



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ



**Patriciu
CEPEDA**
CARROCERIAS

ESTUDIO DEL DISEÑO DE UNA CARROCERÍA CON ANÁLISIS DE ESFUERZOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS DE UN AUTOBÚS DE LA MARCA PATRICIO CEPEDA CALIFICADA CON NORMA ISO 9001-2008 MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE LAS FUERZAS





**Patricio
CIEPEIDA**
CARROGERIAS

Estudios estadísticos, debido al incremento considerable de accidentes de tránsito en las carreteras Ecuatorianas en los últimos tiempos, por unidades de transporte de tipo Interprovincial.



La industria de construcción de Autobuses se ha visto obligada a cumplir con un mayor número de normalizaciones y regulaciones impuestas por organismos seccionales,



Brindar mayor seguridad activa y pasiva a los pasajeros.
NTE INEN 1323 (2009)
RTE 043 (2010)



Patricia
CARROCEERIAS

La realización del presente proyecto, consiste en analizar la estructura de la unidad de transporte de pasajeros Interprovincial:

DETERMINAR



- ❖ Resistencia estructural
- ❖ Deformación máxima
- ❖ Esfuerzos máximos



Componentes ante las condiciones de carga a las cuales es sometida en su operación.

“Norma INEN 1323 ” exigencias son mayores pues en esta busca que las unidades elaboradas sigan mas lineamientos



- Seguridad Activa y Pasiva.
- Espacio de supervivencia.
- Dimensiones de la carrocería.
- Confort.
- Materiales.
- Mantenimiento.



CHASIS O BASTIDOR

- ❖ Conjunto de perfiles unidos muy rígidamente en forma de cuadro, de manera que el conjunto es indeformable
- ❖ Destina al montaje de una carrocería con elementos desmontables.

Ante colisión:

- Absorber la energía que se libera en dicha colisión.
- Proteger a los ocupantes de agresiones externas.



Seguridad pasiva en la cual destaca la impactos frontales y ante vuelco, con el aumento en los requisitos de resistencia estructural a vuelco y rigidez torsional.



DISEÑO DEL BASTIDOR.

- ❖ Diseñado como estructura base resistente, capaz de evitar las deformaciones producto de los esfuerzos a los que se verán sometidos a lo largo de su vida útil



Tracción provocados por la propia marcha del vehículo

Flexión debida al peso total soportado

Torsión como consecuencia del desplazamiento vertical de los ejes.

La rigidez a torsión que posea el bastidor del autobús influirá notablemente en el límite de vuelco

Se ha de llegar a un compromiso entre una óptima resistencia estructural y rigidez torsional y la reducción del peso del conjunto



RIGIDEZ

$$K = \frac{P}{\Delta}$$

P : Carga aplicada

Δ : Desplazamiento

$$K \propto E \cdot I$$

$$K \propto A \cdot I$$

CARROCERÍA PARA AUTOBUSES

Es considerada caja especial destinada para transportar personas durante la circulación del autobús



❖ Conseguir un habitáculo más seguro
construcción de carrocerías auto portantes

❖ Obtener más confort y velocidad con
menos potencia y menos consumo de
combustible



ASPECTOS DE DISEÑO DE CARROCERÍA DE AUTOBUSES

DISEÑO DE LA CARROCERÍA

ESPECIFICACIONES

- ❖ Peso bruto vehicular
- ❖ Peso bruto de los ejes
- ❖ Tipo de servicio y utilización

FUNCIONES

- ❖ Dimensiones de la carrocería
- ❖ Operación de cada sistema
- ❖ Refrigeración y enfriamiento.

ESTABILIDAD

- ❖ Distribución de la masa
- ❖ Altura del centro de gravedad
- ❖ Dimensiones de la carrocería
- ❖ Método de la carrocería (mont.)

RIGIDEZ

- ❖ Peso bruto vehicular
- ❖ Peso bruto de los ejes
- ❖ Método de la carrocería (mont.)
- ❖ Modificaciones del chasis
- ❖ Configuración de la estructura

CONFORT AL VIAJAR

- ❖ Ruidos internos
- ❖ Aislante al calor
- ❖ Método de la carrocería (mont.)

MANTENIMIENTO

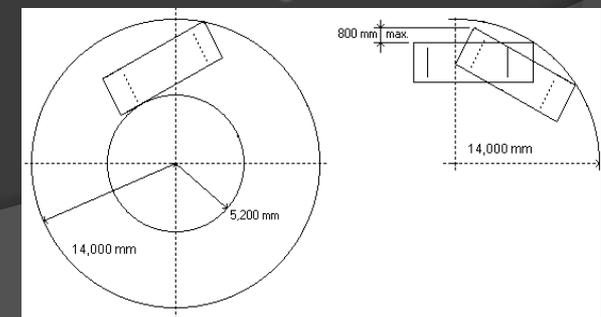
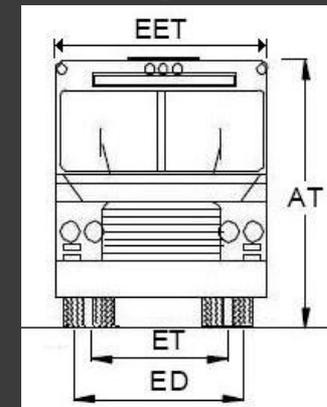
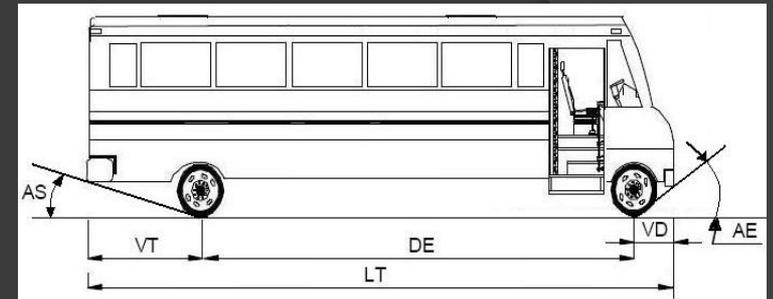
- ❖ Accesibilidad
- ❖ Orificios de inspección

SEGURIDAD

- ❖ Prevención del fuego
- ❖ Resistencia estructural

MEDIDAS VEHICULARES

LARGO TOTAL MÁXIMO (LTM) DE DOS EJES.	13300 mm.
ANCHO TOTAL (EET)	CUBRA LA TROCHA, SIN SOBRESALIR MÁS DE 75 MM.
ALTURA TOTAL MÁXIMA (AT)	4000 mm con escotilla.
ALTURA MÍNIMA EN EL CORREDOR CENTRAL MEDIDA EN LA ZONA DE TRANSITO DE USUARIOS.	1900 mm mín.
ALTURA MÍNIMA DESDE EL PISO AL BORDE INFERIOR DE LA VENTANA.	700 mm mín.
ALTURA DESDE EL NIVEL DEL SUELO HASTA EL PELDAÑO INFERIOR.	400 mm máx.
PARACHOQUES FRONTAL Y POSTERIOR	NO SOBRESALIR MÁS DE 300 MM.
ALTURA PARACHOQUES FRONTAL	500 mm máx. Desde la calzada
ALTURA PARACHOQUES POSTERIOR.	600 mm máx. Desde la calzada
DISTANCIA ENTRE EJES (DE).	LA DISPOSICIÓN DE EJES PERMITA LA DISTRIBUCIÓN ADECUADA DE LAS CARGAS, SU RADIO DE GIRO NO EXCEDA DE 14000 MM.
VOLADIZO TRASERO (VP).	66% máx. De la distancia entre ejes.
VOLADIZO DELANTERO (VD).	Mín 2000, máx 3000.
ÁNGULO DE ACOMETIDA (AA).	ENTRE 8 Y 12 GRADOS.
ÁNGULO DE SALIDA (AS).	8.5 grados mín.
PUERTA DE ACCESO ALTURA MIN.	2000 mm
ANCHO LIBRE MÍNIMO	850 mm



PARTES DE LA CARROCERÍA

La carrocería es el sistema mecánico destinado al transporte de pasajeros y carga, constituyendo tanto la interfaz entre el viajero y el vehículo

ESTRUCTURA

Conocida también como superestructura o estructura de esqueleto, es el sistema estático que provee resistencia, rigidez y soporte físico a la carrocería

Soportar pesos
Dar forma
Servir de protección

TIPOS DE ESTRUCTURA

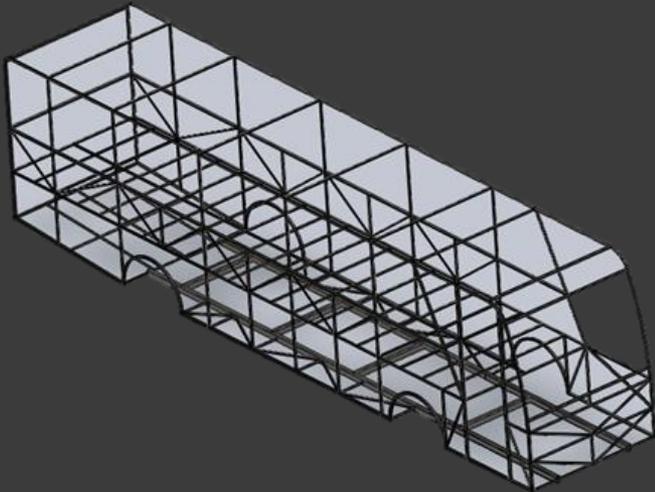
- Estructura de refuerzo de recubrimiento externo
- Estructura de refuerzo de recubrimiento interno
- Estructura de esqueleto de refuerzo



ESTRUCTURA DE ESQUELETO DE REFUERZO



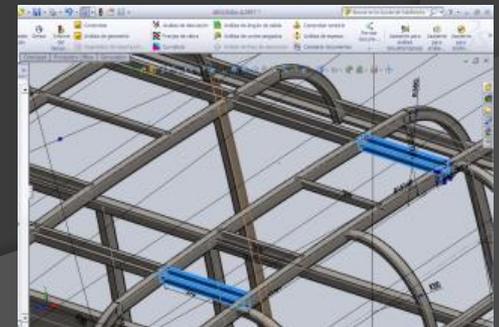
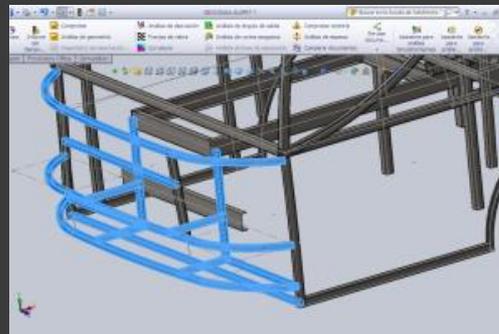
La resistencia y rigidez se deben a una integración entre el bastidor del chasis y la estructura de la carrocería.



Partes de la estructura de esqueleto de refuerzo

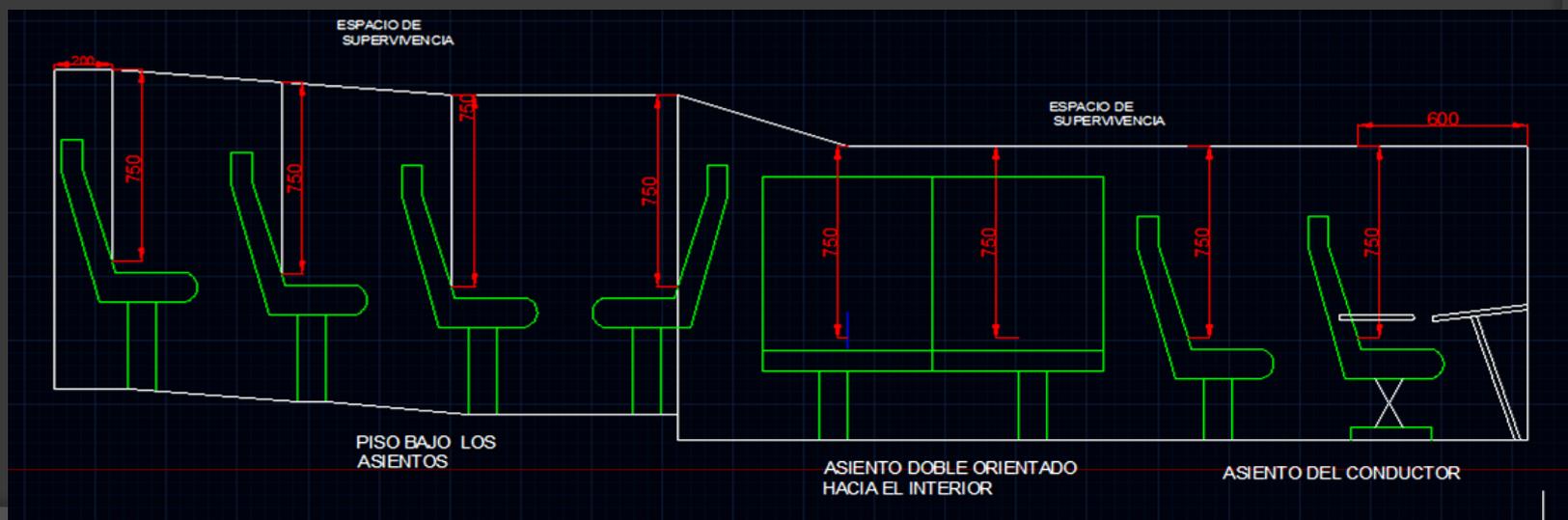
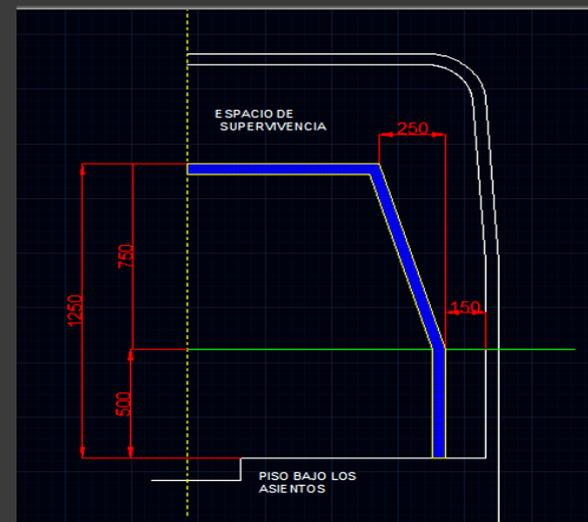


- ❖ Frontal y posterior
- ❖ Techo
- ❖ Laterales
- ❖ Piso





Espacio de supervivencia.- Es el volumen que se obtiene en el compartimiento de ocupantes, desplazando en línea recta el plano vertical y transversal indicado en la figura, de manera que se pase el punto SR de la figura 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.





REQUISITOS DE FUERZAS Y CARGAS

La NTE establece los requisitos para el diseño, fabricación y montaje de autobuses para todas sus modalidades y son las que a continuación se detallan:

Cargas estáticas

Por naturaleza de concepción aparecen

- Carga muerta (CM).
- Carga viva (CV).

Cargas dinámicas

Representan al autobús en movimiento, en condiciones de velocidad

- Carga de aceleración brusca (CAb).
- Carga de frenado (CF).
- Carga de giro (CG).
- Carga por Resistencia del Aire frontal (CRaf).



ASIGNACIÓN DE CARGAS A LA ESTRUCTURA

Combinación de cargas 1 (1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf.)

