

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Antes del año 2002, no se verificaban los requerimientos o especificaciones técnicas para el diseño de carrocerías, así como las medidas y dimensiones de las carrocerías de los buses y su distribución interior. Se aceptaban vehículos con una sola puerta; no se controlaba la existencia de vidrios de seguridad, ni si estos cumplían con las normas técnicas ecuatorianas referentes a la seguridad.

Eran vehículos que no prestaban ningún tipo de confort al usuario de los medios de transporte público a nivel nacional. En el Distrito Metropolitano de Quito, con la implementación del denominado bus tipo, a partir del año 2002, se normalizó todas las dimensiones de las carrocerías de este y así también el número de puertas, tipo de parabrisas y vidrios (de seguridad).



Figura 1.1. - Bus Tipo (modelo Urbano).



Figura 1.2. - Diseño interior Bus Tipo (modelo Urbano).

La necesidad de homologación y certificación del fiel cumplimiento de las normas básicas de diseño y fabricación de las carrocerías de buses de transporte masivo, generó que las unidades que se integraban al servicio de transporte público, así como los fabricantes de las carrocerías, sean revisados e inspeccionados por personal técnico evaluador calificado de la misma EMMOP en el año 2004, emitiendo luego de esto un certificado de cumplimiento.

Las frecuentes quejas de los transportistas, los fabricantes de carrocerías y la falta de personal de la EMSAT, obligó a que se desarrolle un proceso que

integró a las Facultades de Ingeniería Mecánica del Ecuador. De esta manera, se firmó un convenio entre la EMSAT y la ESPE, a través de su Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, que fue renovado en el 2008, con una vigencia de cinco años, mediante el cual se le asignaba la Calificación y Verificación de Empresas Carroceras y Carrocerías de buses, para las modalidades bajo la jurisdicción del Distrito.

El convenio establece la Calificación de Empresas, de acuerdo a requisitos básicos para la manufactura. Para cada una de las carrocerías de bus fabricadas, se debe hacer un control mediante inspecciones físicas, en las que se determina el fiel cumplimiento de planos de construcción y constatación de calidad de soldadura.

Buscando la seguridad de los pasajeros de buses de todo tipo, se revisó la NTE 1323 referente a vehículos automotores y carrocerías de buses para incluir estándares de evaluación para la certificación de carrocerías de buses.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los estándares especificados en la NTE 1323:2009 son comprobados mediante ensayos destructivos y ensayos equivalentes especificados en la misma norma, adaptados del reglamento 66 de la ONU.

Esto implica el diseño de la máquina de volteo la cual simula un viraje del autobús completo (en el ensayo básico para certificación) o de una de sus secciones (en el ensayo equivalente), evidenciando las deformaciones sufridas para posteriormente compararlas con el espacio de supervivencia, necesario para garantizar el bienestar de los pasajeros y especificar los planos de conjunto y detalle de la misma.

Para el siguiente ensayo equivalente es necesario el diseño de una máquina que pueda ejercer cargas uniformes de compresión a lo largo de la estructura y al igual que en el viraje del autobús, se constata si la energía de deformación de la carrocería garantiza que el espacio de supervivencia no se vea afectado.

Como parte de los ensayos equivalentes, se encuentran las simulaciones por computadora, para lo cual, se hace indispensable la selección de un programa que cuente con las capacidades para el pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento que se requiere en la norma.

Todo esto conlleva al diseño de las facilidades para que estas máquinas puedan funcionar de manera normal.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Detallar los requerimientos de equipamiento, personal técnico evaluador y facilidades físicas para implementar el laboratorio para la certificación del diseño de acuerdo con las regulaciones y normas vigentes en el país para las carrocerías de los vehículos Automotores de Transporte Masivo, las Normas Técnicas Ecuatorianas INEN 1323 e INEN 1669.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una maquina que permita ejecutar el ensayo de volcamiento tanto de carrocería completa como de una sección de esta y cumpla con la norma INEN 1323.

- Diseñar una maquina que permita ejecutar el ensayo de cargas Cuasi-estáticas.
- Seleccionar un software especializado capaz de reflejar las deformaciones de las carrocerías por medio de cargas Cuasi-estáticas y simulaciones de volcamiento.
- Desarrollar las máquinas necesarias para realizar los ensayos requeridos en la NTE INEN 1669 referente a vidrios de seguridad.
- Establecer el nivel de conocimientos de los operadores del laboratorio para certificación de carrocerías.
- Adaptar los procedimientos descritos en las NTE INEN 1323 y NTE INEN 1669 para la ejecución de los ensayos necesarios para la certificación.

1.4 ALCANCE

Plantear las facilidades para la realización de los ensayos para la certificación de carrocerías y vidrios de seguridad. Lo que implica tener la distribución de planta del laboratorio así como los planos de las máquinas que los realizarán.

Determinar si existe la disponibilidad para la compra de equipos e implementos necesarios para los ensayos de certificación de carrocerías así como para los de certificación de vidrios y cuáles serían los precios de estos equipos.

Obtener la viabilidad económica del proyecto y la tasa de retorno de dinero por la construcción del mismo.

CAPITULO 2

ANÁLISIS DE LOS REQUISITOS DE LA NORMA INEN 1323 EN MATERIA DE VOLCAMIENTO E INEN 1669 EN MATERIA DE VIDRIOS DE SEGURIDAD

2.1 REQUISITOS DE LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1323

Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan al menos a las combinaciones de carga por *Allowable Strength Design* (ASD) o *Load and Resistance Factor Design* (LRFD).

Tabla 2.1.- Combinaciones de carga.

| Método ASD | | Método LRFD | |
|------------|------------------|-------------|----------------------------|
| 1. | M | 1. | $1.4M+V$ |
| 2. | M + V | 2. | $1.2M + 1.6V+0.5G$ |
| 3. | M + V + G | 3. | $1.2M + 0.5V + 1.6G$ |
| 4. | M + V + F | 4. | $1.2M + 1.6F+0.8 Raf$ |
| 5. | M + V + F + Raf | 5. | $1.2M +0.5 V+ 0.5F+1.3Raf$ |
| 6. | M + V + Raf | 6. | $1.2M +1.5Ab +0.5V$ |
| 7. | M + V + Ab | 7. | $0.9M - 1.3Raf$ |
| 8. | M + V + Ab + Raf | 8. | $0.9M + 1.3Raf$ |

Donde:

V = Cargas vivas se determinarán de acuerdo con la tabla 2.1.2.

Tabla 2.2.- Cargas vivas de diseño

| TIPO DE SERVICIO | MASA DE UN OCUPANTE (kg) | MASA MÍNIMO DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg) | MASA MÍNIMO DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg*m ³) | ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m ²) |
|---------------------------------|--------------------------|---|---|---|
| Urbano | 70 | - | - | 0,16 |
| Urbano(Escolar e Institucional) | 70 | - | - | Sin pasajeros de pie |

Tabla 2.2.- Cargas vivas de diseño. (Continuación)

| | | | | |
|---|----|---|---------|----------------------|
| Inter Urbano (Intraprovincial) | 70 | 5 | 100*Vol | 0,16 |
| Larga Distancia (Inteprovincial y Turismo) | 70 | 5 | 100*Vol | Sin pasajeros de pie |

G = Carga de giro y debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera cuando un vehículo a cierta velocidad en una curva de determinado radio. 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 2.1.3 determinada al documento Norma 3.1 IC.

Tabla 2.3.- Velocidades, radios mínimos y peraltes en carretera.

| 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 |

F = Carga de Frenado. Se asume una desaceleración mayor o igual a 4 m/s^2 .

Ab = Carga de Aceleración Brusca. Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

Raf = Carga por Resistencia del Aire frontal. 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.

Ninguna de estas combinaciones de carga deberá provocar una deformación elástica mayor a $1/240$ veces la longitud de la carrocería en ninguno de sus componentes estructurales.

Las carrocerías deberán soportar una carga estática distribuida uniformemente sobre su techo equivalente al cincuenta por ciento del peso máximo admisible para el chasis sin sufrir deformaciones que superen los setenta milímetros.

Durante o inmediatamente después del ensayo de resistencia de la estructura de la carrocería, esta se deberá someter a los procedimientos indicados en el documento *Regulation 66. Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure* de las Naciones Unidas, para garantizar que el espacio de supervivencia no será violentado por ningún elemento estructural.

2.1.1 ANÁLISIS DE LA NORMATIVA 66 DE ONU RELATIVA A LA APROBACIÓN DE CARROCERÍAS DE BUSES

Los ensayos descritos a continuación deberán garantizar que el espacio de supervivencia mínimo no sea invadido por ningún elemento de la estructura durante ni después de realizar los ensayos.

Para proceder a evaluar los resultados obtenidos se debe tener un parámetro de referencia, denominado Energía de referencia, siendo este parámetro la

energía potencial que posee el vehículo respecto de su centro de masa; el mismo debe ser proporcionado por el fabricante de la carrocería a ser evaluada, y como un marco referencial para los fines de este proyecto, esta energía puede ser calculada de la siguiente manera:

$$E_R = M \cdot g \cdot h_1 = M \cdot g \cdot \left[0,8 + \sqrt{h_0^2 + (B \pm t)^2} \right] \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

M = Mk, la masa del vehículo sin carga o

Mt, masa total efectiva del vehículo.

Mt = Mk + k.Mm, donde k = 0,5.

h0 = La altura del centro de gravedad del vehículo (en metros) para el valor de masa (M) escogido.

t = Distancia perpendicular (en metros) del centro de gravedad del vehículo desde el plano vertical central longitudinal del mismo.

B = Distancia perpendicular (en metros) desde el plano vertical central longitudinal hasta el eje de rotación de la plataforma de volteo.

g = constante gravitacional.

h1 = La altura (en metros) del centro de gravedad del vehículo al comienzo de su posición inestable relativa al plano horizontal más bajo de la cuneta.

2.1.1.1 Proceso de cálculo para la determinación del centro de masa del vehículo

El centro de masa es un parámetro que debe ser proporcionado por el fabricante de la carrocería, y para fines referenciales del presente proyecto se incluye su proceso de cálculo y determinación del mismo.

Para realizar los cálculos de los parámetros que definen al centro de gravedad del vehículo se debe colocar a cada rueda sobre celdas de carga y de esta manera obtener las reacciones que se producen en cada una de ellas.

La posición del centro de gravedad está definida por tres parámetros:

La distancia longitudinal (l_1) desde la línea central del eje frontal se calcula de la siguiente forma:

$$l_1 = \frac{(P_3+P_4).L_1+(P_5+P_6).L_2}{P_{total}} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde P_{total} es la suma de todas las reacciones o la masa del vehículo, según corresponda.

La altura vertical (h_0) sobre el nivel horizontal inicial del suelo cuando las llantas están infladas como se especifica para el vehículo y se la calcula de la siguiente manera:

$$h_0 = r + \left(\frac{1}{tg\alpha}\right) \left(l_1 - L_1 \frac{F_3+F_4}{P_{total}}\right) \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

r = la altura del centro de la rueda (del primer eje) sobre la superficie superior de la celda de carga.

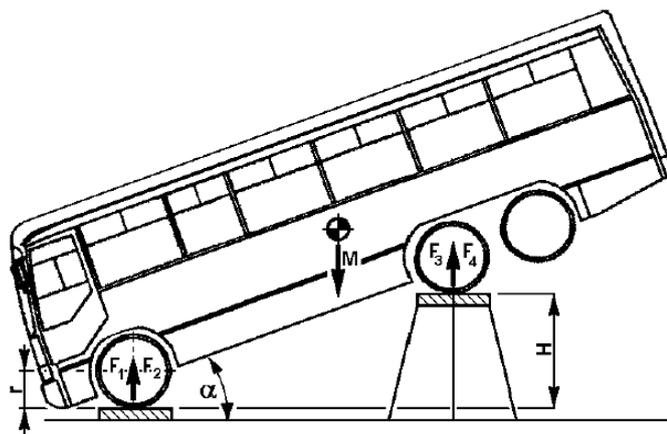


Figura 2.1. – Parámetros para el cálculo de la altura vertical (h_0).

