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de fluencia

$$s_y = 0.75 s_u$$

$$s_y = 3420 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 5.1: Comparación de propiedades del material

Tabla comparativa de los valores del material dado por el fabricante con los valores obtenidos en las pruebas y los dados por el SAP 2000		
	Fy (Kg/ cm ²)	Fu (Kg/ cm ²)
valores dados por el fabricante	2531	4077
resultados de las pruebas	3420	4560

Los valores obtenidos en las pruebas destructivas realizadas en el tubo estructural que se utilizó para la construcción de la estructura, son mayores a las propiedades físicas del acero ASTM A36 entregadas por el fabricante, en este caso por DIPAC, de esta manera podemos garantizar la confiabilidad del chasis.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo a la normativa de la Formula Automovilística Universitaria (FAU), se procedió con el diseño y posterior construcción del chasis para un vehículo tipo buggy, cuya estructura fue construida en Acero ASTM A36 garantizando una estructura sólida confiable y asegurando su rigidez.
- El presente trabajo investigativo se realizó gracias a la utilización del software SAP2000 10.1, toda vez que el diseño de todos sus elementos que lo conforman la estructura del chasis son correctos; garantizando de manera absoluta el funcionamiento de cada una de sus partes, que están sujetas al mismo y sobre todo la comodidad, seguridad que ofrece el chasis al piloto.
- El diseño de la estructura del chasis es realizado mediante un estudio ergonómico, la longitud está en 2300mm para la competencia tipo rally con protecciones laterales modificadas para protección del piloto todo esto en cumplimiento del reglamento de la Formula Automovilística Universitaria
- Los dobleces son realizados por la máquina de rodillos con especificaciones correctas del ángulo de doblado.
- Se utilizó soldadura MIG/MAG porque establece un hilo continuo evitando deformaciones a los elementos y no produce escoria ni oxidación.
- Las combinaciones de carga del 1 al 7 no producen daños en la estructura, incluso en los atenuadores de impacto dándonos como resultado que cuando el vehículo esté en competencia funcionará correctamente.

- De existir una colisión representada por los combos 8, 9, 10 y 11 los atenuadores de impacto se deforman y de esta manera absorben la energía de impacto sin causar daño al chasis.
- Al utilizar normas existentes en nuestro país como la norma INEN 1323, y la reglamentación FAU posibilitan el diseño y construcción del chasis.

6.1 RECOMENDACIONES

- Las Autoridades de la Escuela de Ingeniería Automotriz deberán realizar la gestión pertinente para ampliar la bibliografía especializada en las diferentes partes que componen un auto, en especial en autos de competencia.
- Al no existir un método específico para diseñar y calcular un chasis es necesario ser creativo persistente e ingenioso para tomar decisiones correctas respecto a los cambios que puedan darse para obtener el diseño definitivo.
- Respetar las normas INEN 1323 y el Reglamento FAU, con el fin de garantizar el buen funcionamiento del chasis.
- Para efectos de diseño en el software SAP2000 10.1 trabajar hasta el color amarillo, que representa a la relación de esfuerzos con un valor de 0.7, lo cual permite optimizar los resultados, siendo estos confiables.

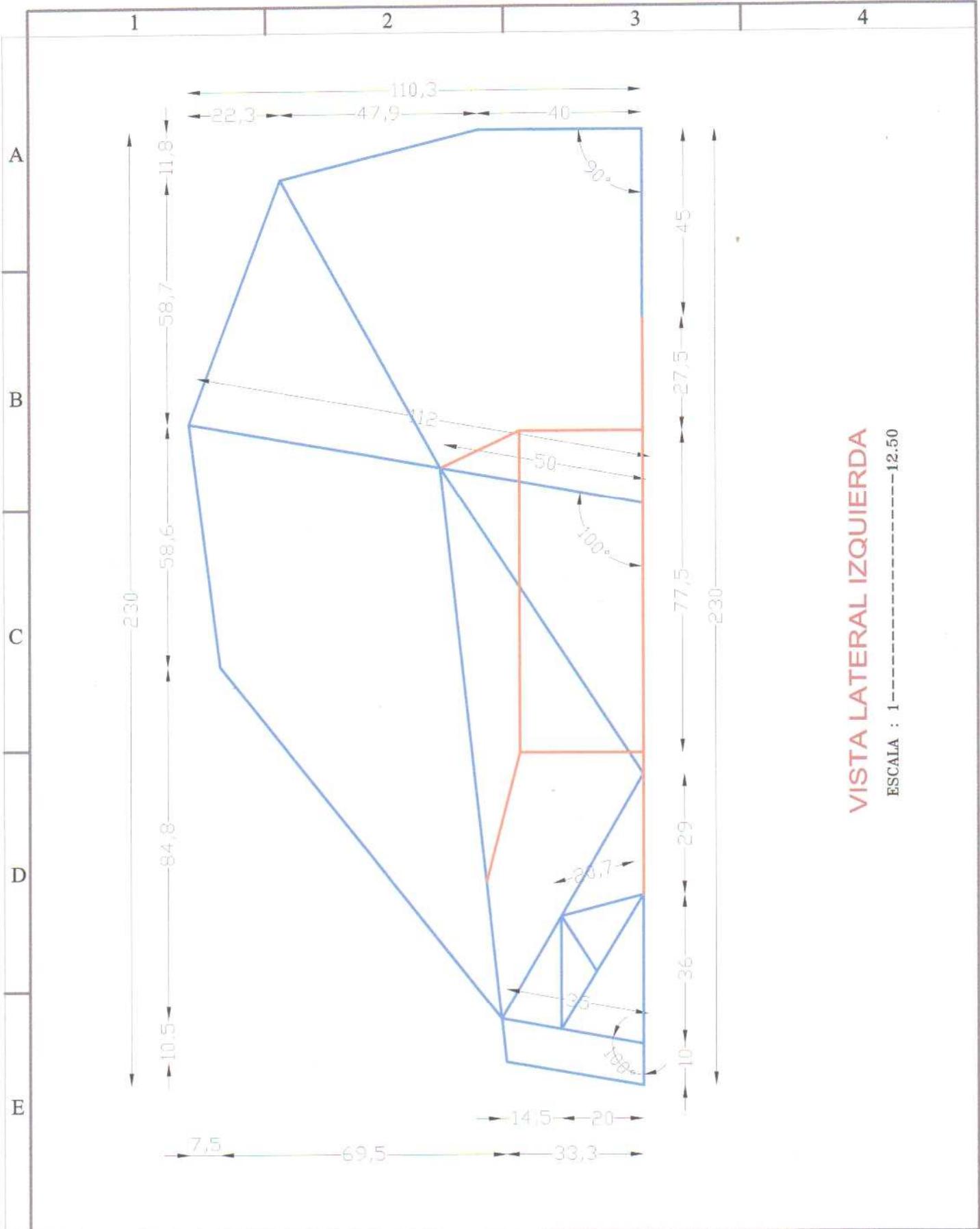
BIBLIOGRAFÍA

- **McCORMAC**, Jack / Diseño de Estructuras Metálicas / Método ASD / Segunda Edición / Alfaomega Grupo Editor / 2002
- **JOHNSTON**, Bruce / Diseño Básico de Estructuras de Acero / Primera Edición / Prentice Hall / 1998
- **J. M.**, Alonso / Técnicas del Automóvil / Chasis / Séptima Edición / 2004.
- **SHIGHEY** Joseph, **MITCHEL** Larry / Diseño en Ingeniería Mecánica / Tercera Edición
- **MARKS** / Manual del Ingeniero Mecánico
- **CASCAJOSA** / Manual de Ingeniería de Vehículos / Sistemas y Cálculos / Segunda Edición / Editorial Alfaomega / 2004.
- **MCBEATH**, Simon / Aerodinámica del Automóvil de Competición / Primera Edición / Ceac / 2005.
- **DIPAC** / Manual de Productos de Acero.

LINKOGRAFÍA

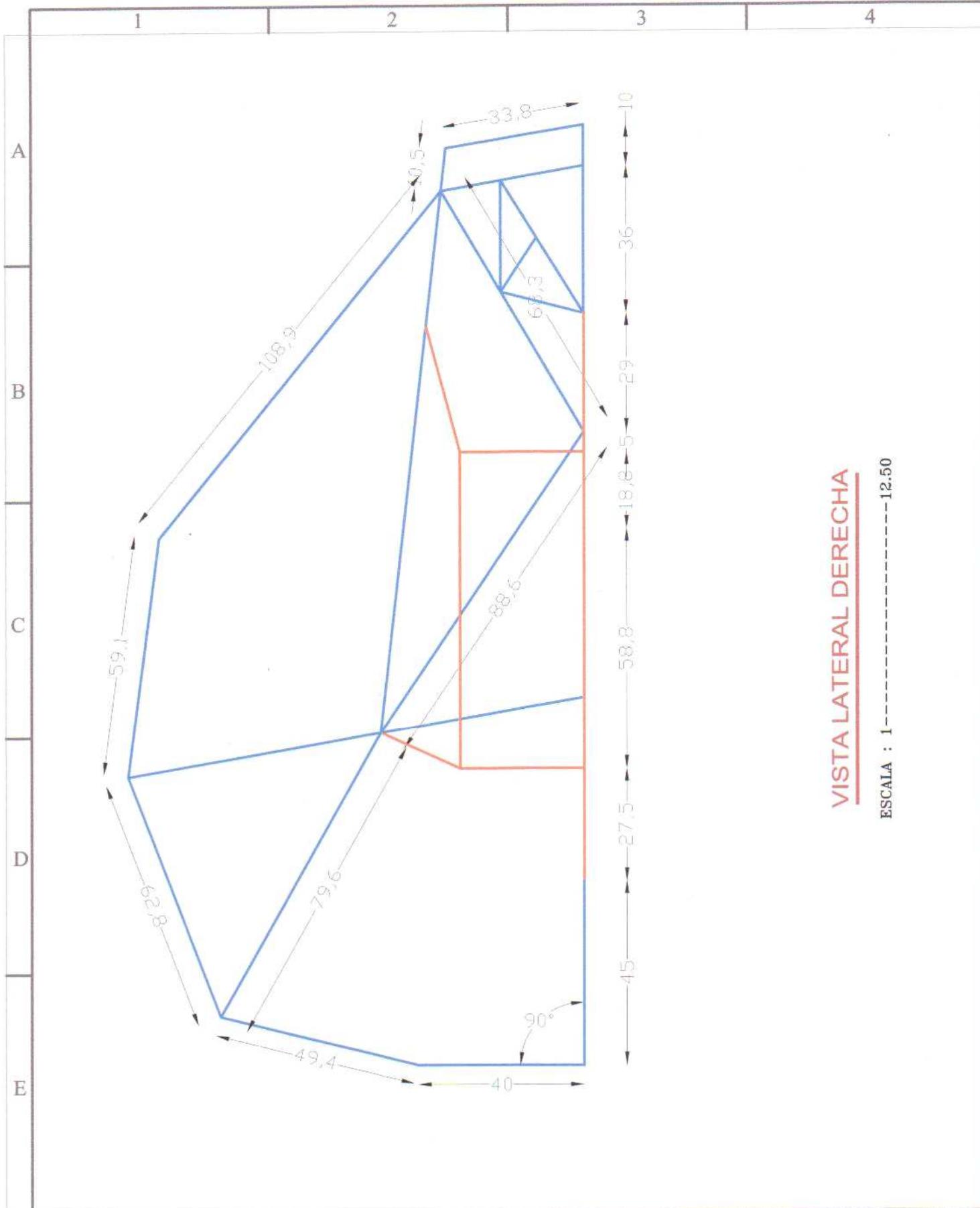
- <http://www.km77.com/glosario/c/coefaero.asp>: Coeficiente Aerodinámico cx.
- <http://www.monografias.com/trabajos/aceros/aceros.shtml>: Enviado por Sebastián Amorim.
- <http://www.arqhys.com/contenidos/estructurales-aceros.html>: Por Andrés Pineda Villavizar.
- http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Human/Human_sizes.html: Hombre95%.
- <http://members.shaw.ca/gnat/95.html>: Parámetros Ergonómicos del Hombre95%.
- <http://www.instron.com.ar/wa/resourcecenter/glossary.aspx> : Datos de las Prueba de Flexión, Dureza y Tracción en Cañerías de Aceros Estructurales.
- <http://www.tecnun.es/automocion/proyectos/chasis/images/memoria.pdf> : Descripción de un Diseño de un Chasis de la Fórmula Automovilística Universitaria FAU.
- <http://www.tubac.com.gt/en/03-Group/PruebaDeAplastamiento.htm> : Datos de las Prueba de Aplastamiento en Cañerías de Aceros Estructurales.
- http://www.tubocobre.net/literatura_pdf/cobre_nomenclatura_acero.pdf: Tablas Comparativas de las distintas Normas de Aceros Estructurales.
- <http://www.sunarc.com/Documents/soldadura%20MIG.pdf>: Parámetros de Funcionamiento de la Soldadura MIG-MAG.
- <http://www.deperu.com/autos/mecanica/chasis.htm>: Chasis.

ANEXO 1 PLANOS DE DETALLE



VISTA LATERAL IZQUIERDA
 ESCALA : 1-----12.50

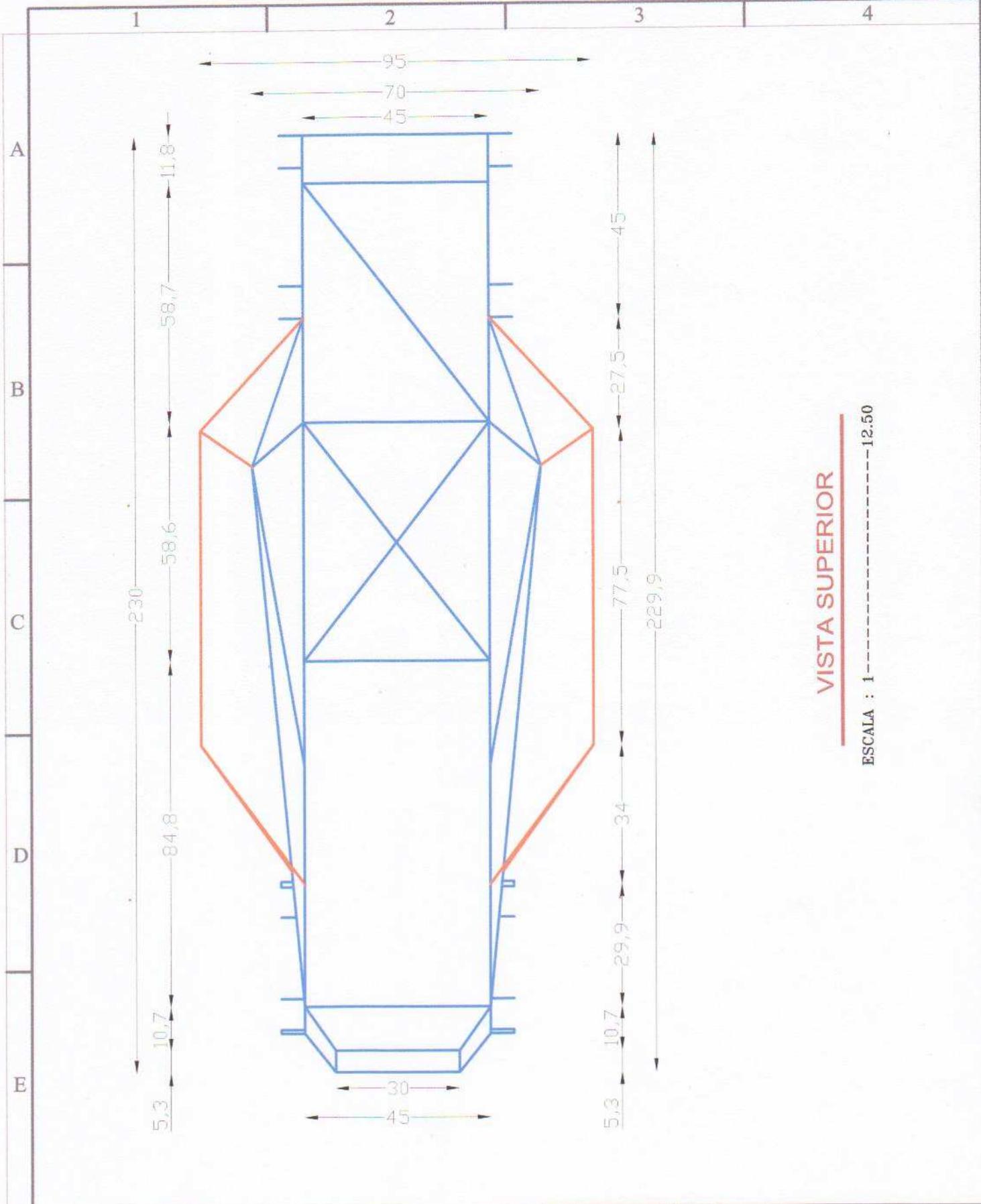
T		A		ESPOCH		E.I.A.		
Trat. Térmicos:								
Recubrimientos:								
				Tol. Gral:	Escola:	DIB:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	2009
					Indicada medidas en (cm)	DIS:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	10
						REV:	ING. HIDALGO, ING. NOVILLO	15
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY						Nº 01		



VISTA LATERAL DERECHA

ESCALA : 1-----12.50

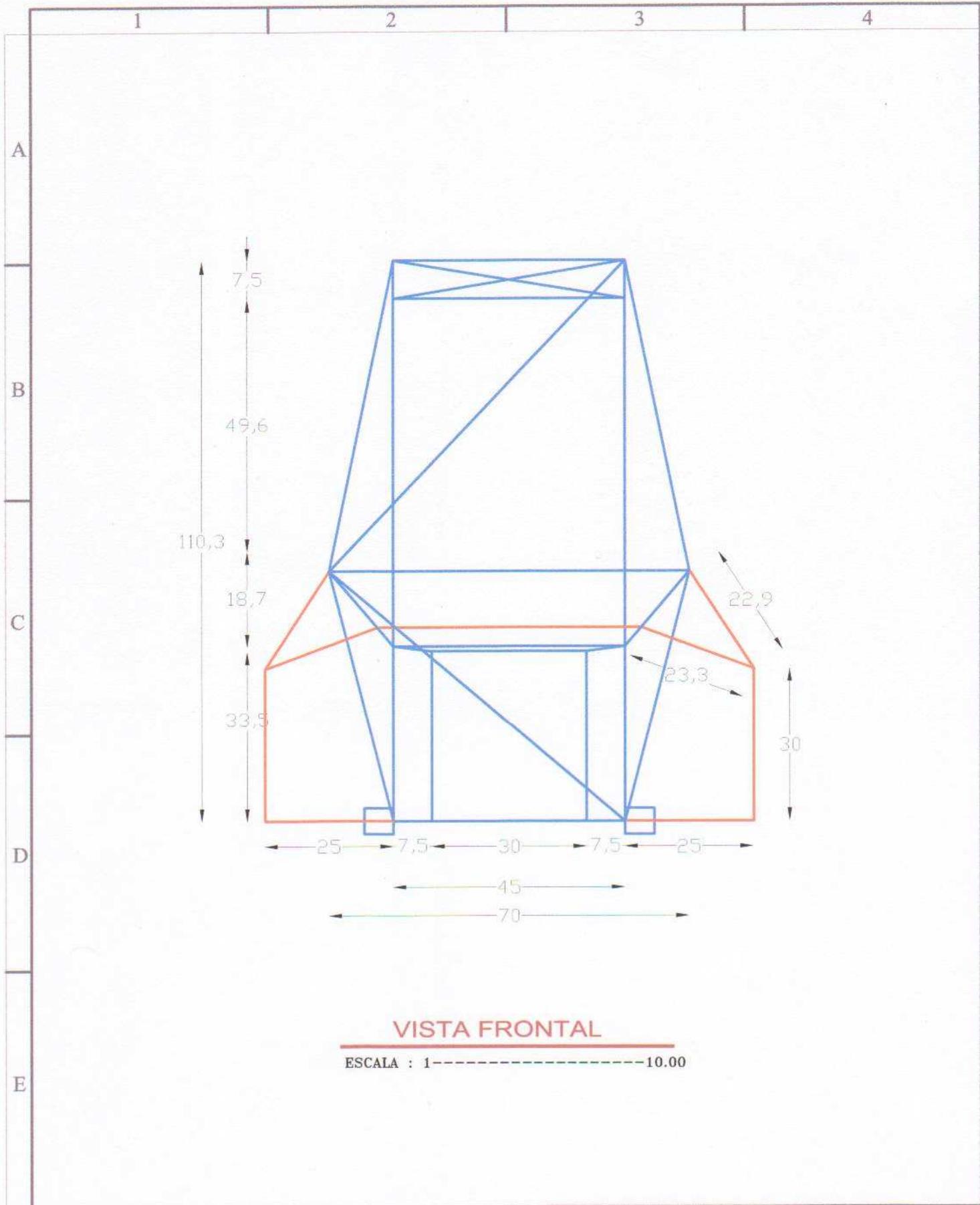
T		A		ESPOCH		E.I.A.		
Trat. Térmicos:								
Recubrimientos:								
				Tol. Gral:	Escala:	DIB:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	2009
					Indicada medidas en (cm)	DIS:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	10
						REV:	ING. HIDALGO, ING. NOVILLO	15
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY						Nº 02		



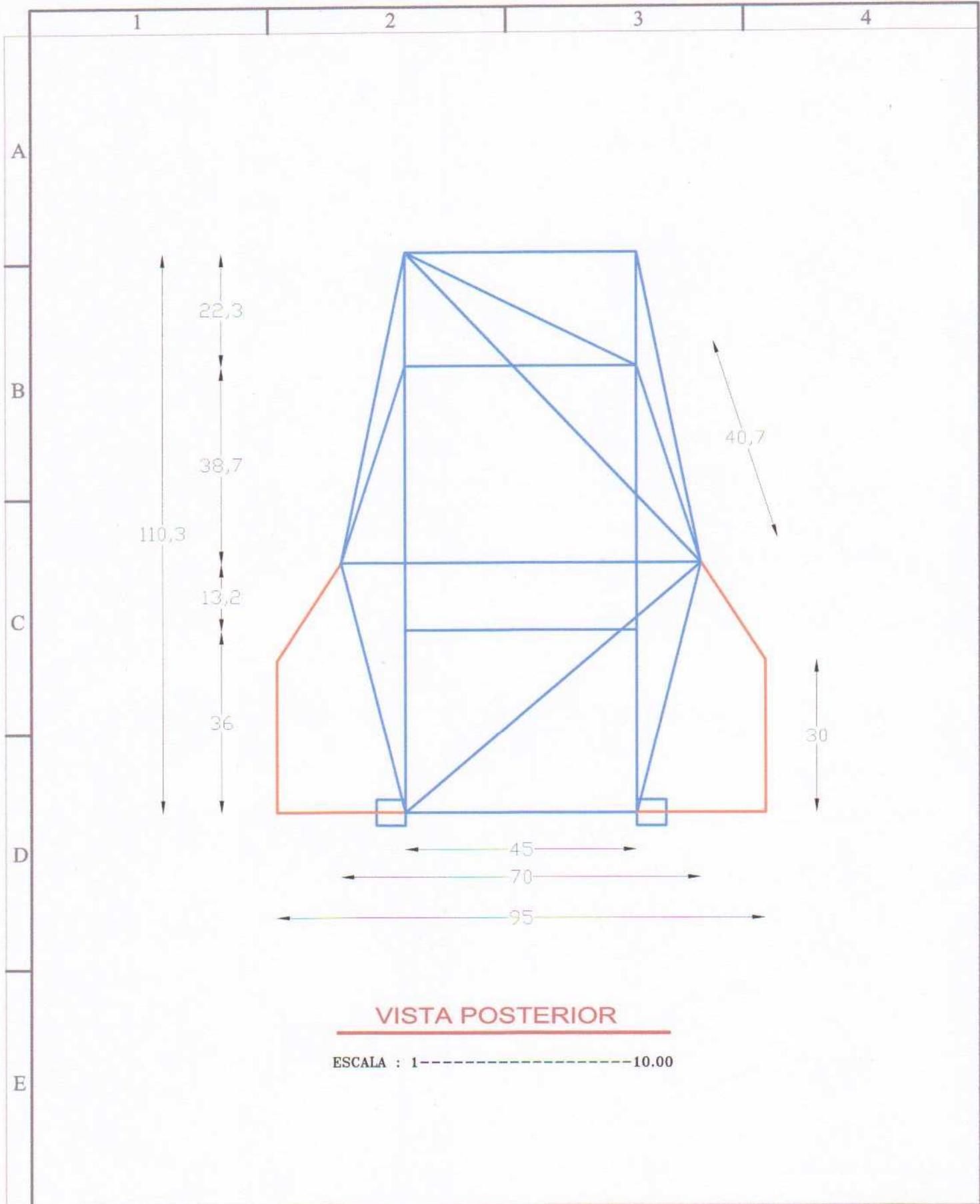
VISTA SUPERIOR

ESCALA : 1 -----12.50

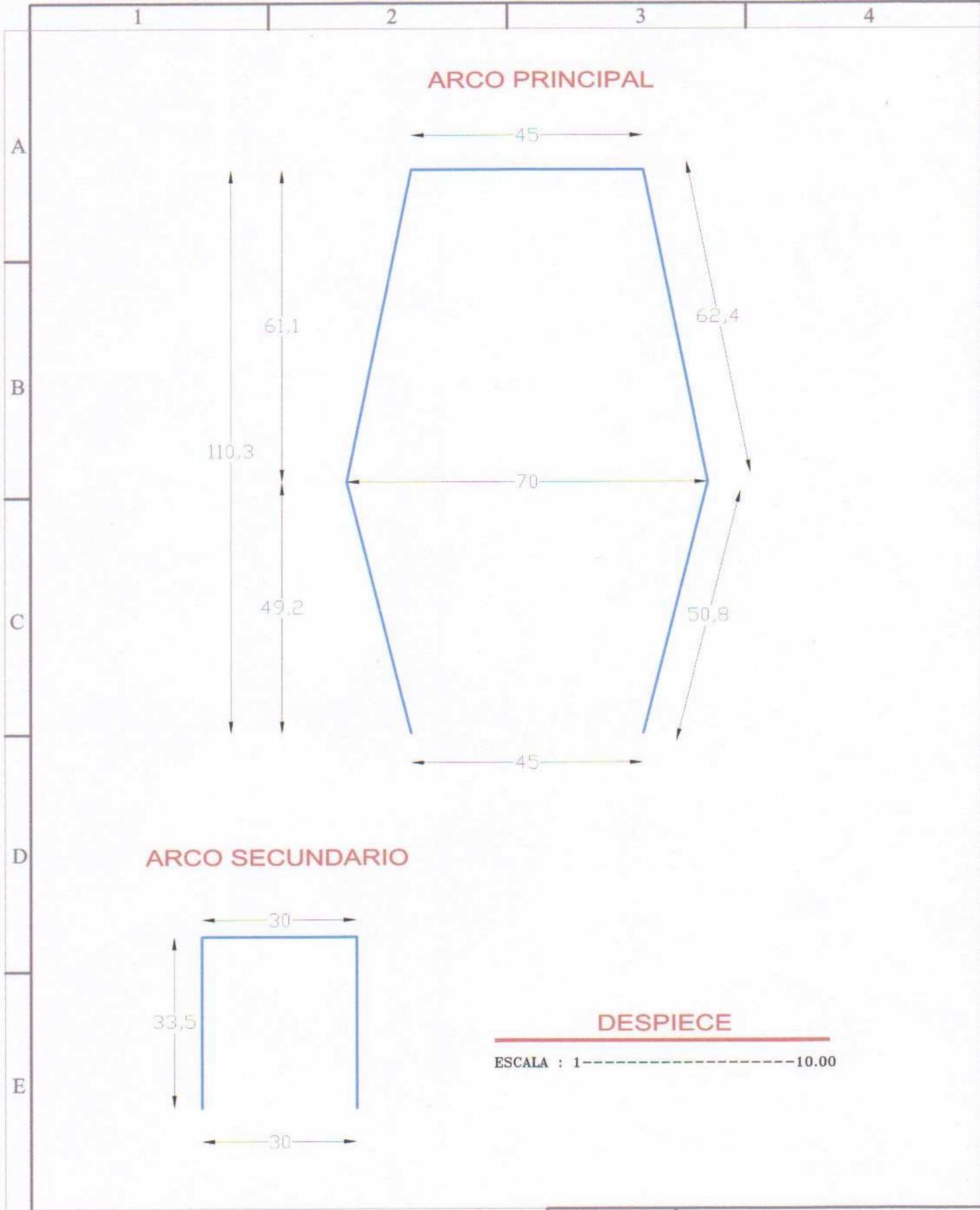
T		A		ESPOCH		E.I.A.	
Trat. Térmicos:				Escala:		DIB: A. ANDRADE - G. JARAMILLO 2009	
Recubrimientos:				Indicada medidas en (cm)		DIS: A. ANDRADE - G. JARAMILLO 10	
		Tol. Gral:				REV: ING. HIDALGO, ING. NOVILLO 15	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY							Nº 03