Designación.	Cargas Estáticas	Valor
CM	Carga Muerta	63268.8(N)
CV	Carga Viva	16905(N)
CMI	Carga maletero izquierdo	759.22(N)
CMD	Carga maletero derecho	1960.69(N)
CMP	Carga maletero Posterior	3969(N)
CF	Carga de frenado	21450.765(N)
CRaf	Carga por resistencia al aire	3109.14(N)

Combinación de cargas 2 (1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)

Designación.	Cargas Estáticas	Valor
CM	Carga Muerta	63268.8(N)
CV	Carga Viva	54096(N)
CMI	Carga maletero izquierdo	759.22(N)
CMD	Carga maletero derecho	1960.69(N)
CMP	Carga maletero Posterior	3969(N)
CG	Carga de giro	8085.63(N)



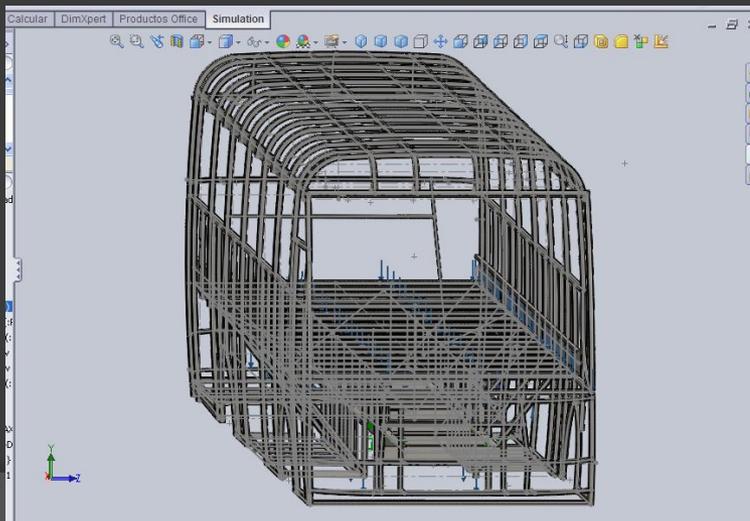
BUS INTERPROVINCIAL		
Elemento	Peso total (Kg)	%
Carrocería	5380	53.16
Chasis Hino (AK)	4740	46.84
Sumatoria	10120	100

VALOR CARGA MUERTA

$CM = 5380\text{kg} \cdot 9.8\text{m/seg}^2 = 52724 \text{ (N)}$

VALOR DE CARGA VIVA

$Mu = 70\text{kg}(\text{ocupante}) + 5\text{kg}(\text{equipaje})$
 $Mu = 75\text{kg} \cdot 46 = 3450\text{kg}$
 $CV = 3450\text{kg} \cdot 9.8\text{m/seg}^2 = 33810 \text{ (N)}$



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

Tabla 1 Cargas vivas de diseño

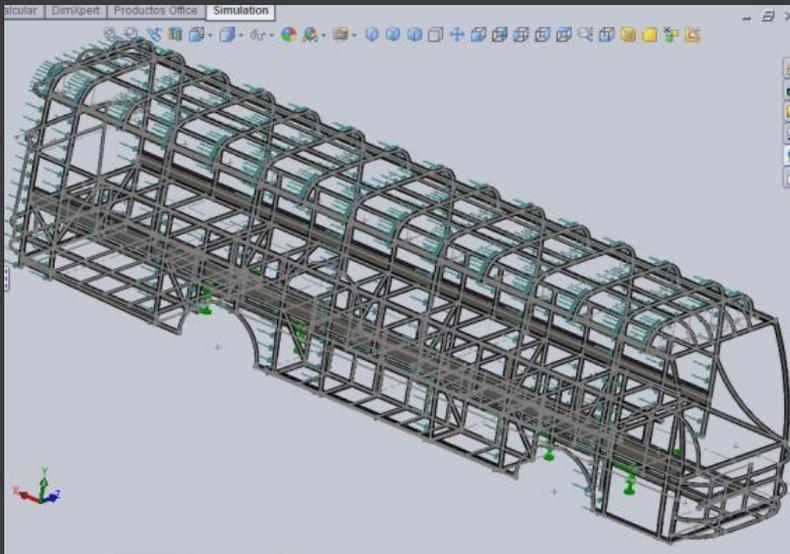
CARGAS DINAMICAS



Carga de frenado



Se presentan cuando el vehículo es sometido a una aceleración negativa (sentido contrario al movimiento) dando como resultado la presencia de este tipo de fuerzas que actúan empujando la estructura en el sentido del movimiento original debido a la inercia de la unidad.



$$V_1 = V_0 + 2aS =$$
$$a = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2S} = \frac{(0^2 - 27.7^2)}{2 \times (85m)} =$$
$$a = 4.51 \frac{m}{s^2}$$

Frenado de pánico

$$M_t = M_c + M_p + M_{eq}$$
$$M_t = 5380kg + 3450kg + 682.5kg$$
$$M_t = 9512.5 \text{ Kg}$$
$$CF = 4.51 \text{ m/seg}^2 \times 9512.5kg$$
$$CF = 42901.53 \text{ (N)}$$

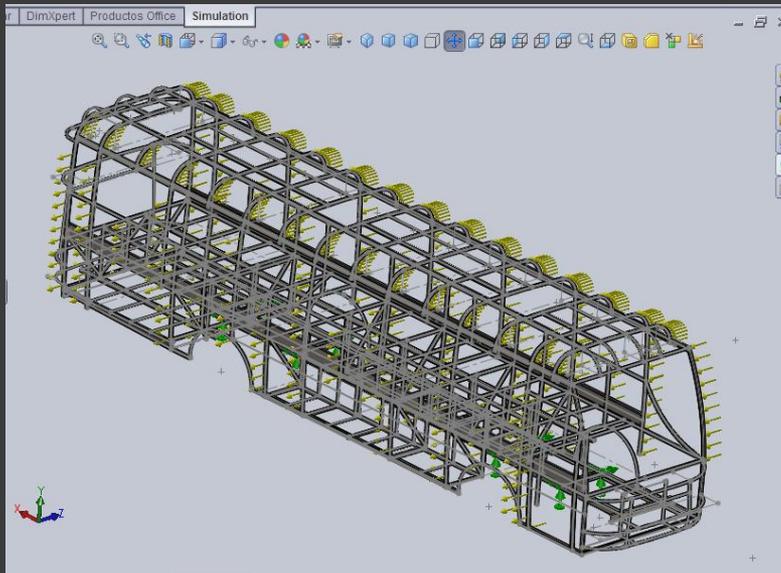
CARGAS DINAMICAS



Carga de giro



Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva determinado R_g y a cierta velocidad, la F_c deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre peso total de bus a plena carga y su centro de gravedad. V critica 90 y R_g .



$$a = \frac{v^2}{r_c}$$

$$F_c = \frac{v^2}{r_c} \cdot Mt$$

Velocidad del vehículo (km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)
80	250
85	300
90	350
95	400
100	450
105	500
110	550
115	600
120	700
125	800
130	900
135	1050
140	1250
145	1475
150	1725

$$a = (27.7)^2 / (450)$$

$$a = 1.70 \text{ m/seg}^2$$

$$F_c = 1.70 \text{ m/seg}^2 \cdot (9512.5 \text{ Kg})$$

$$F_c = 16171.25 \text{ (N)}$$

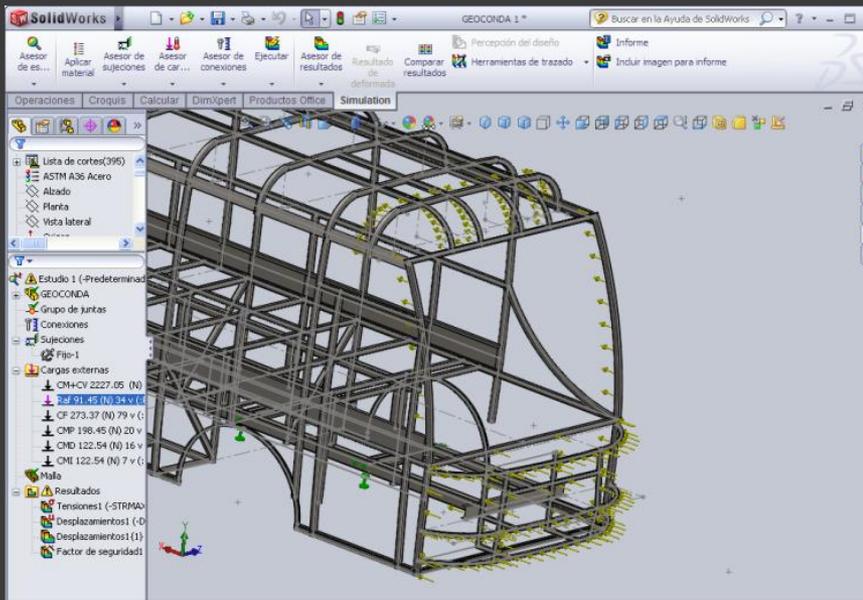
CARGAS DINAMICAS



Carga de Resistencia
al aire frontal



Se aplicara como la fuerza de aire actuante sobre una área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.



$$CRaf = \frac{C_x \rho \cdot Af \cdot v^2}{2}$$

Siendo:

C_x = coeficiente de resistencia aerodinamica

ρ = densidad del aire kg/m^3

Af = área correspondiente a la proyección del autobús m^2

v = velocidad del autobús m/seg

$$Raf = \frac{(0.7) \cdot (1.225) \cdot (7.27) \cdot (27.7)^2}{2} = 2391.65(N)$$



**CARGAS ESTATICAS
EN LA ESTRUCTURA**



Designación	Cargas Estáticas	Valor
CM	Carga Muerta	52724(N)
CV	Carga Viva	33810(N)
CMI	Carga maletero izquierdo	759.22(N)
CMD	Carga maletero derecho	1960.64(N)
CMP	Carga maletero Posterior	3969(N)

**CARGAS DINÁMICAS EN
LA ESTRUCTURA**



Designación.	Cargas Dinámicas	Valor
CF	Cargas de frenado	42901.53(N).
CAb	Cargas de aceleración Brusca	(-) 42901.53(N).
CRaf	Carga por resistencia al aire frontal	2391.65(N).
CG	Cargas de giro	16171.25(N).



COMBINACIONES DE CARGA

1

METODO ASD (Allowed Strength Design)

- CM
- CM + CV
- CM + CV + CG
- CM + CV + CF + CRaf
- CM + CV + CRaf
- CM + CV + CAb
- CM + CV + CAb + Craf



2

METODO LRFD

(Load Resistance Factor Design)

- CM
- 1.4CM + CV
- **1.2CM + 1.6CV + 0.5CG**
- 1.2CM + 0.5CV + 1.6CG
- 1.2CM + 1.6CF + 0.8CRaf
- **1.2CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf**
- 1.2CM + 1.5CAb + 0.5CV
- 0.9CM - 1.3CRaf
- 0.9CM + 1.3CRaf.



Las cargas combinadas, según los 2 métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a $L/240$ veces su longitud.(NTE INEN 1323)

MÉTODO DE ENERGÍA DE DISTORSIÓN

Mejor estimador para materiales dúctiles bajo cargas estáticas o para esfuerzos normales, cortantes o combinados totalmente reversibles.



Se requiere la definición del término de Von Mises representado por el símbolo σ' , que se puede calcular para esfuerzos biaxial con los esfuerzos principales máximo y mínimo.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2}$$

Existe falla cuando es mayor que S_y (resistencia a la fluencia),

ANALISIS ESTRUCTURAL



Conjunto de procesos que deben seguir a cabalidad para obtener resultados con gran apego a la realidad.

Generación de la geometría
Coordenadas de nodos
Propiedades geométricas
Propiedades de materiales
Grados de libertad

Modelado

Aplicación de zona de borde

SIMULACION DE CARGAS

Generación de la malla de elementos finitos
Generación de matrices elementales

Simulación

Solución de sistema de ecuaciones para encontrar fuerzas internas en cada elemento

Generación de archivos de salida
Proceso de resultados

Estudios de resultados
Aplicación de criterio de diseño
Resistencia estructural compro.
Rediseño

Análisis

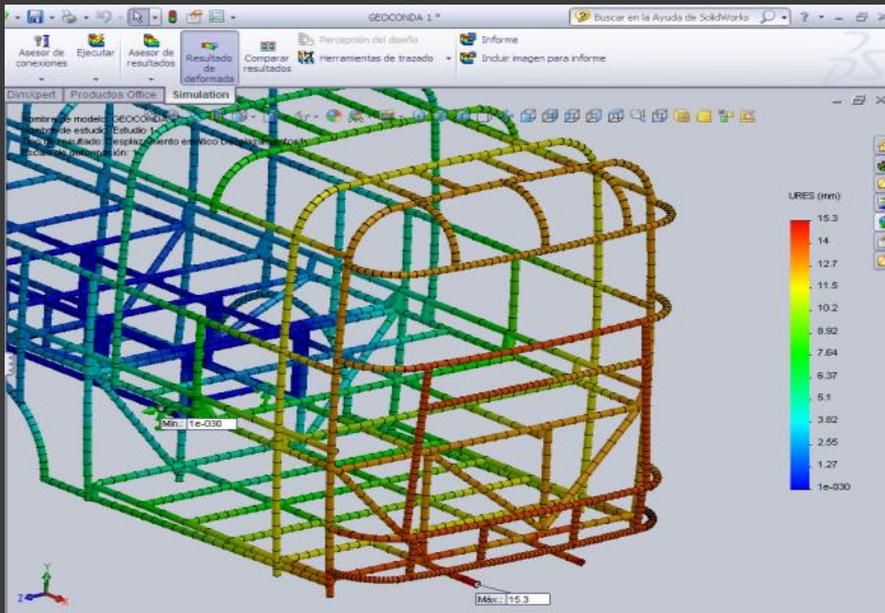




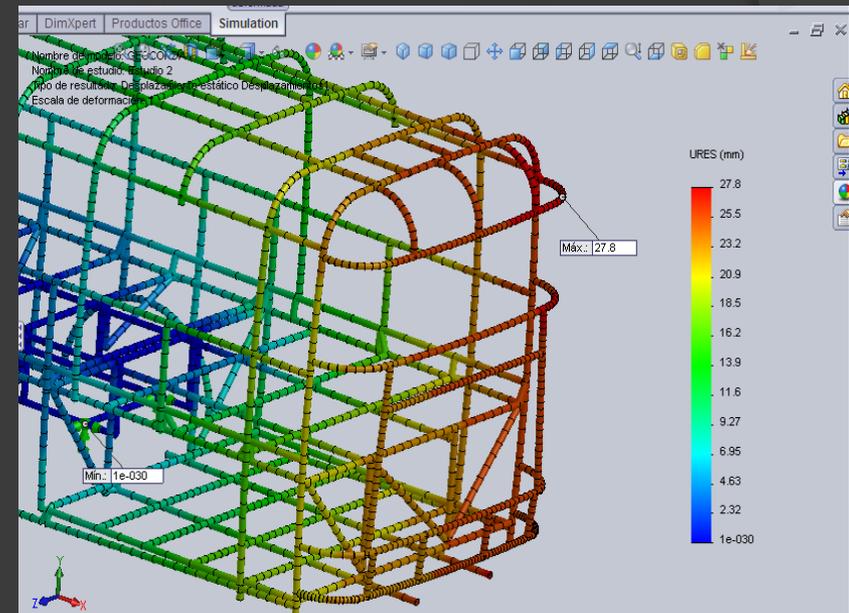
DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Combinación de cargas 1.
(1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf).