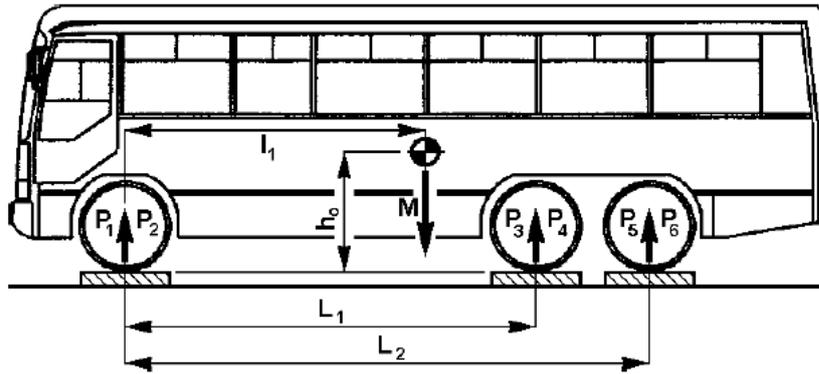


Figura 2.2. – Posición longitudinal del centro de gravedad.

La distancia transversal (t) desde el plano vertical central longitudinal del vehículo está dada por la siguiente ecuación:

$$t = \left((P_1 - P_2) \cdot \frac{T_1}{2} + (P_3 - P_4) \cdot \frac{T_2}{2} + (P_5 - P_6) \cdot \frac{T_3}{2} \right) \cdot \frac{1}{P_{total}} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

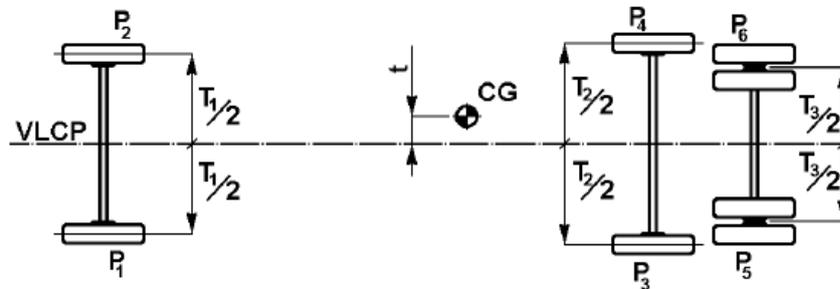


Figura 2.3. – Posición transversal del centro de gravedad.

Las condiciones para utilizar estas ecuaciones para calcular el centro de gravedad se encuentran en el Anexo 3 de la Regulación 66. *Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure* de las Naciones Unidas.

2.1.1.2 Ensayo de Volcamiento (básico para certificación)

Objetivo

Garantizar el espacio de supervivencia durante un volcamiento, simulando condiciones dinámicas reales.

Definición

Para la realización de este ensayo, el fabricante deberá proveer al personal técnico evaluador los siguientes datos:

- Planos del vehículo donde se encuentran las dimensiones de la carrocería, chasis y la distribución interior de los asientos.
- El valor de la masa del vehículo sin carga.
- La posición exacta del centro de gravedad del vehículo sin carga.
- La masa total efectiva del vehículo.
- La posición exacta del centro de gravedad del vehículo cargado con su masa total efectiva.
- El valor de la energía de referencia.
- Planos y descripciones detalladas de la superestructura del vehículo.
- Planos detallados del espacio de supervivencia del vehículo.

En el ensayo de volcamiento el vehículo se encuentra sobre una plataforma de volteo, la cual rotará de tal manera, que lo deje caer sobre el plano horizontal más bajo de una cuneta, la que tiene una diferencia de altura de 800 mm con respecto a la plataforma.

La zona de impacto de la cuneta deberá tener una superficie de concreto horizontal, uniforme, seca y lisa; como se describe en la siguiente figura.

Para ampliar esta información ver el Anexo 5 del documento Regulation 66. *Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure* de las Naciones Unidas,.

2.1.1.3 Ensayos equivalentes para certificación de carrocerías

El ensayo de volcamiento es del tipo destructivo y puede llegar a ser muy costoso para algunos fabricantes dado que implica la destrucción de una carrocería prototipo completa; es por eso que en la Regulación 66 se ofrecen otro tipo de métodos que resultan equivalentes al ensayo de volcamiento.

2.1.1.3.1 Ensayo de volcamiento a una sección de la carrocería

Definición

En caso de que el fabricante escoja este método para la certificación, aparte de los requisitos necesarios para el ensayo anterior, el fabricante deberá proporcionar los siguientes datos:

- Planos de la sección de carrocería que se usará en el ensayo.
- Verificación de la validez de la distribución de masas sobre llevar a cabo exitosamente el ensayo de volcamiento en secciones de carrocerías.
- Las mediciones de masas de las secciones de carrocerías a ser aprobadas, y la verificación de que la posición de sus centros de gravedad son las mismas que en el vehículo en condición de masa de la carrocería sin carga si no se toma en cuenta los alojamientos para ocupantes o si es la misma que en la condición de masa total efectiva del vehículo en el caso de que estas si se tomen en cuenta. (Presentación de los informes de medición).

Además se debe garantizar que la sección de carrocería sobre la cual se va a realizar el ensayo de volcamiento presente las mismas características físicas

tanto estáticas como dinámicas que las encontradas previamente en la carrocería completa, para dicho efecto se debe tener en consideración:

- Todas las diferentes configuraciones de las bahías que son parte de la superestructura serán parte del ensayo por lo menos en una sección de carrocería.
- Cada una de las secciones de carrocería tendrán por lo menos dos bahías.
- El espacio de supervivencia del vehículo completo deberá estar representado en las secciones de carrocería.
- Aquellos elementos rígidos que no son parte de la superestructura pero que pueden influir en el espacio residual durante la deformación, deberán ser instalados en las secciones de carrocería.
- Las secciones de carrocería serán equipadas con soportes artificiales, para proveer la misma posición del centro de gravedad y del eje de rotación sobre la plataforma de volteo que si el vehículo estuviese completo, sin que estos representen ninguna clase de refuerzo o carga adicional a esta además deberán ser lo suficientemente fuertes y rígidos para resistir cualquier clase de deformación que pueda cambiar la dirección del movimiento de la sección de carrocería durante el levantamiento y el proceso de volteo.

Luego de ser verificadas todas estas condiciones, el proceso de levantamiento y volteo es el mismo que el anteriormente mencionado en el ensayo de volcamiento con la totalidad de la carrocería, por lo que se puede utilizar la misma máquina.

La carrocería aprobará este ensayo siempre y cuando todas las secciones de carrocería que hayan sido necesarias para emular al modelo original, hayan aprobado este ensayo.

Para ampliar estas consideraciones ver el anexo 6 de la Regulación 66 *Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure* de las Naciones Unidas.

2.1.1.3.2 Ensayo de cargas Cuasi-estáticas

Definición

Este método de aprobación usa secciones de carrocería como unidades de prueba, de la misma forma que el anterior; por lo que si el fabricante elige este método de prueba para la certificación, aparte de los requisitos anteriormente enunciados para el ensayo de volcamiento con secciones de carrocería, este deberá suministrar al personal técnico evaluador:

- Los valores de energía a ser absorbida por las bahías individuales de la superestructura, así como los valores de energía pertenecientes a la sección de carrocería a ser utilizada.
- La verificación de la energía requerida, desde la consecución exitosa de los ensayos de cargas cuasi-estáticas de secciones de carrocería.

Las secciones de carrocería deben cumplir con los requerimientos indicados en el ensayo anterior, además de estar equipadas con un perfil que indique claramente el espacio de supervivencia, en las posiciones donde pilares u otros elementos estructurales se deformen de una manera previsible.

Cada una de las secciones a ser utilizadas en la prueba, deberán ser adheridas firme y seguramente a la bancada de prueba a través de un pórtico rígido de tal manera que deformaciones plásticas locales no ocurran alrededor de los puntos de anclaje y su colocación no altere la deformación y el trabajo de las zonas plásticas esperadas y juntas del tipo bisagra.

La carga será uniformemente distribuida sobre el cantrail a través de una viga rígida mayor en longitud a la arista del vehículo para simular el suelo en el ensayo de volcamiento; la dirección de dicha fuerza se obtendrá según los siguientes parámetros:

$$\alpha = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{800}{H_c}\right) \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Donde: H_c = la altura del cantrail (en plg o en mm) del vehículo medido desde el plano horizontal sobre el cual se encuentra.

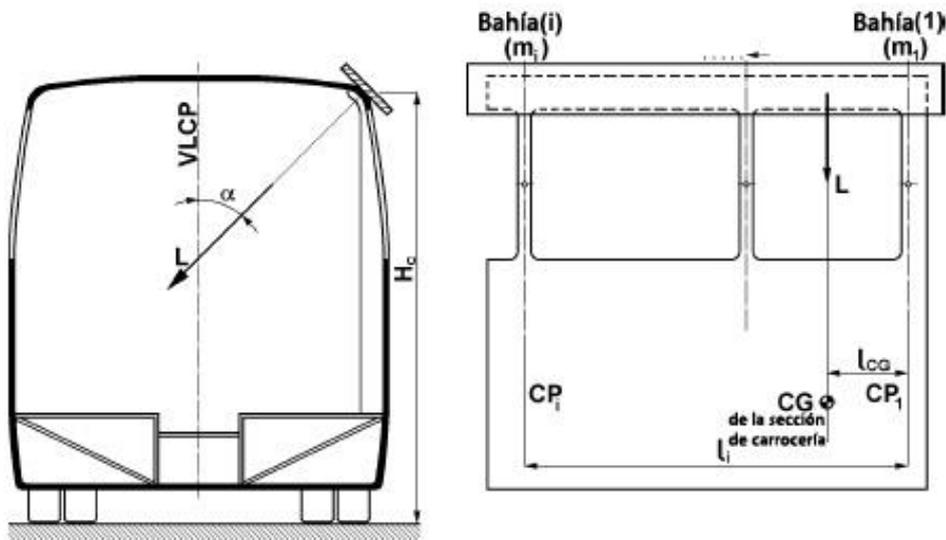


Figura 2.5. – Aplicación de la carga sobre la sección de carrocería.

La carga deberá ser aumentada gradualmente, tomando medidas de la deformación asociada en intervalos discretos hasta la deformación definitiva (d_u) donde el espacio de supervivencia es invadido por uno de los elementos de la sección de carrocería.

La sección de carrocería aprobará el ensayo de carga si:

$$E_{BS} \geq E_{\min}$$

Donde:

E_{BS} = Es la energía real absorbida por la sección de carrocería calculada de las curvas obtenidas durante los ensayos sobre la carrocería.

E_{min} = Es la energía mínima teórica que puede ser absorbida por una sección de carrocería.

Caso contrario, es decir:

$$E_{BS} < E_{min}$$

Se considera que todas las bahías que conforman la sección carrocería han fallado la prueba si el espacio residual ha sido invadido en por lo menos una de las bahías.

Al igual que en el ensayo anterior, el tipo de vehículo será aprobado si todas las secciones de carrocería requeridas logran aprobar el ensayo de carga.

Para ampliar esta información ver el anexo 7 de la Regulación 66 *Uniform Provisions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of their Superstructure* de las Naciones Unidas.

2.1.1.3.3 Cálculo de cargas Cuasi-estáticas

Definición

Si el fabricante elige este ensayo, él deberá proveer al personal técnico evaluador los siguientes datos:

- Planos del vehículo donde se encuentran las dimensiones de la carrocería, chasis y la distribución interior de los asientos.
- El valor de la masa del vehículo sin carga.
- La posición exacta del centro de gravedad del vehículo sin carga.

- La masa total efectiva del vehículo.
- La posición exacta del centro de gravedad del vehículo cargado con su masa total efectiva.
- El valor de la energía de referencia.
- Planos y descripciones detalladas de la superestructura del vehículo.
- Planos detallados del espacio de supervivencia del vehículo.
- La localización de las zonas plásticas (PZ) y las juntas plásticas tipo bisagra (PH), las cuales deberán ser identificadas individualmente en el plano de la superestructura y ubicadas geoméricamente en este.
- La geometría de la sección transversal de los elementos estructurales en los que se encuentran las PZ`s y las PH`s.
- El tipo de carga aplicada y su dirección en cada una de las PZ`s y PH`s.
- El gráfico carga-deformación de cada PZ y PH. El fabricante podrá utilizar de igual forma las características estáticas o dinámicas de las PZ`s y PH`s para el proceso de cálculo pero no deberá mezclar características estáticas y dinámicas para un mismo cálculo.