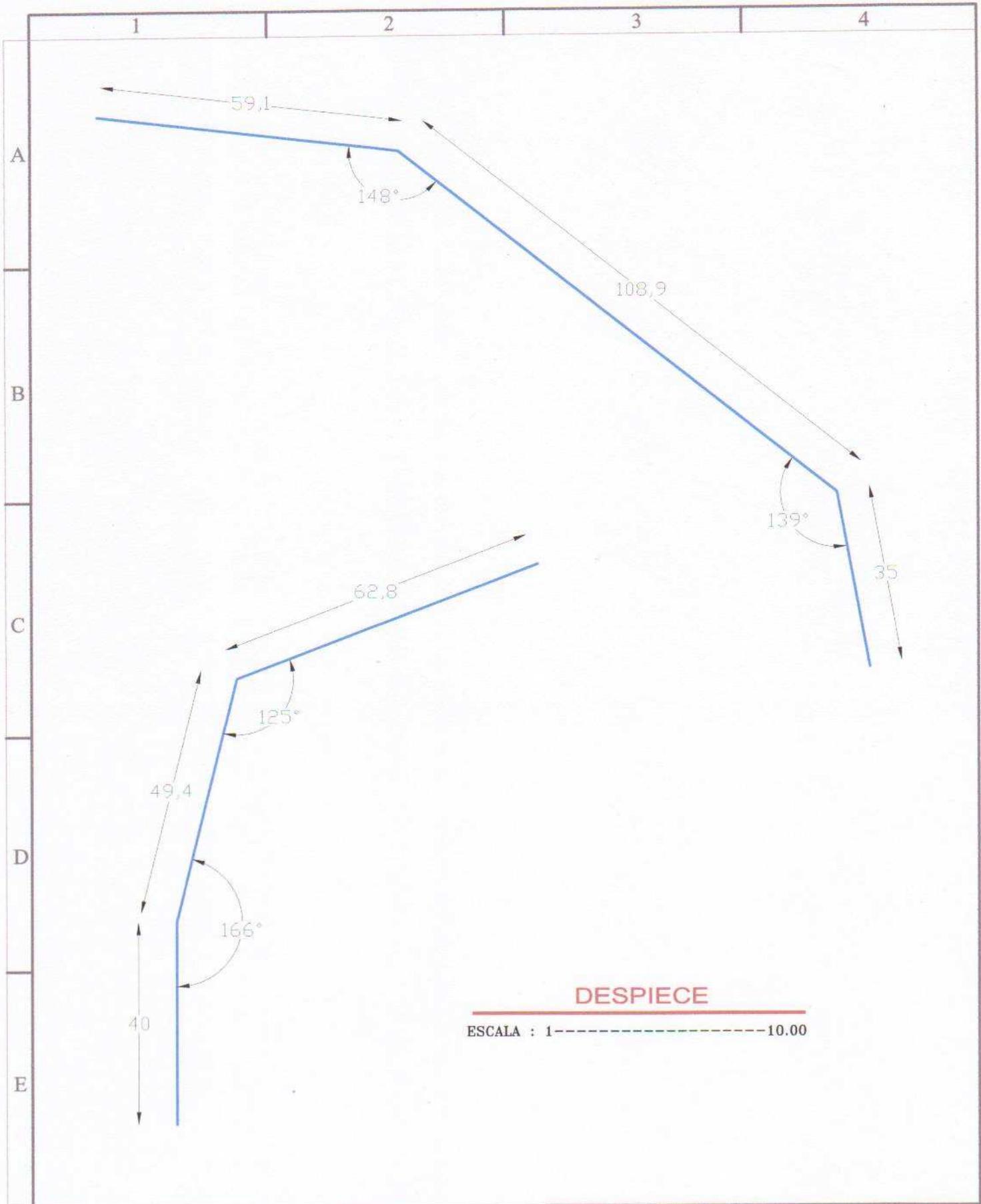
T	A		ESPOCH	E.I.A.		
Trat. Térmicos:				DIB:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	2009
Recubrimientos:				DIS:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	10
		Tol. Gral:	Escala:	REV:	ING. HIDALGO, ING. NOVILLO	15
			Indicada medidas en (cm)			
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY				Nº		04



T		A		ESPOCH	E.I.A.		
Trat. Térmicos:				Escala: Indicada medidas en (cm)	DIB:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	2009
Recubrimientos:					DIS:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	10
		Tol. Gral:			REV:	ING. HIDALGO, ING. NOVILLO	15
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY							Nº 05



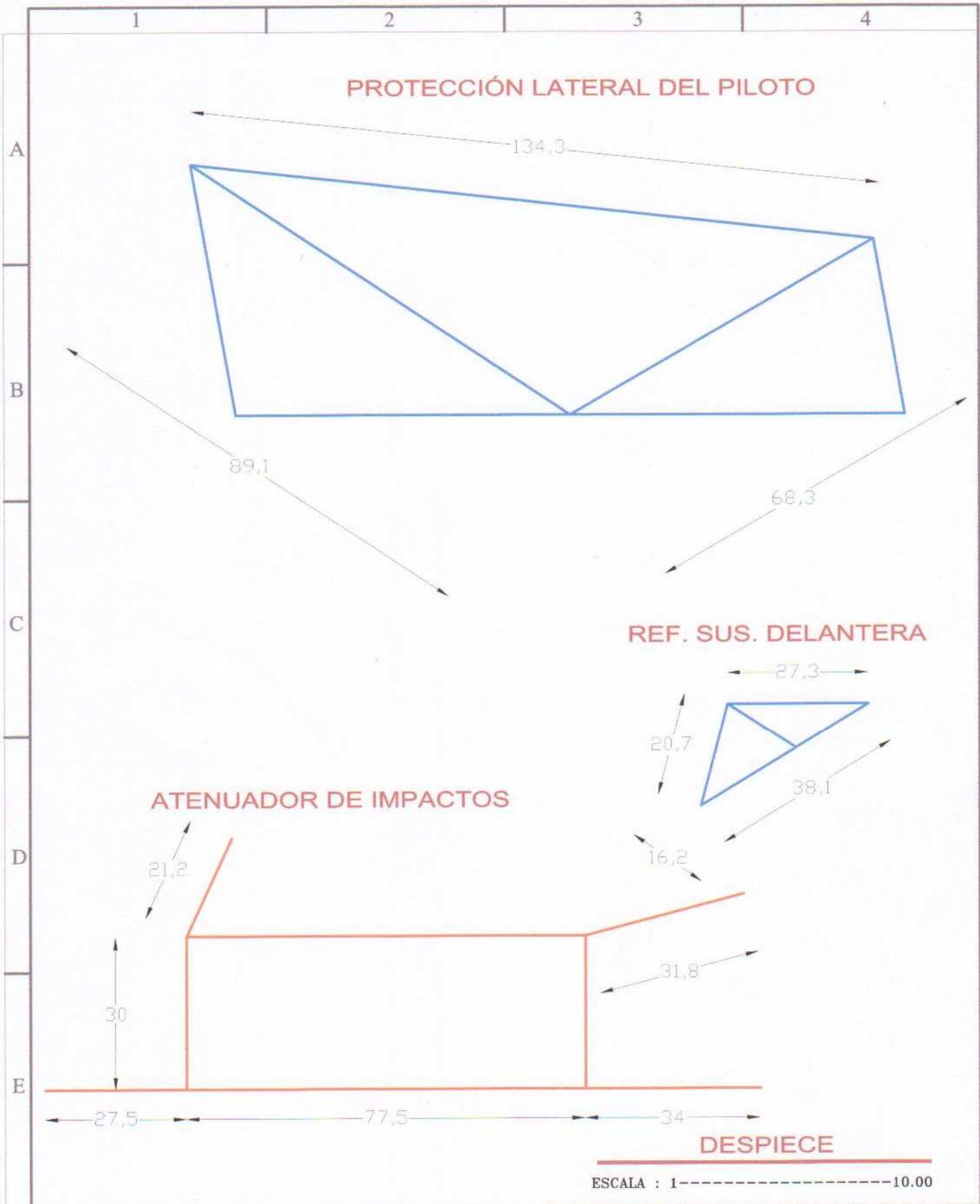
T		A		ESPOCH		E.I.A.	
Trat. Térmicos:				Escala:		DIB: A. ANDRADE - G. JARAMILLO 2009	
Recubrimientos:				Indicada medidas en (cm)		DIS: A. ANDRADE - G. JARAMILLO 10	
		Tol. Grat:				REV: ING. HIDALGO, ING. NOVILLO 01	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY							Nº 06



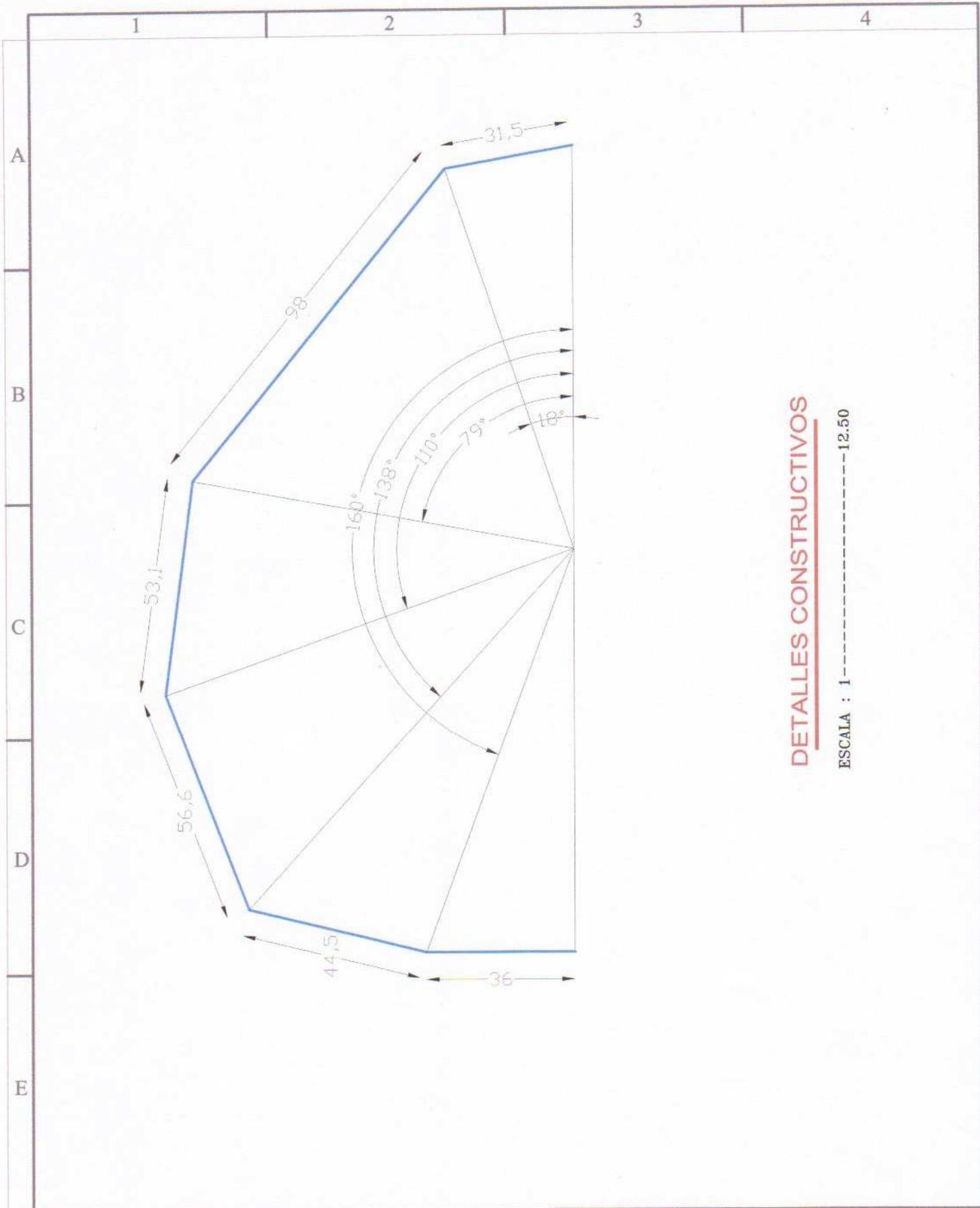
DESPIECE

ESCALA : 1-----10.00

T		A		ESPOCH		E.I.A.	
Trat. Térmicos:							
Recubrimientos:							
		Tol. Gral:		Escala:		DIB: A. ANDRADE - G. JARAMILLO 2009	
				Indicada medidas en (cm)		DIS: A. ANDRADE - G. JARAMILLO 10	
						REV: ING. HIDALGO, ING. NOVILLO 15	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY							Nº 07



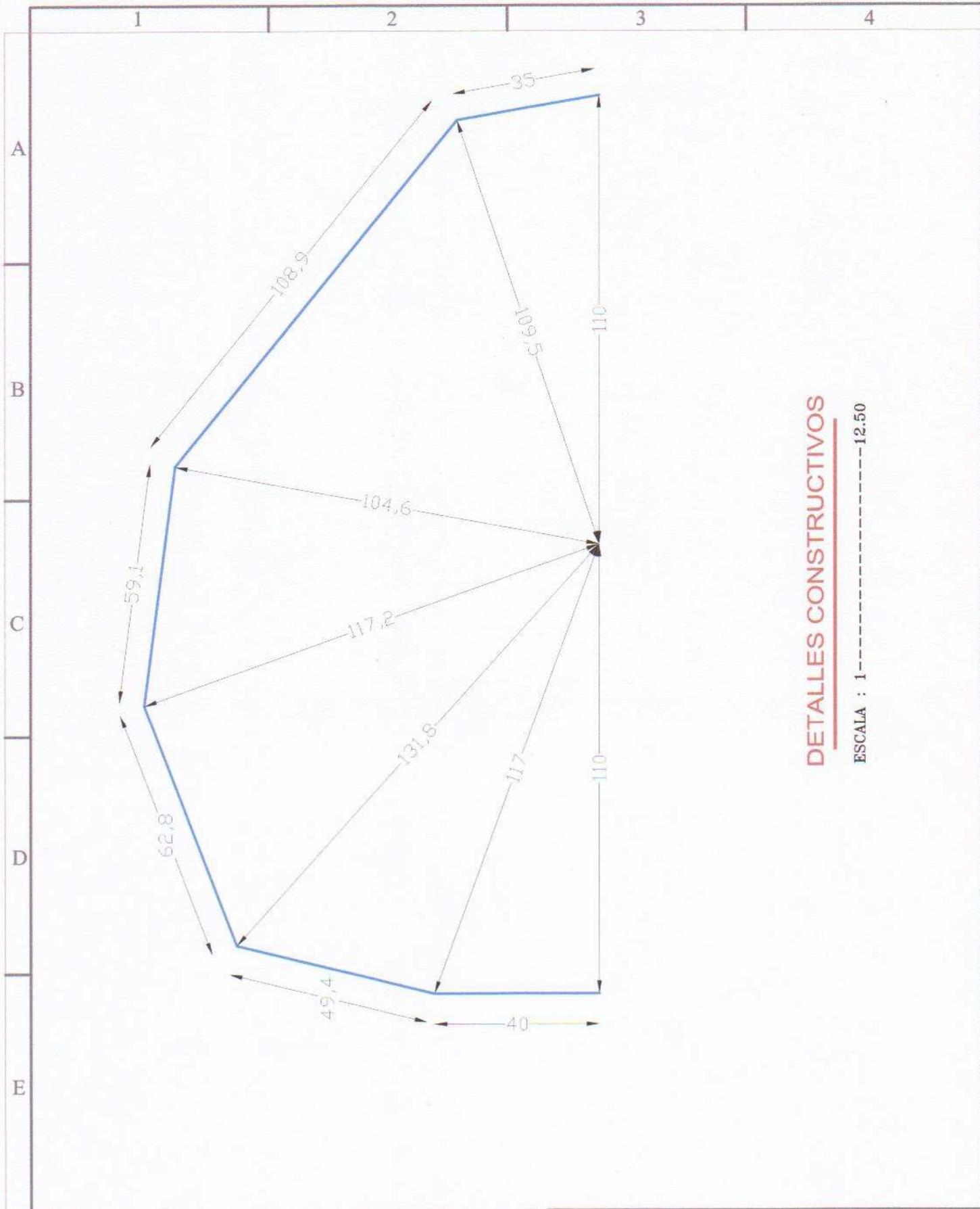
T	A	ESPOCH	E.I.A.		
Trat. Térmicos:		Escala:	DIB:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	2009
Recubrimientos:			DIS:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	10
		Tol. Gral:	REV:	ING. HIDALGO, ING. NOVILLO	01
			Indicada medidas en (cm)		
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY					Nº 08



DETALLES CONSTRUCTIVOS

ESCALA : 1-----12:50

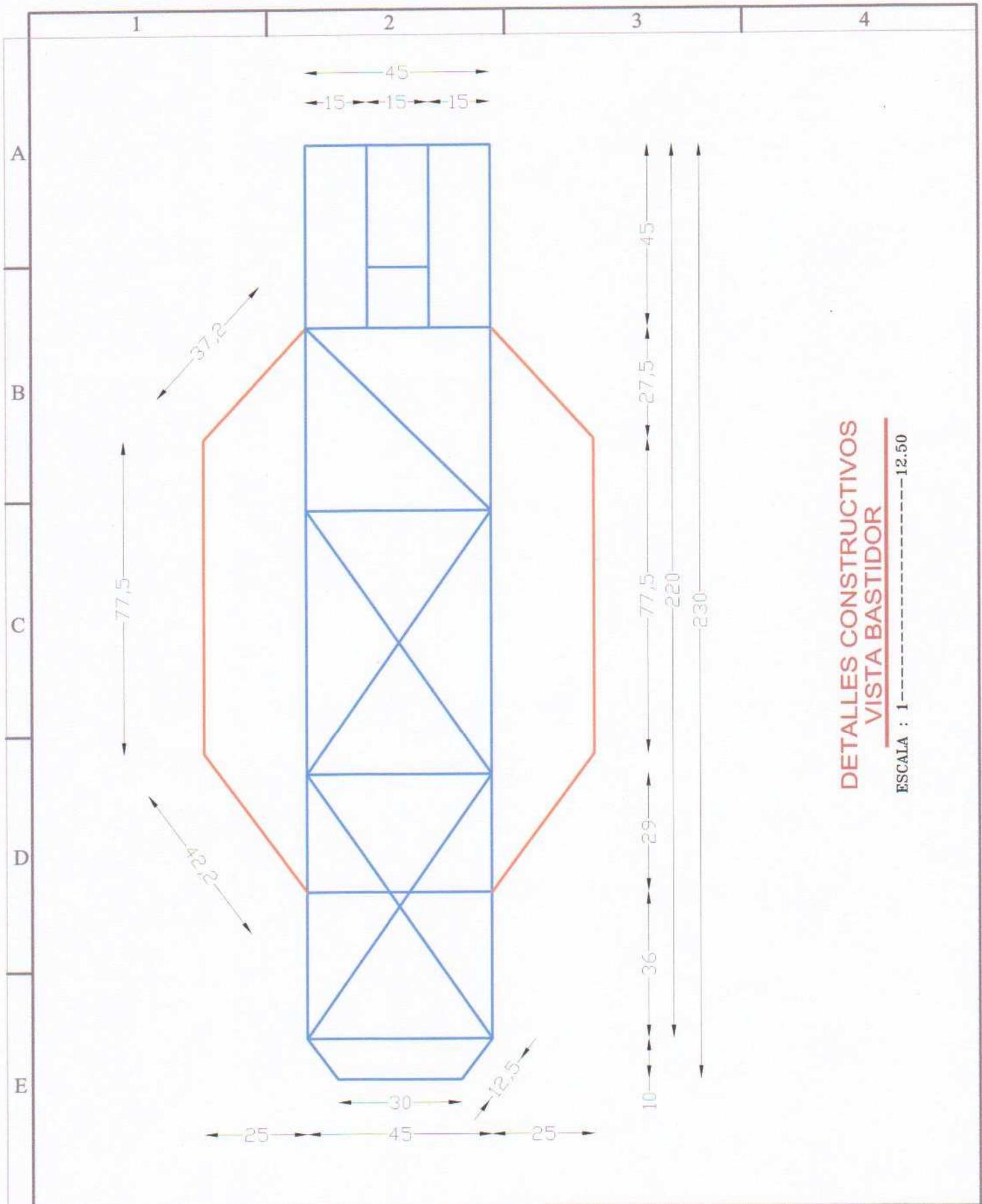
T		A		ESPOCH		E.I.A.		
Trat. Térmicos:				Escala: Indicada medidas en (cm)		DIB:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	2009
Recubrimientos:						DIS:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	10
						REV:	ING. HIDALGO, ING. NOVILLO	15
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY							Nº 09	



DETALLES CONSTRUCTIVOS

ESCALA : 1-----12.50

T		A		ESPOCH		E.I.A.	
Trat. Térmicos:				Escala:		DIB: A. ANDRADE - G. JARAMILLO 2009	
Recubrimientos:				Indicada medidas en (cm)		DIS: A. ANDRADE - G. JARAMILLO 10	
		Tol. Gral:		REV: ING. HIDALGO, ING. NOVILLO 15		Nº	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY							10



**DETALLES CONSTRUCTIVOS
VISTA BASTIDOR**

ESCALA : 1-----12.50

T	A		ESPOCH	E.I.A.		
Trat. Térmicos:			Escala: Indicada medidas en (cm)	DIB:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	2009
Recubrimientos:				DIS:	A. ANDRADE - G. JARAMILLO	10
		Tol. Gral:		REV:	ING. HIDALGO, ING. NOVILLO	15
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CHASIS VEHÍCULO TIPO BUGGY				N°		11

ANEXO 2

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO DE UN CHASIS TIPO BUGGY EN SAP2000 10.1

INTRODUCCIÓN

La corporación SAP fue fundada en 1972 y se ha desarrollado hasta convertirse en la quinta más grande compañía mundial de software. EL nombre SAP es al mismo tiempo el nombre de una empresa y el de un sistema informático. Este sistema comprende muchos módulos completamente integrados, que abarca prácticamente todos los aspectos de la ingeniería. SAP es una compañía alemana, pero opera en todo el mundo.

El programa sap2000 es uno de los software líder en la ingeniería estructural. Se pueden analizar cualquier tipo de estructuras con este programa, e incluso diseñar elemento por elemento de una manera precisa con los reglamentos más conocidos (ACI en EU, RCDF en México, EUROCODIGO en Europa, el método ASD, etc.).

Se trata de un excelente programa de cálculo estructural en tres dimensiones mediante elementos finitos. Es el descendiente de la familia SAP90, muy conocida hace algunos años. En este caso, el programa está totalmente renovado. Tal vez lo más visible sea su nueva interfaz, totalmente integrada a Windows y realmente sencilla de utilizar.

Mediante SAP2000 es posible modelar complejas geometrías, definir diversos estados de carga, generar pesos propios automáticamente, asignar secciones, materiales, así como realizar cálculos estructurales de hormigón y aceros basados, entre otras normativas, en los Eurocódigos vigentes.

Otra característica propia de SAP2000 que no tiene otros programas de elementos finitos avanzados como ADINA o ABAQUS es la capacidad de diseñar secciones. Para ello dispone de varias normas, entre ellas los EUROCÓDIGOS, LFRFD, ASTM, etc.