Combinación de cargas 2.
(1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)



Desplazamiento máximo es de 15.3 mm producido en el piso del maletero posterior en el tubo cuadrado de 75x75x3, del lado izquierdo



Desplazamiento máximo es de 27.8 (mm) producido en la parte posterior de la estructura del autobús, ubicada en el arco de cercha superior.



CALCULOS

Combinación 1.

Cálculos realizados

L = 2934 mm elemento piso maletero posterior

Desplazamiento máximo del elemento
(2934 / 240) = 12.22 mm

Resultados SolidWorks

L = 2934 mm elemento piso del maletero posterior.

Desplazamiento máximo del elemento = 15.3 mm

Combinación 2.

Cálculos realizados

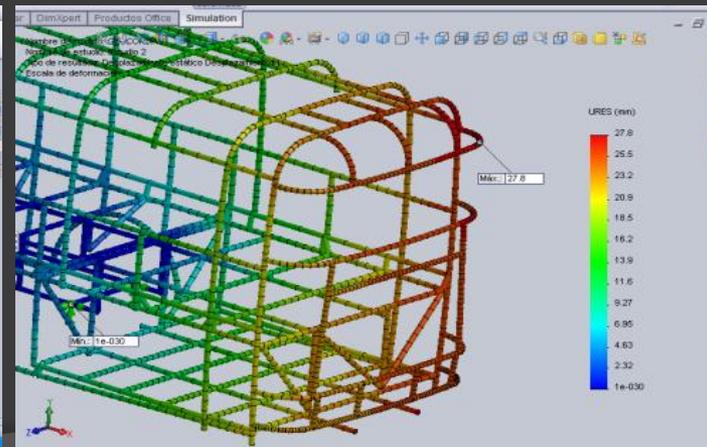
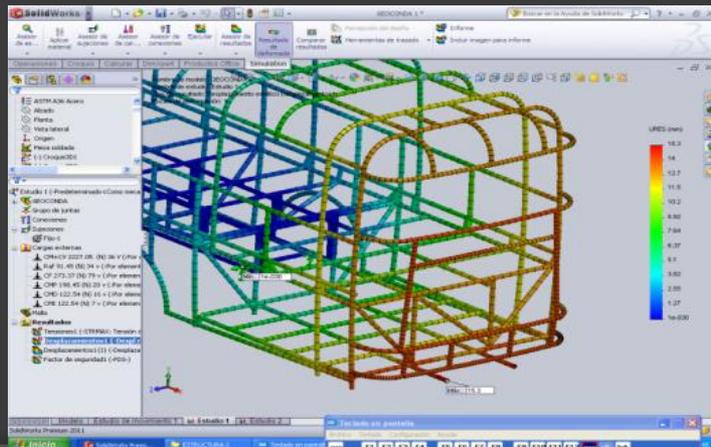
L = 2771 mm parte posterior de la estructura arco de cercha superior.

Desplazamiento máximo del elemento
2771 / 240 = 11.54 mm

Resultados SolidWorks

L = 2771 mm elemento arco de cercha superior guardachoque posterior.

Desplazamiento máximo del elemento = 27.8 mm





Combinación de cargas 1. (1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf).

E
S
F
U
E
R
Z
O
S

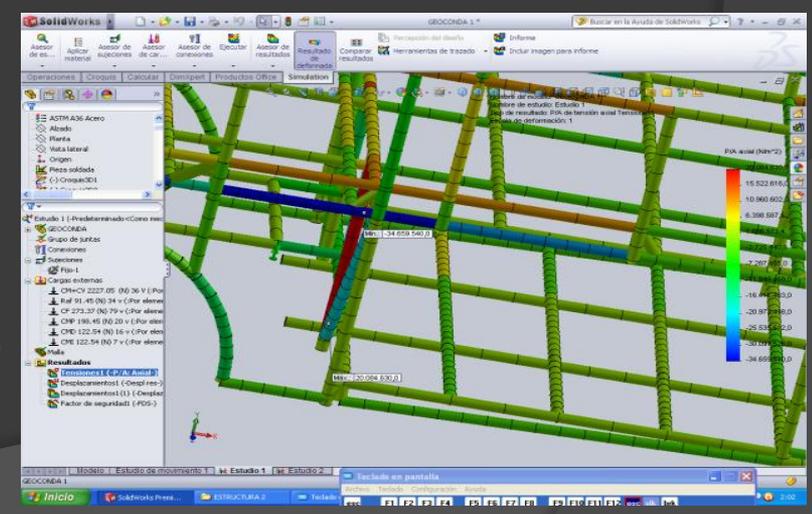
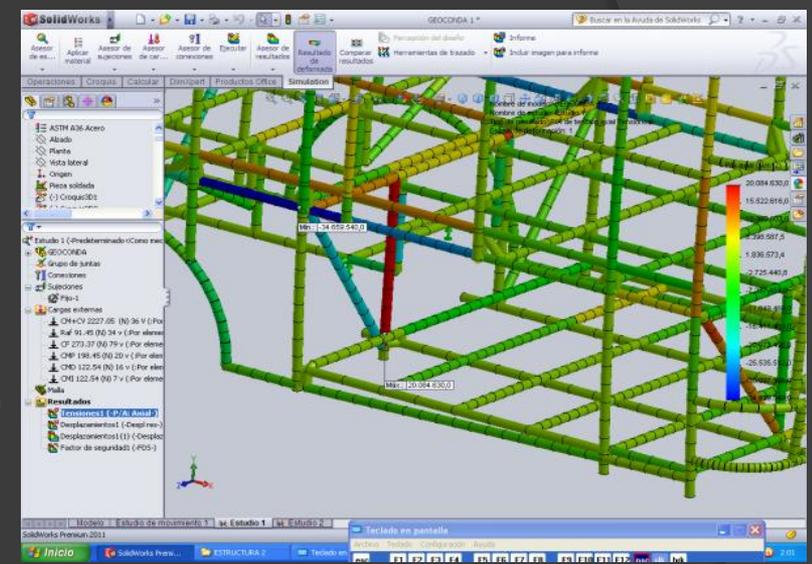
N
O
R
M
A
L
E
S

El esfuerzo normal máximo es de 20 MPa siendo este de un valor positivo, significa que el miembro estructural tiende a estirarse (tensión) afectando el soporte del suplex del lado izquierdo de la estructura.

(Tensión) →

El esfuerzo normal mínimo es de -34 Mpa siendo este un valor negativo significa que el miembro estructural tiende a comprimirse (compresión) afectando al larguero izquierdo del piso de la estructura.

(Compresión) →



Combinación de cargas 1.
(1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf).

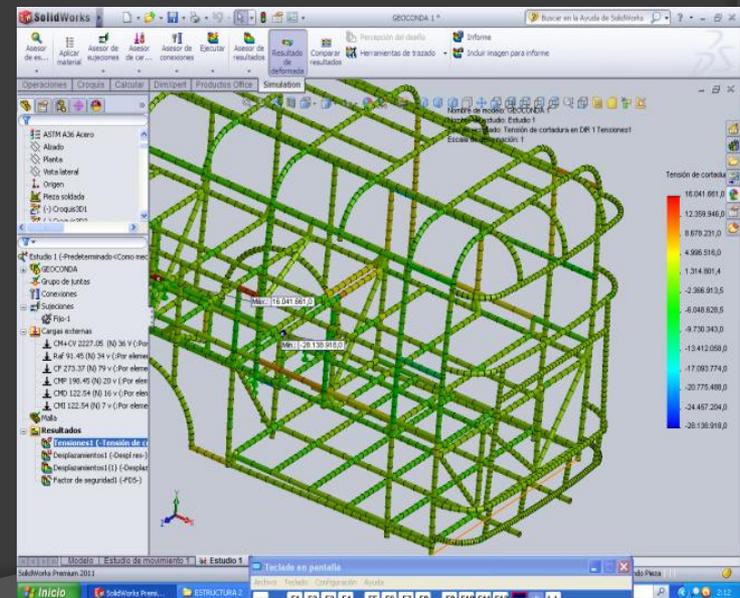
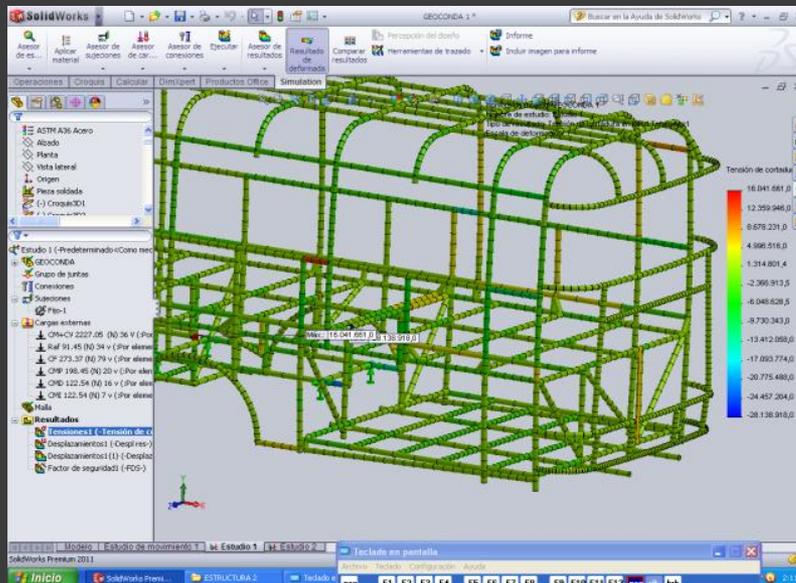


Patricio
CIEPEIDA
CARROTERIAS

ESFUERZOS DE CORTADURA

Valor máximo del esfuerzo de tensión de corte de 16 Mpa en el larguero del chasis lado derecho de la estructura, tiene tendencia a corte, debido a que la carga está aplicada en el eje Y positivo con dirección hacia abajo sobre una cara del elemento.

Valor mínimo del esfuerzo de tensión de corte de -28Mpa el cual está ubicado en el tubo del piso de la estructura, el valor negativo indica que hay un esfuerzo de corte hacia arriba es decir en (Y) negativo.



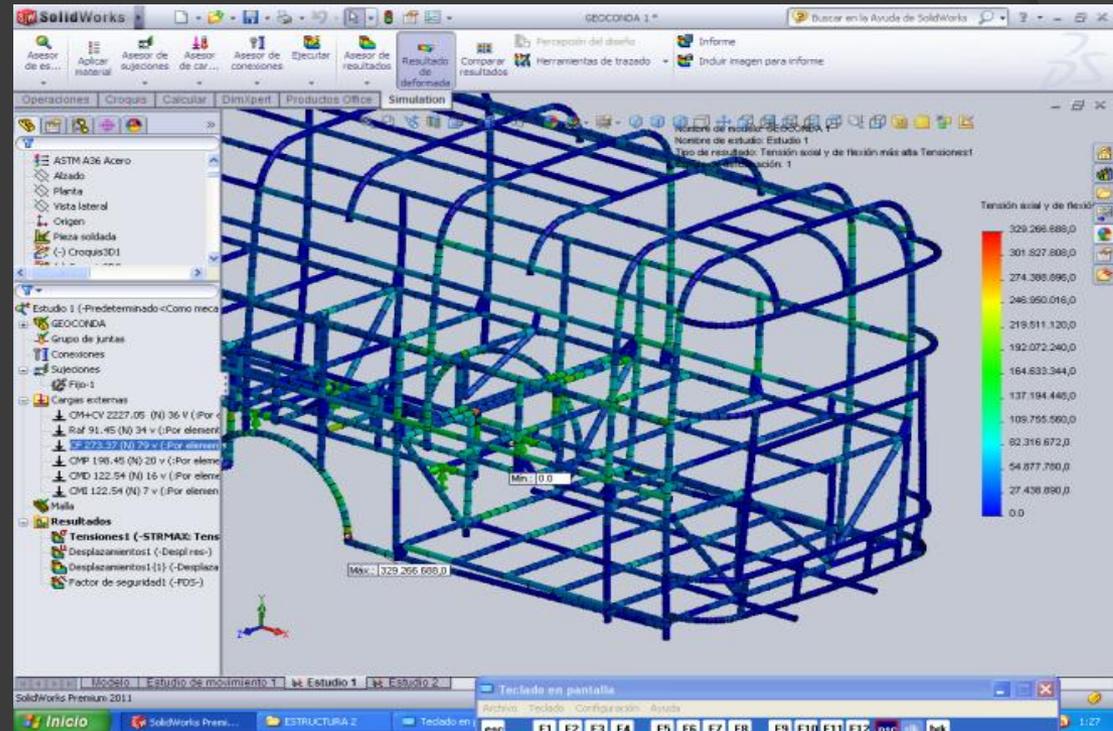


Combinación de cargas 1.
(1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf).

ESFUERZO DE TENSIÓN AXIAL Y
DE FLEXIÓN MÁS ALTA.



Se obtuvo un valor máximo de 329 Mpa de esfuerzo de tensión axial y de flexión ubicado en la parte lateral izquierda de la estructura, específicamente en la zona del arco en la rueda en el perfil tipo C.



El factor de seguridad calculado para la COMBINACIÓN DE CARGAS 1 en el elemento con la condición más crítica:

$$N = \frac{S_y}{\sigma}$$

S_y: resistencia de fluencia del material

$$S_y (ASTM - A36) = 250MPa$$

$$N = \frac{250MPa}{329MPa} = 0.76$$



Combinación de cargas 2. (1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)

E
S
F
U
E
R
Z
O
S

N
O
R
M
A
L
E
S

El esfuerzo normal máximo mostrado en la figura es de 34 MPa siendo este de un valor positivo esto significa que el miembro estructural tiende a estirarse afectando directamente al refuerzo del suplex del lado izquierdo del piso de la estructura.

(Tensión)



En la figura se muestra el valor mínimo del esfuerzo normal de -55 MPa afectado al larguero izquierdo del piso de la estructura nos indica que el elemento está sometido a compresión.