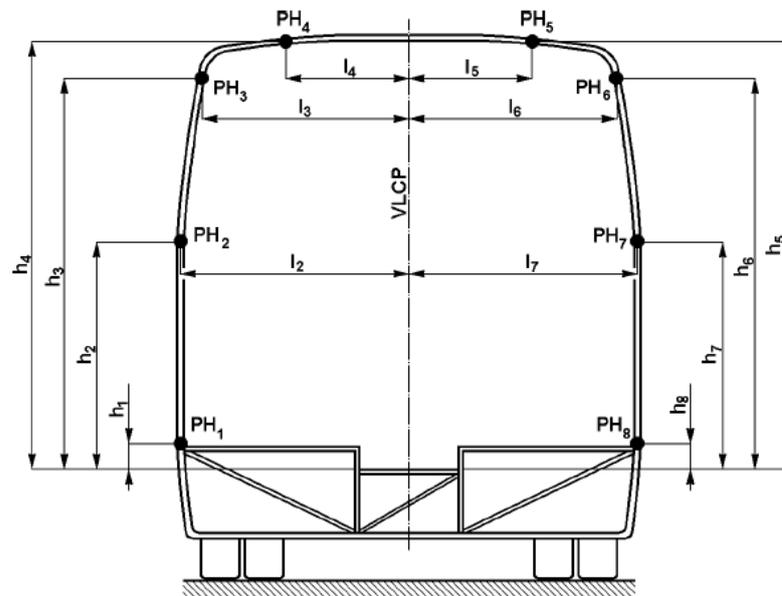


Figura 2.6. – Parámetros geométricos de juntas plásticas tipo bisagra en una bahía.

- La declaración de la energía total (E_T) a ser absorbida por la superestructura se encuentra descrita en el apéndice 8 de la regulación 66 de las naciones unidas.
- Una breve descripción técnica del algoritmo y del programa de computadora que va a ser usado para el cálculo.

Para el proceso de cálculo, la superestructura deberá ser matemáticamente modelada por completo como una única entidad cargada conteniendo PZ`s y PH`s deformables y conectadas por los elementos estructurales apropiados.

La carga utilizada en el proceso de cálculo deberá ser aplicada en el plano transversal conteniendo el centro de gravedad de la superestructura (vehículo) el cual que es perpendicular al plano vertical central longitudinal (VLPC) del vehículo. La carga activa será aplicada en el cantrail de la superestructura a través de un plano de aplicación de carga absolutamente rígido.

Al inicio de la simulación los puntos de contacto entre el plano de aplicación de carga y la superestructura deberán ser definidos para garantizar una exacta transferencia de carga.

La carga activa deberá tener una inclinación α relativa al plano vertical central longitudinal del vehículo, basados en la Ecuación 2.5.

Donde:

H_c = la altura del cantrail (en pulgadas o en milímetros) del vehículo medida desde el plano horizontal sobre el que se encuentra.

La dirección de acción de la carga activa no deberá ser cambiada durante el proceso.

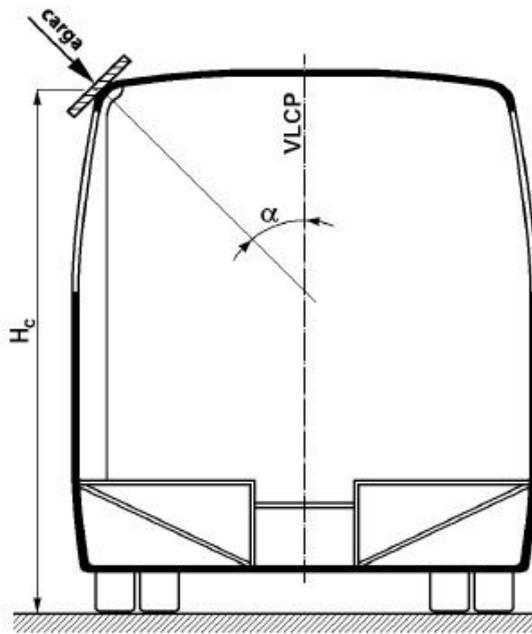


Figura 2.7. – Aplicación de cargas sobre la superestructura.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, el programa deberá tener en cuenta las características no lineales en las PH's y las deformaciones estructurales en gran escala, así mismo ajustar el rango de trabajo de las PH's y PZ's y deberá detener el proceso de cálculo si la deformación de PH's supera el rango de trabajo validado.

Así mismo, deberá ser capaz de calcular la energía total absorbida por la superestructura en cada intervalo de incremento de carga.

A cada intervalo de incremento de carga, el programa deberá ser capaz de demostrar la forma deformada de las bahías que forman la superestructura, y la posición de cada parte rígida que podría introducirse dentro del espacio residual. El programa deberá identificar el intervalo de incremento de carga durante el cual el espacio residual comienza a ser invadido por cualquiera de los elementos rígidos estructurales.

El programa deberá ser capaz de detectar e identificar el intervalo de incremento de carga en el cual comienza el total colapso de la superestructura,

cuando esta se vuelve inestable y la deformación continúa sin que existan nuevos incrementos en la carga.

Para que la carrocería sea aprobada, la siguiente desigualdad se debe cumplir:

$$E_a \geq E_T.$$

Donde:

E_a = Es la energía total absorbida por la superestructura en cada intervalo de incremento de carga.

E_T = Es la energía total que la superestructura podría absorber.

2.1.1.3.4 Simulación de ensayo de volcamiento con un modelo computacional.

La superestructura será evaluada por un método de simulación computarizado aprobado por el personal técnico evaluador.

Si el fabricante escoge este método para la certificación, la siguiente información deberá ser remitida al personal aparte de los datos necesarios para el ensayo de volcamiento:

- Una descripción del método para la simulación aplicada y el cálculo que han sido utilizados así como una identificación clara y precisa del software de análisis, incluyendo, por lo menos, su productor, su nombre comercial, la versión utilizada y los detalles de contacto con el distribuidor.
- Los modelos de material y los datos de entrada utilizados.
- Los valores para las masas definidas. Centro de gravedad y los momentos de inercia usados en el modelo matemático.

2.2 REQUISITOS DE LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1669

Para salvaguardar la integridad física de las personas en la carretera y minimizar los posibles daños provocados por cortaduras con vidrios, la norma técnica ecuatoriana INEN 1669 (**Anexo 2**), obligatoria para la certificación de vidrios de seguridad, hace referencia a los requisitos que deben cumplir los vidrios.

NTE INEN 1669, impone como requisito para la certificación de los diferentes tipos de vidrios de seguridad las siguientes normas.

Tabla 2.4.- Ensayos previstos para vidrios laminados y templados.

| Ensayos | Laminado | Templado | Norma para ensayo. |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| Fragmentación | | Requiere | NTE INEN 1722 |
| Impacto con esfera de acero | Requiere | Requiere | NTE INEN 1723 |
| Ensayo de maniquí | Requiere | Requiere | NTE INEN 1724 |
| Impacto con dardo | Requiere | | NTE INEN 1725 |
| Alta temperatura | Requiere | | NTE INEN 1726 |
| Transmisión luminosa | Requiere | Requiere | NTE INEN 1727 |
| Estabilidad luminosa | Requiere | Requiere | NTE INEN 1728 |
| Distorsión óptica | Requiere | Requiere | NTE INEN 1729 |
| Resistencia a la abrasión | Requiere | Requiere | NTE INEN 1730 |
| Resistencia a la humedad | Requiere | Requiere | NTE INEN 1731 |
| Defectos visuales | Requiere | Requiere | NTE INEN 1669 |
| Dimensionales | Requiere | Requiere | NTE INEN 1669 |

Las muestras de los lotes a ser evaluados serán sometidas a las pruebas que lo requiera, si una de las muestras de un determinado lote no aprobase uno de los ensayos requeridos, todo el lote deberá ser desechado, conforme lo indica NTE INEN 1669.

2.2.1 DEFINICIÓN DE LOS ENSAYOS PARA LA APROBACIÓN DE LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD

El cumplimiento de cada uno de los siguientes ensayos permitirá la certificación de un determinado lote de vidrios para que pueda ser considerado como vidrio de seguridad y certificado bajo NTE INEN 1669. Dentro de este grupo de normas a cumplirse, algunas son determinadas solo para el ensayo de vidrio laminado como son INEN 1725 (impacto de dardo) e INEN 1726 (alta temperatura).

A continuación se detalla un análisis de cada una de las normas y los motivos de su aplicación.

2.2.1.1 Ensayo de Fragmentación, objetivo, alcance y definición norma INEN 1722

Objetivo

Determinar el número de partículas en las cuales se fragmenta un vidrio templado, dado su aplicación como vidrio que ocupa las posiciones laterales en un automotor, este no debe producir partículas que puedan lastimar al ocupante del automotor.

Alcance

Esta norma es voluntaria para todos los vidrios templados, a fin de determinar y controlar la visibilidad residual luego del impacto que este reciba.

Definición

La NTE INEN 1722 describe puntos de impacto dentro de las zonas definidas para los vidrios de seguridad, en los cuales se registrara un conteo de

partículas, las mismas que son obtenidas con la ayuda de un papel fotográfico y un martillo normado para efectos de este ensayo, el instrumental necesario para ejecución de este ensayo es el siguiente:

- Sujetador.
- Un martillo de 75 g u otra herramienta similar, con un radio de curvatura en la punta de 0,2mm +/- 0,05 mm.
- Papel fotográfico y un foco de luz apropiada, para obtener una fotografía por contacto del vidrio fracturado.
- polariscopio para determinar la posición de la zona en el vidrio de seguridad.

Concluido el ensayo se evalúa el número de partículas y este número se compara con el número mínimo y máximo de partículas establecido por NTE INEN 1669, para posterior emisión del respectivo informe.

2.2.1.2 Ensayo de Impacto con esfera de acero, objetivo, alcance y definición norma INEN 1723

Objetivo

Por medio de este ensayo establecer la resistencia mecánica de un vidrio de seguridad a la ruptura o perforación del mismo.

Alcance

El ensayo es voluntario para los vidrios de seguridad tanto templados como laminados, sin importar la ubicación que estos puedan tener en el automotor, por medio de este ensayo se comprueba la resistencia mecánica del vidrio de seguridad a los impactos con esferas de acero.

Definición

Para efectos de este ensayo la NTE INEN 1723 dispone la fabricación dos tipos de esferas de acero, las mismas que son normadas por su masa de acuerdo al vidrio al cual se vaya a aplicar el ensayo, como es de conocimiento para

efectos de este proyecto, los vidrios laminados de manera teórica presentan mayor resistencia que los vidrios templados, por lo cual el ensayo se efectuara con la esfera de mayor masa. Al dejar caer la esfera en la probeta de vidrio se espera que esta no sea perforada en el caso de vidrios laminados, o fragmentada en el caso de vidrios templados, por el impacto con la esfera, de esta manera se puede calificar o descalificar a un determinado lote de ensayo.

Para la realización de este ensayo se necesita del siguiente instrumental:

- Esfera sólida de acero endurecido, con una masa de 227 g +/- 2 g.
- Esfera sólida de acero endurecido, con una masa de 2,26 Kg. +/-20 g.
- Mecanismo de sujeción de esfera de acero. Este mecanismo será definido según las especificaciones que se darán en el Capítulo 4 del siguiente proyecto, además este mecanismo se lo utilizará para la sujeción del dardo de acero, para la ejecución de NTE INEN 1725.
- Soporte (ver figura 2.8) consistente en dos marcos de acero con bordes maquinados de 15 mm de ancho, que se ajuste el uno sobre el otro y que tengan en la superficie empaquetaduras de caucho de mas o menos 3 mm de espesor y 15 mm de ancho, con una dureza de 50 IRHD (*International Rubber Hardness Degress*) (Dureza Shore A.50).

El marco inferior descansará sobre una caja de acero de aproximadamente 150 mm de altura.

La probeta de ensayo se mantendrá en su lugar por medio de un marco superior que debe tener una masa aproximada de 3 kg.

El aparato debe estar soldado a una lámina de acero de 12 mm de espesor que descansa sobre una lámina de caucho de dureza 50 IRHD y de aproximadamente 3 mm de espesor, colocada sobre una base rígida por ejemplo una base de hormigón.