Figura 1: Presentación SAP2000 10.1

1. Dibujamos el chasis en AUTOCAD 3D

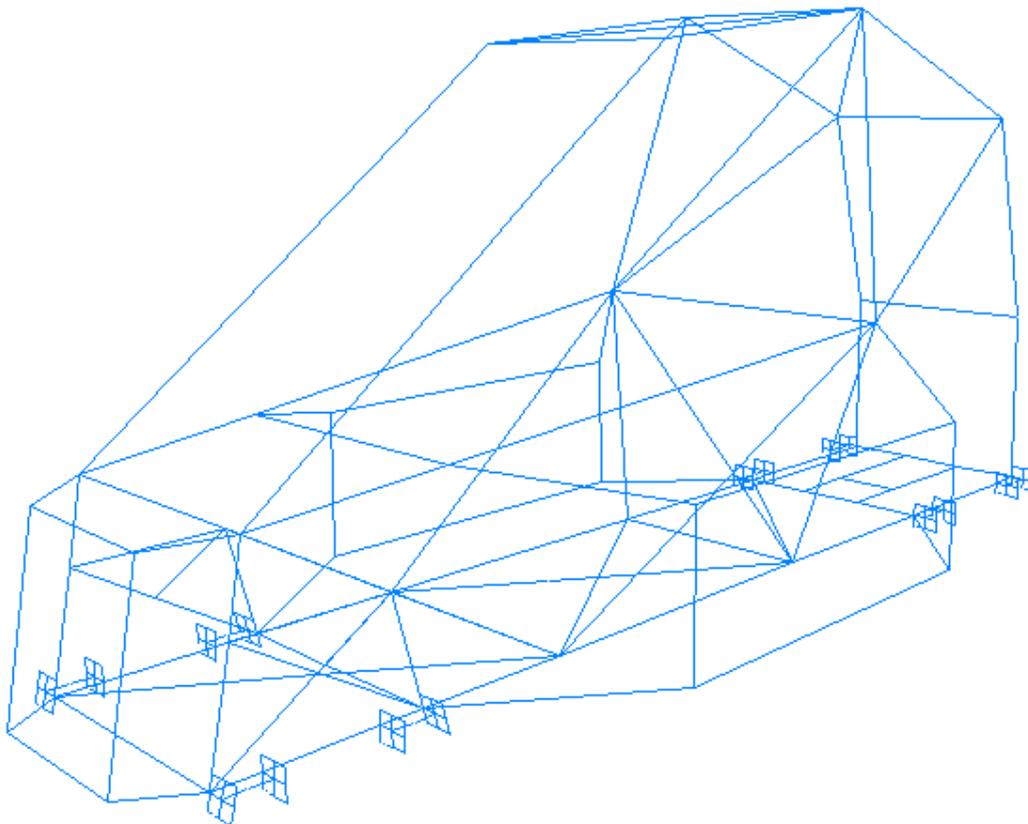


Figura 2: Estructura dibujada en AUTOCAD

2. Procedemos a guardar el archivo como: AUTO CAD 2007 DXF (*.dxf), para que sean compatibles las direcciones.

3. Abrimos el programa SAP, nos vamos al menú a la opción **File** – **Import** y seleccionamos **AutoCAD .dxf File...**.
4. Abrimos el documento ATENU-FINAL, seleccionamos las unidades con las que vamos a trabajar (ton-m).



Figura 3: Información de la importación

5. trabajamos con la capa CHASIS, que la asignamos a Frame



6. Seleccionadas estas dos ventanas tenemos importada la estructura en el SAP

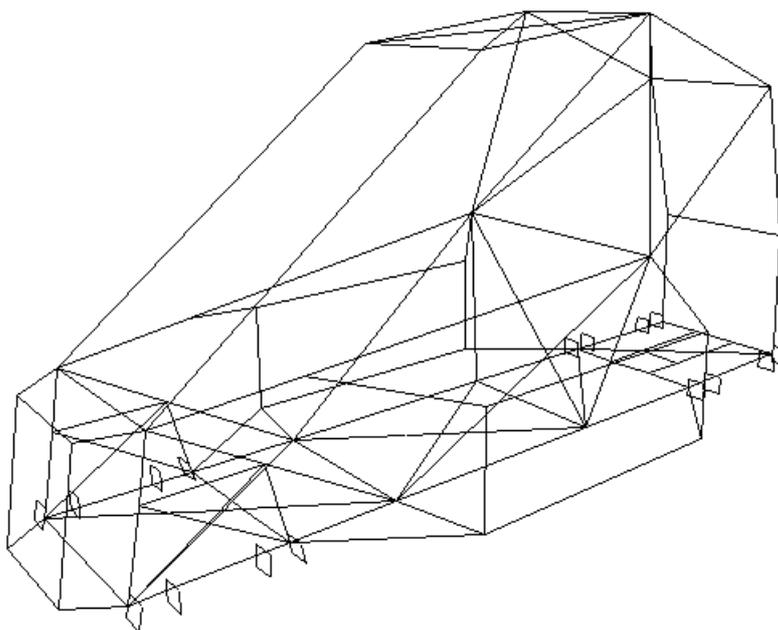


Figura 4: Figura importada del AUTOCAD

Nota1: El trabajo en SAP se divide en tres etapas fundamentales:

3. Definir :

1. Materiales
2. Secciones
3. Cargas
4. Combinaciones de carga

4. Asignar:

1. Restricciones
2. Materiales
3. Secciones
4. Cargas

7 DEFINIR:

7.1 MATERIAL

7.1.1 Barra de herramientas opción, **Define** sub opción **Materials...** y seleccionamos el tipo de material que vamos a utilizar (STEEL).

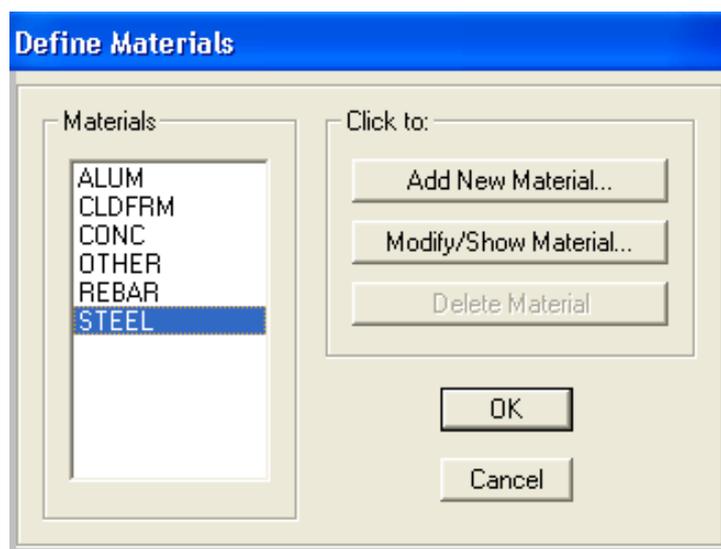


Figura 5: Esta ventana nos indica la selección del material

7.1.2 Modificamos el material de acuerdo con las especificaciones de los materiales que tenemos a nuestro medio:

$$F_y = 248,2 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_u = 400 \frac{N}{mm^2}$$

$$E = 207000 \frac{N}{mm^2}$$

Material Property Data

Material Name STEEL

Display Color Color [Color Selection]

Type of Material

Isotropic Orthotropic
 Anisotropic Uniaxial

Type of Design Design Steel

Analysis Property Data

Mass per unit Volume 7,849E-09
Weight per unit Volume 7,698E-05
Modulus of Elasticity 207000
Poisson's Ratio 0,3
Coeff of Thermal Expansion 1,170E-05
Shear Modulus 79615,38

Design Property Data (AISC-ASD01)

Minimum Yield Stress, Fy 248,2113
Minimum Tensile Stress, Fu 400

Advanced Material Property Data

Time Dependent Properties...
Material Damping Properties...
Stress-Strain Curve Definitions...

OK Cancel

Figura 6: Propiedades del material (STEEL)

7.2 AREAS (platinas)

7.2.1 Barra de herramientas opción, **Define** sub opción **Area Sections...** y creamos una nueva sección **Add New Section...** con las siguientes características:

Material: acero (steel)

Ancho: 8mm

7.3 SECCIONES TUBULARES:

7.3.1 Barra de herramientas opción  , click en la sub opción  obteniendo la pantalla Frame Properties donde definimos el tipo de sección que vamos a utilizar:

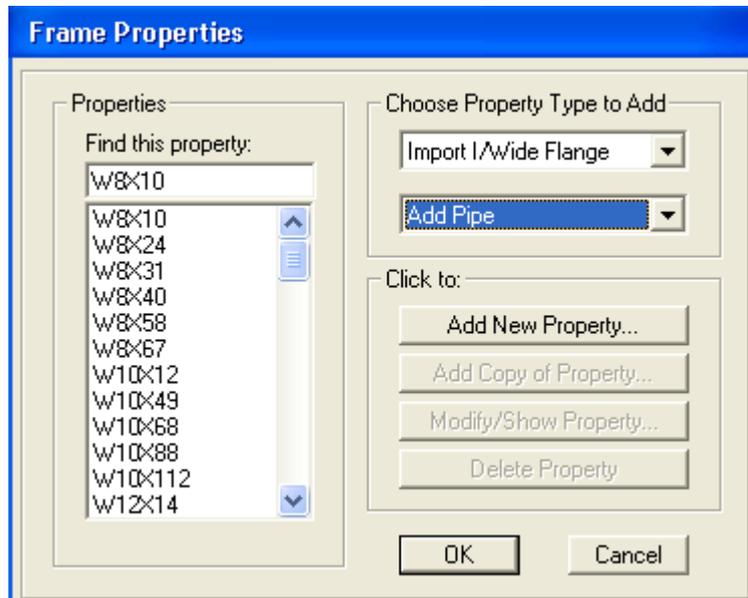


Figura 7: Indica las propiedades de los tubos

7.3.2 Seleccionamos  e ingresamos las secciones de  da una de los tubos que vamos a utilizar.

Diámetro Nominal (pulg.)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)
1	33,7	2,5
3/4	19,05	1,10
5/8	15,88	0,75

Tabla 1: Secciones tubulares utilizadas.

7.3.3 En la misma pantalla escogemos la opción  y creamos la sección buje en .

Diámetro Nominal (pulg.)	Diámetro (mm)
Buje o pasador	10

Tabla 2: Sección del buje

7.4 CARGAS

7.4.1 En la barra de herramientas **Define** sub opción **Load Cases...** damos click e ingresamos las cargas establecidas con su respectiva denominación (muerta, viva, colisión, otras) según la norma ASD y FAU de la siguiente manera:

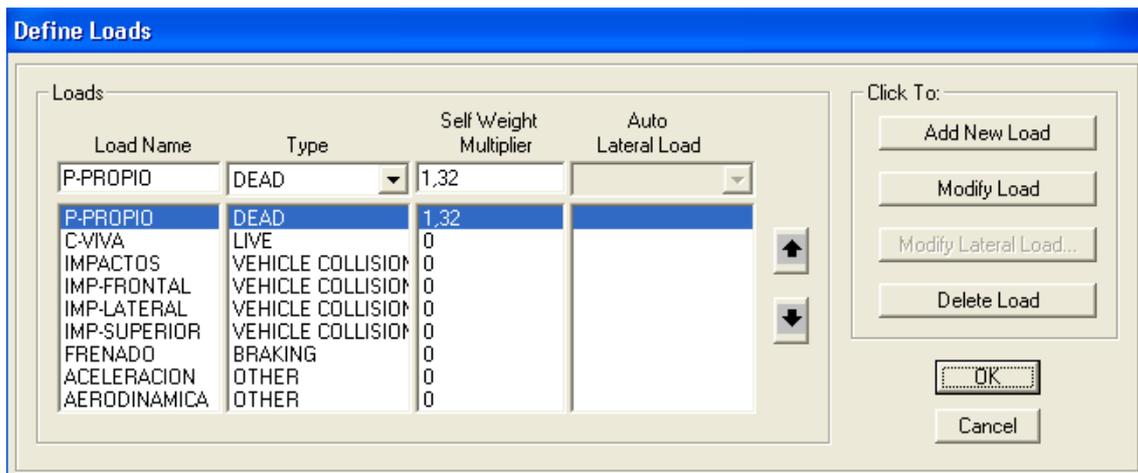


Figura 8: Presenta las cargas creadas en el programa

Nota 2: Al desconocer la distribución exacta del peso del tol que constituye la carrocería del vehículo se lo incluirá en el peso propio del vehículo mediante un factor:

Peso tol: 40

Accesorios: 60

$$\text{coeficiente} = \frac{\text{peso del tol} + \text{accesorios}}{\text{peso de la estructura}} = \frac{(40 + 60) \text{kg}}{79 \text{kg}} = 1,3$$

A este coeficiente se le debe aumentar del 2 al 3 por ciento por cuestiones de soldadura, así tenemos un valor coeficiente de:

$$\text{coeficiente} = 1,2 + (1,2 \times 0,02) = 1.32$$

7.5 COMBINACIONES DE CARGAS

Las siguientes combinaciones están dadas por el código de construcción ASD:

COMB1 = P-PROPIO

COMB2 = P-PROPIO + C-VIVA

COMB3 = P-PROPIO + C-VIVA + AERODINAMICA

COMB4 = P-PROPIO + C-VIVA + FRENADO

COMB5 = P-PROPIO + C-VIVA + FRENADO + AERODINAMICA

COMB6 = P-PROPIO + C-VIVA + ACELERACION

COMB7 = P-PROPIO + C-VIVA + ACELERACION + AERODINAMICA

COMB8 = P-PROPIO + C-VIVA + IMPACTOS

COMB9 = P-PROPIO + C-VIVA + AERODINAMICA + IMP-SUPERIOR

COMB10 = P-PROPIO + C-VIVA + ACELERACION + IMP-FRONTAL

COMB11= P-PROPIO + C-VIVA + FRENADO + AERODINAMICA + IMP-LATERAL

Ingreso de combinaciones combinaciones:

7.5.1 Barra de herramientas **Define** luego damos click en **Combinations...** obteniendo la pantalla:

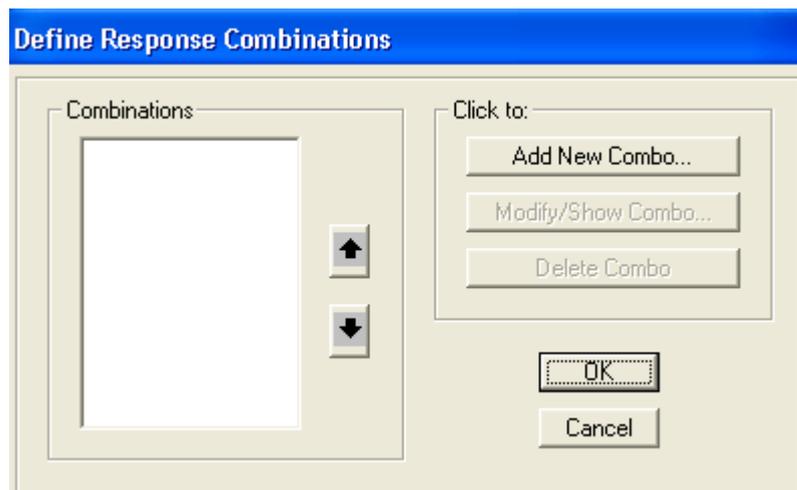


Figura 9: Creación de la combinaciones

7.5.2 Hacemos click en el botón **Add New Combo.** para establecer las combinaciones de carga. Ejemplo COMBO 6:

Case Name	Case Type	Scale Factor
ACELERACI	Linear Static	1.
P-PROPIO	Linear Static	1.
C-VIVA	Linear Static	1.
ACELERACION	Linear Static	1.

Figura 10: Ingreso de las cargas que conforman los combos

Al ingresar todas las combinaciones el programa muestra la siguiente pantalla:

Figura 11: Combinaciones de carga creadas

8 ASIGNAR

8.1 ÁREAS (PLATINAS)

8.1.1 Establecemos cuales son las áreas de la estructura con el botón

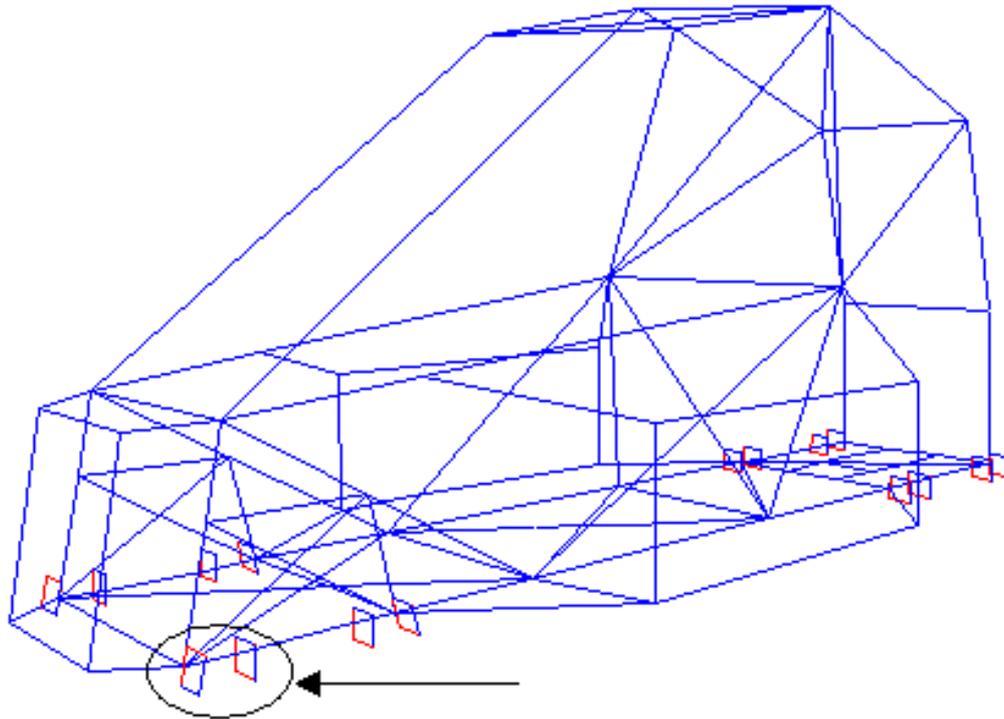


Figura 12: Indica que las áreas seleccionadas resaltan de color rojo.

8.1.2 Marcamos las áreas en la estructura.

8.1.3 Para asignar el área, menú principal **A**ssign , click en **A**rea .

8.1.4 Continuamos con la opción **S**ections... obteniendo de esta manera la pantalla AREA SECTIONS de la cual escogemos PLATINA y aceptamos.

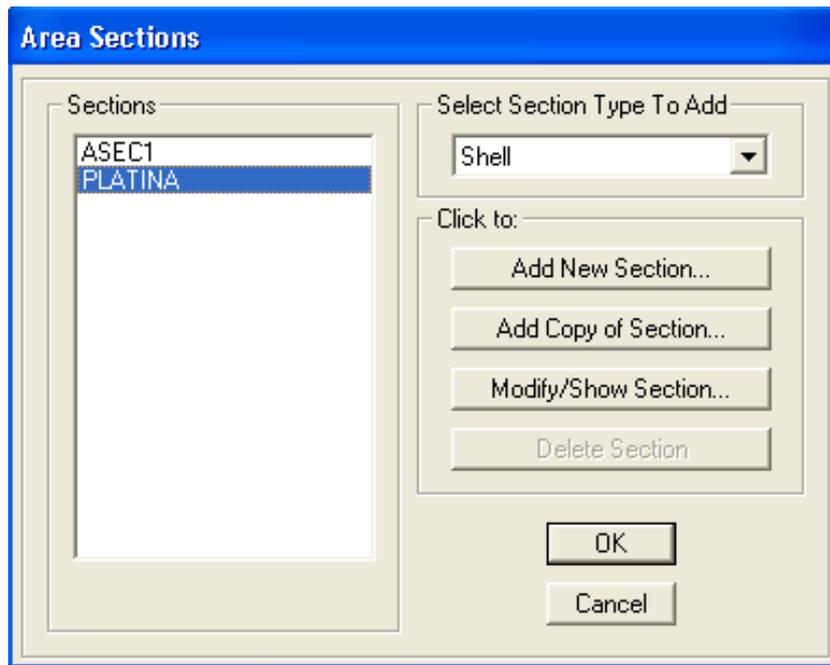


Figura 13: Las áreas seleccionadas son asignadas como PLATINA.

Quedando cada área seleccionada de la siguiente manera:

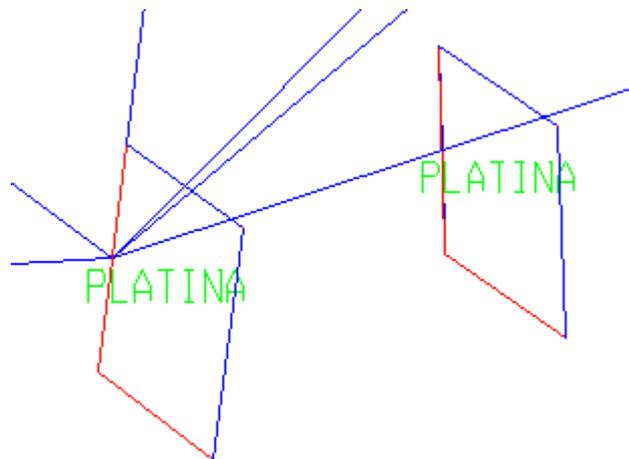


Figura 14: Áreas asignadas.

Nota3: Para tener un estudio más real del comportamiento de las platinas y la estructura se las procede a dividir y unir los centros de las platinas mediante una línea, esta línea que une las platinas viene a ser el perno o buje que conecta la suspensión con la carrocería, este proceso se lo realizamos en todas las platinas.

8.1.5 Damos click en cada una de las platinas

8.1.6 A continuación vamos a la menú principal **Edit**, damos click en **Divide Areas...**, y dividimos en 4 partes cada platina.

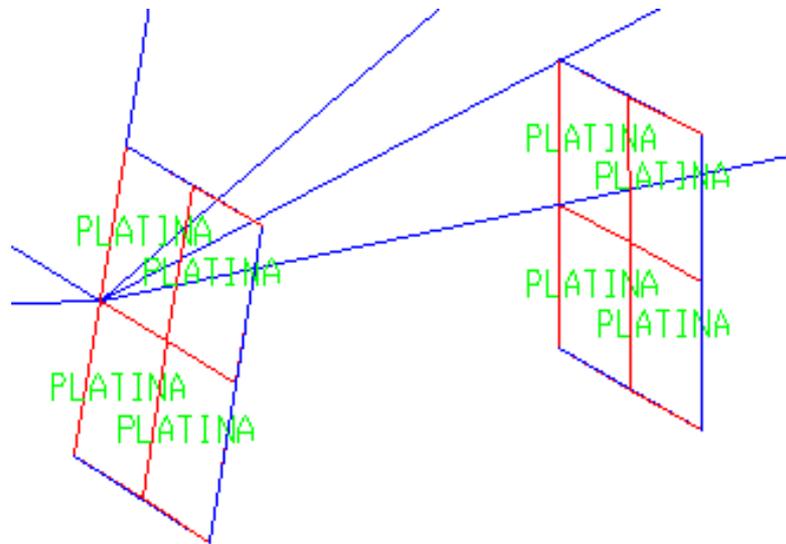


Figura 15: Platinas divididas en 4 partes.

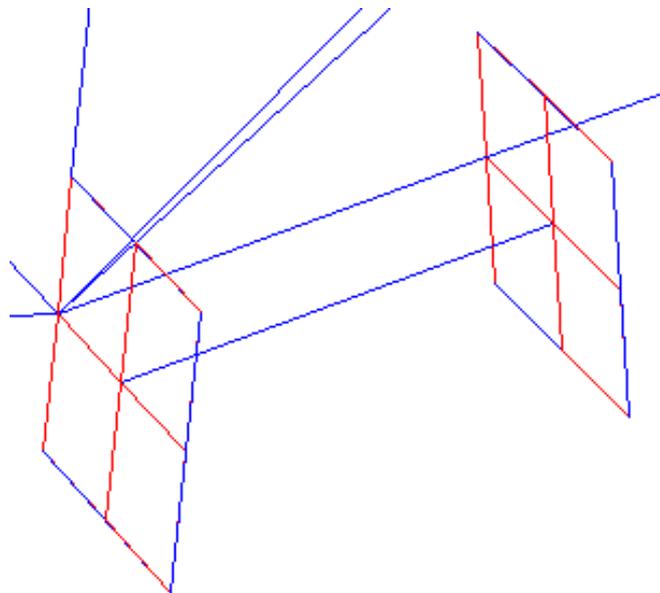


Figura 16: Unión de las platinas por el buje.

8.2 SECCIONES TUBULARES

SECCIONES.- Las secciones ya creadas se asignan de forma específica en las diferentes barras de la estructura de la siguiente manera:

8.2.1 CHASIS (TUBO1)

8.2.1.1 Marcamos las barras que correspondan al TUBO1

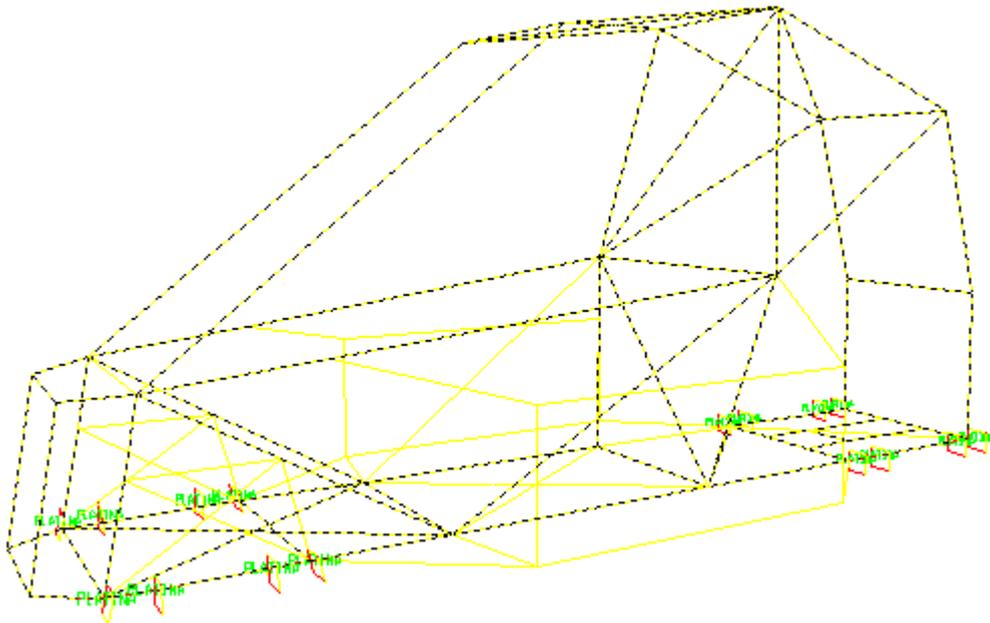


Figura 17: Elementos seleccionados (TUBO1)

8.2.1.2 Barra de herramientas **Assign**, nos dirigimos a **Frame/Cable/Tendon**.

8.2.1.3 Luego damos click en **Frame Sections...** y tenemos la pantalla **FRAME PROPERTIES** y asignamos a las elementos marcados la sección TUBO1, (OK).