(Compresión)



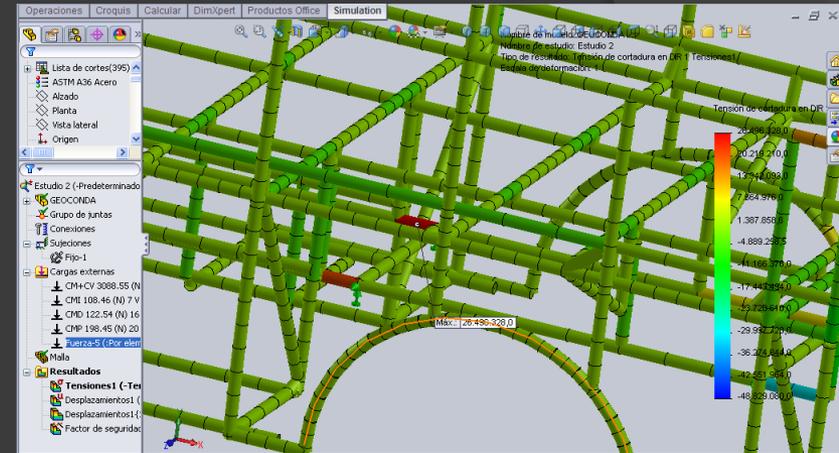


**Patricio
CIEPEIDA**
CARROCERÍAS

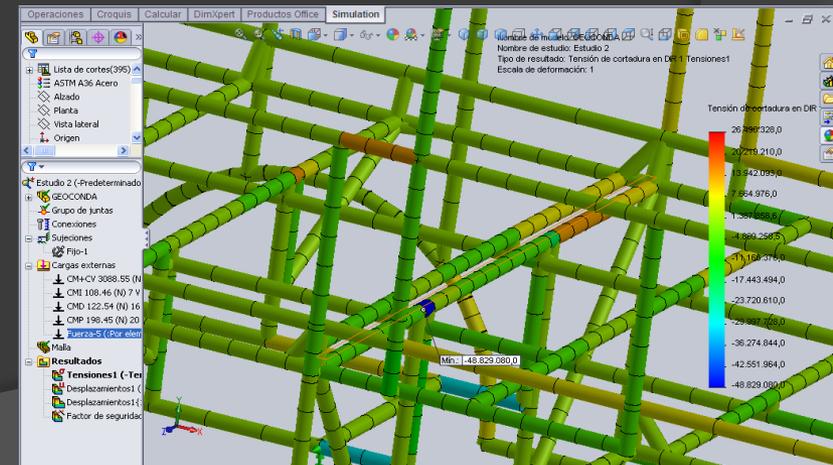
Combinación de cargas 2. (1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)

ESFUERZOS
DE
CORTADURA

Valor máximo obtenido del esfuerzo de tensión de corte 26 MPa afectando el larguero derecho del chasis en la unión del soporte del suplex, este elemento está con tendencia a corte hacia abajo en el eje y positivo



Valor mínimo de esfuerzo de tensión de corte de -48MPa aplicado en el tubo de 50x50x2 en el piso de la estructura, a nivel del corte del chasis, el esfuerzo es aplicado hacia arriba en la cara del elemento, en el eje y negativo hacia arriba





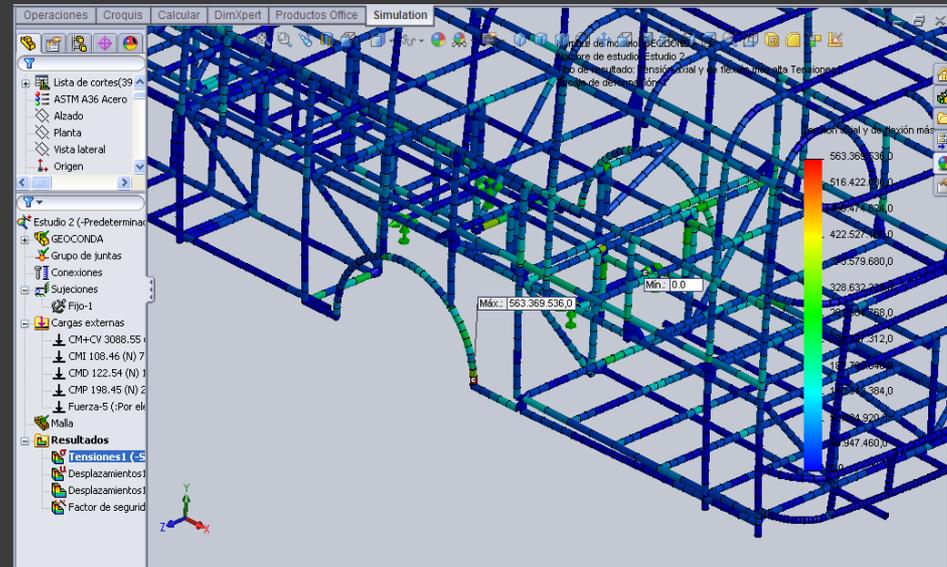
**Patriciu
CIEPIEDA**
CARROGERIAS

Combinación de cargas 2.
(1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)

ESFUERZO DE TENSIÓN AXIAL Y
DE FLEXIÓN MÁS ALTA.



El valor obtenido es de 563
Mpa, en donde elemento más
crítico es el arco de la rueda
izquierda posterior
específicamente el perfil tipo C



$$N = \frac{Sy}{\sigma}$$

$$N = \frac{250MPa}{563MPa} = 0.44$$



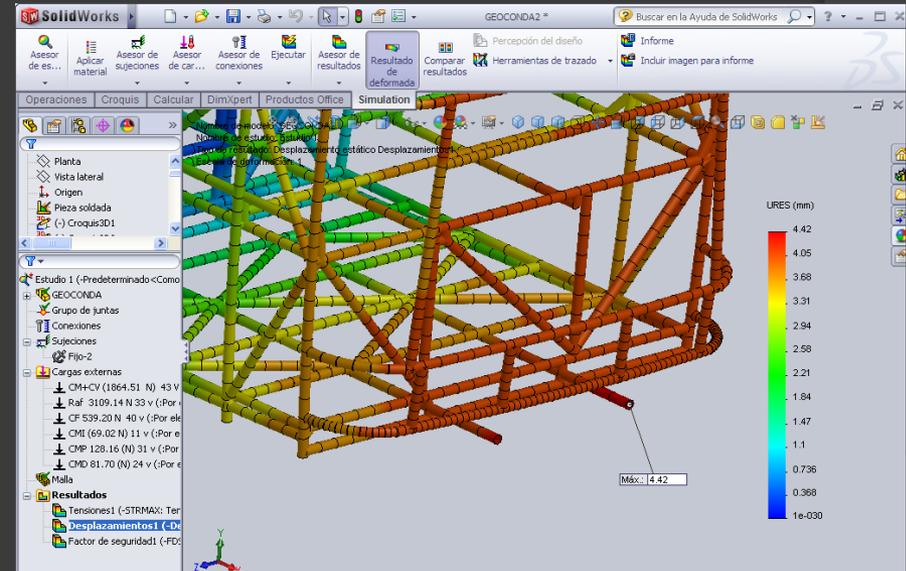
REDISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL AUTOBÚS

- Refuerzos en el piso del maletero posterior perfil tipo C.
- Refuerzos del piso de los maleteros laterales izquierdo, derecho perfil tipo C.
- Aumento del espesor de los tubos del piso de la estructura de 2 a 2.6 (mm).
- Aumento de 1 tubo en el piso de la estructura.
- Aumento del espesor de los arcos de cerchas de la parte posterior de la estructura primero y segundo desde la parte de superior.
- Soporte para el miembro estructural del piso (75x75x3) del maletero posterior.
- Tubo de soporte en los arcos de ruedas.
- Reemplazo del perfil tipo C por un tubo cuadrado en los arcos de rueda.
- En la parte inferior de las ventanas a nivel del maletero posterior se incrementó 3 tubos de forma diagonal a cada lado para reforzar esta zona.
- Refuerzo en la parte posterior del chasis tubo cuadrado de 75x75x3

DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Combinación de cargas 1. (1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf).

Mediante la aplicación del método LRFD (Load resistance factor design) se obtuvo los siguientes resultados: Desplazamiento máximo es de 4,42 mm producido en el piso del maletero posterior en el tubo cuadrado de 75x75x3, del lado derecho

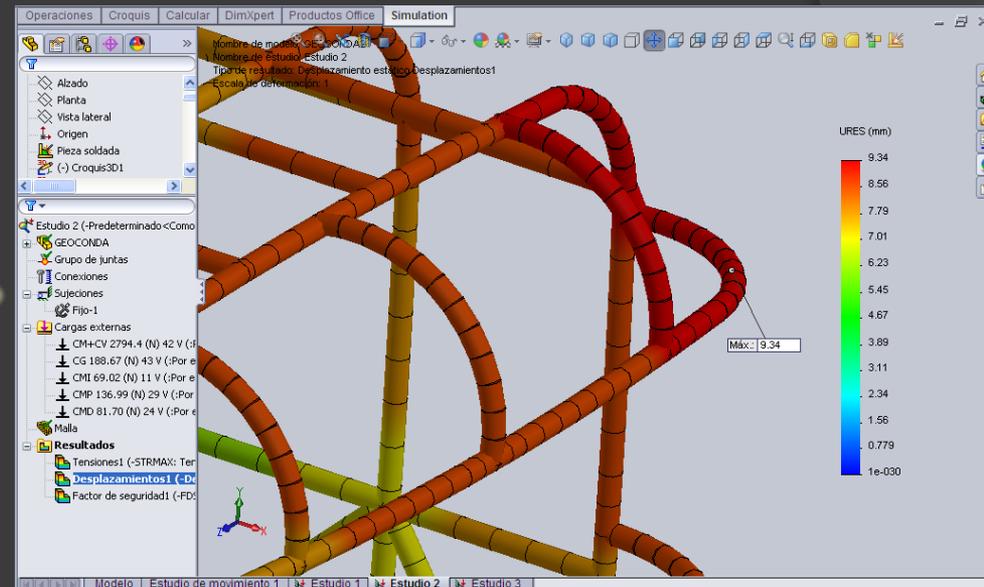




**Patricio
CIEPEIDA**
CARROCERÍAS

Combinación de cargas 2. (1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)

Desplazamiento máximo es de 9.34 (mm) producido en la parte posterior de la estructura del autobús, ubicada en el arco de cercha superior.



CÁLCULOS



Patricio
CIEPEIDA
CARROCERÍAS

Combinación 1

Cálculos realizados

L = 2934 mm tubo cuadrado en el piso del maletero posterior

Desplazamiento máximo del elemento
 $(2934 / 240) = 12.22$ mm

Resultados SolidWorks

L = 2934 mm elemento piso del maletero posterior.

Desplazamiento máximo del elemento = 4,42 mm

Combinación 2

Cálculos realizados

L = 2771 mm parte posterior de la estructura arco de cercha superior.

Desplazamiento máximo del elemento
 $2771 / 240 = 11.54$ mm

Resultados SolidWorks

L = 2771 mm elemento arco de cercha superior guardachoque posterior.

Desplazamiento máximo del elemento = 9.34 mm

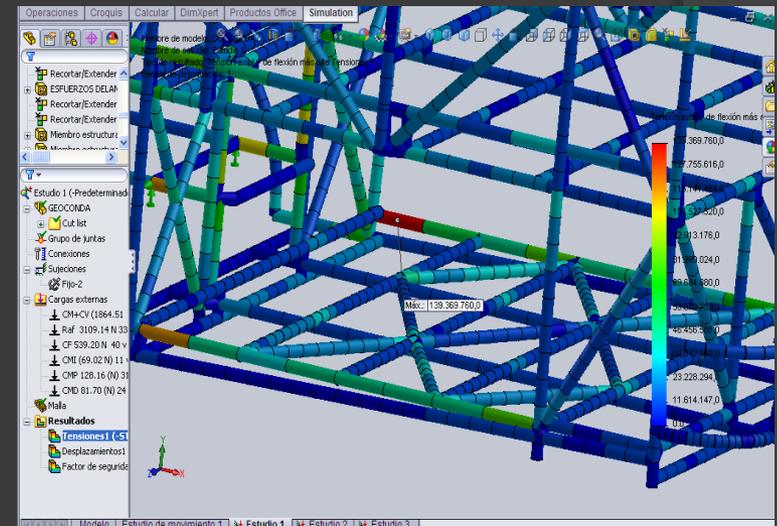


Combinación de cargas 1.
(1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf).

ESFUERZO DE TENSIÓN AXIAL Y
DE FLEXIÓN MÁS ALTA.



El máximo valor obtenido es de
139 Mpa, para el elemento más
crítico que corresponde al perfil
tipo triangulo ubicado en el piso del
maletero posterior del lado derecho



$$N = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$N = \frac{250MPa}{139MPa} = 1.79$$

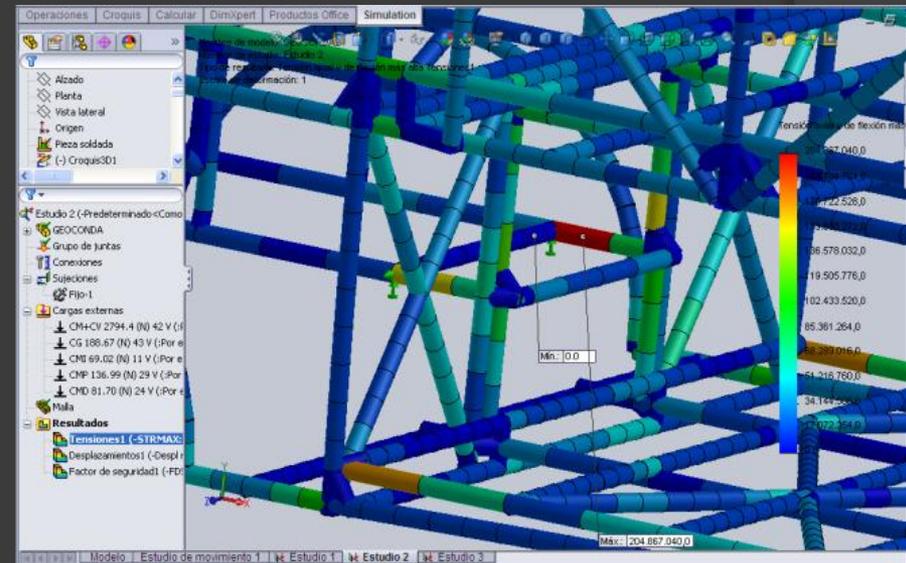


Combinación de cargas 2.
(1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)

ESFUERZO DE TENSIÓN AXIAL Y
DE FLEXIÓN MÁS ALTA.



El máximo valor obtenido es de 204 Mpa, para el elemento más crítico que corresponde al larguero del lado derecho del chasis, en la cara superior



$$N = \frac{S_y}{\sigma}$$

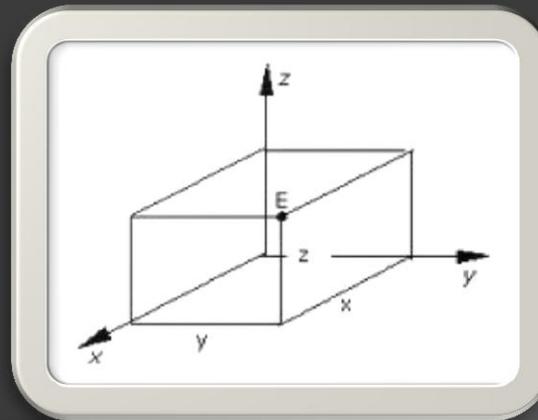
$$N = 250 \text{ MPa} / 204 \text{ MPa} = 1.24$$



PRUEBAS AERODINÁMICAS



El análisis aerodinámico de un automóvil se puede descomponer en dos partes: por un lado, la determinación de la fuerza de arrastre y de sustentación y por otro, el análisis de las características y del comportamiento del flujo, ya sea sobre la superficie del cuerpo como en la estela cercana al mismo.



RESISTENCIA AERODINÁMICA



**Patricio
CIEPIDA**
CARROGERIAS

FUERZA DE SUSTENTACIÓN

$$F_z = C_z \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v f^2 \cdot Af$$

POTENCIA

$$Pot = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot Af \cdot \rho \cdot v f^3$$

FUERZA DE ARRASTRE

Parte trasera

Parte delantera

Parabrisas

Protuberancias

Flujo interno

$$F_x = C_x \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v f^2 \cdot Af$$

PARÁMETROS DE DISEÑO



Coeficiente de sustentación Cz
Coeficiente de sustentación Cz
Potencia para vencer la resistencia
al aire Pot.