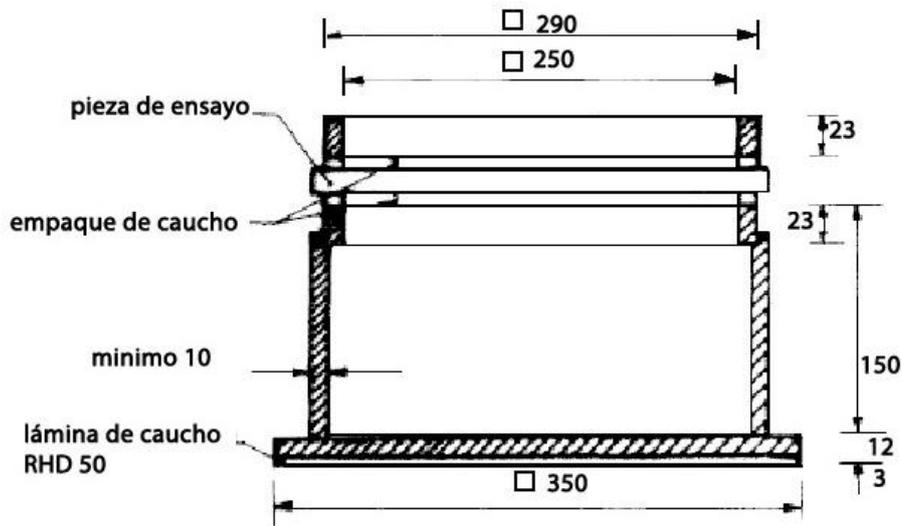


Figura 2.8. - Soporte para ensayo de la esfera de acero (todas las dimensiones están en mm).

2.2.1.3 Ensayo de Comportamiento bajo impacto de la cabeza, objetivo, alcance y definición norma INEN 1724

Objetivo

Determinar el comportamiento de los vidrios tanto laminados como templados bajo el impacto simulado de la cabeza.

Alcance

El ensayo es voluntario para los vidrios de seguridad tanto templados como laminados, sin importar la ubicación que estos puedan tener en el automotor, por medio de este ensayo se comprueba la resistencia mecánica del vidrio de seguridad a los impactos con cabezas de maniquí de madera.

Definición

El siguiente ensayo consiste en dejar caer un maniquí de madera sobre una probeta de vidrio sea laminado o templado, el maniquí debe ser construido de

acuerdo a las especificaciones dadas en NTE INEN 1724 , los resultados serán comparados con los resultados que exige NTE INEN 1669 para este tipo de ensayo y para cada tipo de vidrio, en el caso de vidrio templado la ruptura total de la probeta, y en el caso de de vidrio laminado la fractura del vidrio pero sin desprendimiento de material que pueda causar laceraciones al pasajero; para efectos de la realización de este ensayo se requerirá del siguiente instrumental.

- Soporte, para la realización de este ensayo se empleara el mismo soporte descrito en NTE INEN 1722 y estará arreglado de tal forma que el maniquí descrito a continuación, golpee el interior de la probeta o el parabrisas en su centro durante el curso del ensayo. (ver figura 2.8)

- Maniquí. (Ver Fig. 2.9) constará de los siguientes elementos:
 - Una cabeza esférica sólida hecha de madera dura, que para este caso en particular será de madera de Laurel, de un diámetro de 190mm +/- 2 mm. El hemisferio inferior de la cabeza estará recubierto con un fieltro de aproximadamente 5 mm. De espesor.
 - Un soporte de tipo cilíndrico de 500 mm. de largo y con diámetro que será determinado mediante proceso de cálculo, para equiparar con una masa de 0,5 kg.
 - Un cuello cilíndrico rígido de madera dura de 70 mm. de alto y 100 mm. de diámetro.
 - Una parte hecha de madera y que representa los hombros, de alrededor de 500 mm. de largo y 100 mm de ancho. El espesor será determinado para que el maniquí tenga una masa de 10 kg +/- 0.2 kg.

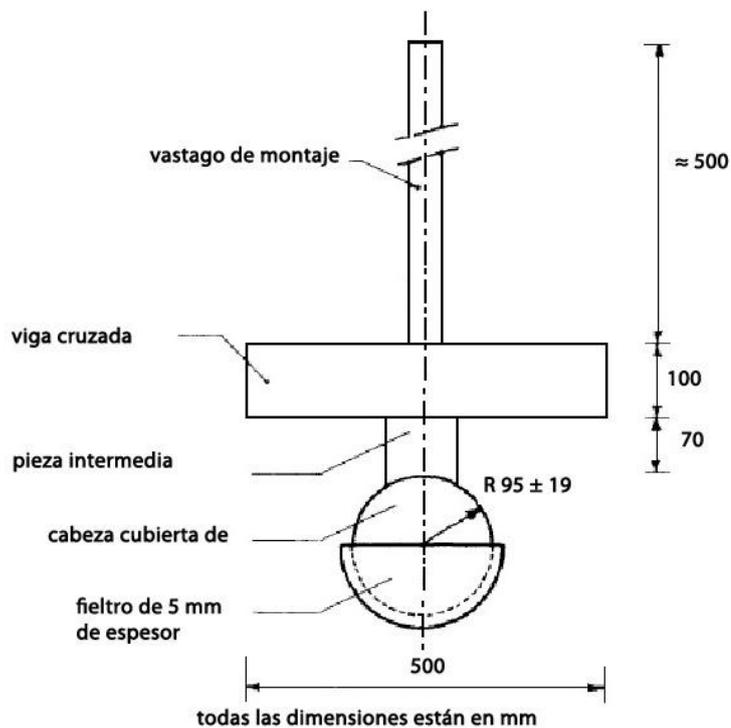


Figura 2.9. - Maniquí.

- Mecanismo de sujeción de maniquí. Este mecanismo será construido de acuerdo a especificaciones de diseño dadas en el Capítulo 4 del presente proyecto.

2.2.1.4 Ensayo de Impacto con dardo, objetivo, alcance y definición norma INEN 1725

Objetivo

Establecer la resistencia mecánica de los vidrios laminados al impacto provocado con un dardo de acero.

Alcance

Este ensayo es voluntario para todos los vidrios de seguridad del tipo laminado, y se verificará su resistencia a la perforación y su resistencia a la adherencia de las partículas del vidrio a la lámina plástica que este posee.

Definición

Al igual que el ensayo de impacto de esfera de acero este ensayo consiste en dejar caer un dardo de acero, el mismo que se debe ser fabricado de acuerdo a lo establecido en NTE INEN 1725. Luego de producido el impacto se procederá a la evaluación de los vidrios, los mismos que no deben permitir el paso completo del dardo, ni des adherirse sus pedazos de la lamina de plástico, los resultados serán evaluados según los requerimientos de NTE INEN 1669.

- Dardo de acero, con una masa de 200 g. +/- 5 g. y con las especificaciones dadas en la figura 2.10.
- Mecanismo de sujeción de dardo de acero. Este mecanismo será definido según las especificaciones que se darán en el Capítulo 4 del siguiente proyecto, además este mecanismo se lo utilizará para la sujeción de la esfera de acero, para la ejecución de NTE INEN 1723.
- Soporte, Para apoyar el vidrio en todo su borde (ver Fig.2.10).

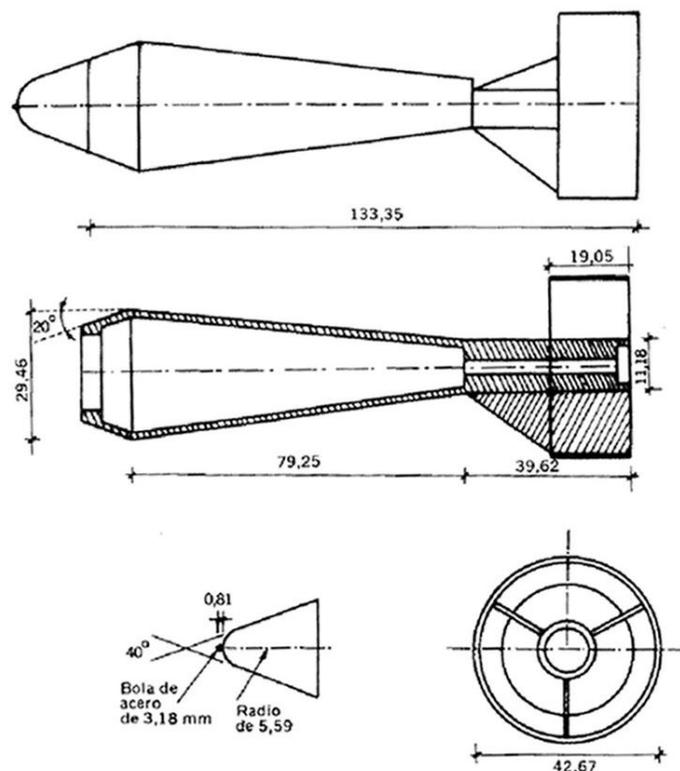


Figura 2.10. - Dardo (dimensiones en milímetros).

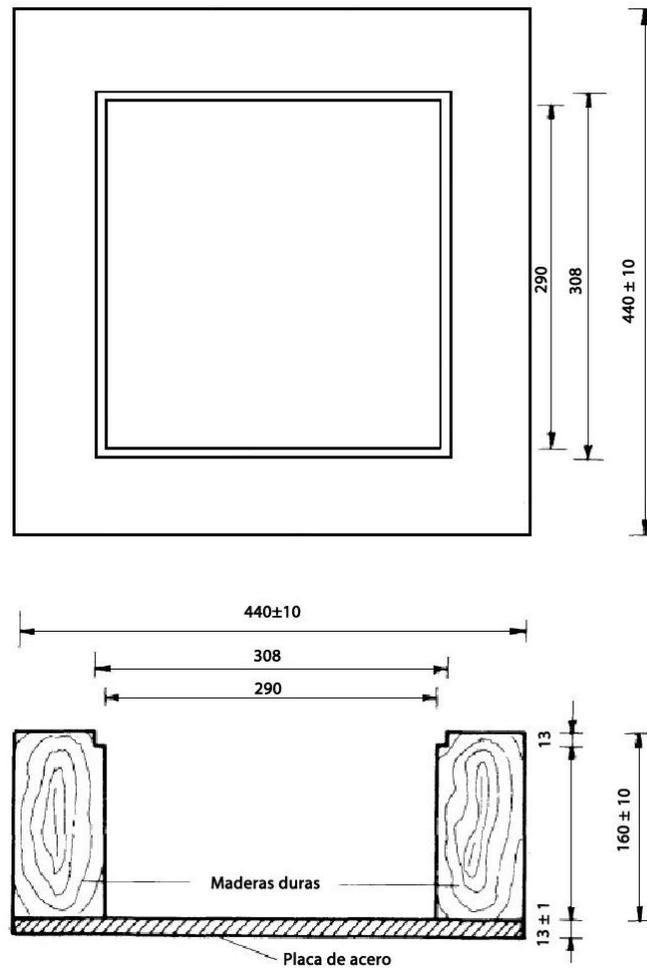


Figura 2.11 - Soporte para las pruebas de fractura y adherencia y al impacto (Dimensiones en milímetros).

2.2.1.5 Ensayo de Alta temperatura, objetivo, alcance y definición norma INEN 1726

Objetivo

Determinar la resistencia a alta temperatura de los vidrios de seguridad laminados, en vista de asegurar que la lámina plástica que une los vidrios sea resistente y no altere las propiedades del vidrio de seguridad.

Alcance

Este ensayo es voluntario para todo tipo de vidrio de seguridad laminado, sin importar la posición que este fuera a ocupar en el automotor.

Definición

Este ensayo busca probar la estabilidad térmica del vidrio laminado, debido a que para su fabricación se aplica una lámina intermedia de material plástico, si este material fallase, pudiera hacer fallar las propiedades mecánicas del vidrio, por lo cual este debe mantenerse estable dentro de un rango de temperaturas a la cual será sometido según los procedimientos indicados en NTE INEN 1726.

Para la realización de este ensayo se requieren de los siguientes instrumentos (Ver figura 2.12).

1. Termómetro
2. Agitador
3. Recipiente metálico
4. Porta muestras
5. Muestra
6. Fuente de calor eléctrica

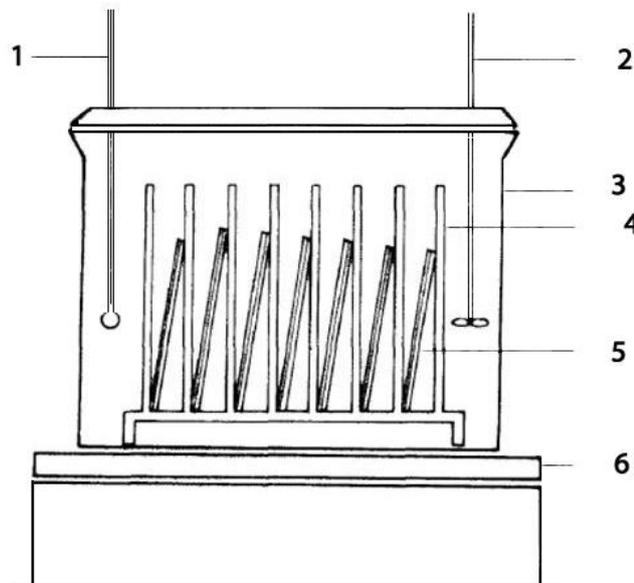


Figura 2.12. - Equipo para medir la resistencia a alta temperatura.