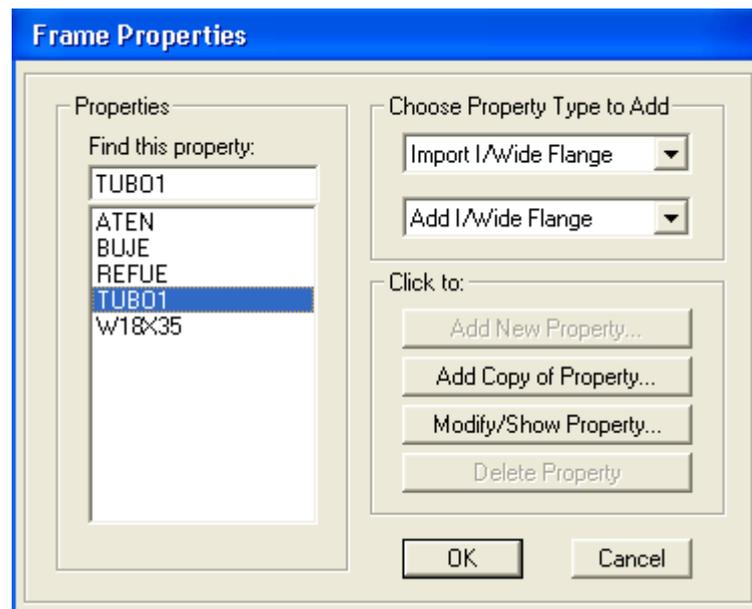


Figura 18: Asignación de la sección TUBO1

8.2.2 ATENUADORES DE IMPACTO (ATEN)

8.2.2.1 Marcamos las barras que correspondan al atenuador:

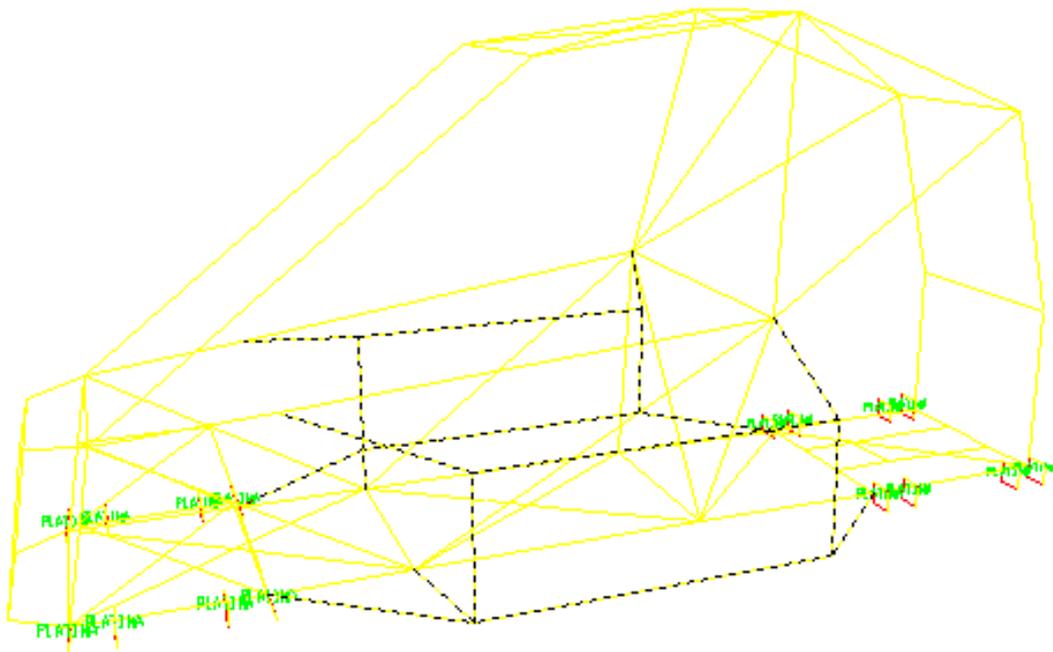


Figura 19: Elementos seleccionados (ATEN)

8.2.2.2 Barra de herramientas **Assign**, nos dirigimos a **Frame/Cable/Tendon**

8.2.3.2 Barra de herramientas **Assign**, nos dirigimos a **Frame/Cable/Tendon**

8.2.3.3 Damos click en **Frame Sections...** y obteniendo la pantalla **FRAME PROPERTIES**, donde seleccionamos **REFUERZO** y damos click en **OK** para asignar.

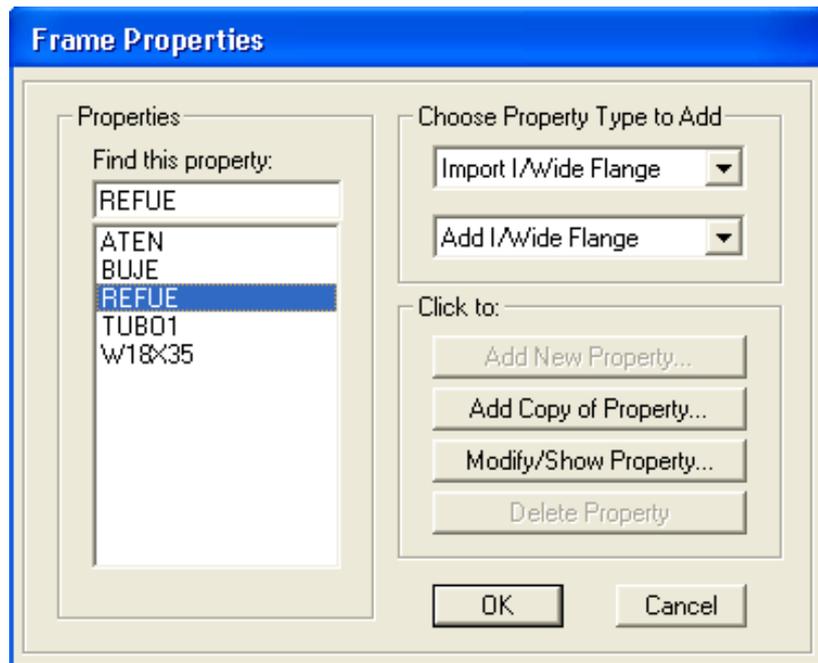


Figura 22: Asignación de la sección REFUE

8.2.4 BUJE O PASADOR

8.2.4.1 Marcamos las barras que correspondan al BUJE

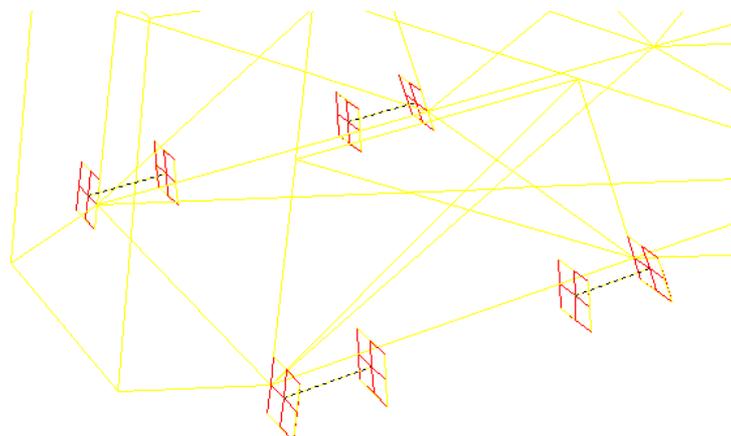


Figura 23: Elementos seleccionados BUJE

8.2.4.2 Del menú principal seleccionamos **Assign**, nos dirigimos a **Frame/Cable/Tendon** luego click en **Frame Sections...** y seleccionamos de la pantalla **FRAME PROPERTIES** la sección **BUJE**, click en **OK** para asignar.

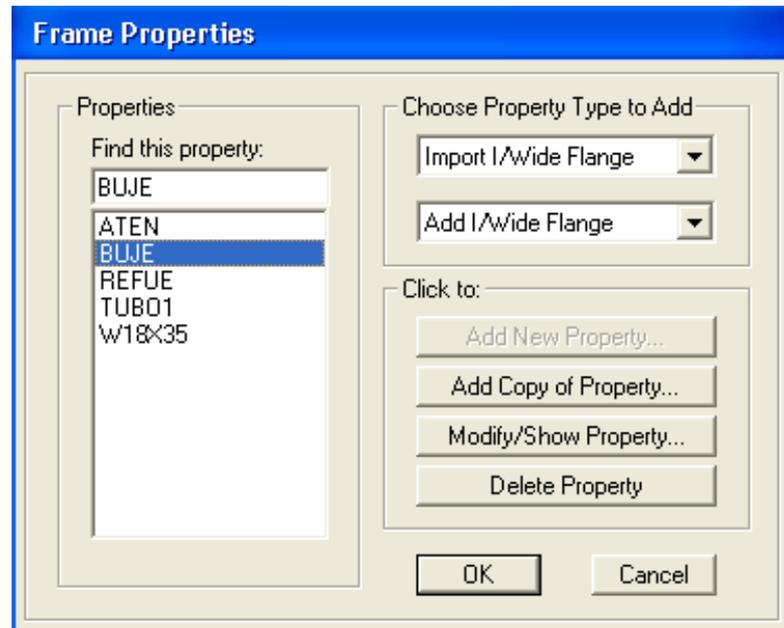


Figura 24: Asignación de la sección BUJE

Una vez realizado estos procesos la estructura nos queda de la siguiente manera:

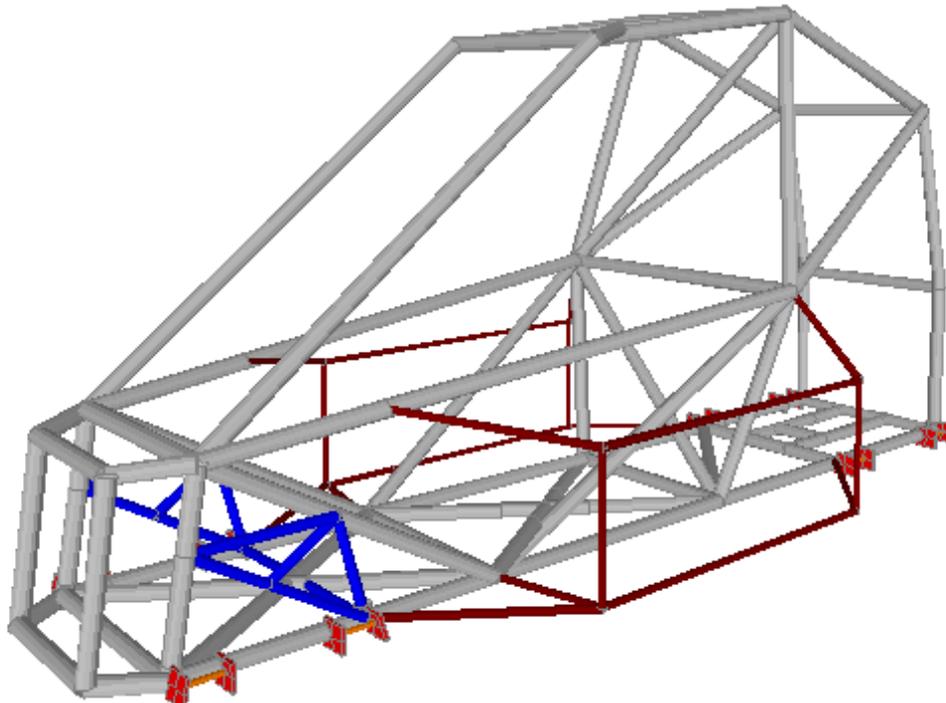


Figura 25: Nos muestra la estructura con sus respectivas secciones de tubo que fueron asignadas

8.3 RESTRICCIONES:

Las restricciones están colocadas en las platinas y en el pasador, estas restricciones simulan el movimiento que tiene la suspensión es decir el movimiento de rotación de arriba – abajo o de abajo hacia arriba.

8.3.1 Seleccionamos los nudos para colocar las restricciones

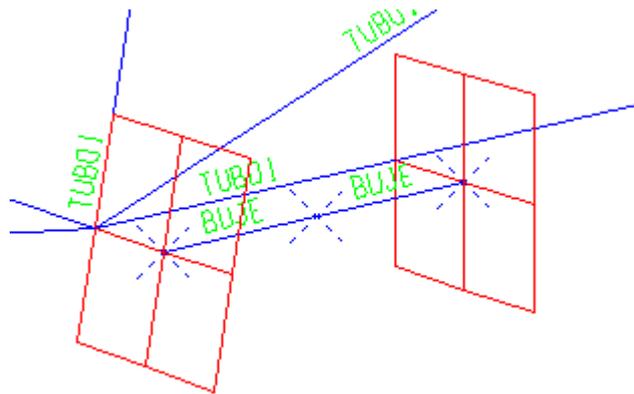


Figura 26: Selección de los puntos a ser restringidos

8.3.2 Nos ubicamos en la barra de herramientas **Assign**, click en **Joint**, y por ultimo en la sub. opción **Restraints...**.

8.3.3 En esta ventana restringimos todo movimiento excepto la rotación de arriba hacia abajo:



Figura 27: La pantalla joint restraints nos indica que movimientos son restringidos.

Las restricciones se las puede observa en la siguiente figura:

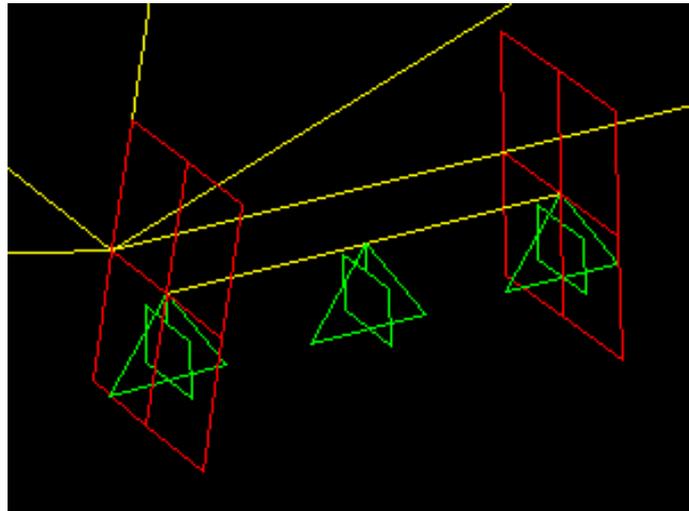


Figura 28: Puntos restringidos

8.4 CARGAS:

Las cargas van a ser consideradas puntuales aplicándose de esta manera en los nudos.

8.4.1 CARGA DE IMPACTOS (IMPACTOS)

Esta carga es considerada en el peor de los casos cuando un vehículo sufre un accidente, se la llama carga de impactos ya que se aplican las fuerzas producidas por un choque frontal, lateral y superior al mismo tiempo.

El ingreso de la carga de impactos se realiza de forma individual primero la carga producida por el impacto frontal, luego el impacto lateral y finalmente la carga por impacto superior de la siguiente forma:

- Seleccionamos los puntos donde van a actuar las fuerzas.
- Menú principal **A**ssign , click en **J**oint Loads y seleccionamos **F**orces...
- Se selecciona la fuerza que vamos a aplicar del casillero Load Case Name y escogemos IMPACTOS:
- Ingresamos el valor y la dirección de la carga.

	NOMBRE DE LA CARGA	NUDOS SELECCIONADOS	CARGA	DIRECCIÓN
IMP. FRONTAL	IMPACTOS	8	0,340	+X
IMP. LATERAL	IMPACTOS	12	0,134	+Y
IMP. SUPERIOR	IMPACTOS	9	0,090	-Z

Tabla 3 : valores de las fuerzas que intervienen en la carga de impactos

IMPACTO FRONTAL

The screenshot shows the 'Joint Forces' dialog box. The 'Load Case Name' is set to 'IMPACTOS'. The 'Units' are set to 'Ton, mm, C'. The 'Coordinate System' is set to 'GLOBAL'. Under the 'Loads' section, 'Force Global X' is set to '0,34', while 'Force Global Y', 'Force Global Z', 'Moment about Global X', 'Moment about Global Y', and 'Moment about Global Z' are all set to '0'. In the 'Options' section, the 'Replace Existing Loads' radio button is selected. The 'OK' and 'Cancel' buttons are visible at the bottom.

Figura 29: Ingreso del valor de la fuerza de impacto.

IMPACTO LATERAL

The screenshot shows the 'Joint Forces' dialog box. The 'Load Case Name' is set to 'IMPACTOS'. The 'Units' are set to 'Ton, mm, C'. The 'Coordinate System' is set to 'GLOBAL'. Under the 'Loads' section, 'Force Global Y' is set to '0,134', while 'Force Global X', 'Force Global Z', 'Moment about Global X', 'Moment about Global Y', and 'Moment about Global Z' are all set to '0'. In the 'Options' section, the 'Replace Existing Loads' radio button is selected. The 'OK' and 'Cancel' buttons are visible at the bottom.

Figura 30: Ingreso del valor de la fuerza de impacto lateral.

IMPACTO SUPERIOR

Joint Forces

Load Case Name: IMPACTOS Units: Ton, mm, C

Loads:

Force Global X	0,
Force Global Y	0
Force Global Z	-0,09
Moment about Global X	0,
Moment about Global Y	0,
Moment about Global Z	0,

Coordinate System: GLOBAL

Options:

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Cancel

Figura 31: Ingreso del valor de la fuerza de impacto superior.

Ya ingresadas las fuerzas en el programa, estas deben quedar de la siguiente manera:

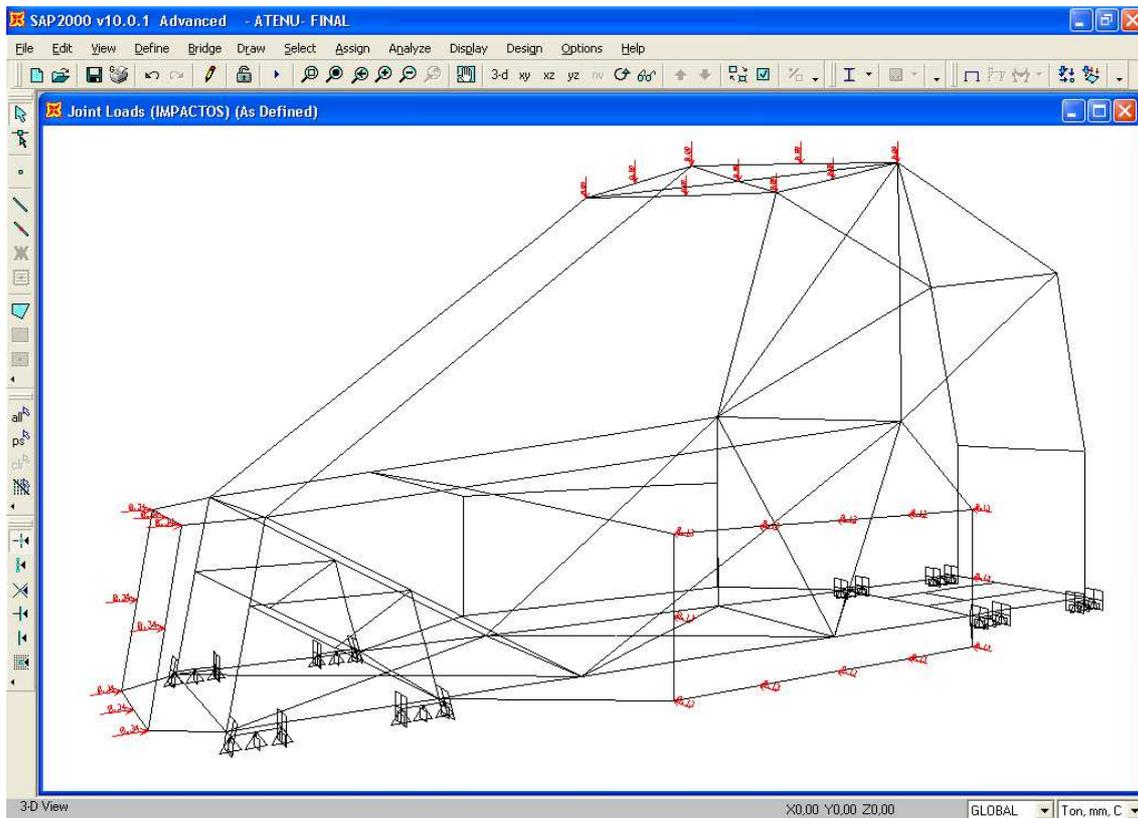


Figura 32: Impacto frontal, lateral y superior al mismo tiempo

8.4.2 FUERZA DE ACELERACION:

Realizamos los siguientes pasos:

- Seleccionamos los puntos.
- Barra de herramientas **A**ssign , click en **J**oint Loads y seleccionamos **F**orces...
- Se selecciona la fuerza que vamos a aplicar del casillero Load Case Name (ACELERACION) **L**oad Case Name ACELERACION
- De acuerdo con los cálculos obtenidos la fuerza producida por la aceleración es de 0.00076 Ton que es asignada a todos los puntos de la estructura, excepto a los shell (platina) en sentido negativo del eje X.

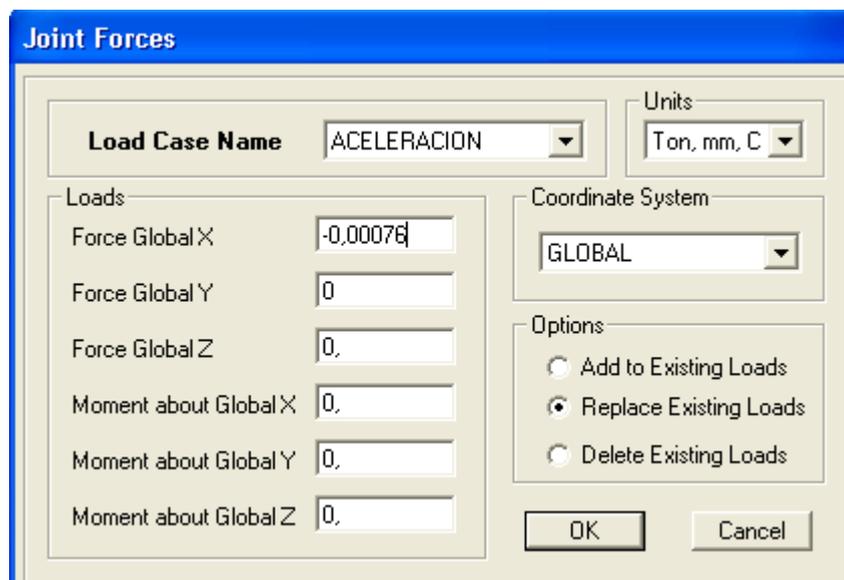


Figura 33: Ingreso de la fuerza de aceleración.

Gráficamente la fuerza de aceleración debe quedarnos de la siguiente manera:

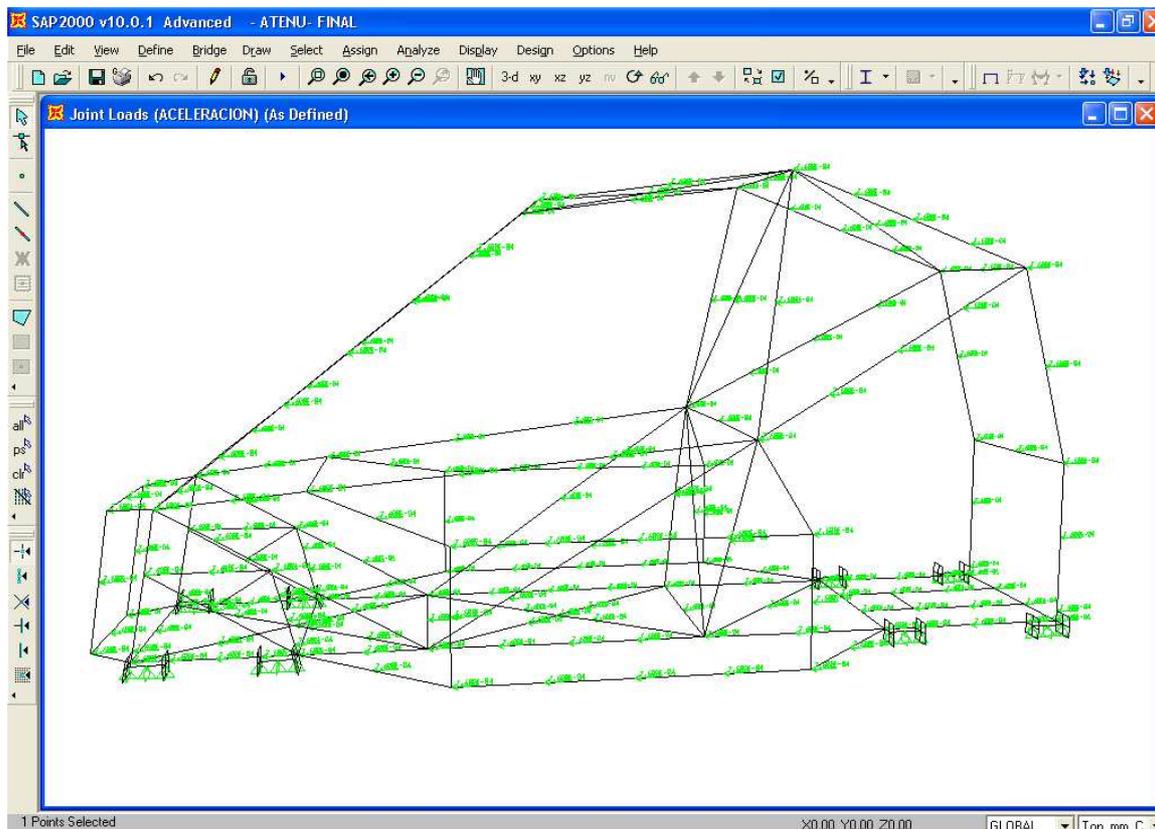


Figura 34: Fuerzas de aceleración

8.4.3 FUERZA DE AERODINAMICA:

La fuerza aerodinámica se ingresa de la siguiente manera:

- Seleccionamos los puntos:
- Barra de herramientas **Assign** , click en **Joint Loads** y seleccionamos **Forces...** .
- Se selecciona la fuerza que vamos a aplicar del casillero Load Case Name (AERODINAMICA) **Load Case Name** **AERODINAMICA** ▼
- De acuerdo con los cálculos obtenidos la fuerza producida por el aire es de 0.0003 Ton asignada en 49 nodos en dirección positiva del eje X.

Joint Forces

Load Case Name: AERODINAMICA

Units: Ton, mm, C

Loads:

Force Global X: 0,0003

Force Global Y: 0

Force Global Z: 0,

Moment about Global X: 0,

Moment about Global Y: 0,

Moment about Global Z: 0,

Coordinate System: GLOBAL

Options:

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

OK Cancel

Figura 35: Ingreso de la fuerza aerodinámica.