Temperatura ambiental del aire en la costa = 15 °C

Presión atmosférica = 101325 Pa

Densidad del aire = 1.225kg/m³

Viscosidad cinemática = 1.46x10⁻⁵m²/seg

Viscosidad dinámica = 1.789x10⁻⁵Pa.seg

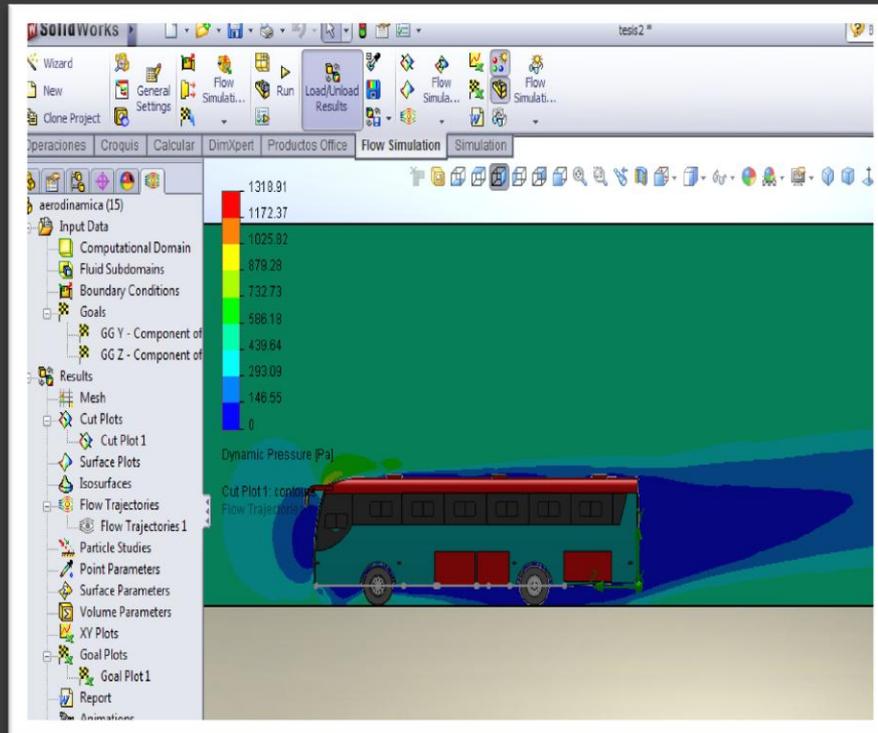
Velocidad promedio del vehículo = 100 km/h

Área transversal del vehículo perpendicular al movimiento del aire = 7.27m²

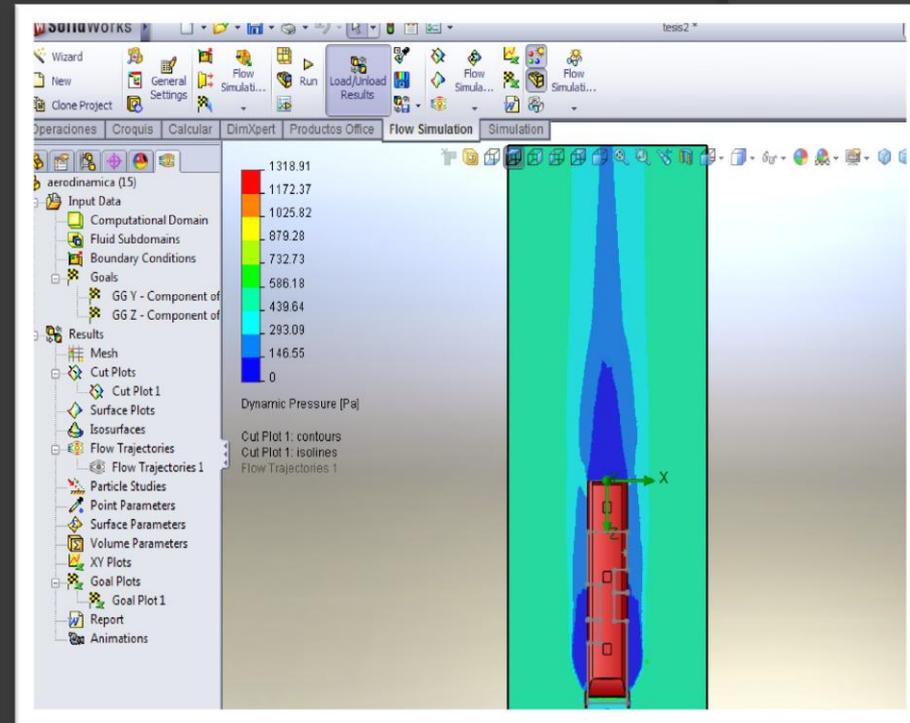


PRESIÓN DINÁMICA

VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



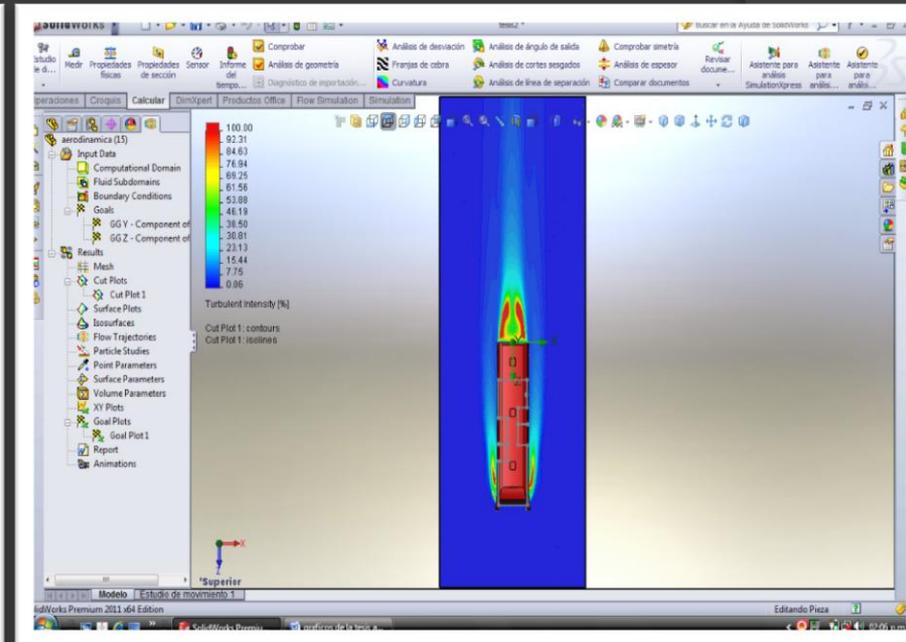
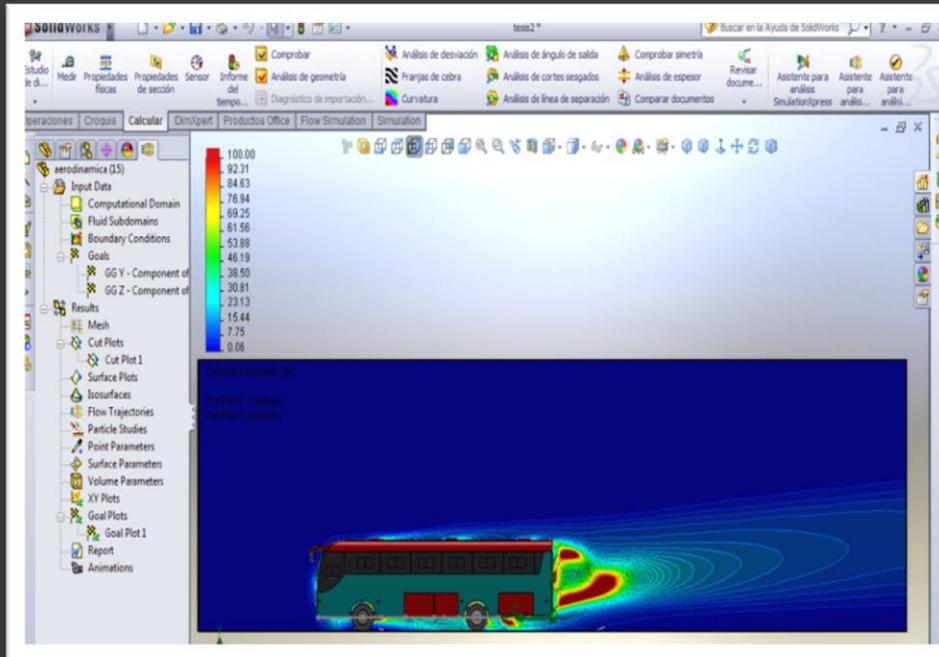
La presión dinámica es producida por la velocidad relativa, por interferencia una línea de corriente del flujo debe ir derecho al cuerpo y estancarse (generalmente en el parachoques del carro), con lo cual la velocidad relativa se va a cero y la presión dinámica



TURBULENCIAS

VISTA LATERAL

VISTA SUPERIOR

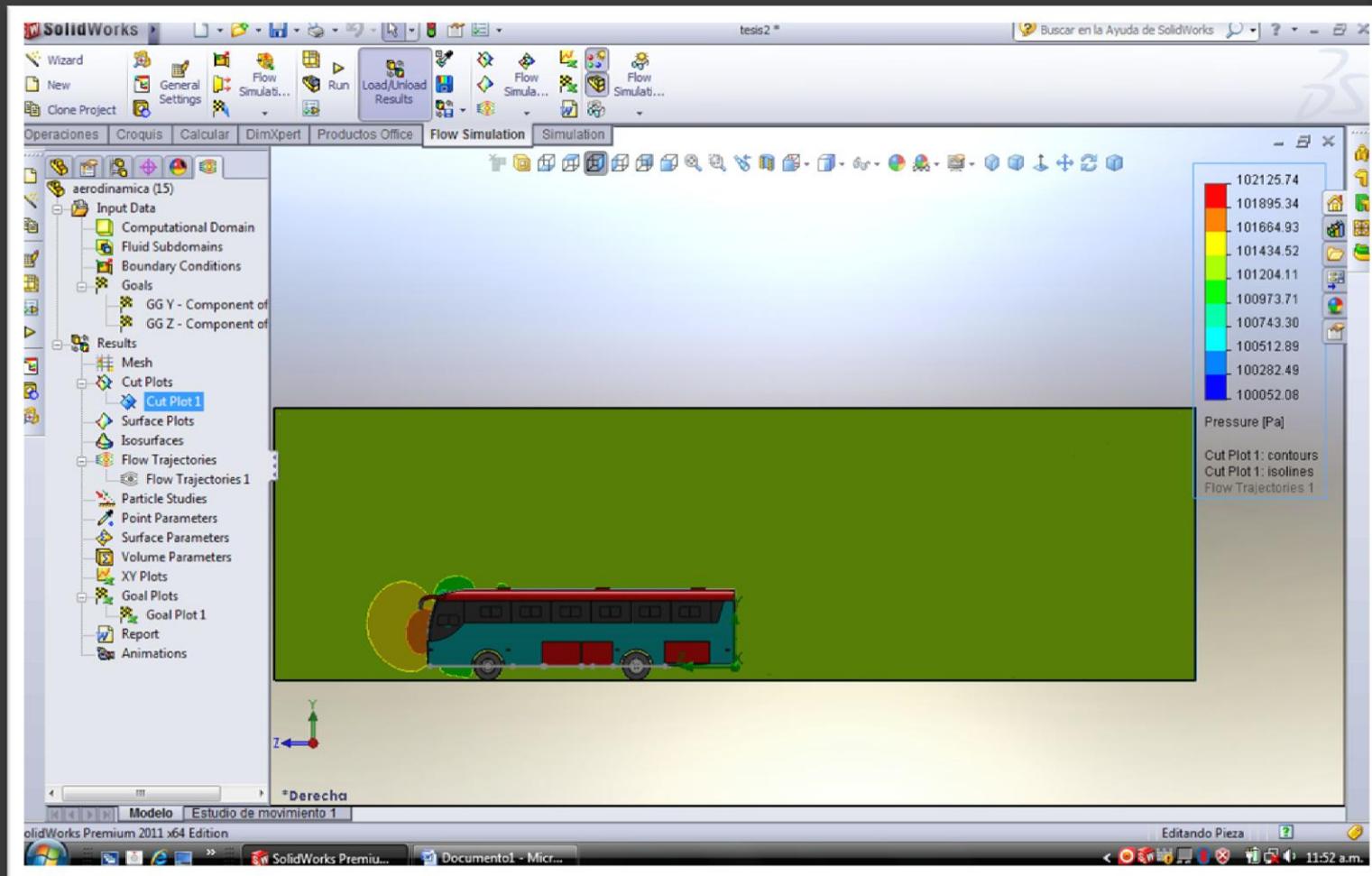


Las turbulencias se deben a los gradientes de presión y velocidad que hay en torno a una superficie, debido a estas condiciones el movimiento de las partículas es aleatorio, caótico y se forman remolinos en la parte posterior del autobús