2.2.1.6 Ensayo de Transmisión Luminosa, objetivo, alcance y definición norma INEN 1727

Objetivo

Medir el nivel de transmisión luminosa de luz directa como indirecta que presentan los vidrios de seguridad tanto laminados como templados.

Alcance

Este ensayo es voluntario para todo tipo de vidrio de seguridad, sea para vidrios templados o laminados, determinando si en estos vidrios existe un nivel de transmisión de luz que sea estable y que no afecte la visibilidad del conductor o pasajero del automotor.

Definición

El método consiste en obtener el índice de transmisión de la luz relacionando la intensidad del flujo luminoso (f_r) transmitido por el vidrio sobre la intensidad del flujo incidente f_o , por lo tanto

$$t = f_r/f_o$$

Para efectos de este ensayo se requiere de un fotómetro fotoeléctrico, descrito en la NTE INEN 1727, debido a que este tipo de equipos son de tecnología obsoleta se puede optar por el uso de un espectrofotómetro (ANEXO 12), se describe a continuación el funcionamiento de cada uno de los instrumentos: (ver figura 2.13).

Fotómetro fotoeléctrico

- Fuente de luz. Que consta de una lámpara incandescente cuyo filamento está contenido dentro de un paralelepípedo de 1,5 mm. X 1,5 mm. x 3 mm. El voltaje en los terminales de la lámpara debe ser tal que la temperatura que corresponde al color sea de 2856 ± 50 K. Este voltaje debe estabilizarse dentro de 1/1000. El instrumento para comprobar el voltaje debe ser de precisión apropiada.

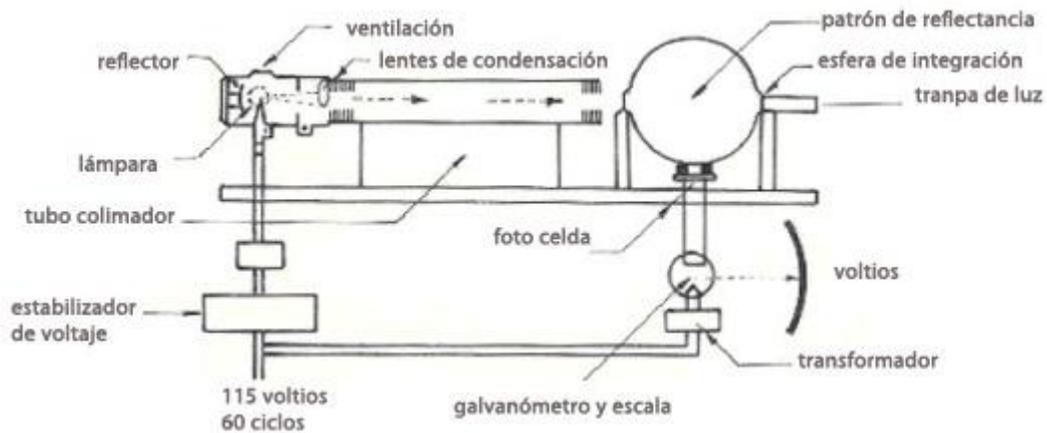


Figura 2.13. - Fotómetro fotoeléctrico.

- Sistema óptico. Que consta de un lente con una distancia focal f mínima de 500 mm. y corregido para aberraciones cromáticas. La abertura libre del lente no debe exceder $f/20$. La distancia entre el lente y la fuente de luz debe ser ajustada con el fin de obtener un haz de luz que sea sustancialmente paralelo. Debe insertarse un diafragma para limitar el diámetro del haz de luz a 7 ± 1 mm. Este diafragma debe situarse a una distancia de 100 ± 50 mm. desde el lado del lente más alejado de la fuente de luz. El punto de medida debe tomarse en el centro del haz de luz.
- Equipo de medida. El receptor debe tener una sensibilidad espectral relativa, en acuerdo sustancial con la eficiencia luminosa espectral relativa para el observador fotométrico estándar CIE (Comisión Internacional de Iluminación) para visión fotópica. La superficie sensitiva del receptor debe estar cubierta con un medio difusor y debe tener por lo menos dos veces la sección transversal del haz de luz emitida por el sistema óptico. Si se usa una esfera integrada, la apertura de la esfera debe ser por lo menos dos veces la sección transversal de la posición paralela del rayo. La linealidad del receptor y del instrumento del indicador asociado debe ser igual o mayor a 2% de la parte efectiva de la escala. El receptor debe estar centrado sobre el eje del haz de luz.

2.2.1.7 Ensayo de Estabilidad luminosa, objetivo, alcance y definición norma INEN 1728

Objetivo

Determinar la estabilidad de la luz en los vidrios de seguridad tanto laminados como templados.

Alcance

Este ensayo es voluntario para los vidrios de seguridad tanto templados como laminados, durante este ensayo se verificará si los vidrios de seguridad mantienen estable el nivel de luz al variar los parámetros de temperatura en función del tiempo.

Definición

Este ensayo consiste en exponer las probetas de los vidrios de seguridad a la luz ultravioleta, durante un tiempo y distancia, determinados en NTE INEN 1728, para posteriormente ser sometidos a efectos de temperatura en un determinado tiempo, producidos por agua tanto a 66° C como en estado de ebullición, finalmente se obtiene resultados, los mismos que serán comparados con los requisitos de NTE INEN 1669 en su sección correspondiente al ensayo de Estabilidad luminosa.

Para la realización de este ensayo se necesita del siguiente instrumental:

- Una fuente de radiación ultravioleta capaz de funcionar durante 100 horas a 170 voltios a través del tubo con una corriente de 4 amperios.
- Un fotómetro fotoeléctrico o espectrofotómetro, cualquiera de los dos instrumentos que se disponga para el ensayo de NTE INEN 1727.
- Un recipiente A, capaz de mantener agua a 66° C.
- Un recipiente B, capaz de mantener agua en ebullición por un tiempo de 10 minutos.

Para el uso de los recipientes se puede utilizar el recipiente indicado en la figura 2.12, incluido la fuente de calor para el agua.

2.2.1.8 Ensayo de Distorsión Óptica, objetivo, alcance y definición norma INEN 1729

Objetivo

Medir y evaluar la distorsión óptica que se pueda producir en los vidrios de seguridad tanto laminados como templados, que se empleen para el uso de parabrisas delantero o posterior.

Metodología

NTE INEN 1729, establece dos tipos de metodologías para la evaluación y realización de este ensayo, por lo cual para efectos de la planificación de este proyecto se tomará en cuenta el método que mejor se adapte a la disponibilidad de recursos tanto de espacio físico como económicos, razón por la cual el método B se erige como el más idóneo para la realización de este ensayo.

Método B

Alcance

Esta metodología de ensayo es voluntario para todo tipo de vidrio de seguridad empleado como parabrisas, sea laminado o templado, evaluando la distorsión óptica que este pudiera causar al conductor del automotor.

Definición

Este ensayo consiste en colocar una probeta de vidrio de seguridad que será usada como parabrisas sea frontal o posterior en un soporte base, el mismo que dará una inclinación adecuada acorde al uso del parabrisas, para que un observador ubicado a una distancia determinada del mismo observe sin distorsión alguna una pantalla de rejillas a través del parabrisas, las distancias

y ángulos a los cuales deben estar ubicados los instrumentos se especifican en NTE INEN 1729.

Para la realización de este ensayo se necesita del siguiente instrumental:

- Pantalla en forma de parrilla, con las características mostradas en la figura 2.14).

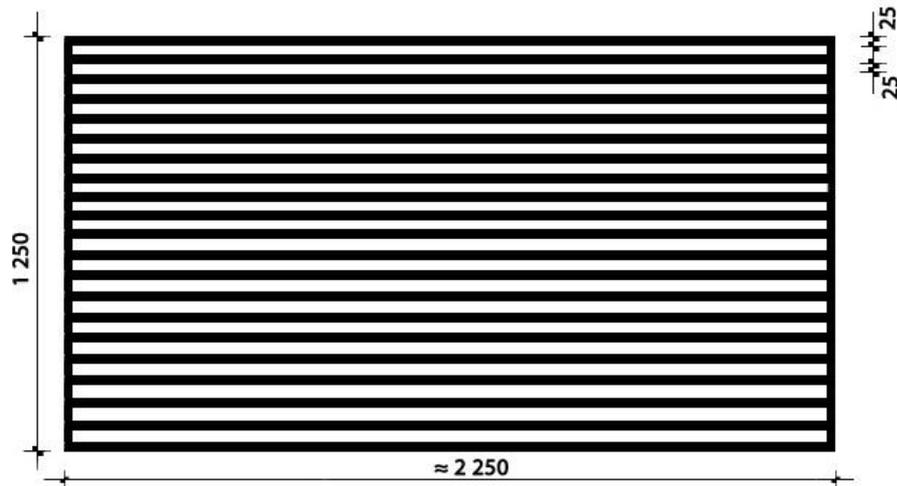


Figura 2.14. - Pantalla.

- Soporte base. Para poder colocar el parabrisas que va a ensayarse a varios ángulos con respecto a la vertical, el mismo que se especifica en el capítulo cuarto del presente proyecto.

2.2.1.9 Ensayo de Resistencia a la abrasión, objetivo, alcance y definición norma INEN 1730

Objetivo

Determinar la resistencia a la abrasión de los vidrios de seguridad tanto templados como laminados, a fin que estos no afecten en gran parte la visibilidad del pasajero o conductor del automotor.

Alcance

Este tipo de ensayo es voluntario para los vidrios de seguridad del tipo laminado y templado, verificando que tengan una buena resistencia a la abrasión.

Definición

En este ensayo la o las probetas de vidrio de seguridad serán sometidas a la abrasión producida por la fricción entre el vidrio de seguridad y ruedas abrasivas de grano fino, especificadas en NTE INEN 1730 , posteriormente la opacidad que pueda ser producida por la abrasión, será medida y determinada por medio de un instrumento óptico, el mismo que puede ser un espectrofotómetro.

Para efectos de la realización de este ensayo se requiere del siguiente equipamiento:

- Instrumento de abrasión. Se muestra gráficamente en la figura 2.15 y consta de lo siguiente:
 - Una mesa horizontal giratoria. Y una abrazadera central que gira en sentido contrario a las agujas de reloj de 65 a 75 rev/min.
 - Dos brazos paralelos tarados, cada uno con una rueda abrasiva especial que gire libremente sobre un eje horizontal de cojinetes; cada rueda descansa sobre la probeta de ensayo bajo la presión ejercida por una masa de 500 g.

Las ruedas deben estar montadas de modo que, cuando ellas están en contacto con la probeta de ensayo giratoria, giren en direcciones contrarias de manera que se ejerza una acción de compresión y de abrasión a lo largo de líneas curvas, sobre una área anular de más o menos 30 cm², dos veces, durante cada rotación de la probeta de ensayo.

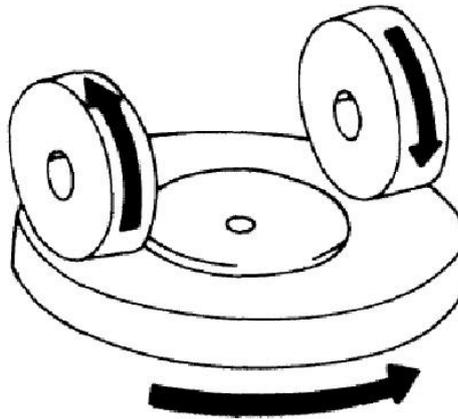


Figura 2.15. - Diagrama del instrumento de abrasión.

- Ruedas abrasivas. Cada una de 45 a 50 mm. de diámetro y 12,5 mm. de espesor, compuestas de un abrasivo especial finamente tamizado incorporado en un medio de caucho duro. Las ruedas deben tener una dureza de 72 ± 5 IRHD, (*International Rubber Hardness Degrees*).
- Espectrofotómetro; en vista que NTE INEN 1727 usa el mismo instrumental para medir el nivel de transmisión de luz, que para este ensayo puede ser traducido como nivel de opacidad.