Gráficamente la fuerza de aceleración debe quedarnos de la siguiente manera:

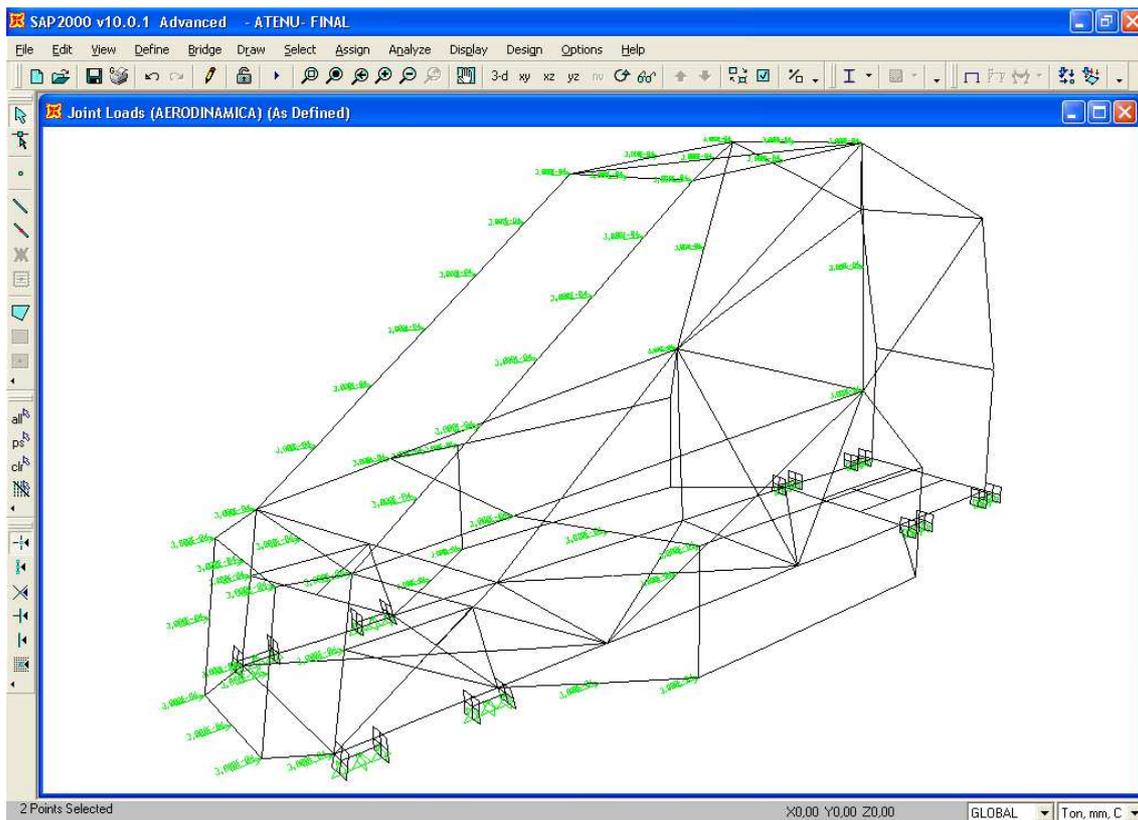


Figura 36: Fuerzas de aceleración.

8.4.4 FUERZA DE FRENADO

Para el ingreso de la fuerza de frenado realizamos:

- Seleccionamos los puntos:
- Barra de herramientas **Assign** , click en **Joint Loads** y seleccionamos **Forces...** .
- Se selecciona la fuerza que vamos a aplicar del casillero Load Case Name (FRENADO) **Load Case Name** FRENADO
- De acuerdo con los cálculos obtenidos la fuerza producida por el frenado del auto y trasferida hacia todos los nodos de la estructura menos a los nodos que poseen restricciones (platinas) en dirección negativa del eje de las X.

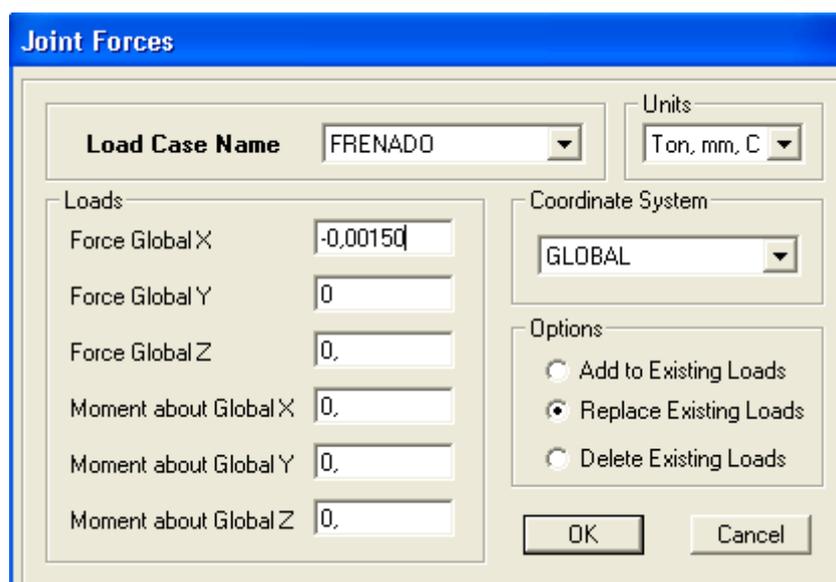


Figura 37: Ingreso de la fuerza de frenado.

Gráficamente nos queda:

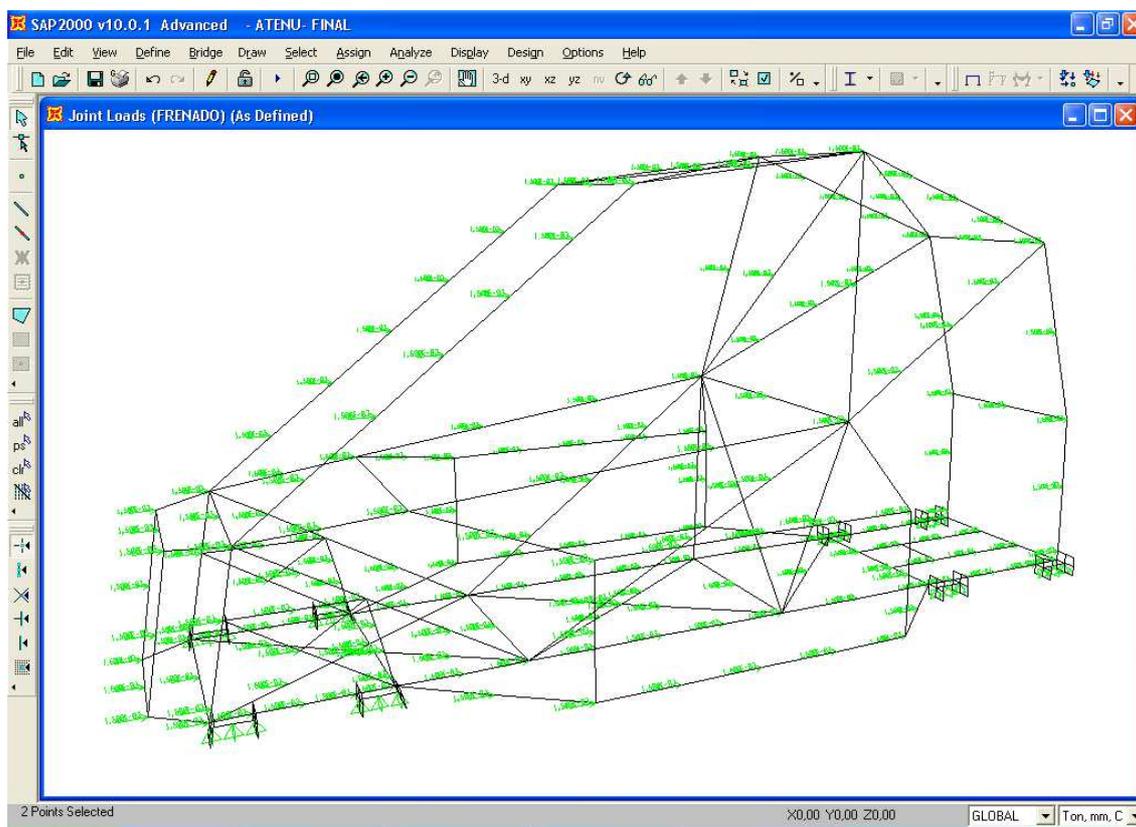


Figura 38: Fuerzas de frenado.

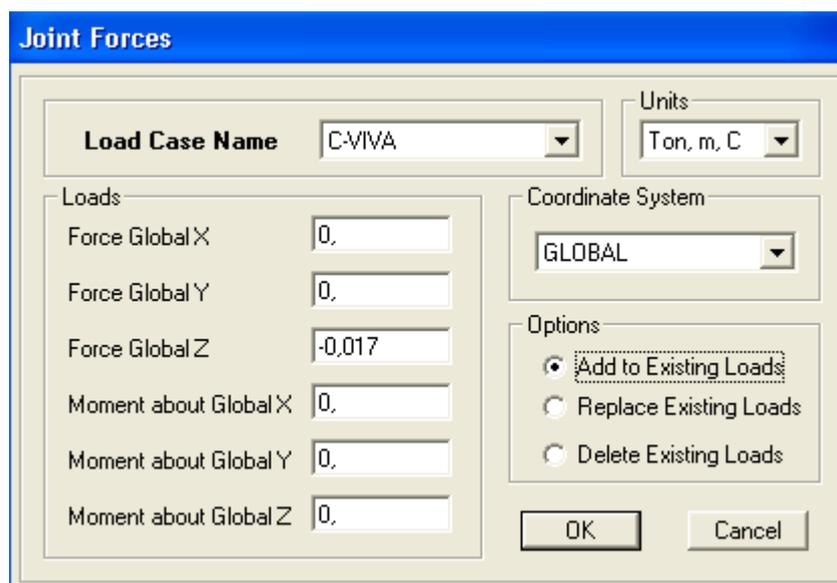
8.4.5 CARGA VIVA:

La carga viva es considerada el peso de la persona incluido el asiento:

$75kg + 10kg = 85kg$, y el peso del motor, el ingreso de estas cargas se lo realiza independientemente, con el cuidado de seleccionar añadir en la ventana de JOINT FORCES, de la siguiente manera:

- Seleccionamos los puntos:
- Barra de herramientas **Assign**, click en **Joint Loads** y seleccionamos **Forces...**.
- Se selecciona la fuerza que vamos a aplicar del casillero Load Case Name (C-VIVA) **Load Case Name**
- La fuerza de 0.085ton correspondiente al peso de la persona más el peso del asiento del vehículo es dividida para los cinco puntos aplicándose de esta manera 0.017ton en cada punto en sentido negativo del eje de las Z.

Persona:

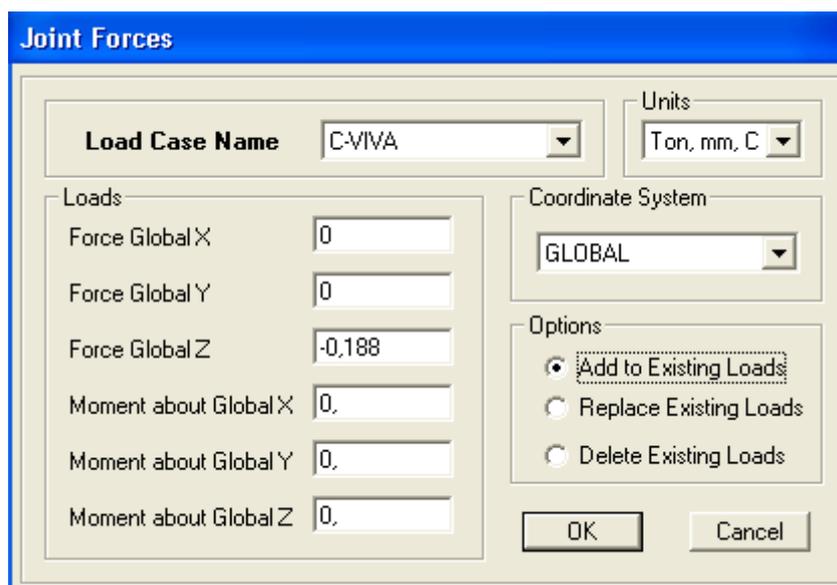


The 'Joint Forces' dialog box is shown with the following settings:

- Load Case Name:** C-VIVA
- Units:** Ton, m, C
- Coordinate System:** GLOBAL
- Options:** Add to Existing Loads (selected), Replace Existing Loads, Delete Existing Loads
- Loads:**
 - Force Global X: 0,
 - Force Global Y: 0,
 - Force Global Z: -0,017
 - Moment about Global X: 0,
 - Moment about Global Y: 0,
 - Moment about Global Z: 0,

Figura 39: Ingreso de la carga viva (piloto).

Motor:



The 'Joint Forces' dialog box is shown with the following settings:

- Load Case Name:** C-VIVA
- Units:** Ton, mm, C
- Coordinate System:** GLOBAL
- Options:** Add to Existing Loads (selected), Replace Existing Loads, Delete Existing Loads
- Loads:**
 - Force Global X: 0
 - Force Global Y: 0
 - Force Global Z: -0,188
 - Moment about Global X: 0,
 - Moment about Global Y: 0,
 - Moment about Global Z: 0,

Figura 40: Ingreso de la carga viva (motor).

Quedándonos de la siguiente manera:

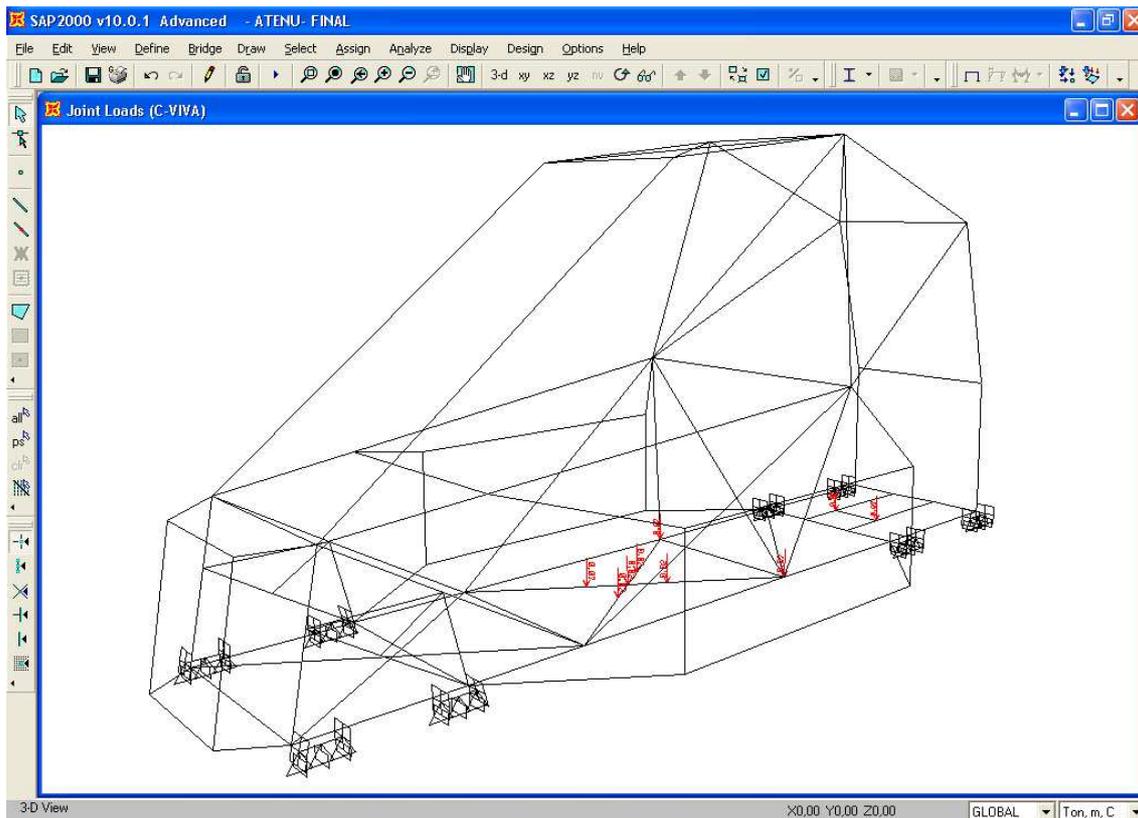


Figura 41: Ubicación de la carga viva.

8.4.6 CARGA DE IMPACTO FRONTAL

- Seleccionamos los puntos a aplicar la fuerza.

- Barra de herramientas **Assign**, click en **Joint Loads** y seleccionamos **Forces...**

- Se selecciona la fuerza que vamos a aplicar del casillero Load Case Name (IMP-FRONTAL): **Load Case Name**

- De acuerdo con los cálculos obtenidos la fuerza producida por el choque frontal es de 0.34 Ton que es asignada a cada uno de los nodos marcados en sentido positivo del eje de las X.

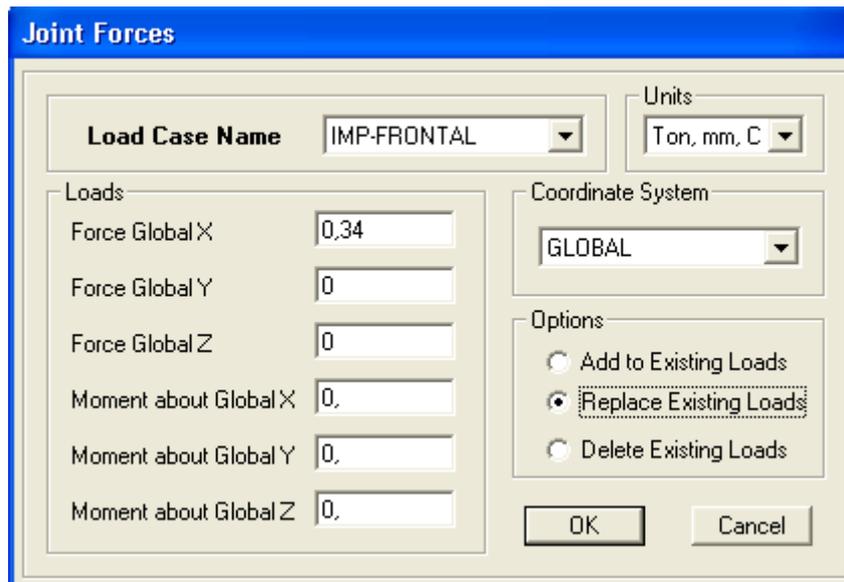


Figura 42: Ingreso de las fuerzas de impacto frontal.

Ingresada la carga frontal las fuerzas quedan ubicadas de la siguiente manera:

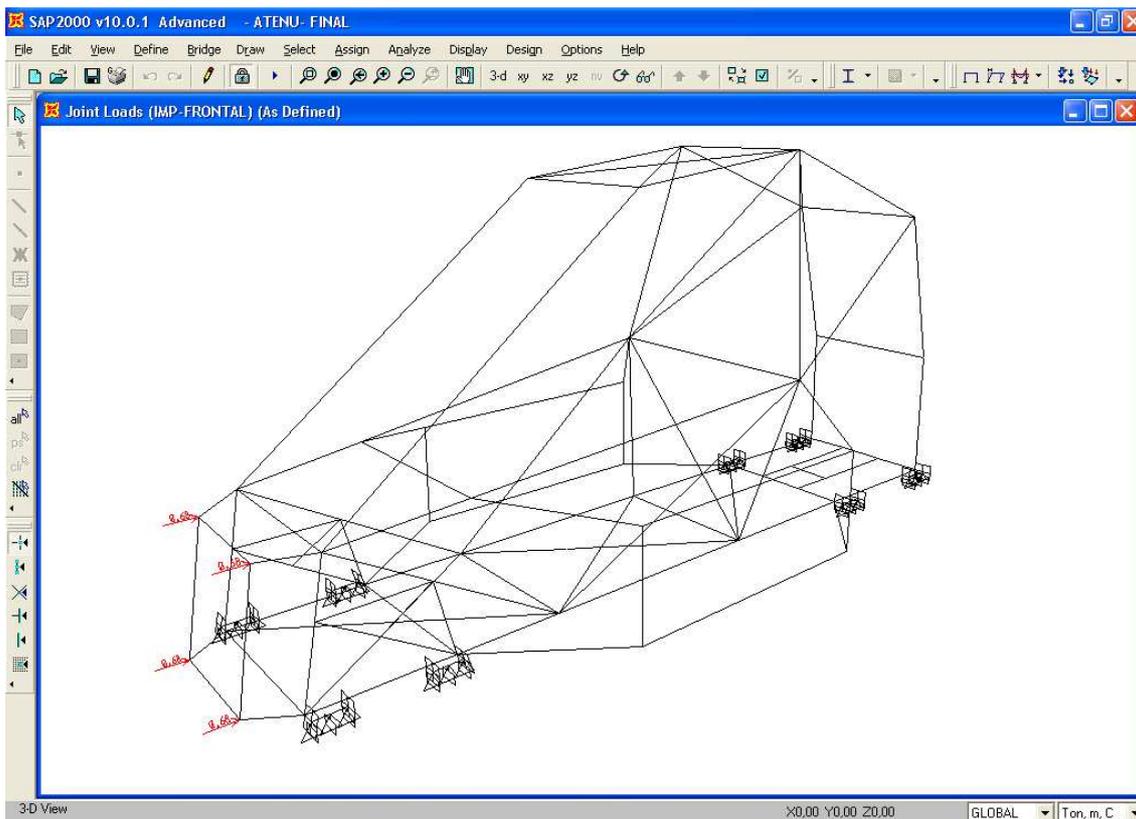


Figura 43: Ubicación de la carga de impacto frontal.

8.4.7 CARGA DE IMPACTO LATERAL

- Seleccionamos los puntos a aplicar la fuerza.
- Barra de herramientas **Assign** , click en **Joint Loads** y seleccionamos **Forces...**
- Se selecciona la fuerza que vamos a aplicar del casillero Load Case Name (IMP-LATERAL: **Load Case Name** IMP-LATERAL)
- De acuerdo con los cálculos obtenidos la fuerza producida por el choque lateral es de 0. Ton que es asignada a cada uno de los nodos marcados en sentido positivo del eje de las Y.

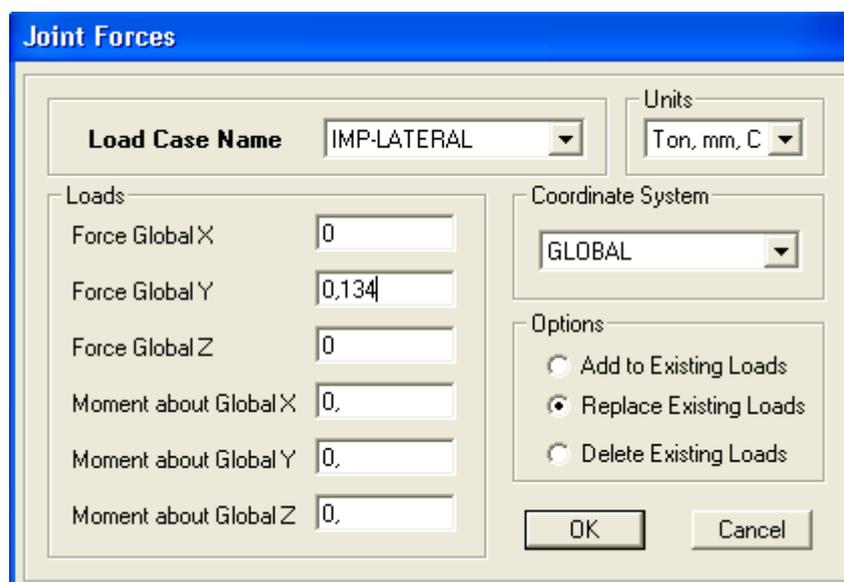


Figura 44: Ingreso de las fuerzas de impacto lateral.

Las fuerzas de impacto lateral nos que:

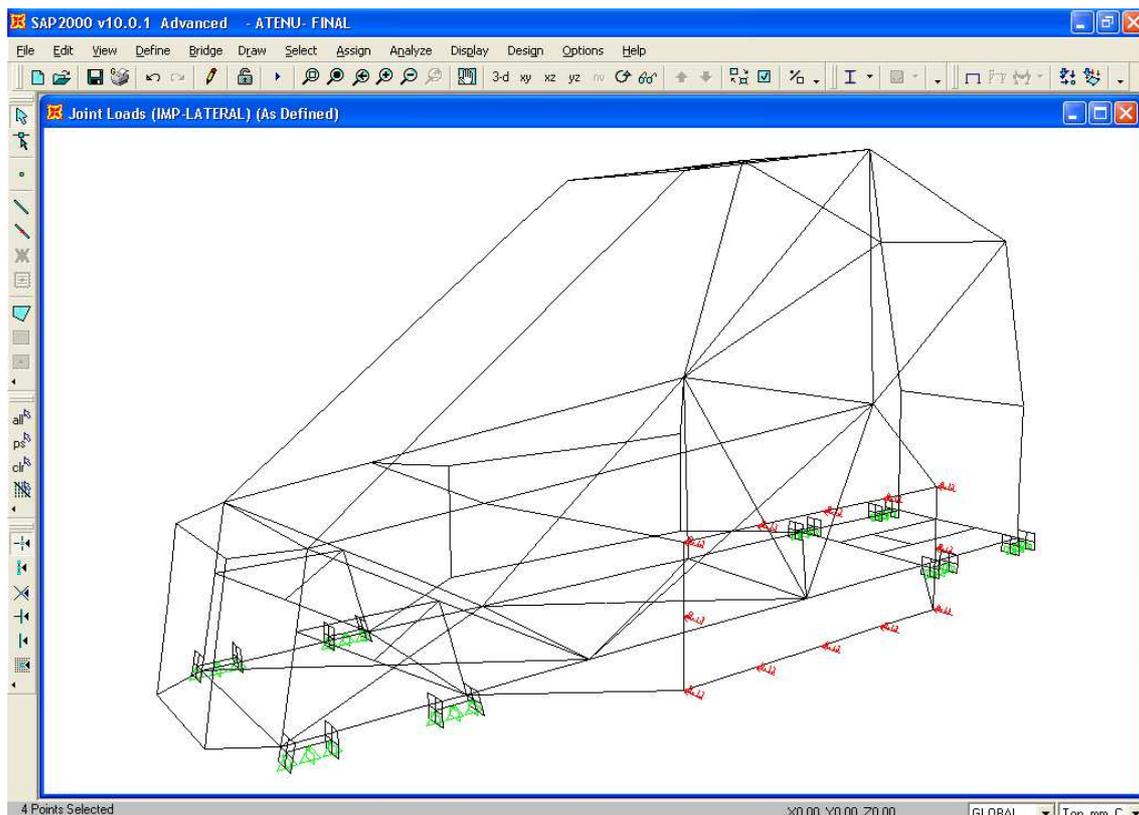


Figura 45: Ubicación de la carga de impacto lateral.

8.4.8 CARGA DE IMPACTO SUPERIOR:

- Seleccionamos los puntos a aplicar la fuerza.
- Barra de herramientas **Assign**, click en **Joint Loads** y seleccionamos **Forces...**.
- Se selecciona la fuerza que vamos a aplicar del casillero Load Case Name (IMP-SUPERIOR): **Load Case Name**
- De acuerdo con los cálculos obtenidos la fuerza producida por el choque frontal es de 0.678 Ton que es asignada a cada uno de los puntos marcados en sentido positivo del eje de las X.

Joint Forces

Load Case Name: IMP-SUPERIOR

Units: Ton, mm, C

Coordinate System: GLOBAL

Options:

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Cancel

Figura 46: Ingreso de las fuerzas de impacto superior

Ingresadas las cargas en la estructura las fuerzas quedan de la siguiente manera.