**Patriciu
CIEPIEDA**
CARROCERIAS

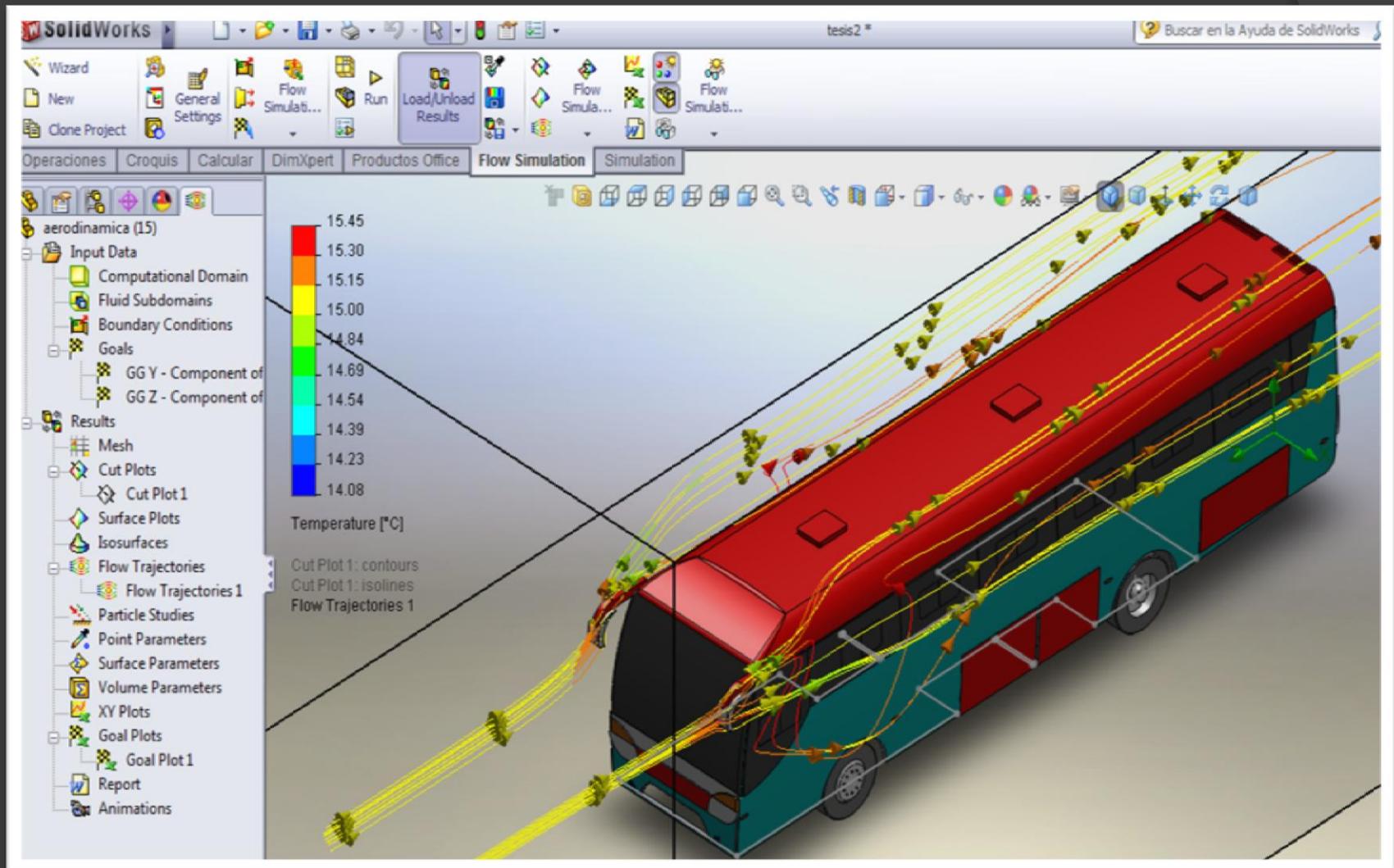
PRESIÓN



MOVIMIENTO DEL FLUIDO



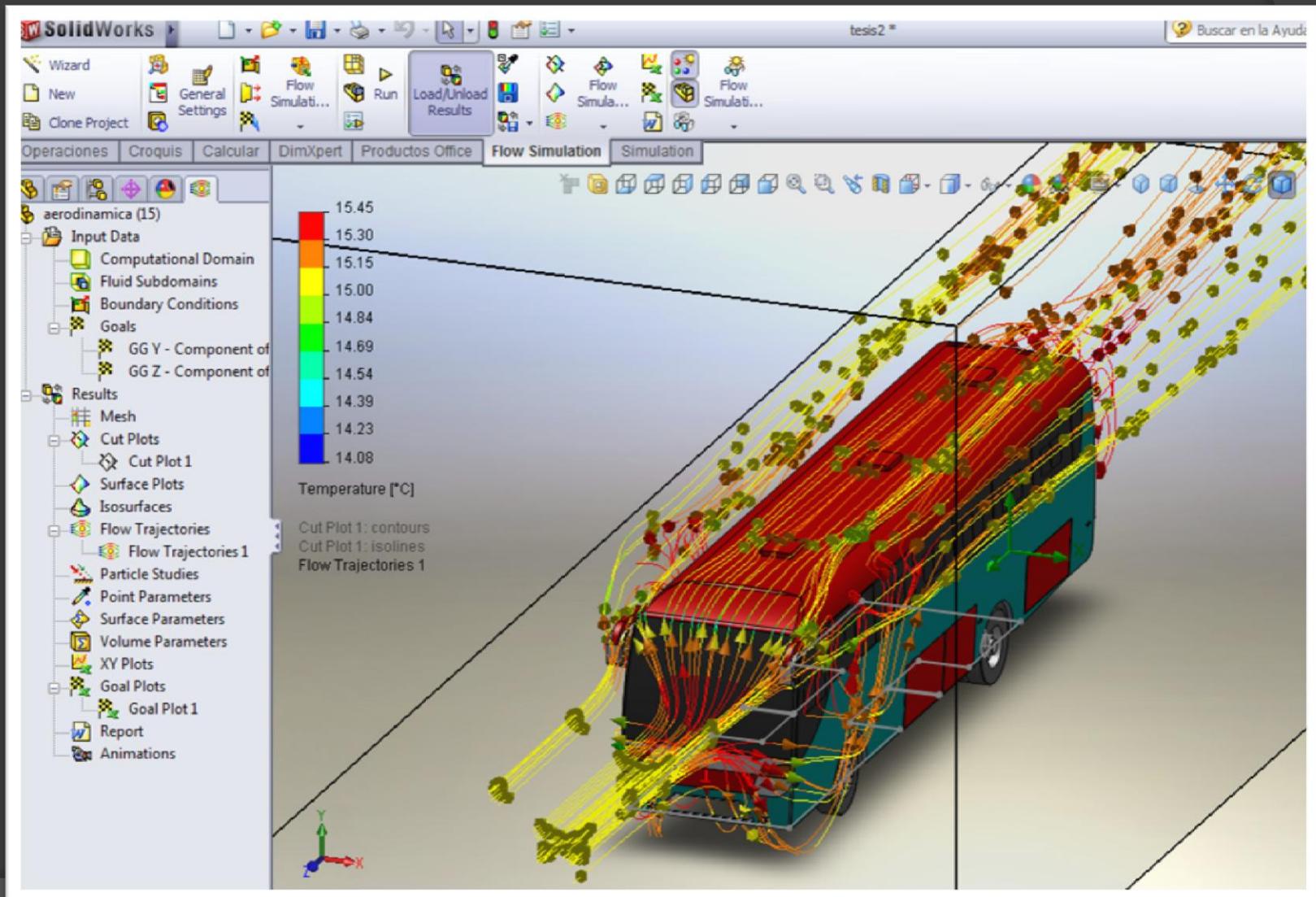
**Patricio
CIEPEIDA**
CARROCERÍAS



MOVIMIENTO DEL FLUIDO EN FORMA DE LÍNEAS Y FLECHAS PARTE FRONTAL



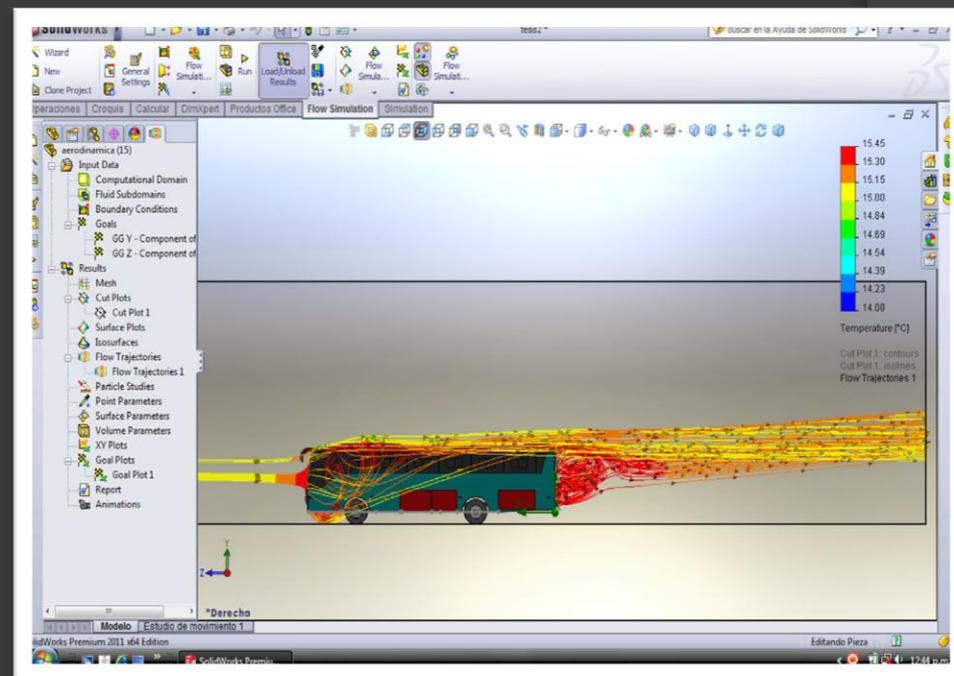
**Patricio
CIEPIDA**
CARROGERIAS





MOVIMIENTO DEL FLUIDO EN FORMA DE LÍNEAS Y FLECHAS PARTE FRONTAL VISTA LATERAL

Variable	Unidad	Valor
Fuerza de arrastre	[N]	2821,98
Fuerza de sustentación	[N]	1628,13
Coefficiente de arrastre	-----	0.82
Coefficiente de sustentación	-----	0.47
Potencia	[Hp]	104.071

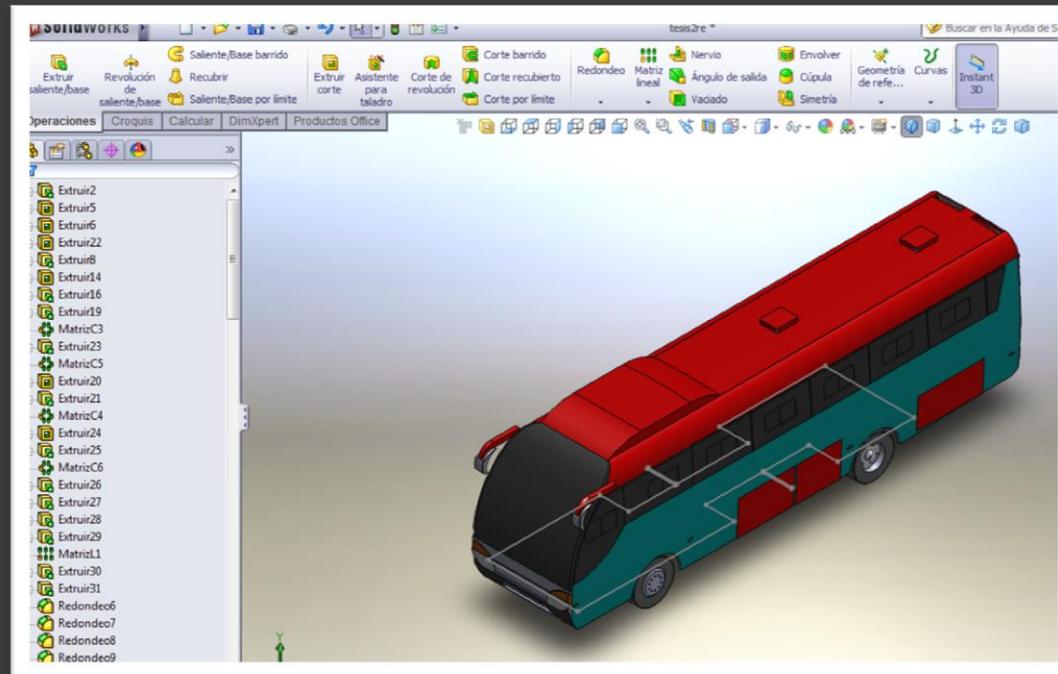




PROTOTIPO MEJORADO



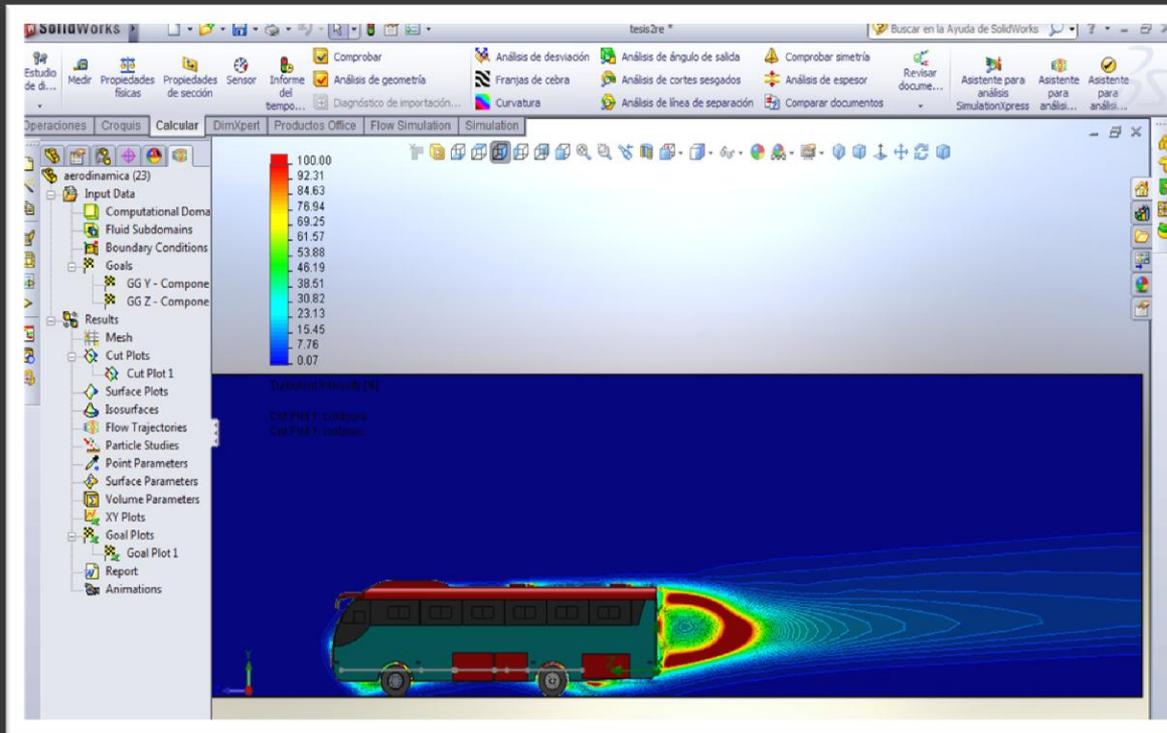
- Construcción de una cúpula en la parte delantera.
- Se modificó la parte delantera del autobús siendo esta necesaria para reducir la carga de resistencia al aire frontal.
- Se incrementó la altura del autobús original de 2.98 a 3.85 (m).