2.2.1.10 Ensayo de Resistencia a la humedad, objetivo, alcance y definición norma INEN 1731

Objetivo

Determinar la resistencia a la exposición a la humedad producida por el medio ambiente, en largos periodos de tiempo, tanto en vidrios laminados como templados.

Alcance

Este ensayo es voluntario para todo tipo de vidrio de seguridad tanto templado como laminado, y solamente analizará la resistencia de estos a la exposición de la humedad que se produciría en el medio ambiente.

Definición

Este ensayo comprende en analizar los efectos que pueda tener el vidrio de seguridad ante la exposición a una humedad y temperaturas controladas en laboratorio por medio de una cámara termostatzada, según lo especifica NTE INEN 1731, durante un periodo de tiempo aproximado de dos semanas, luego de las cuales el vidrio de seguridad para su aprobación no debe sufrir ninguna alteración o cambio significativo.

Para la realización de este ensayo se necesita del siguiente instrumental:

- Cámara de ensayo termostatzada, con dispositivo para mantener la humedad relativa.

2.2.1.11 Ensayo de Defectos visuales, objetivo, alcance y definición norma INEN 1669

Objetivo

Identificar y evaluar los defectos visuales que se puedan dar producto de la fabricación de los vidrios de seguridad, tanto templado como laminado.

Alcance

Este ensayo evaluativo es obligatorio para todos los vidrios de seguridad tanto templados como laminados, y busca los defectos enmarcados dentro de NTE INEN 1669.

Definición

Para la realización de esta evaluación se requiere que las probetas hayan sido muestreadas de acuerdo a NTE INEN 1721, se evaluarán los defectos de acuerdo a la clasificación descrita en NTE INEN 1669 sección 5.12, correspondiente a los defectos visuales, el inspector designado evaluará a cada probeta de acuerdo a los requisitos descritos por la tabla 2 de la sección 5.12 de NTE INEN 1669.

2.2.1.12 Ensayo de Dimensionales, objetivo, alcance y definición norma INEN 1669

Objetivo

Evaluar y determinar si las dimensiones de las probetas de los vidrios de seguridad son satisfactorias para su aplicación en automotores.

Alcance

Esta evaluación es obligatoria para todos los vidrios de seguridad tanto templados como laminados, y se verificará que las dimensiones y espesores se encuentren dentro de los parámetros establecidos por NTE INEN 1669.

Definición

El inspector designado para esta evaluación tomará las correspondientes medidas, las mismas que serán anotadas en hojas de datos para su posterior comparación con las medidas permisibles y sus tolerancias, de acuerdo con la tabla 3 de la sección 5.13 de NTE INEN 1669.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LAS FACILIDADES PARA REALIZAR EL ENSAYO DE VOLCAMIENTO Y ENSAYOS EQUIVALENTES PARA LA CERTIFICACION DE CARROCERIAS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE VOLCAMIENTO DE CARROCERÍA COMPLETA Y DE SECCIONES (ANEXO 5 Y ANEXO 6, NORMATIVA 66 ONU)

Preparación del vehículo

El vehículo a ser probado no necesariamente deberá estar listo para operar. Generalmente, cualquier alteración del modelo operativo terminado es aceptable si las formas básicas y el comportamiento de la superestructura no son influenciadas por dichas alteraciones. La prueba del vehículo se considerará la misma que cuando este se encuentra totalmente terminado si:

- La posición del centro de gravedad, el valor total de la masa del vehículo (masa del vehículo sin carga o masa total efectiva del vehículo) y la distribución y posicionamiento de las masas se encuentren como el fabricante lo indicó.
- Elementos que no contribuyan a la rigidez de la superestructura y sean muy costosos para arriesgarlos, podrán ser reemplazados por elementos que sean equivalentes en masa y métodos de instalación. Estos

elementos adicionales no deberán tener un efecto de refuerzo en la rigidez de la superestructura.

- Combustible, ácido de la batería u otra clase de material inflamable, explosivo o corrosivo podrá ser sustituido.

En el caso de que dispositivos de alojamiento para ocupantes sean parte del tipo de vehículo, una masa alternativa deberá ser agregada a ese asiento y fijada como se detalla en uno de los siguientes dos métodos, según lo prefiera el fabricante.

En el primer método, la masa será:

- 50 por ciento de la masa individual de un ocupante (M_{mi}) de 68 kg.
- Situada de tal forma que su centro de gravedad quede a 100 mm sobre y 100 mm delante del punto R del asiento.
- Ajustada y asegurado rígidamente para garantizar que no se rompa durante la prueba.

En el segundo método, la masa será:

- Un lastre antropomórfico de 68 kg que será asegurado con cinturones de seguridad de al menos dos puntos. Este lastre debe permitir la correcta dirección posicionamiento de los cinturones de seguridad.
- El lastre será posicionado de tal manera que su centro de gravedad y dimensiones concuerden con la figura 3.1.

- Ajustado y asegurado rígidamente para garantizar que no se rompa durante la prueba.

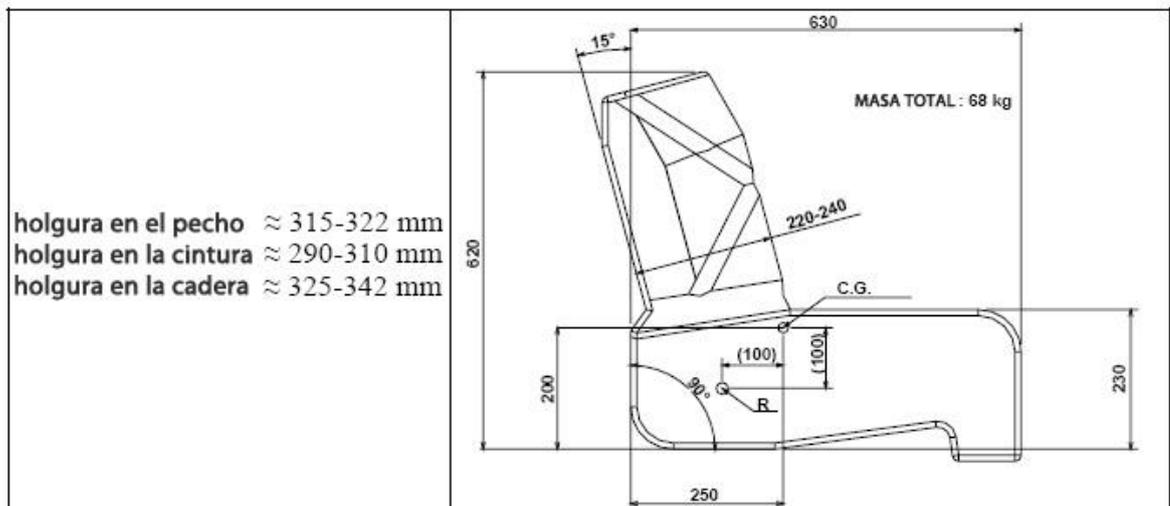


Figura 3.1. – Dimensiones del lastre antropomórfico.

La prueba del vehículo será preparada de la siguiente manera:

- Los neumáticos serán inflados a la presión indicada por el fabricante.
- El sistema de suspensión del vehículo deberá ser bloqueado, por ejemplo, los ejes, los resortes y los elementos de la suspensión del vehículo serán ajustados en relación a la carrocería. La altura del piso sobre la plataforma horizontal de volteo será de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Cada puerta o ventana abierta del vehículo será cerrada pero no asegurada.

Vehículos articulados:

Debido a las condiciones de diseño de la bancada de volcamiento, las pruebas a los vehículos articulados serán realizadas a cada una de sus secciones por

separado. A diferencia de lo que indica la norma, puesto que se encuentra estipulado que los ensayos a vehículos articulados se realizarán tanto en conjunto como por separado.

Para realizar las pruebas de secciones articuladas por separado, las secciones de un solo eje, serán sujetadas a un soporte artificial que las sostendrá a la plataforma de volteo durante el movimiento angular desde la posición horizontal hasta el punto de volcamiento.

Este soporte se ajustará a la estructura de tal forma que no cause ningún tipo de refuerzo o carga adicional para la superestructura.

Debe ser construido para que no sufra ninguna clase de deformación que pueda causar cambios en la dirección de volcamiento del vehículo.

Su masa y su centro de gravedad serán equivalentes a los elementos que se encuentran en la junta articulada, que nominalmente corresponden a la sección a ser probada, pero que no se encuentran posicionados (por ejemplo la placa giratoria y su piso, pasamanos, cortinas de goma, etc.).

Proceso y método de prueba

El vehículo será volteado sin oscilaciones o efectos dinámicos hasta que este alcance el punto de movimiento inminente y comience el volcamiento. La velocidad angular de la plataforma de volteo, no excederá los 5 grados/segundo (0.087 rad/seg).

Se ubicarán cámaras de alta velocidad dentro de la carrocería o sección de carrocería sobre la cual se realizarán los ensayos.

Se hará un molde que represente y delimite físicamente el espacio de supervivencia y se lo ajustará debidamente dentro de la carrocería, evitando que este implique un refuerzo para la estructura.

Las cámaras de alta velocidad deberán comenzar a filmar desde que la plataforma de volcamiento está lista para comenzar el movimiento.

Para la observación desde el exterior, la grabación del proceso de volcamiento y deformación será mediante el uso de dos cámaras de alta velocidad, una al frente y otra en la parte posterior. Estas deberán ser ubicadas lo suficientemente lejos de las paredes frontales y traseras del vehículo para obtener una imagen medible evitando la distorsión por la perspectiva en el área sombreada como lo indica la figura 3.2.

Se deberá marcar claramente la posición del centro de gravedad como se indica en la figura 3.3.

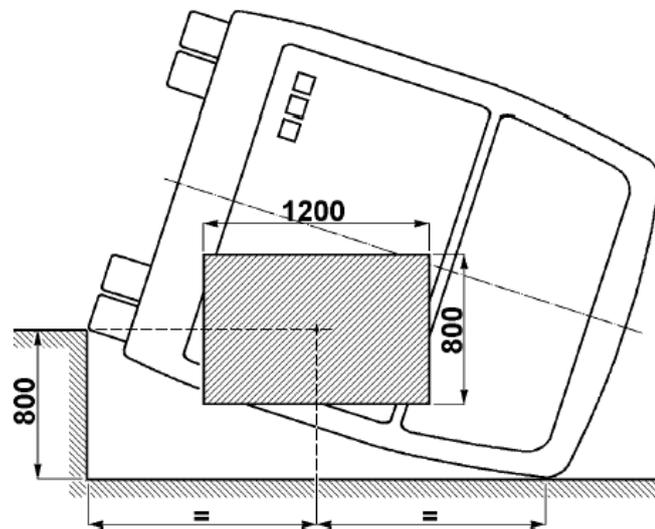


Figura 3.2 – Campo visual recomendado de la cámara exterior.

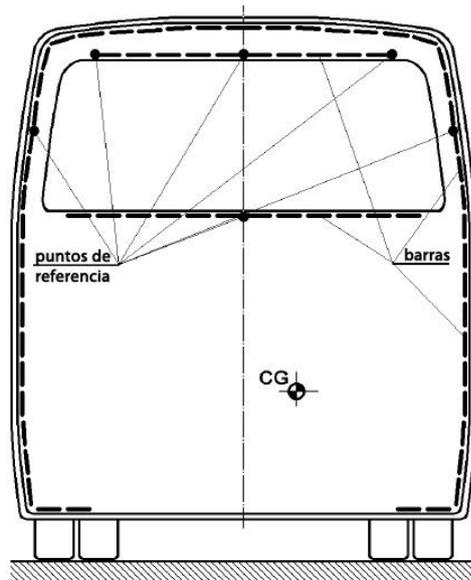


Figura 3.3. – Marcación recomendada del centro de gravedad y el contorno del vehículo.

3.2 DISEÑO DE LA MÁQUINA DE ENSAYO DE VOLCAMIENTO

La bancada de volteo

La plataforma de volteo será lo suficientemente rígida y su rotación lo suficientemente controlada para asegurar el levantamiento simultáneo de los ejes del vehículo con una diferencia inferior a 1° en los ángulos de levantamiento.

La diferencia de altura entre el plano horizontal del piso donde caerá el vehículo y el plano de la plataforma de volteo en la cual se encuentra el bus, será 800 ± 20 mm.

El eje de rotación de la plataforma será máximo 100 mm desde la pared vertical de la cuneta y se encontrará máximo 100 mm bajo el plano horizontal de la plataforma de volteo. Ver Figura 2.4 – Geometría de la bancada de volteo.