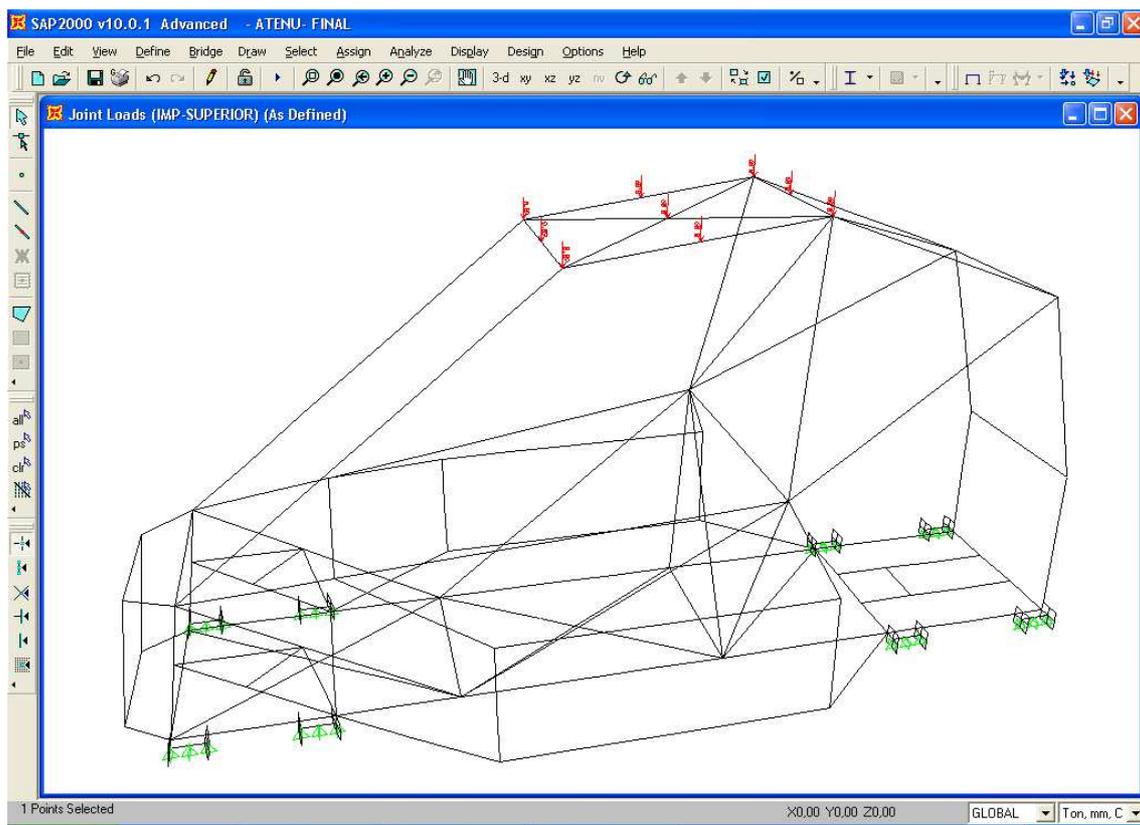


Figura 47: Ubicación de la carga de impacto superior.

9 VERIFICACIONES:

9.1 FUERZAS:

Barra de herramientas botón  y seleccionamos la fuerza que deseamos

ver .

9.2 COMBOS:

Antes de correr el programa se verifica si los combos que se crearon están siendo parte de la lista que SAP va a analizar para ello seguimos los siguientes pasos:

9.2.1 Barra de herramientas opción , sub. opción

 Steel Frame Design y damos click en .

9.2.2 En la pantalla Design Load Combination Selection, verificamos que todos los combos estén siendo tomados por el programa para ser analizados, de no estar así se añaden a la lista de la siguiente manera:

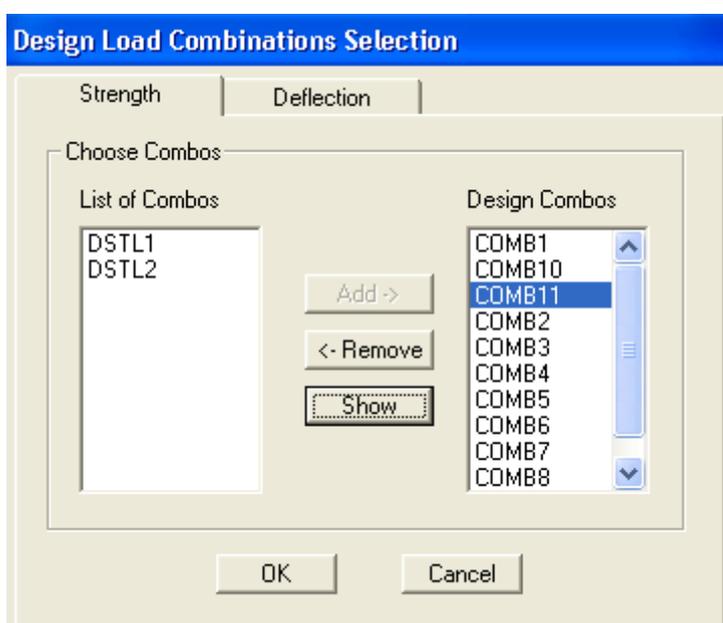


Figura 48: Ingreso de los combos a ser analizados por el programa.

9.3 CORRER EL PORGRAMA (rum now)

Una vez ingresado las cargas, asignados las restricciones y verificado los combos se procede a analizar la estructura:

Barra de herramientas botón  (run analysis F5), damos clic y nos debe aparecer cuales son las cargas que están yendo a ser corridas por el programa:

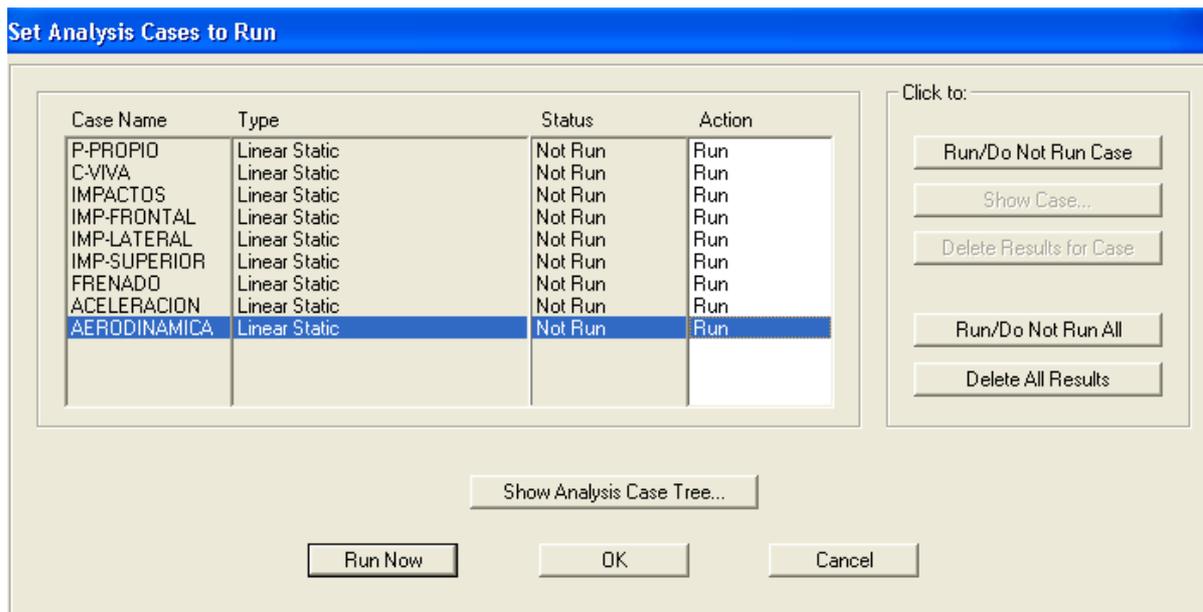


Figura 49: nos indica que casos van ha ser analizados o activados por el programa.

Verificando que cargas están activadas procedemos a correr el programa

mediante el botón .

Nota 4: Al encontrarse en la lista el caso MODAL este tiene que ser desactivado o removido si es necesario para evitar errores en el análisis.

Al funcionar correctamente el programa nos debe aparecer la siguiente pantalla que nos indica que el análisis ha sido completado en forma correcta:

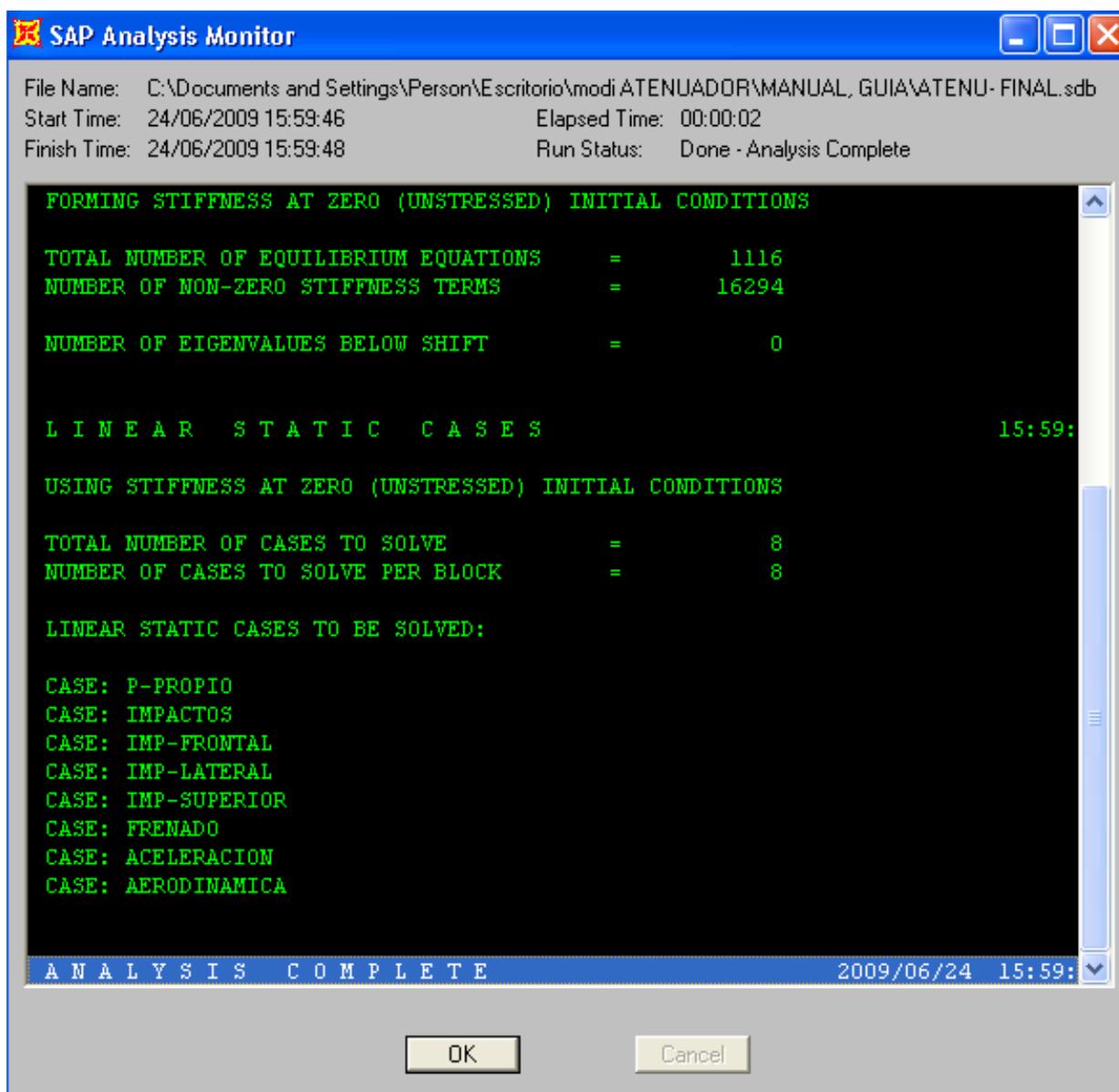


Figura 50: Análisis completado.

Aceptamos dando un click en OK,

10 ANALISIS GENERAL DE LA ESTRUCTURA:

Este proceso es el más importante para verificar de forma rápida el correcto funcionamiento de la estructura, el SAP nos indica mediante colores como están comportándose cada una de las barras, estos colores corresponden al factor resultante de los esfuerzos que soporta la estructura (ratio), para este análisis realizamos lo siguiente:

10.1 Barra de herramientas **Design**, nos ubicamos en **I Steel Frame Design** ingresamos a esta opción y damos click en el botón **I Start Design/Check of Structure** que es el opción que nos permite el chequeo de la estructura, y aceptamos.

10.2 Para que cada una de las barras aparezca el coeficiente con el que esta trabajando nos ubicamos en **I** (Stara Steel Desing/Chek of Structures) y seleccionamos el botón de información de resultados del diseño **Display Design Info...**.

10.3 En la pantalla que nos aparece seleccionamos **Design Output** **P-M Ratio Colors & Values**, esta opción nos permite observar el factor ratio con el cual está trabajando cada elemento de la estructura, y aceptamos.

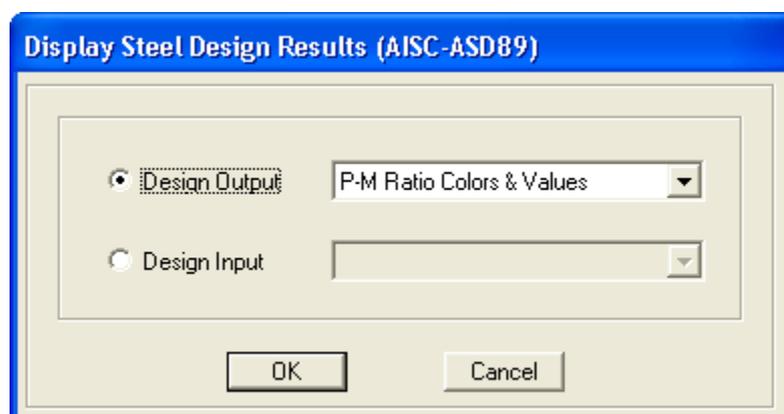


Figura 51: Pantalla para escoger el valor del P-M Ratio.

Tendiendo como resultado:

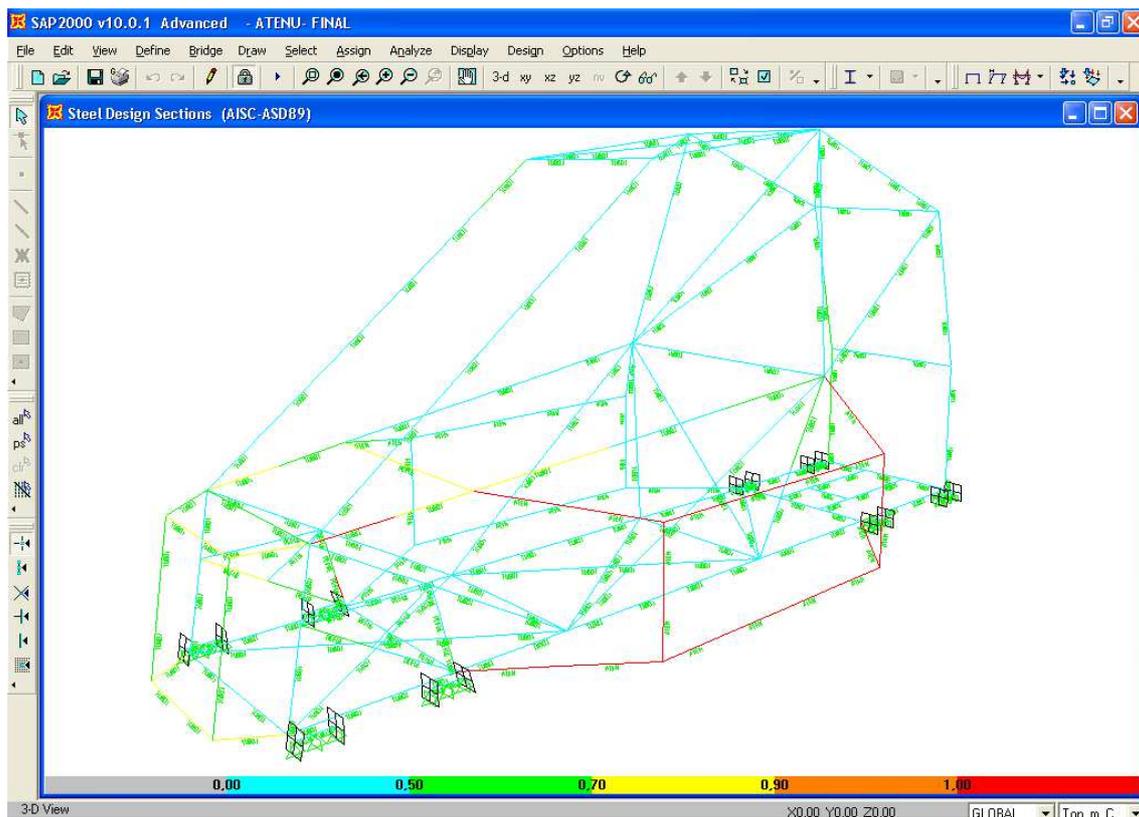


Figura 52: Visualización del funcionamiento de la estructura mediante colores y los valores de la capacidad límite (Ratio).

Cabe destacar que en esta instancia del diseño el programa indica de forma rápida si la estructura está funcionando correctamente o no lo está, mediante una barra de colores ubicada en la parte inferior de la pantalla como lo indica la figura 52, esta barra de colores va desde el color gris - celeste = elemento en excelentes condiciones de funcionamiento hasta tomate- rojo que indica que el elemento está sobrestresado.

Aplicando este concepto podemos establecer lo siguiente:

El chasis, los refuerzos de suspensión están funcionando correctamente, no así los atenuadores de impacto que se encuentra de color rojo, lo cual no debe de ser alarmante para el diseñador pues la reglamentación en la que se basa este proyecto indica que los atenuadores de impacto deben deformarse lo más posible, de esta manera establecemos que nuestro diseño es el correcto.

Para realizar un análisis minucioso y saber cuáles son las fallas de los elementos que resaltan de color rojo o el comportamiento de las demás barras, el programa entrega los valores de esfuerzos axiales, momentos, esfuerzos permisibles, constantes, y en sí las características del elemento seleccionado

como número de la barra, longitud, área, E, Fy, fuerza axial, capacidad de la barra, etc. Realizando los siguientes pasos:

10.4 Damos click derecho en la barra que deseamos analizar y nos aparece la siguiente pantalla:

Steel Stress Check Information (AISC-ASD89)

Frame ID: 101 Analysis Section: TUB01
 Design Code: AISC-ASD89 Design Section: TUB01

COMBO ID	STATION LOC	Ratio	MOMENT INTERACTION CHECK	MAJ-SHR Ratio	MIN-SHR Ratio
COMB6	0,00	0,019 (C)	= 0,005 + 0,012 + 0,007	0,002	0,000
COMB6	0,19	0,007 (C)	= 0,005 + 0,000 + 0,002	0,002	0,000
COMB6	0,37	0,018 (C)	= 0,005 + 0,013 + 0,003	0,002	0,000
COMB7	0,00	0,021 (C)	= 0,006 + 0,013 + 0,008	0,002	0,000
COMB7	0,19	0,008 (C)	= 0,006 + 0,000 + 0,003	0,002	0,000
COMB7	0,37	0,021 (C)	= 0,005 + 0,015 + 0,003	0,002	0,000
COMB8	0,00	0,522 (C)	= 0,133 + 0,274 + 0,275	0,038	0,026

Modify/Show Overwrites: Display Details for Selected Item: Display Complete Details:

Stylesheet: Default

Figura 53: Información del tubo seleccionado

10.5 Para ver en forma detallada los resultados damos click en

Details

obteniendo así todos los valores resultantes que proporciona el SAP.

AISC-ASD89 STEEL SECTION CHECK							
Units: Ton, m, C							
Frame	: 101	Design Sect:	TUB01				
X Mid	: 212,417	Design Type:	Column				
Y Mid	: -0,025	Frame Type:	Moment Resisting Frame				
Z Mid	: -109,483	Sect Class:	Compact				
Length	: 0,374	Major Axis:	0,000 degrees counterclockwise from				
Loc	: 0,000	RLLF	: 1,000				
Area	: 2,450E-04	SMajor	: 1,781E-06	rMajor	: 0,011	AUMajor	: 1,230E-04
IMajor	: 0,000	SMinor	: 1,781E-06	rMinor	: 0,011	AUMinor	: 1,230E-04
IMinor	: 0,000	ZMajor	: 2,439E-06	E	: 20389019,000		
Ixy	: 0,000	ZMinor	: 2,439E-06	Fy	: 25000,000		
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location		P	M33	M22	U2	U3	T
0,000		-0,348	0,008	0,008	0,046	0,032	-0,001
PHM DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation	Total Ratio	=	P Ratio	+	MMajor Ratio	+	MMinor Ratio
(H1-3)	0,522	=	0,133	+	0,274	+	0,275
						Ratio Limit	Status Check
						0,950	OK
AXIAL FORCE DESIGN							
	P	fa	Fa	Ft			
Axial	Force	Stress	Allowable	Allowable			
	-0,348	1420,085	10641,165	15000,000			

Figura 54: Detalles del elemento seleccionado.

11 DEFORMACIONES:

Para observar las deformaciones damos los siguientes pasos:

11.1 Barra de herramientas botón  (Show Deformed Shape), y seleccionamos la fuerza o el combo que deseamos analizar, por ejemplo el

COMBO8: 

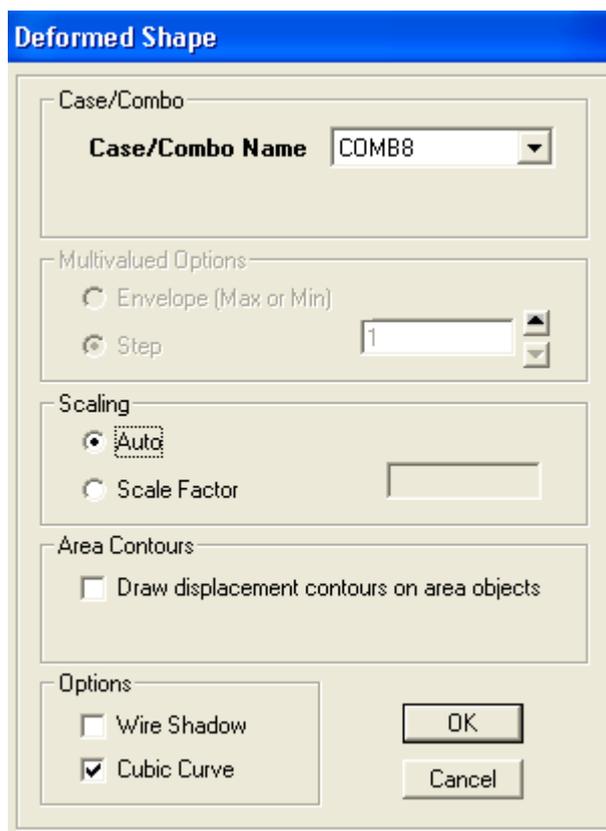


Figura 55: Selección de la deformación por el combo 8.

Gráficamente la deformación producida por el combo 8 es la siguiente:

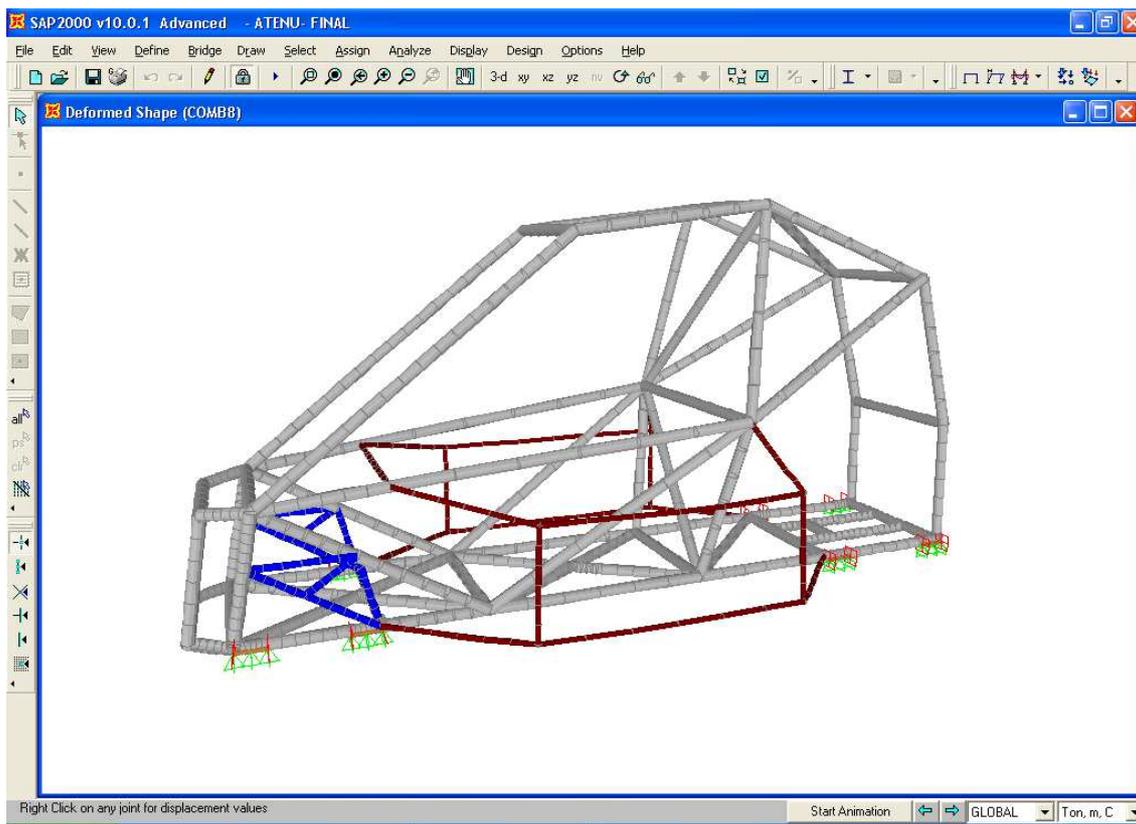


Figura 56: Deformación producida por el combo 8.

Nota 5: El botón  (Show Forces / Stresses) nos permite escoger y analizar entre reacciones, momentos y shells (armazones):

12 REACCIONES:

12.1 Botón  y escogemos la opción **Joints...**.

12.2 Seleccionamos las reacciones producidas por los combos o fuerzas.
Ejemplo: reacciones producidas por la fuerza Aerodinámica:

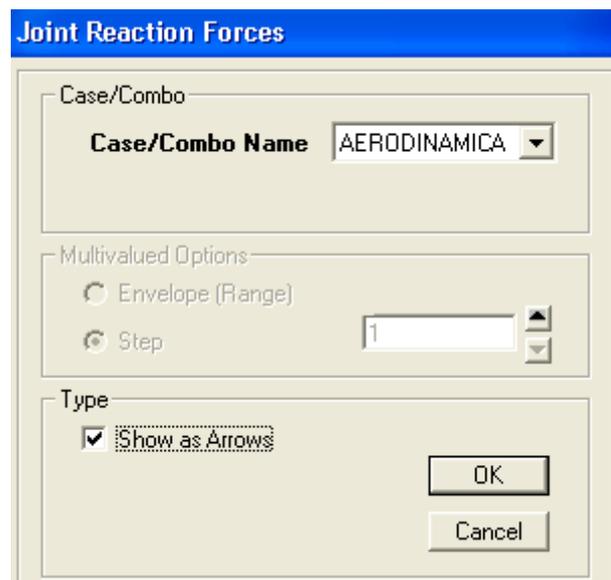


Figura 57: Selección de reacciones por la fuerza aerodinámica.