TURBULENCIA



**Patricio
CIEPEIDA**
CARROGERIAS



VISTA LATERAL

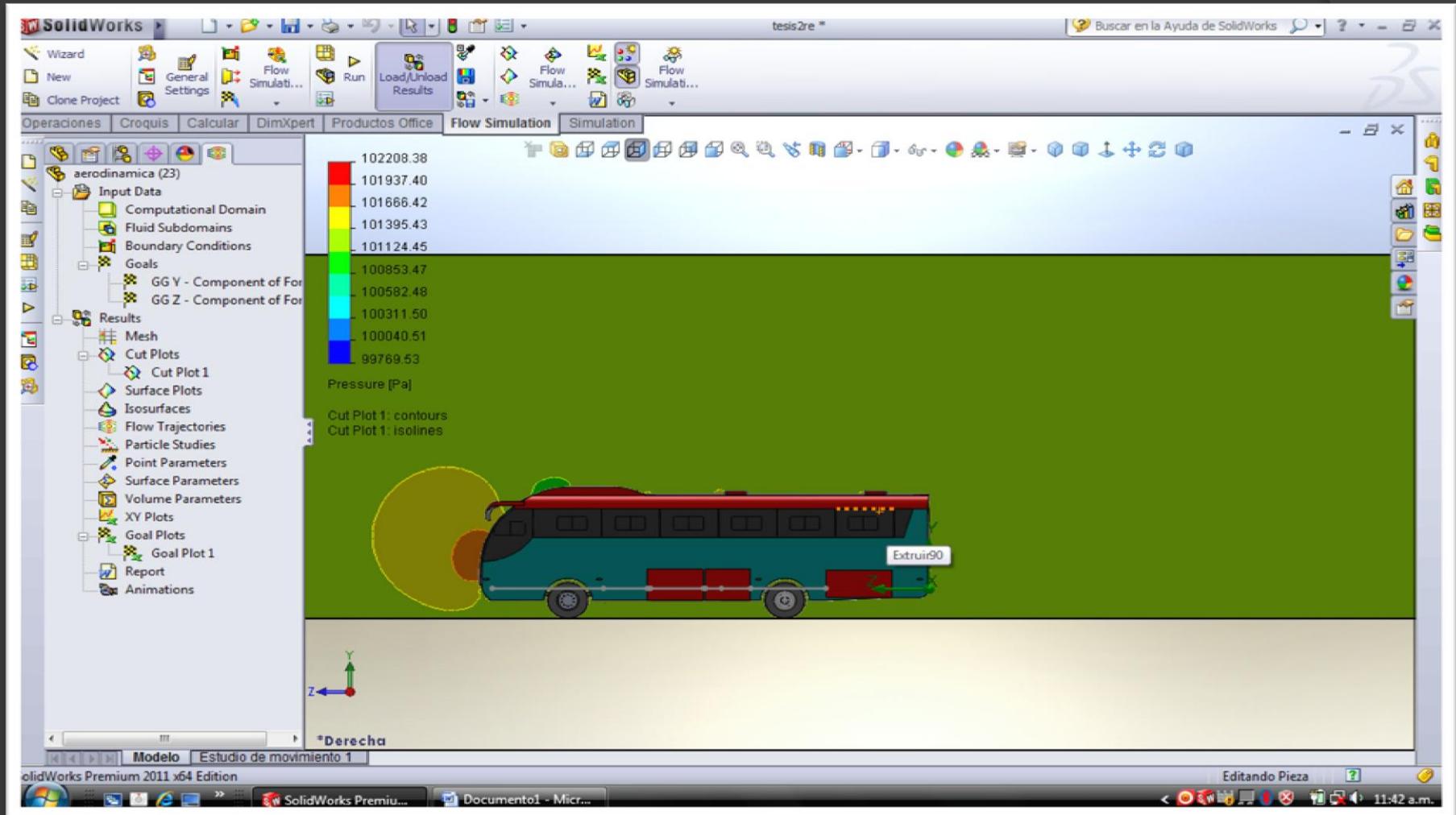
Debido a las modificaciones realizadas se pudo variar las turbulencias generadas por el aire en el autobús, reduciendo los remolinos