Dando como resultado:

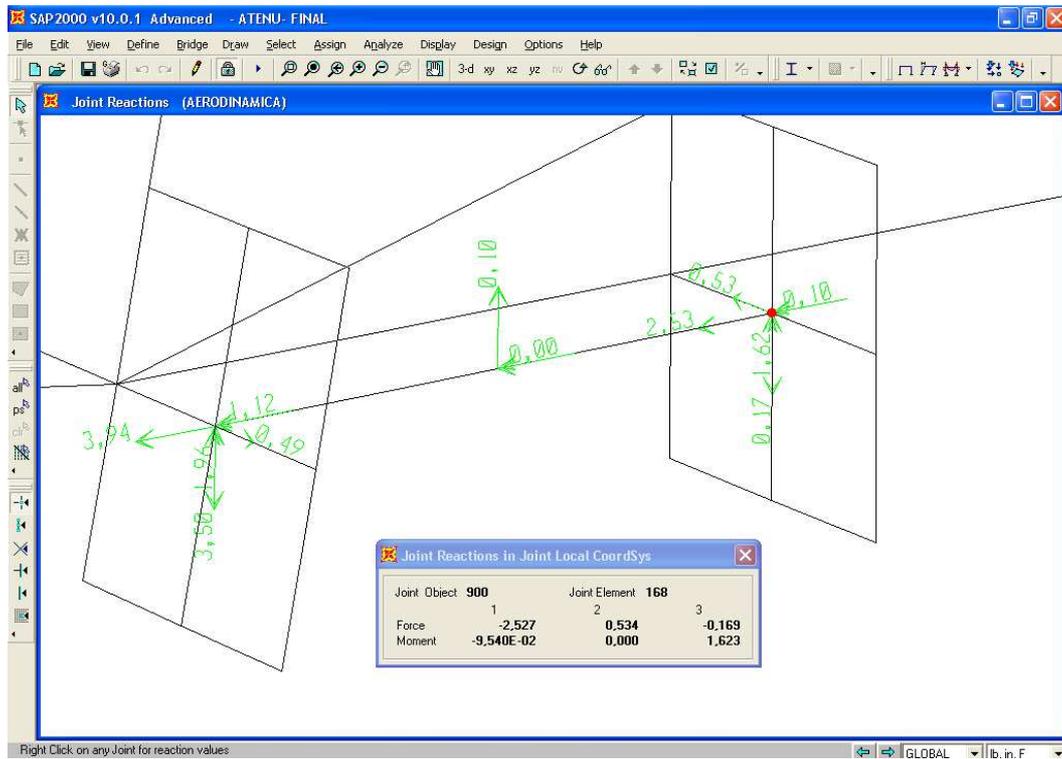


Figura 58: Reacciones producidas por la fuerza aerodinámica.

12.3 Damos click en cualquiera de los puntos restringidos obteniendo el valor de las fuerzas y momentos actuantes en ellos:

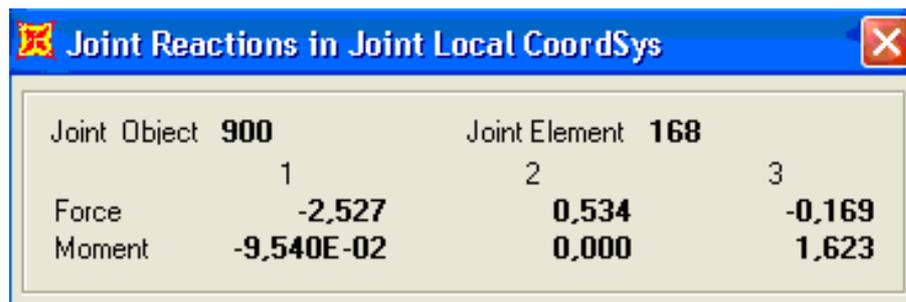


Figura 59: Momentos y fuerzas del punto seleccionado.

13 DIAGRAMAS DE FUERZA DE LAS BARRAS:

- o Botón  y escogemos la opción **Frames/Cables...**.
- o Escogemos la fuerza o combo que deseamos analizar. Ejemplo:
nombre IMP-FRONTAL **Case/Combo Name** IMP-FRONTAL

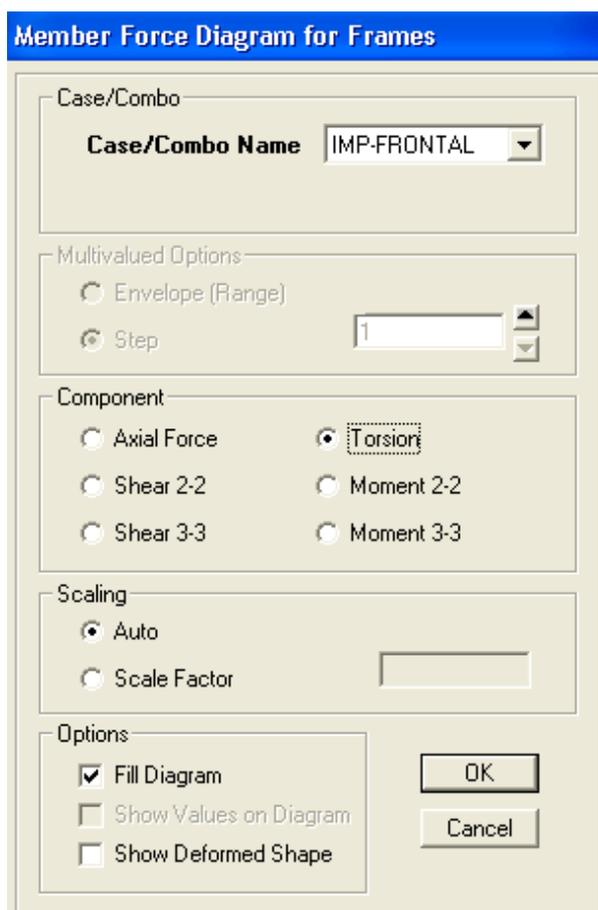


Figura 60: Permite analizar la estructura según los componentes (torsión, fuerza axial, momentos 2-2, 3-3, diagramas de corte 2-2, 3-3).

Las especificaciones o componentes a analizar son torsión, momentos en el eje 2 o eje3, corte en el eje 2 o en el eje 3y la fuerza axial.

13.1 TORSIÓN:

13.1.1 Seleccionamos torsión y aceptamos (OK)

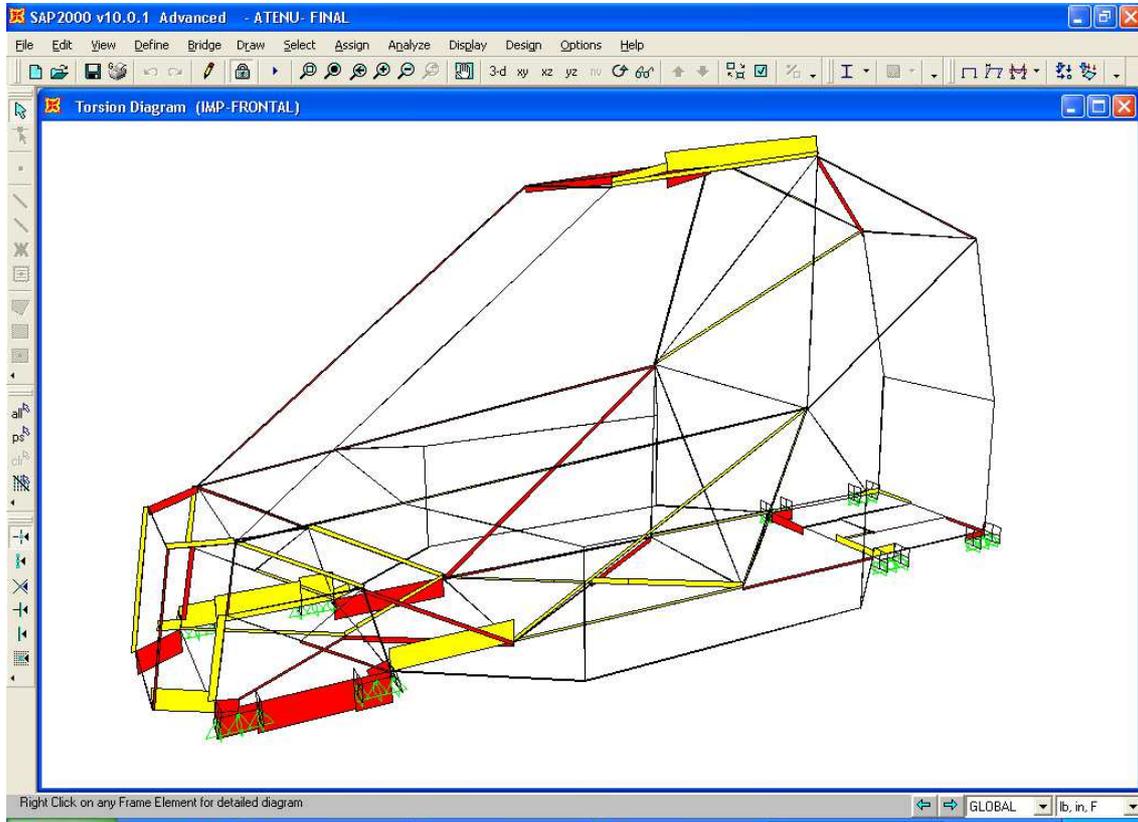


Figura 61: Diagrama de Torsión.

13.1.2 Para tener el valor de la torsión se escoge la barra a analizar y se da click derecho, apareciendo la siguiente pantalla:

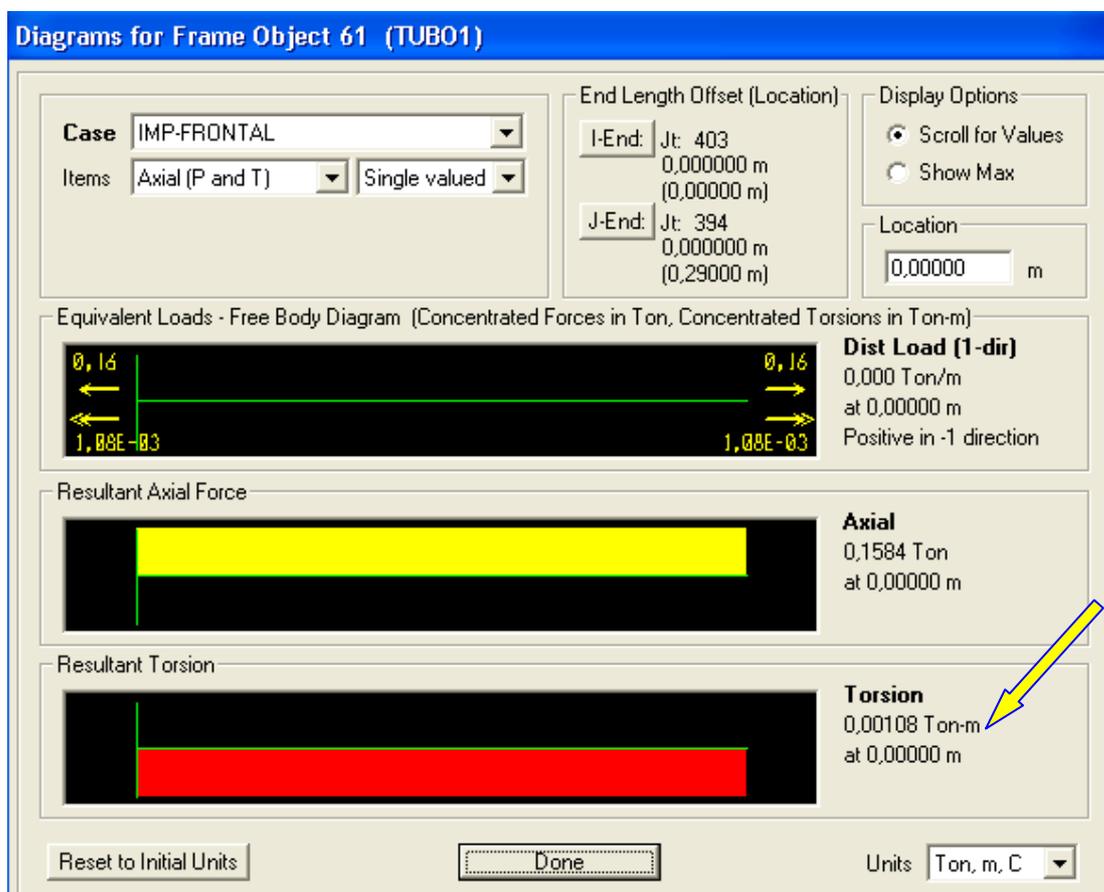


Figura 62: Valor de la Torsión

13.2 MOMENTOS 22:

13.2.1 Al seleccionar momento 22 nos referimos al momento producido en el eje 2.

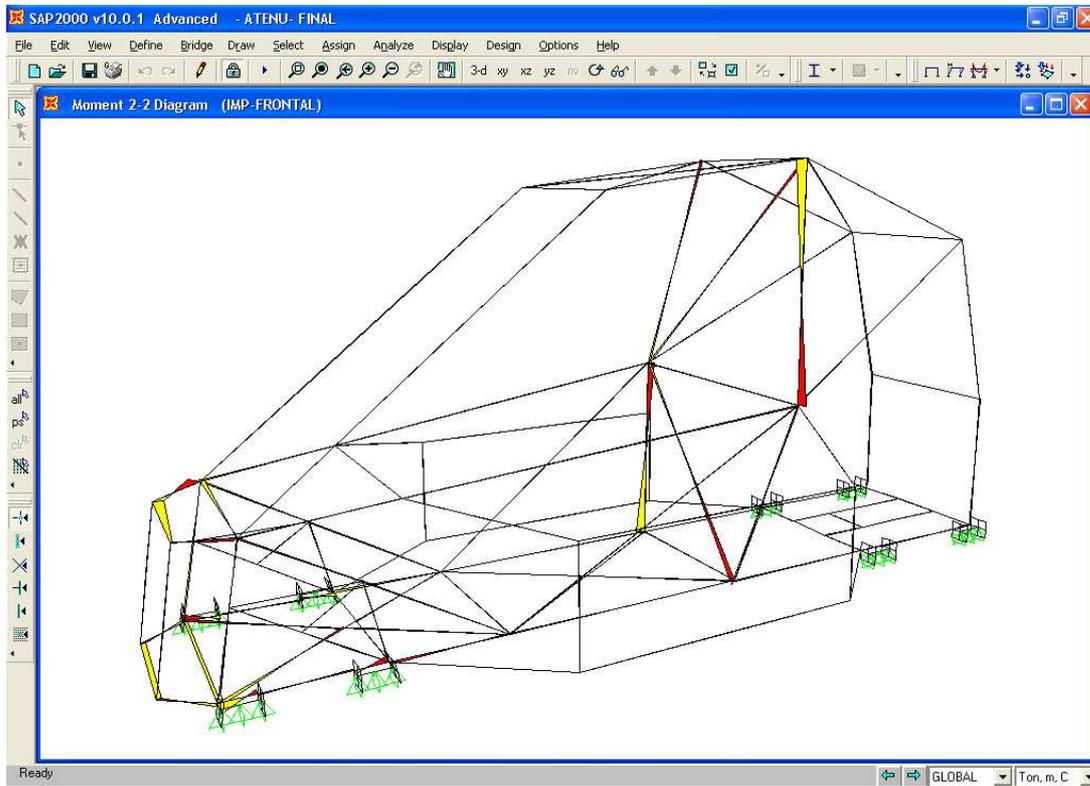


Figura 63: Diagrama de momentos 2-2

13.2.2 Análisis del momento 22 en una barra, esto se lo realiza dando click derecho en la barra seleccionada:

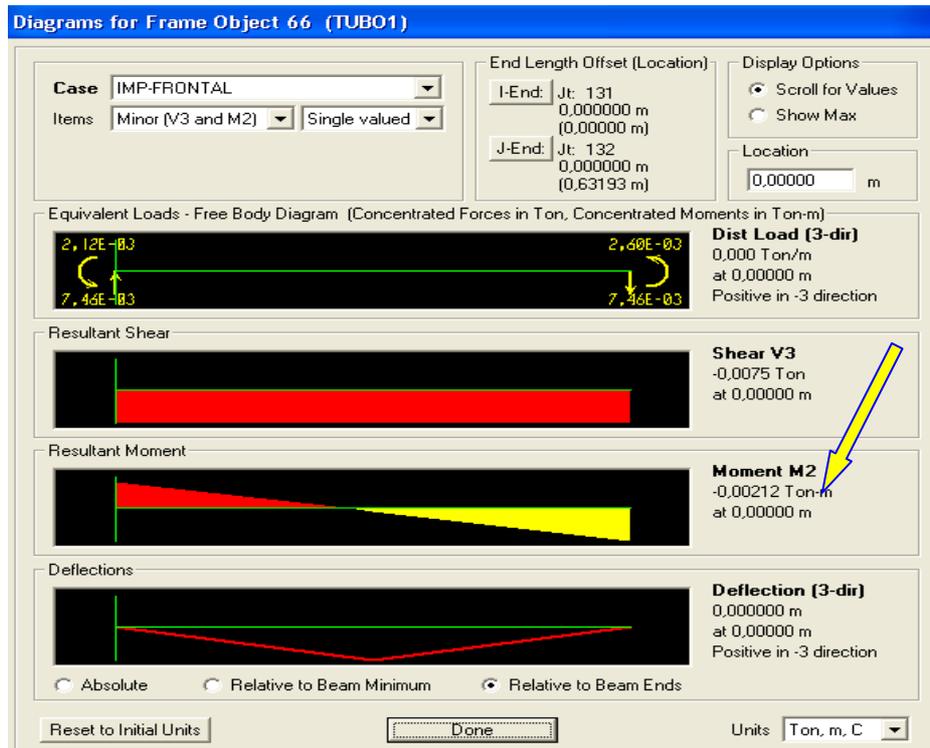


Figura 64: Valor del momentos 2-2

13.3 MOMENTOS 33:

13.3.1 Al seleccionar momento 3-3 nos referimos al momento producido en el eje 3.

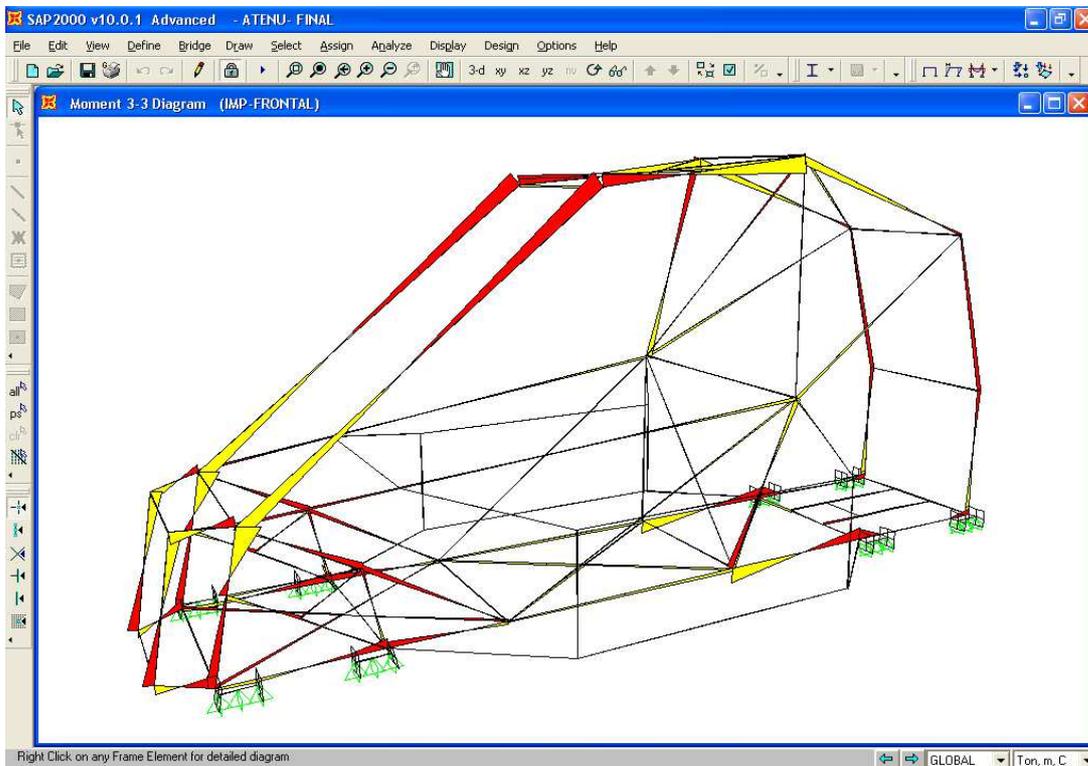


Figura 65: Diagrama de momentos 3-3

13.3.2 Damos click derecho en la barra a ser analizada:

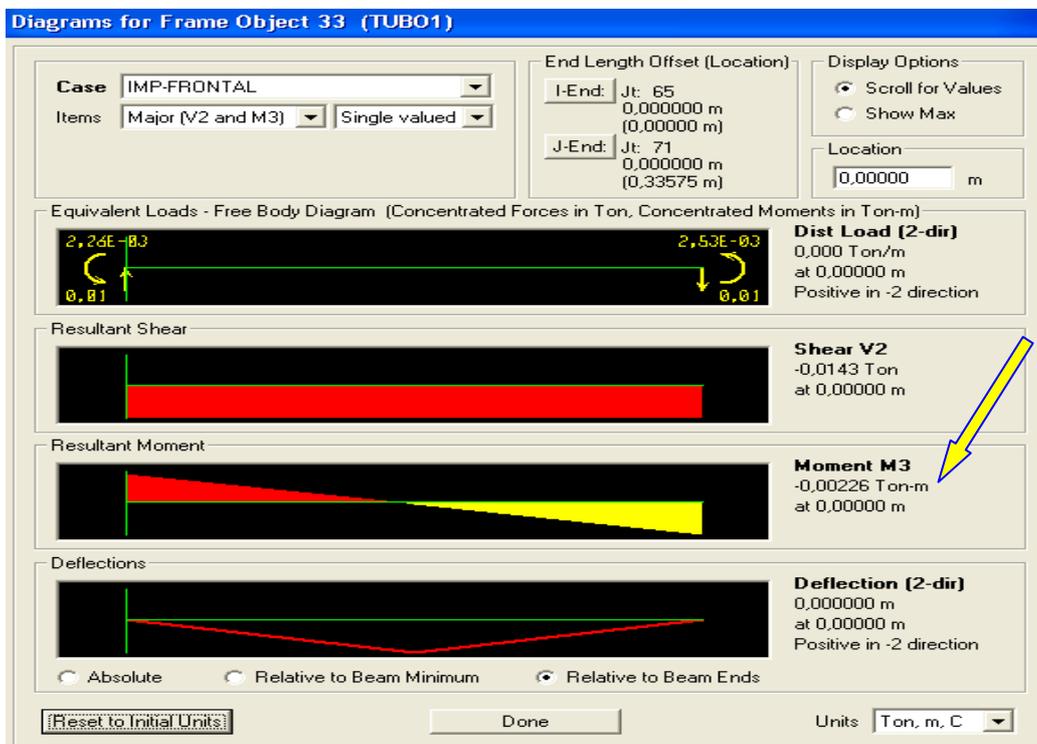


Figura 66: Valor del momentos 3-3.

13.4 SHELL:

13.4.1 Botón  y escogemos la opción **Shells...**.

13.4.2 Escogemos la fuerza o combo que deseamos analizar. Ejemplo: nombre

FRENADO **Case/Combo Name**

Nota 5: No se modifican ninguna de las opciones de la pantalla y se da click en OK

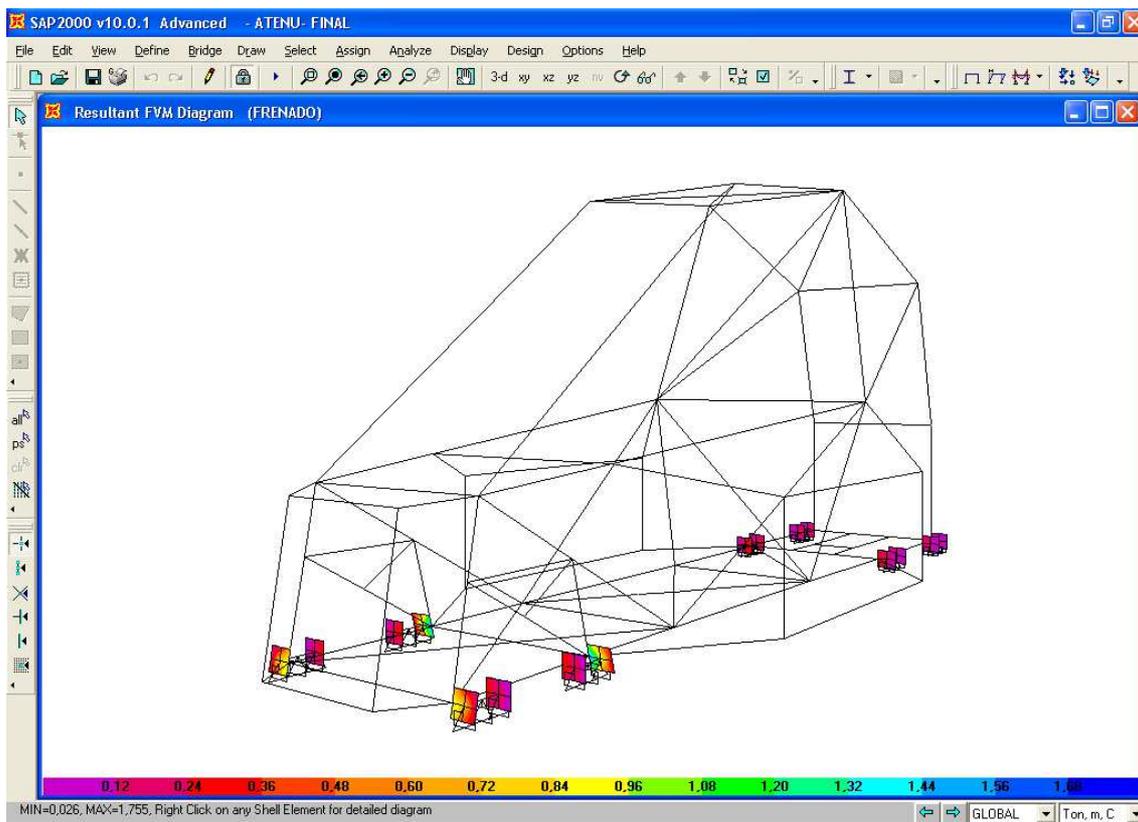


Figura 67: Barra de colores para las áreas.

Nota 6: Las platinas o shell no deben sobrepasar el valor de 1.68 esto lo podemos determinar mediante colores, de ser así existe un fallo en la misma.
Ejemplo:

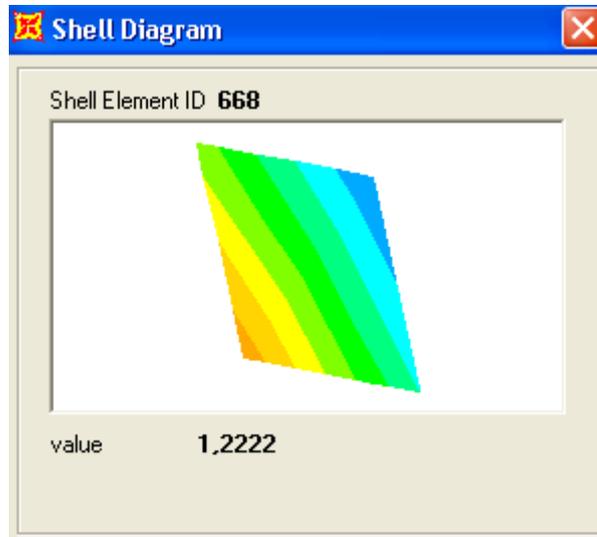


Figura 68: Representación del funcionamiento del área mediante colores.

La barra de colores nos indica que el área seleccionada esta trabajando correctamente, gracias a que su valor es de 1,2222.

SAP 2000 NONLINEAR VERSION 10.0.1 INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

- 1) Instalar el programa desde "setup", escriba sus datos personales y haga click en siguiente hasta el final sin olvidar el paso 2.
- 2) En el proceso de instalación ponga el nombre correcto, es decir en dónde aparezca la palabra demo bórrrela y deje la palabra "Sap2000 10.0.1"
- 3) Después de instalar vaya a la carpeta en la cual se instaló el programa en su disco duro que por defecto esta en la siguiente ruta: C:\Program Files\Computers and Structures\SAP2000 10.0.1
- 4) En esa carpeta busque el archivo "Iservrc" y bórrelo
- 5) Abra el CD y haga y en la carpeta "Activación Licencia Prof" proceda a copiar los dos archivos "Isapiw32.dll" y "Sap2000" de dicha carpeta y péguelos en la siguiente ruta: C:\Program Files\Computers and Structures\SAP2000 10.0.1
- 6) Al momento de pegar los archivos copiados le aparecerá una ventana que le preguntará si desea reemplazar a todo, elija esta opción "si a todo".
- 7) Reinicie su sistema operativo y haga click en el icono de "Sap 2000 10.0.1" y trabaje en el programa.

ANEXO 3

REGLAMENTO FAU

3.1 Requerimientos Generales de Diseño

3.1.1 Carrocería y estilo

El auto debe ser de ruedas descubiertas y cockpit abierto. El vehículo no debe tener aperturas en la carrocería desde la parte frontal hasta la parte posterior del arco principal o pared de fuego, otras aperturas se requieren para hacer la cabina abierta. Esta permitido tener mínimas aperturas alrededor de los componentes de la suspensión delantera.

3.1.2 Distancia entre ejes y configuración del vehículo

El vehículo debe tener una distancia entre ejes no menor que 1525mm. La distancia entre ejes es medida desde el centro del punto de contacto del neumático delantero al posterior. El vehículo debe tener cuatro neumáticos no necesariamente alineados.

3.1.3 Trocha del vehículo

La trocha menor (delantera o posterior) no debe ser menor que el 75% de la trocha más larga.

3.1.4 Acceso visible

Todos los ítems de la Forma de Inspección deben ser claramente visibles para los inspectores técnicos.

Los accesos visibles pueden ser dotados removiendo paneles de la carrocería o por medio de paneles de acceso removibles.

3.2 Reglas del chasis

3.2.1 Suspensión

El vehículo debe estar provisto de un sistema de suspensión totalmente operacional con amortiguador adelante y atrás, el recorrido es libre.

Los jueces se reservan el derecho de descalificar el vehículo que no representen un intento de tener un sistema de suspensión operacional o que sea inapropiado para la competencia. Todos los anclajes de suspensión deben ser visible para el inspector técnico, ya sea directamente o desmontando algún cobertor.

Las dimensiones máximas de los vehículos, incluida la carrocería, serán las siguientes:

Longitud: 2.600mm.

Ancho: 1.600mm.

Altura: 1.400mm.

3.2.2 Distancia al piso

La distancia al piso debe ser suficiente para evitar que alguna parte del vehículo (distinto a los neumáticos) toque el piso durante la competencia, con el piloto abordo y debe tener como mínimo de 10cm.

3.2.3 Neumáticos y aros

3.2.3.1 Aros

Los aros del vehículo de tener un diámetro entre 8plg y 15plg.

Cualquier aro que tenga un sistema de anclaje de tuerca única debe incorporar un aditamento que retenga el aro en caso de que la tuerca falle.

3.2.3.2 Neumáticos

Los neumáticos de los vehículos son libres en cuanto a marca, modelo y compuesto, deben ser ranurados con una profundidad mínima 2.5mm.

Dentro la competencia cada set de neumáticos debe ser del mismo compuesto, marca y dimensiones.

3.2.4 Dirección

El sistema de dirección debe afectar a tan solo dos ruedas

El sistema de dirección debe tener limitadores de movimiento para evitar que el varillaje pueda trabarse, los limitadores deben prevenir que los neumáticos topen con los elementos de la suspensión, carrocería, etc., durante la competencia. Esta permitido un juego libre total en la dirección de 7 grados, medido en el volante.

No está permitido el giro de los neumáticos posteriores.

3.2.5 Sistema de frenos

El vehículo debe estar equipado con un sistema de frenos que trabaje sobre las cuatro ruedas y operado por un solo control.

Debe tener dos circuitos hidráulicos independientes tal que: cuando uno pierda líquido o falle, el poder de frenado se mantenga en las dos ruedas restantes. Cada circuito hidráulico debe tener su propio reservorio. Una sola acción de frenado debe ser capaz de bloquear las cuatro ruedas durante el test.

El sistema de frenos por cable está prohibido.

Líneas de frenos plásticas están prohibidas.

El sistema de frenos debe estar protegido en caso de que el tren de potencia falle o por colisiones menores.

3.2.5.1 Test de frenado

El sistema de frenos será dinámicamente comprobado y debe demostrar la capacidad de actuar sobre las cuatro ruedas y detener el vehículo en línea recta al final de una aceleración especificada por el inspector de frenos.

3.2.5.2 Freno de emergencia.

Un freno de emergencia debe ser incluido en el vehículo este debe trabajar sobre las dos ruedas posteriores, puede ser de tipo hidráulico o mecánica (por cable)

3.2.5.3 Luz de freno

El vehículo debe estar equipado con una luz roja de freno, debe ser claramente visible bajo condiciones de luz solar intensa. La luz debe estar montada en el eje central del vehículo, en un lugar que dificulte su ruptura.

3.2.6 Ganchos de remolque

El vehículo debe incorporar dos ganchos de remolque de fácil acceso, uno frontal y otro posterior claramente identificados por una flecha color roja que indique su posición o de color blanco en caso de que el vehículo sea rojo.

3.3 Requerimientos estructurales

Entre otros requerimientos, la estructura del vehículo debe incluir arcos de seguridad que son. Una protección superior y un atenuador de impacto, y estructuras contra impacto laterales.

3.3.1 Definiciones

Las siguientes definiciones aplican a lo largo del reglamento:

Arco principal – Un arco localizado junto o detrás del torso del piloto.

Arco frontal – Un arco localizado sobre las piernas del piloto en la cercanía del volante.

Barra contra vuelco – los dos el arco principal y arco frontal son clasificados como barra contra vuelco

Miembro del cuadro – La mínima representación de un tubo continuo sin cortes.

Bastidor – El bastidor es un ensamble estructural que soporta todos los elementos funcionales del vehículo. Este ensamble puede ser una estructura con una sola soldadura, una estructura con varias soldaduras o la combinación de componentes y estructuras soldadas.

Estructura principal – La estructura principal está compuesta por los siguientes elementos: 1) Arco principal, 2) Arco frontal, 3) barras contra vuelco, 4) Protecciones laterales, 5) Refuerzo frontal, 6) Sistema de refuerzos frontales y 7) todos los elementos, guías y soportes que transfieran carga del sistema de protección del piloto a los elementos desde el 1 al 6

Estructura principal del bastidor La posición del bastidor debe estar sobre lo que se ha denominado estructura principal. La parte superior del arco principal no está incluido en esta definición

Refuerzo frontal Es una placa plana en el plano frontal de la estructura principal del bastidor y su función es la de proteger los pies del piloto.

3.3.2 Equivalencia estructural

El uso de materiales alternativos o tamaños de tubería como los especificados en la Sección 3.3.3.1 Material base acero, proporciona a los jueces encargados de la revisión técnica una propiedad igual o superior que los especificado en la Sección 3.3.3.1.

La aprobación de materiales alternativos o dimensiones de los tubos se basará

en el criterio técnico y la experiencia del jefe de inspectores técnicos o su delegado.

3.3.3 Requerimientos mínimos de materiales

3.3.3.1 Material base acero

La estructura principal del vehículo debe ser construido en tubo estructural negro (mínimo 0.1% de carbón), con las dimensiones mínimas especificadas en la siguiente tabla o las indicadas en la Sección 3.3.3.2.

ITEM, DIAMETRO EXT, PARED	
ARCO FRONTAL Y PRINCIPAL BARRA DE ANCLAJE D ARNECES	1.0 inch (25.4 mm) x 0.095 inch (2.4 mm) o 25.0 mm x 2.50 mm metric
SOPORTES DEL ARCO PRINCIPAL, ANCLAJES ,ETC	25.4 mm x 1.60 mm metric 1.0 inch (25.4 mm) x 0.049 inch (1.25)

3.3.3.2 Alternativas en tubos y materiales

3.3.3.2.1 General

Se puede utilizar una geometría de tubos y/o materiales excepto en el arco principal y sus soportes, por ejemplo el uso de tubos de aluminio o titanio o materiales compuestos está prohibido para estos elementos. Si un equipo toma la alternativa en materiales deben demostrar la equivalencia en la resistencia de dichos materiales cumplen con el mínimo de resistencia de los tubos especificados

3.3.4 Barra antivuelco

La cabeza y las manos de los pilotos no deben tener contacto con el piso bajo ninguna circunstancia. El bastidor debe incluir un arco principal y un arco frontal como los mostrados en la Figura 1

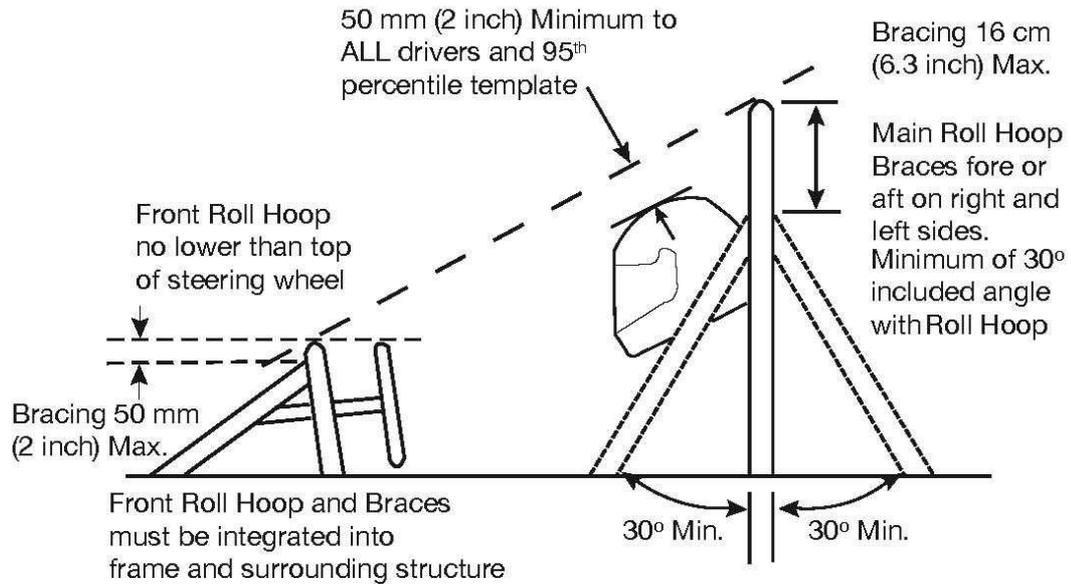


FIGURE 1

3.3.4.1 Arcos principal y frontal – Requerimientos generales

Con el piloto sentado y normalmente y colocado los sistemas de fijación, una línea recta desde la parte superior del arco principal a la parte superior del arco frontal debe dejar un espacio libre de 50mm, las dimensiones del piloto y el casco de todos los pilotos del equipo deben ser dimensionados basándose el "El hombre 95%")

3.3.4.2 Arco principal

El arco principal debe ser construido con un segmento de tubo de una sola pieza, sin cortes ni soldaduras como los indicados en la Sección 3.3.3.

El uso de los distintos tipos de aluminio, titanio o materiales compuestos está totalmente prohibido en el arco principal.

El arco principal se extiende desde la parte baja de la estructura, sube hasta la parte más alta y vuelve a descender hasta la parte baja de la estructura. El arco principal debe tener una inclinación dentro de 10° de la vertical.

En la vista frontal del arco principal, el miembro vertical del arco principal debe tener 380 mm en la parte interior donde el arco principal se afianza al bastidor de la estructura principal.

En los vehículos en que la estructura no está hecha de tubo de acero, el arco principal debe ser continuo y extenderse en la parte baja del bastidor. El arco principal debe ser asegurado por seguridad a la estructura monocasco usando pernos de 8mm grado 8.8.

3.3.4.3 Arco frontal

El arco frontal debe ser construido por una sección de tubo cerrado de la sección 3.3.3.

El uso de materiales compuestos para el arco frontal está prohibido.

El arco frontal puede ser construido en más de una pieza.

La parte superior del arco frontal no puede estar por debajo del volante en ninguna posición angular y no debe estar a más de 250mm por delante del volante. Esta medida será tomada desde la parte posterior del arco frontal hasta la parte frontal del volante en el eje central del vehículo.

En la vista lateral, el arco frontal no puede ser inclinado más de 20° de la vertical.

3.3.5 Soportes de los arcos

3.3.5.1 Soportes del arco principal

Los soportes del arco principal constituyen un segmento de tubo especificado en la Sección 3.3.3.

El uso de aluminio, titanio, materiales compuestos en los soportes del arco principal están prohibidos.

El arco principal será soportado por dos elementos por lado, el soporte frontal se extiende desde la parte más alta del arco principal hacia el arco frontal podrá tener máximo una curva para dar más espacio al conductor.

El soporte posterior se extiende desde la parte más alta del arco principal hacia el bastidor, este tendrá una inclinación mínima de 30° y se podrá extender hacia la porción mas alejada del bastidor.

3.3.5.2 Soporte del arco frontal

Los soportes del arco frontal se deberán construir del material especificado en la Sección 3.3.3.

El arco frontal deberá ser apoyado por dos soportes que se extienden desde la parte alta del arco frontal hacia adelante y deberá tener una inclinación mínima de 10° respecto a la vertical.

3.3.5.3 Otros requisitos de los soportes

Cuando los soportes no han sido soldados, los soportes pueden ser fijados utilizando pernos de 8mm grado 8.8, o más resistentes.

3.3.6 Estructura de impacto frontal

Los pies del conductor se deben contener totalmente dentro de la estructura principal del bastidor. Mientras que los pies del conductor están tocando los pedales, en vistas delanteras y laterales ninguna parte de los pies del conductor puede extender arriba o afuera de la estructura principal del bastidor.

El arco frontal delantero debe ser un atenuador de energía del impacto.

3.3.6.1 Atenuadores de impacto

Son elementos capaces de reducir la fuerza en caso de un impacto, consiste en un recipiente relleno de espuma flex, de por lo menos 200mm de espesor y de las dimensiones del frontal del bastidor (Atenuador frontal) y de 300x500mm en los atenuadores laterales. Los atenuadores deben estar separados del habitáculo por una lamina de aluminio para evitar que el atenuador se incruste en el habitáculo en caso de colisión, los atenuadores no pueden ser parte estructural del vehículo y deben ser reemplazables.

3.3.6.2 Elementos no deformables

Todos los elementos no deformables deben ubicarse detrás del atenuador de impacto.

3.3.7 Carrocería delantera

La carrocería no debe tener elementos afilados en su parte frontal, estos podrían afectar a los asistentes, los revestimientos de la nariz de la carrocería debe tener radios por lo menos un radio de 38 milímetros (1.5 pulgadas). Este radio mínimo debe extender por lo menos a 45 grados (45°) concerniente a la dirección delantera.

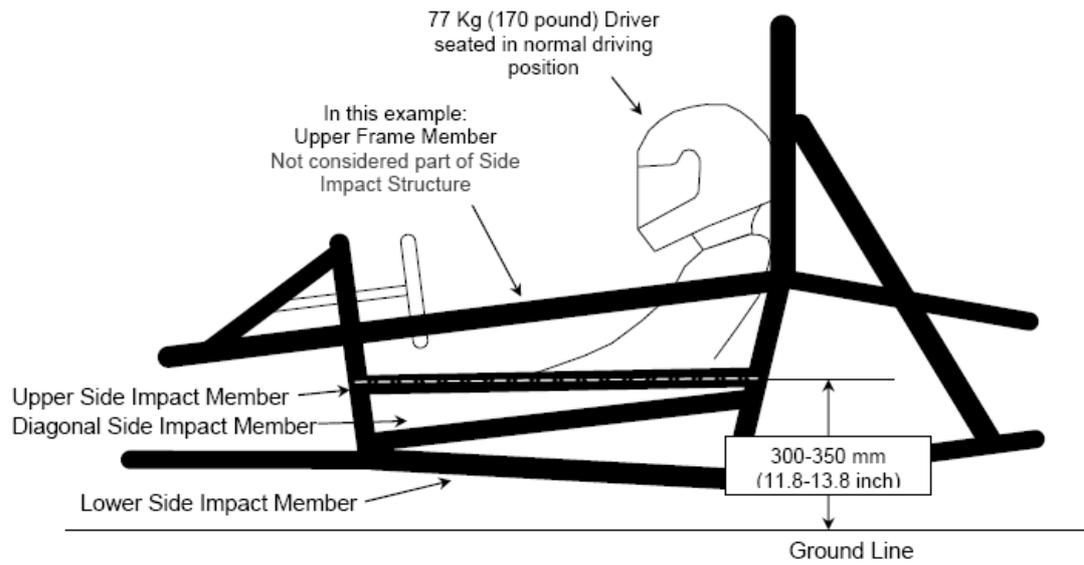
3.3.8 Estructura de impacto lateral

La estructura de impacto lateral debe cumplir los requisitos enumerados abajo.

3.3.8.1 Protecciones laterales

La estructura de impacto lateral se debe abarcar por lo menos de tres (3) miembros tubulares situados en cada lado del conductor mientras que está asentada en la posición de conducción normal, según las indicaciones del cuadro 5. Los tres (3) miembros tubulares se deben construir del material definidos por la sección 3.3.3. Las localizaciones para los tres (3) miembros tubulares son los siguientes: El miembro estructural del impacto del lado superior debe conectar el aro principal y Aro delantero en una altura entre 300 milímetros (11.8 pulgadas) y 350 milímetros (13.8 pulgadas) por encima de la parte baja del chasis.

El miembro estructural de un impacto lateral más bajo debe conectar la parte inferior del aro principal y la parte inferior del aro delantero.



3.3.9 Salida del conductor

Todos los conductores deben poder salir al lado del vehículo en no más de 10 segundos. El tiempo de la salida comienza con el conductor en la posición de conducción, usando el equipo requerido del conductor. El tiempo de la salida parará cuando el conductor tiene ambos pies en el pavimento.

ANEXO 4

PROYECTO B. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1323 VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERÍAS DE BUSES. REQUISITOS. PRIMERA REVISIÓN

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades .

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a todas las carrocerías de buses, sean importadas o de construcción nacional.

2.2 Esta norma incluye a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportantes (ver nota 1).

Nota 1.- La definición de buses de acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de la presente Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN se adoptan las definiciones establecidas en las NTE INEN ISO 3833 vigente, NTE INEN 1155 vigente, y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Carga de aceleración brusca (Ab)*. Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.

3.1.2 *Carga de frenado (F)*. Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.

3.1.3 *Carga de giro (G)*. Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.

3.1.4 *Carga por Resistencia del Aire frontal (Raf)*. Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

3.1.5 *Carga muerta (M)*. 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.

3.1.6 *Carga viva (V)*. Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.

3.1.7 *Carrocería*. Conjunto de estructura y elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas.

3.1.8 *Carrocería autoportante*. Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.

3.1.9 *Bastidor o chasis*. Constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos).

3.1.10 *Espacio de supervivencia*. 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 SR de la figura 2 desde el punto SR del último asiento exterior a través del punto SR de cada asiento exterior intermedio hasta el punto SR del primer asiento exterior del ocupante.

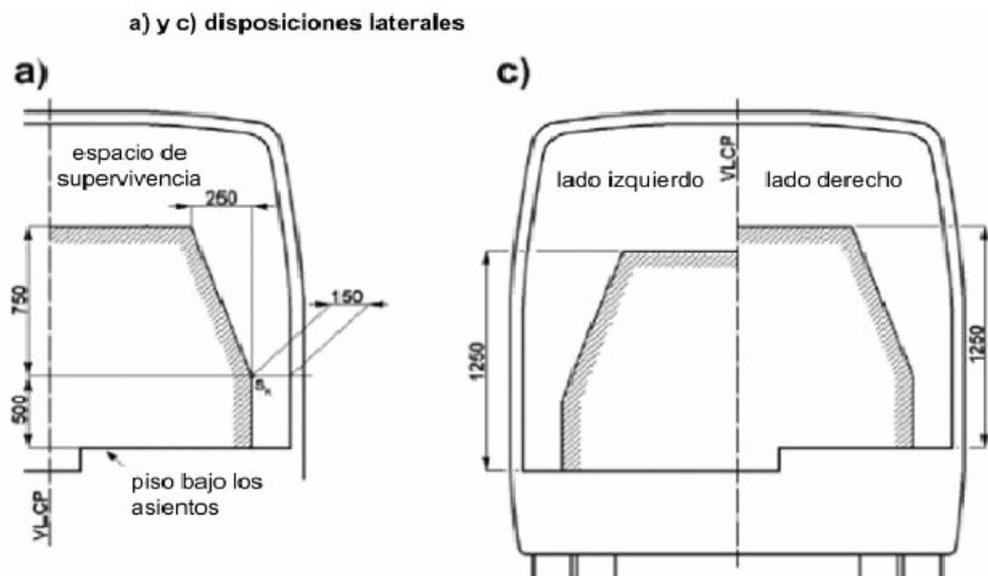


Figura 1 Vista transversal del espacio de supervivencia.(ver Nota 2)

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.

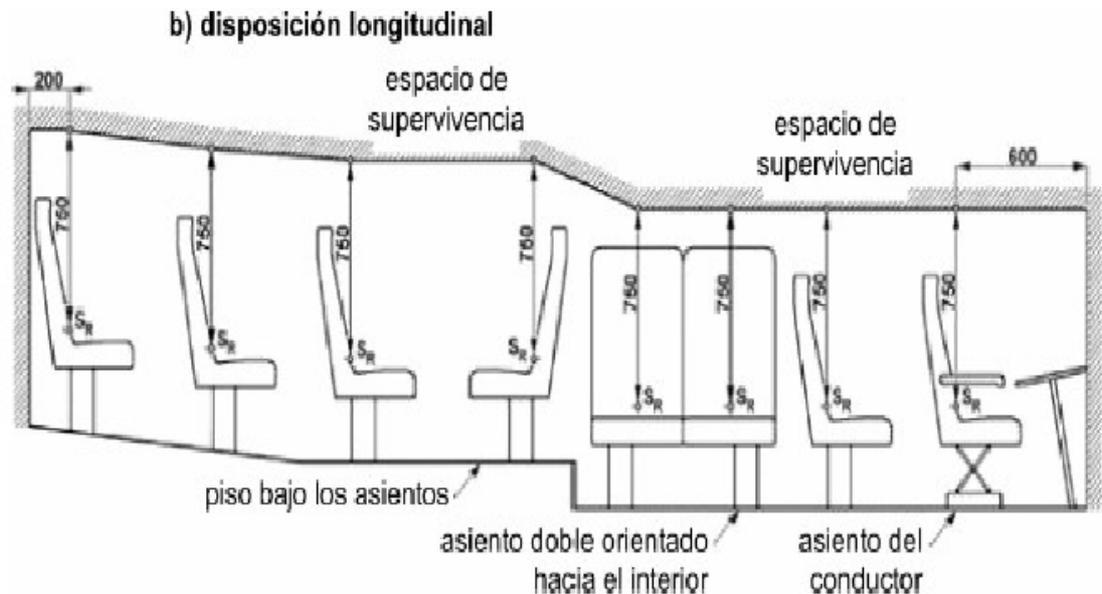


Figura 2 Vista longitudinal del espacio de supervivencia.

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 diseñada 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.
- 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 (rolido).

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.

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 nota2)	MASA DE UN OCUPANTE (kg)	MASA MÍNIMO DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg)	MASA MÍNIMO DE EQUIPAJE A TRANSPORTAR SE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg) (ver Nota 3)	ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m ²)
Urbano	70	-	-	0.16
Urbano (Escolar e Institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Inter Urbano (Intraprovincial)	70	5	100 * Vol	0.16
Larga Distancia (Interprovincial y Turismo)	70	5	100 * Vol	Sin pasajeros de pie

Nota 2.- De acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 y al Reglamento de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestres vigente.

Nota 3.- Vol.- Volumen de las bodegas portaequipajes en m³ (metros cúbicos)

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 4)

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 4.- Tabla determinada al documento Norma 3.1-IC

5.1.1.3 Carga de Frenado (F). Se asume una desaceleración mayor o igual a 4 m/s^2 (ver Nota 5).

Nota 5.- 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.

5.1.1.4 Carga de Aceleración Brusca (Ab). 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 (Raf). 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:

$$Raf = 1/2 * Cx * \rho * Af * V^2$$

Donde

Raf.- Carga por resistencia Aerodinámica, en (N)

ρ .- Densidad del aire, en (kg/m³)

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

Af.- Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en (m²)

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 Para método ASD

1: M

2: M + V

3: M + V + G

4: M + V + F

5: M + V + F + Raf

6: M + V + Raf

7: M + V + Ab

8: M + V + Ab + Raf

5.1.2.2 Método LRFD

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 Raf

5: 1.2M +0.5 V+ 0.5F+1.3Raf

6: 1.2M +1.5Ab +0.5V

7: 0.9M – 1.3Raf

8: 0.9M + 1.3Raf