PRESIÓN



Patricio
CIEPEIDA
CARROCERÍAS

VISTA LATERAL

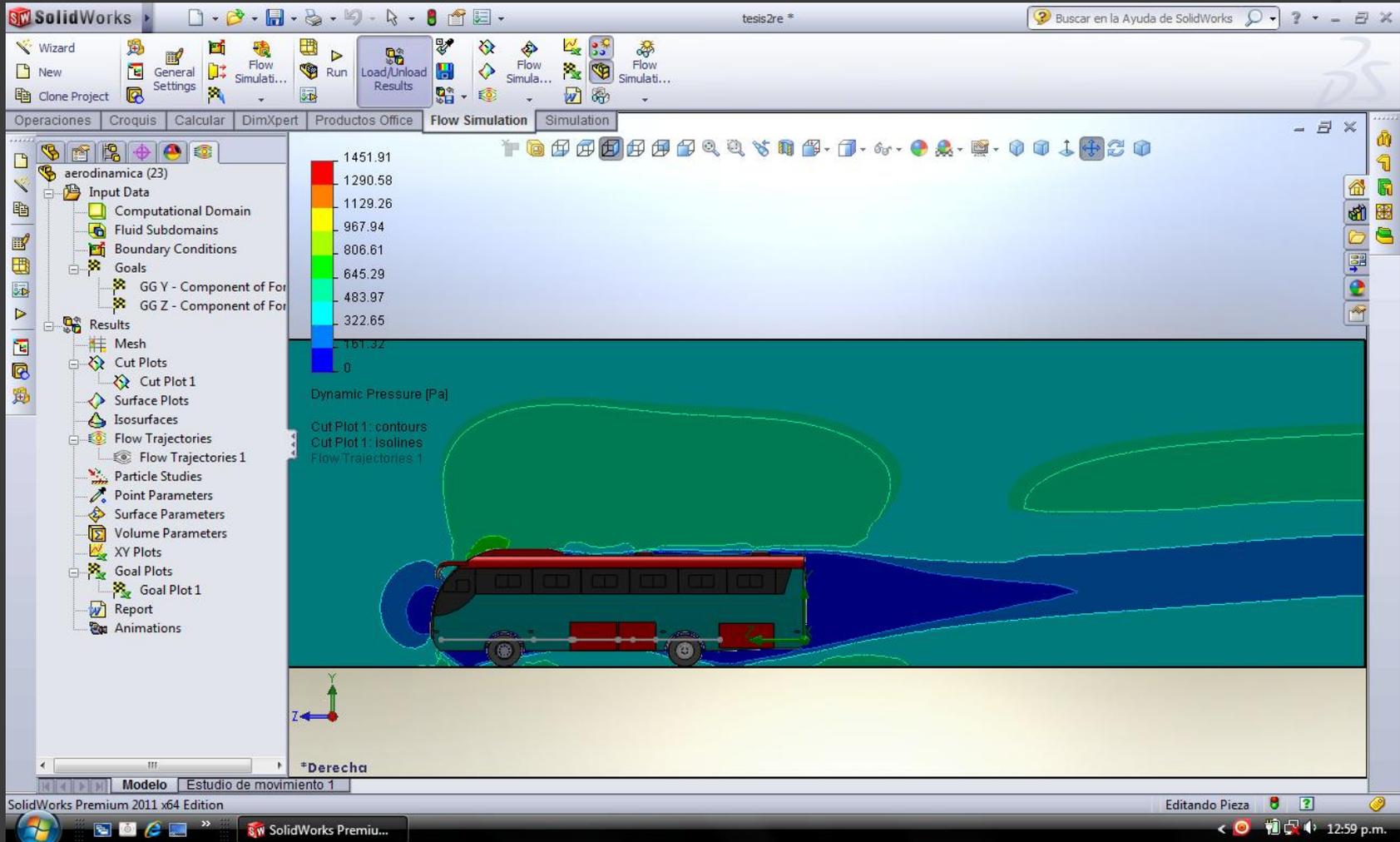


PRESIÓN DINÁMICA



**Patriciu
CIEPIEDA**
CARROGERIAS

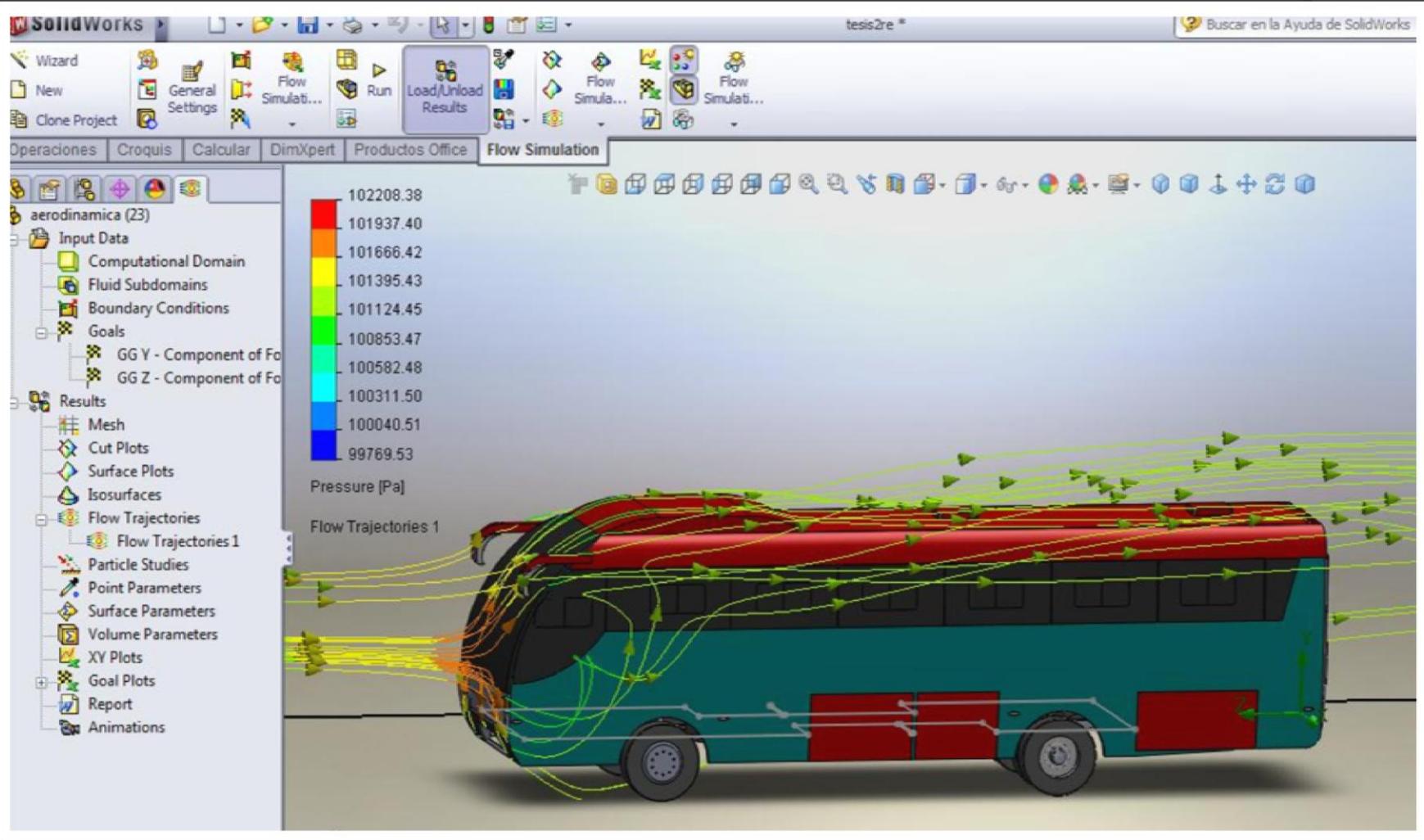
VISTA LATERAL



MOVIMIENTO DEL FLUIDO



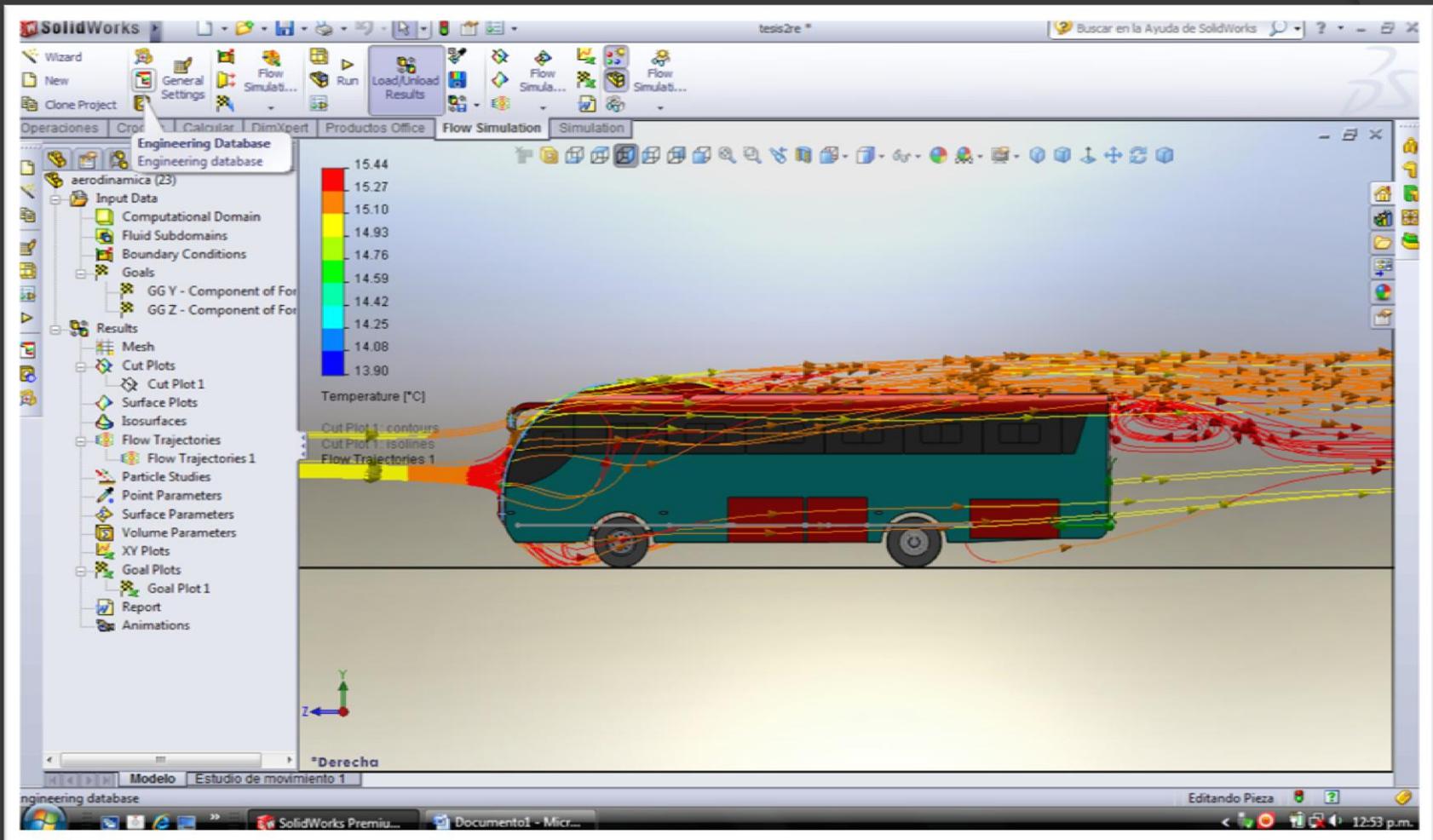
**Patricio
CIEPEIDA**
CARROGERIAS





**Patriciu
CIEPIEDA**
CARROGERIAS

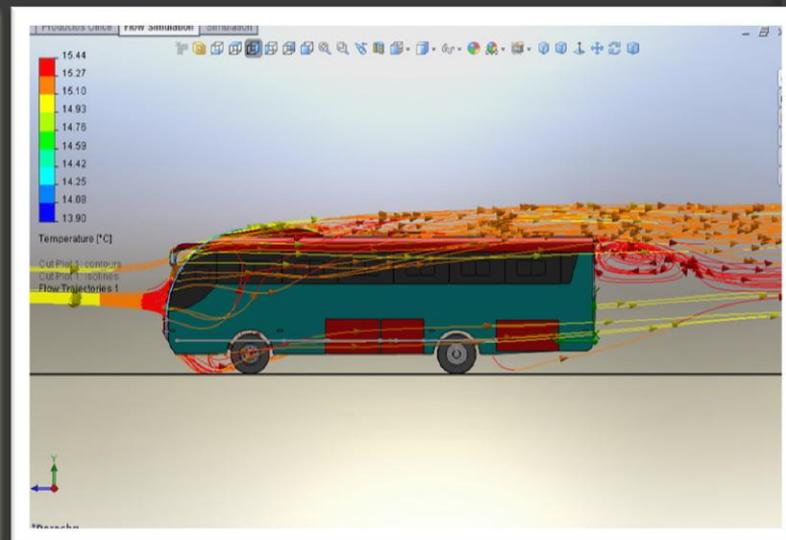
MOVIMIENTO DEL FLUIDO EN FORMA DE LÍNEAS Y FLECHAS PARTE FRONTAL VISTA LATERAL





DATOS PROTOTIPO MEJORADO

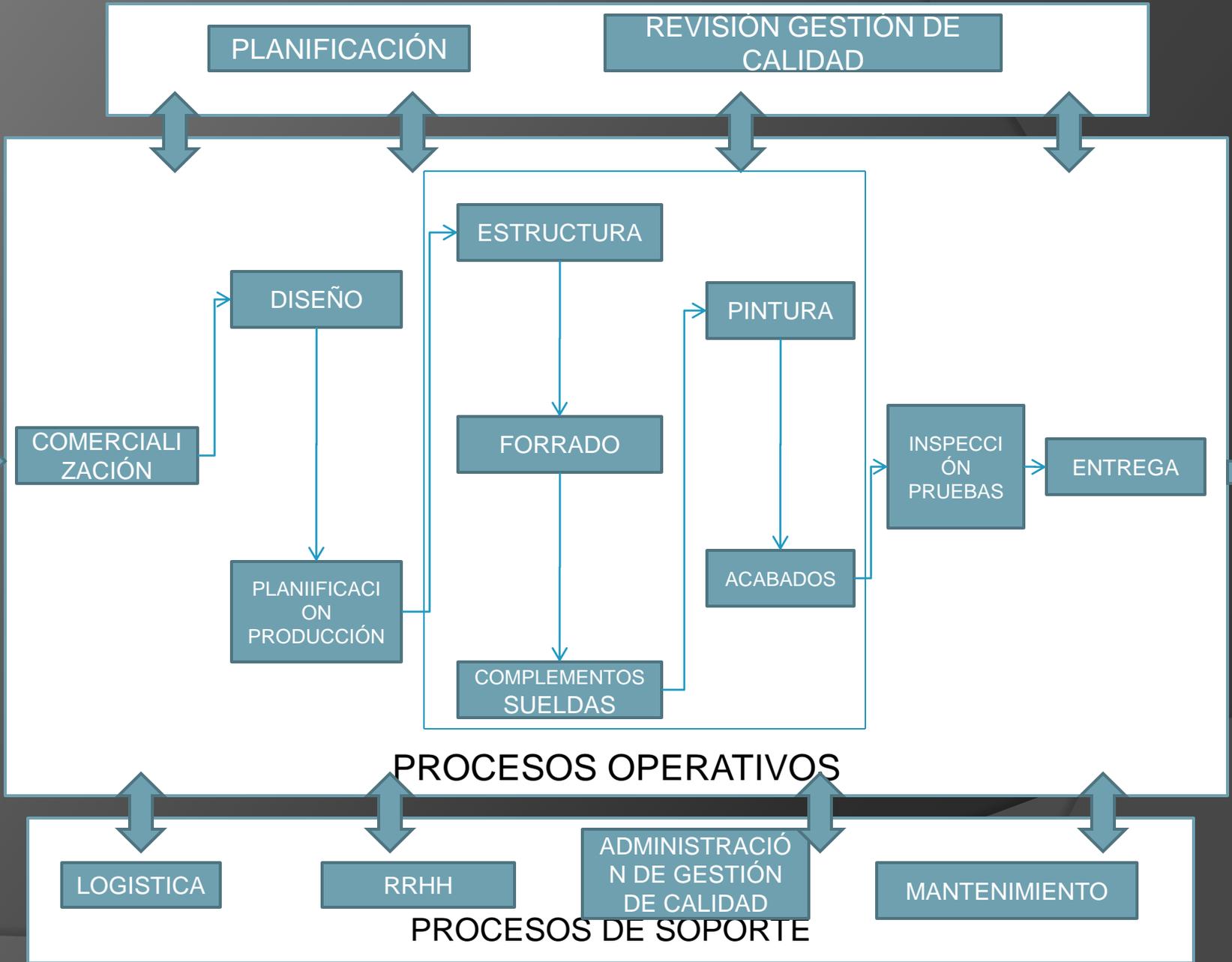
Variable	Unidad	Valor
Fuerza de arrastre	[N]	2667.14
Fuerza de sustentación	[N]	1833.83
Coeficiente de arrastre	-----	0.678
Coeficiente de sustentación	-----	0.466
Potencia	[Hp]	99.06

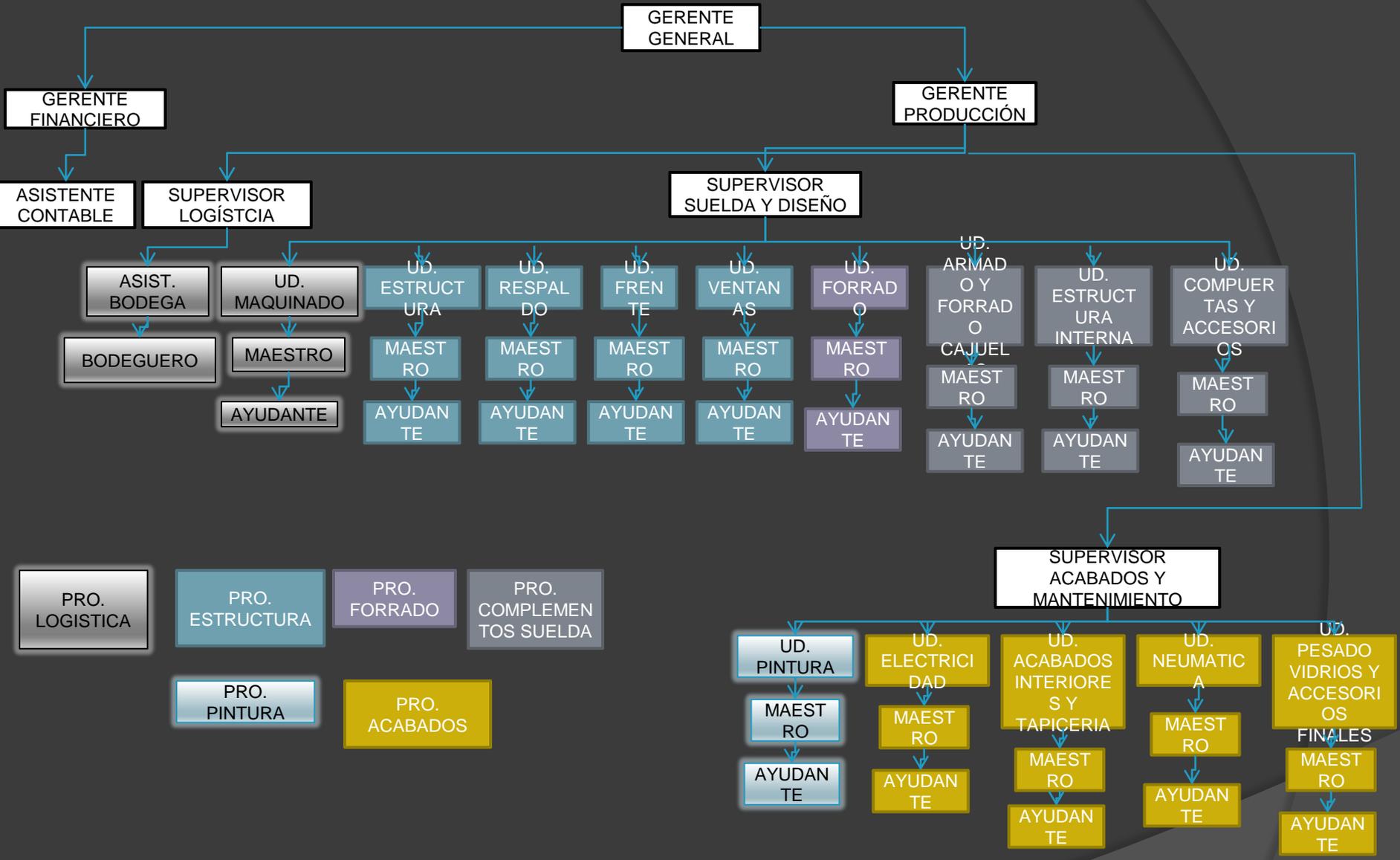


MAPA DE PROCESOS

REQUISITOS DEL CLIENTE

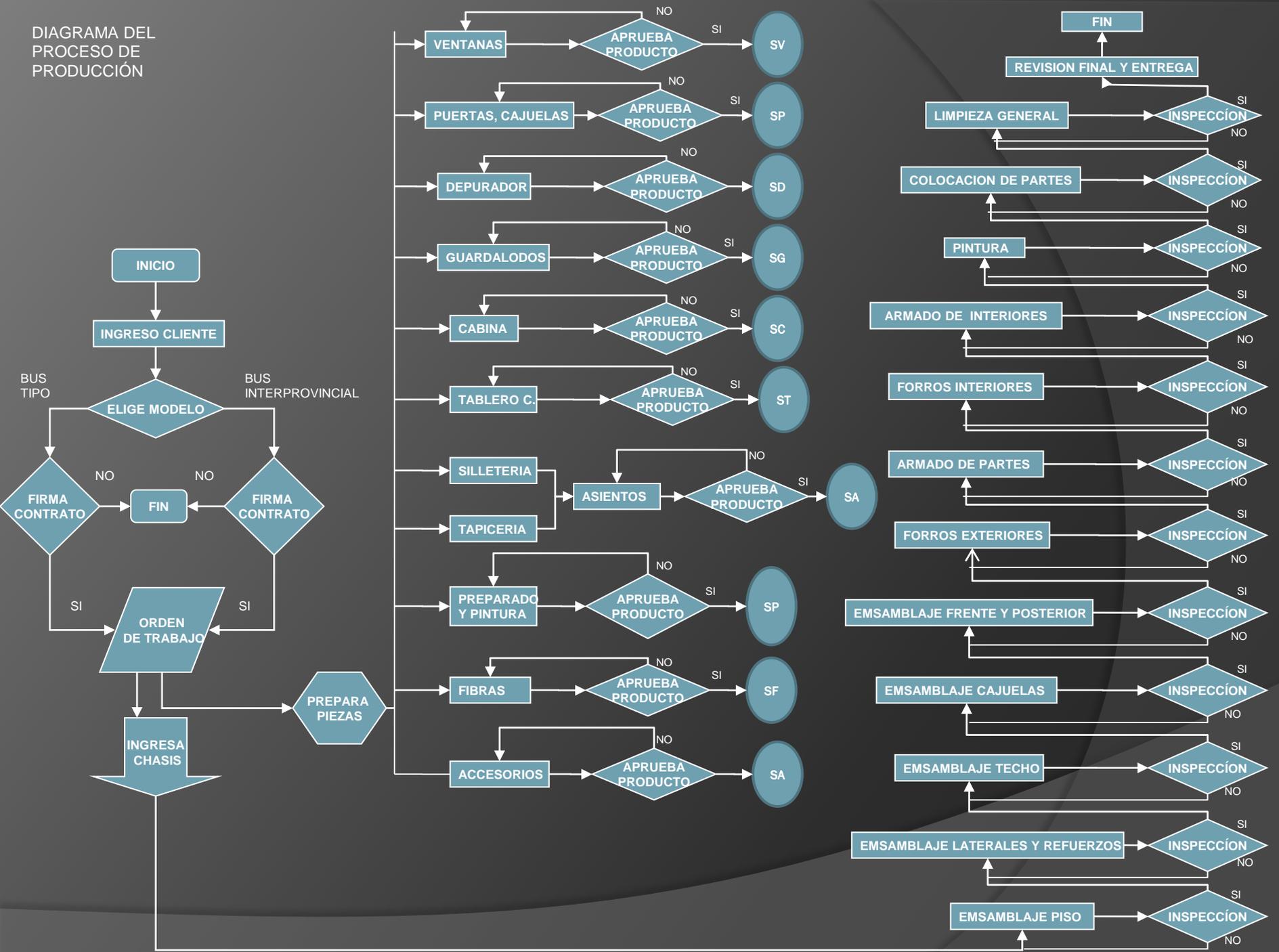
SATISFACCIÓN DEL CLIENTE





ORGANIGRAMA CARROCERIAS
PATRICIO CEPEDA

DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN



CONCLUSIONES

- 1.- Se ha conseguido evaluar, la funcionalidad, factibilidad y seguridad de la unidad de transporte, así como parámetros de geometría, durabilidad, resistencia, costo y disponibilidad de cada uno de los elementos que constituyen la estructura del autobús.
- 2.- Con la inclusión de nuevas herramientas computacionales en el diseño de Autobuses se ha dado un mejor desarrollo en la elaboración de las unidades de transporte de pasajeros, por la factibilidad del análisis pre constructivo de las unidades.
- 3.-Se han determinado los principales parámetros para el diseño de las unidades de transporte del tipo interprovincial, con el empleo de la INEN NTE -1323 y el RTE 043.
- 4.- El arrastre se debe en parte a la fricción del aire sobre la superficie del vehículo siendo esta la mayor y más importante fuerza aerodinámica encontrada en autos de pasajeros a velocidades normales de autopista.
- 5.-Se ha demostrado que la aerodinámica es uno de los factores más importantes tanto en los autos convencionales y autos de carrera, ya que por medio de la misma se pueden perfeccionar muchos detalles que influyen en el desempeño del vehículo, ya sea en una pista de carreras o en carretera.

RECOMENDACIONES

- Para una correcta representación geométrica es necesario hacer un estudio teórico del comportamiento de la unidad, disponer de planos dimensionales adecuados además de conocer la aplicación que se pretende dar a la misma y elegir una norma correcta de comparación de resultados.
- Actualizar permanente los paquetes computacionales, de acuerdo al avance tecnológico y disponibilidad en el mercado, para asegurar confiabilidad en el análisis de resultados.
- Tener siempre presentes los criterios fundamentales y conceptos básicos de ingeniería al utilizarla la ayuda de software de diseño.
- Comprobar en cada análisis el comportamiento que origina cada una de las combinaciones de carga, emplear las situaciones más críticas para determinada una análisis lo más real posible.
- Analizar con criterio cuales son los miembros estructurales donde se van a ubicar las cargas, con el propósito de que los resultados dados, sean los más aproximados a la realidad de la estructura del autobús.
- Una vez realizado el estudio por el software, la visualización debe ser a escala real, en la cual se tendrá los resultados exactos del análisis.

- Se recomienda reforzar la base del maletero posterior en la parte delantera, la unión entre el perfil L y el miembro estructural tipo triangulo.
- Para el elemento con el desplazamiento máximo, se recomienda remplazarlo por un Tubo cuadrado de TC50X50X3, ubicado en la parte posterior de la estructura, en la cercha superior.
- Para disminuir el efecto de la carga de frenado (CF) en las cerchas principales se recomienda remplazar por un tubo de TC de 50X50X2.6(mm).
- Para disminuir el efecto de la carga de giro (CG) en la segunda combinación de cargas en el respaldo de las cerchas principales, y los arcos de cerchas, se recomienda aumentar el espesor de la plancha de acero ASTM A-36 pero mantener la geometría del perfil, ya que este perfil es elaborado en las instalaciones de la empresa.
-
- En la parte aerodinámica, se recomienda mejorar los contornos de la parte delantera del autobús, logrando de esta forma una trayectoria más uniforme del fluido sin ocasionar turbulencias, reduciendo la carga de resistencia al aire frontal.
-
- Aumentar el área total de la unidad de transporte, de preferencia en la altura del vehículo.
- Se recomienda construir una cúpula en la parte delantera superior del autobús para el mejor direccionamiento del flujo de aire. Se recomienda tener claro los conceptos presentes en el comportamiento de los fluidos, presión, presión dinámica, temperatura.