Los soportes de rueda serán ubicados en las ruedas que se encuentran cerca del eje de rotación del vehículo en la prueba de volteo para impedir el desplazamiento lateral del vehículo al momento de realizar esta prueba.

Dimensiones de los soportes de rueda:

La altura no deberá ser mayor a los dos tercios de la distancia entre la superficie en la que el vehículo se encuentra apoyado antes de ser volteado y parte del borde de la rueda que esté más cerca de dicha superficie. El ancho será de 20 mm con 10 mm de radio en el borde superior y mínimo 500 mm de longitud.

Los soportes de rueda en el eje más ancho serán puestos en la plataforma de volteo de modo que el lado del neumático esté en el máximo a 100 milímetros del eje de la rotación.

Los soportes de rueda en los otros ejes deberán ser ajustados para que el plano vertical central longitudinal (VLCP por sus siglas en inglés) del vehículo sea paralelo al eje de rotación de la plataforma de volteo.

La plataforma de volteo deberá ser construida para prevenir que el vehículo se mueva a lo largo de su eje longitudinal.

La zona de impacto de la cuneta será una superficie de concreto horizontal, uniforme, seca y lisa.

3.2.1 MEMORIA DE CÁLCULO

La geometría de la bancada de voleo fue desarrollada teniendo en cuenta las medidas descritas en el párrafo 4.1.2.5 del Reglamento Técnico Ecuatoriano 038 para Buses Urbanos.

Se han tenido en cuenta también las recomendaciones del Reglamento 66 de las Naciones Unidas para rigidez y capacidad de la plancha.

Para analizar estructuralmente la plancha se utilizará un programa de análisis numérico para el pre-procesamiento, el procesamiento y el post-procesamiento, para lo cual se hará previamente un modelo tridimensional en un programa CAD.

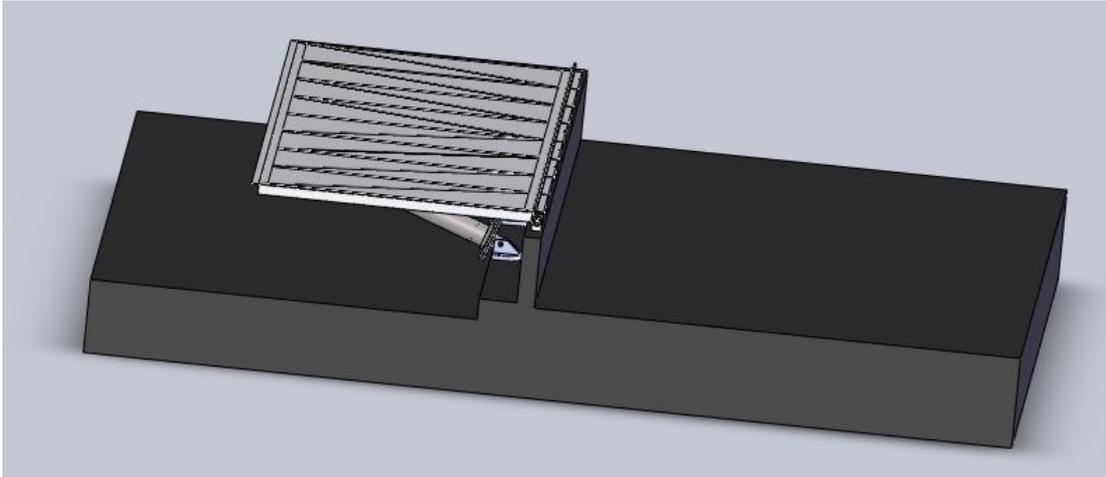


Figura 3.4.- Bancada de volteo terminada.

Diseño:

Plataforma de Volcamiento

Acero ASTM – A36

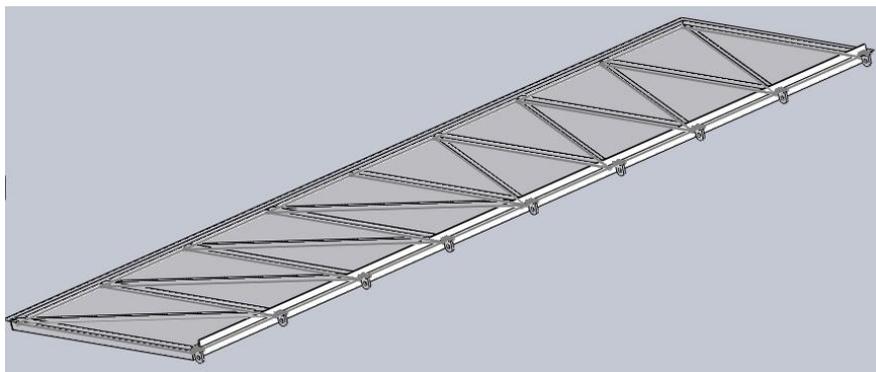


Figura 3.5. – Plataforma de volcamiento.

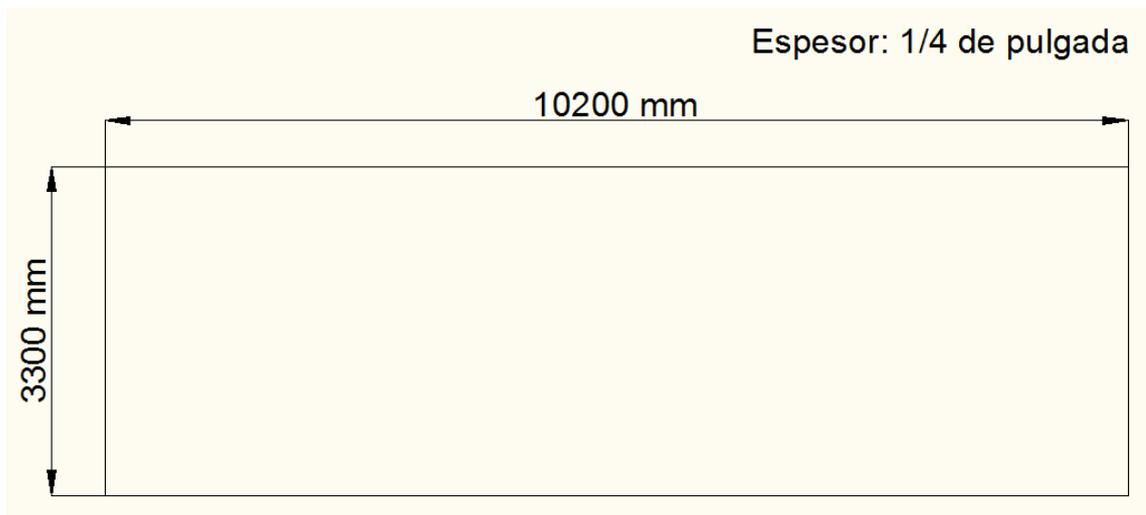


Figura 3.6. – Dimensiones de la Plancha Metálica para la plataforma de volcamiento.

Estructura Soporte

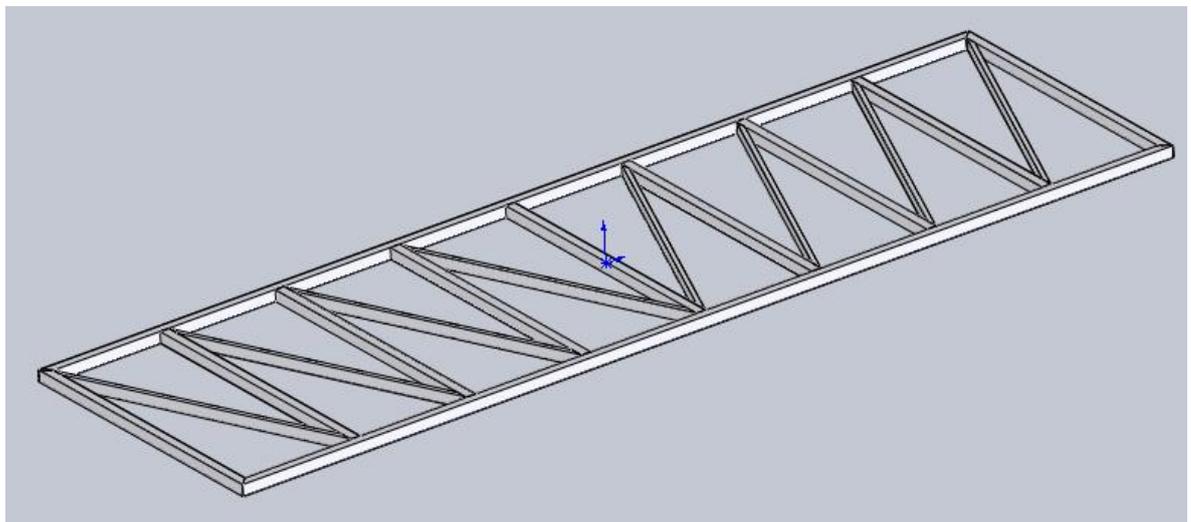


Figura 3.7. – Estructura Soporte.

Perfil Canal U (Anexo 3)

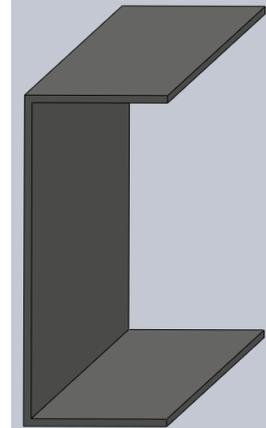
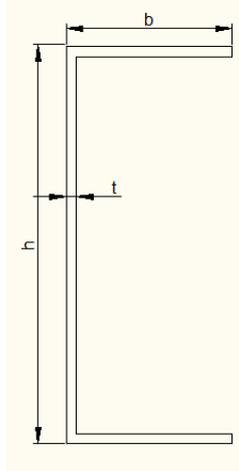
Acero ASTM – A36

Dimensiones:

h: 120 mm

b: 50 mm

t: 3 mm



Soportes para los Pasadores

Acero ASTM – A36

Los soportes fueron hechos bajo una premisa de iteraciones según los resultados obtenidos durante las simulaciones en el programa de análisis numérico. A continuación se presenta el resultado final de estos análisis.

En la Plataforma de Volcamiento

Dimensiones:

a: 120 mm

b: 120 mm

c: 52 mm

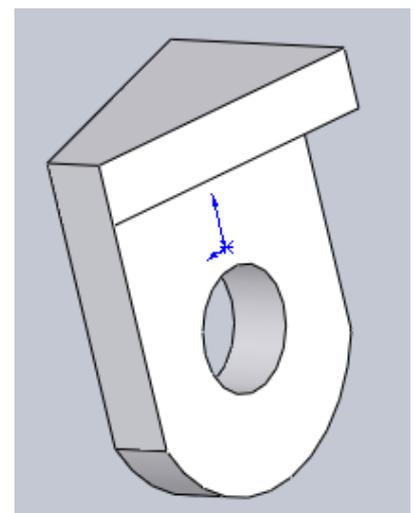
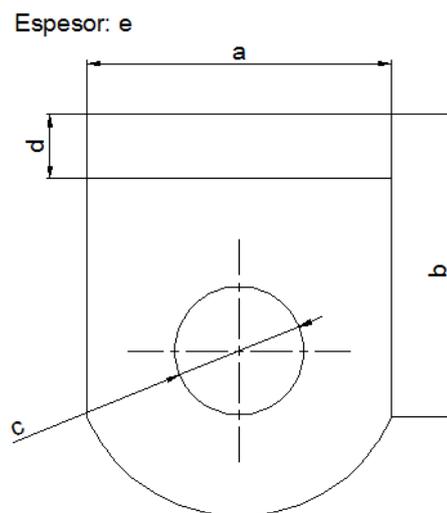
e: 25,4 mm

nervios:

30 mm

d: 25,4 mm

Cant: 9



En el piso

Soporte Pasador de Extremos

Dimensiones:

a: 110 mm

b: 115 mm

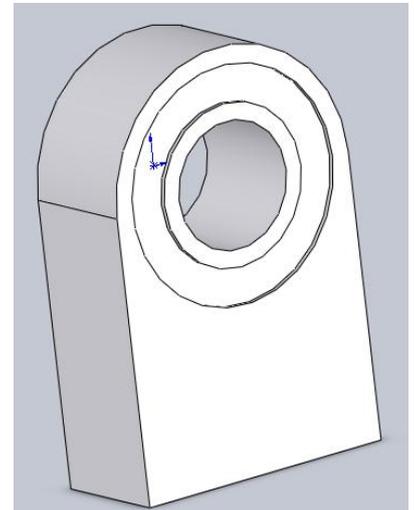
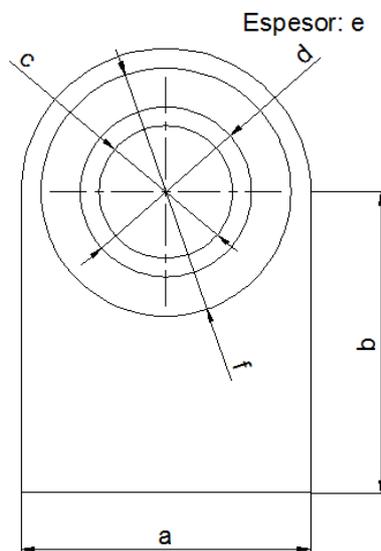
c: 51 mm

e: 50,8 mm

d: 65 mm

f: 95 mm

Cant: 6



Soporte Pasador Intermedio

Dimensiones:

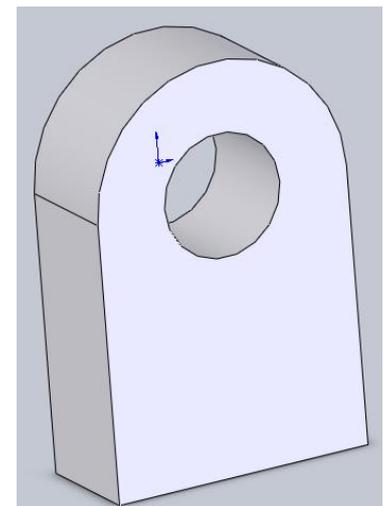
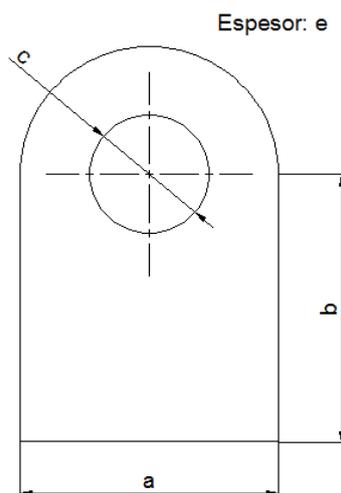
a: 110 mm

b: 115 mm

c: 51 mm

e: 50,8 mm

Cant: 12



Pasadores del Conjunto

Acero ASTM – A36

Dimensiones:

Diámetro: 50,8 mm

Largo Pasador para centro: 2705 mm

Cantidad: 1

Largo Pasador para extremos: 2630 mm

Cantidad: 2

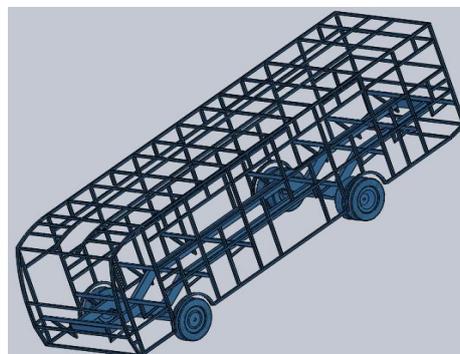
Análisis del Conjunto

Comparando los resultados obtenidos en las simulaciones se puede determinar que en el momento en el que la superestructura alcanza el punto de movimiento inminente es cuando se presentan los mayores esfuerzos y reacciones en la plataforma.

Cálculo del Ángulo de Volcamiento

Del programa de CAD se obtienen las coordenadas del centro de masa de la carrocería y referencialmente el del pasador de la plataforma para encontrar el eje de levantamiento.

SUPERESTRUCTURA



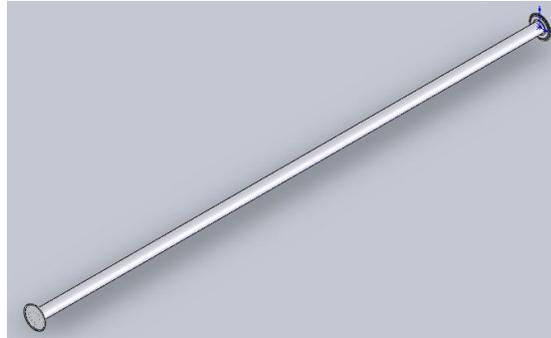
Centroide:

X_1 : 130,53

Y_1 : 190,59

Z_1 : 347,91

PASADOR



Centroide:

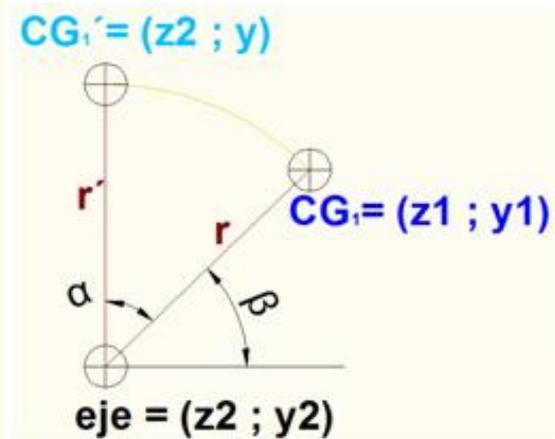
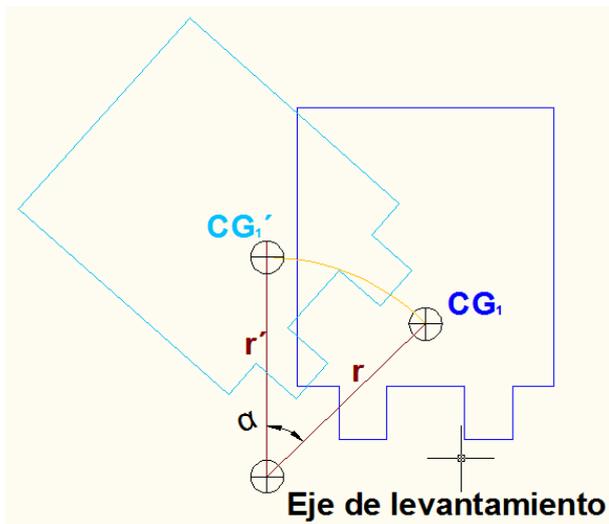
$X_2: -151,92$

$Y_2: -933,56$

$Z_2: 1610$

Trayectoria del Centro de Gravedad durante el Levantamiento

La superestructura llega al punto de movimiento inminente cuando el centro de gravedad se encuentra sobre el eje de volcamiento.



$$r = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Ecuación 3.1.

$$r' = \sqrt{(y - y_2)^2 + (z_2 - z_2)^2}$$

Ecuación 3.2.

$$r = r'$$

Por lo tanto la coordenada en Y del punto más alto en la trayectoria del centro de gravedad es:

$$y = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} + y_2 \quad \text{Ecuación 3.3.}$$

Para calcular el ángulo de barrido α se tiene:

$$\alpha = 90^\circ - \beta$$

Por lo tanto:

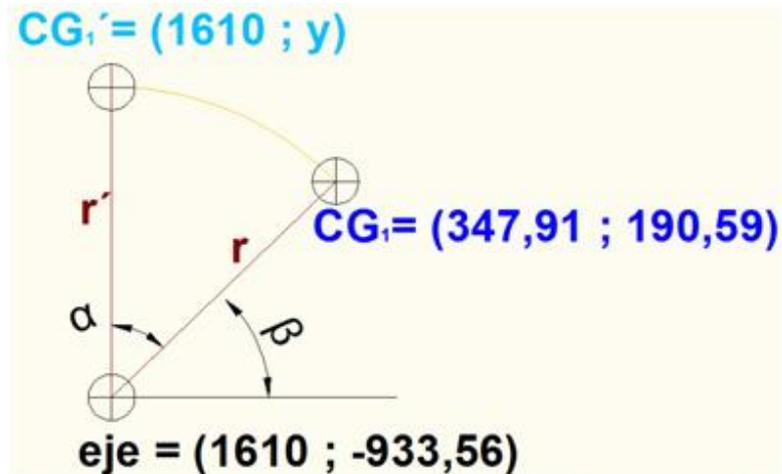
$$\alpha = 90^\circ - \arctan(m_1)$$

Donde m_1 es la pendiente de la recta que forman los puntos CG_1 y el eje de volcamiento.

Por lo tanto, la ecuación del ángulo de barrido α es:

$$\alpha = 90^\circ - \left| \arctan\left(\frac{y_2 - y_1}{z_2 - z_1}\right) \right| \quad \text{Ecuación 3.4.}$$

Entonces reemplazando las coordenadas anteriores se tiene:



$$y = \sqrt{(-933,56 - 190,59)^2 + (1610 - 347,91)^2} - 933,56$$

$$y = 756,58 \text{ mm}$$

$$\alpha = 90^\circ - \left| \arctan \left(\frac{-933,56 - 190,59}{1610 - 347,91} \right) \right|$$

$$\alpha = 48,31^\circ$$

De los resultados del análisis del conjunto plataforma-superestructura, se pueden obtener las reacciones en los soportes de la plancha para el diseño de los pasadores.

El sistema fue analizado según la nomenclatura descrita en la figura 3.8.

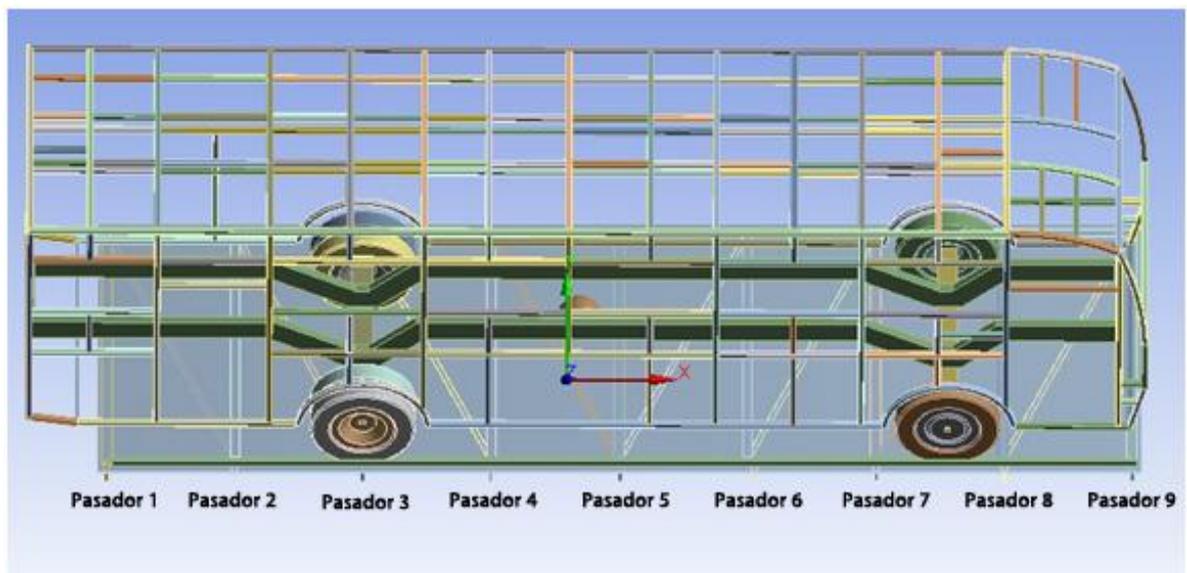


Figura 3.8. – Análisis de la plataforma de volcamiento.

Para el análisis de la plataforma:

Se darán relaciones de contacto entre la plancha y la carrocería.

Se indicará el tipo de apoyo que representan los soportes en el movimiento de la plataforma. Estos serán del tipo cilíndrico de dos grados de libertad el cual

restringe los movimientos del pasador tanto axial como radialmente, dejando libre la capacidad de rotar sobre su eje longitudinal.

Simular la acción de los actuadores que levantarán la bancada de volteo, cargando al modelo con fuerzas sobre placas de soporte que se encuentran en los perfiles de la estructura de la plataforma de volcamiento, como se muestra en la figura 3.9.

La magnitud de la fuerza ejercida por los actuadores para levantar la plataforma de volcamiento cargada, se determinará mediante iteraciones basadas en los resultados de las simulaciones realizadas en el programa de análisis numérico.

De esta manera se determinó que la fuerza necesaria para levantar la plataforma de volteo cargada es de mínimo 121667 N por cada actuador.

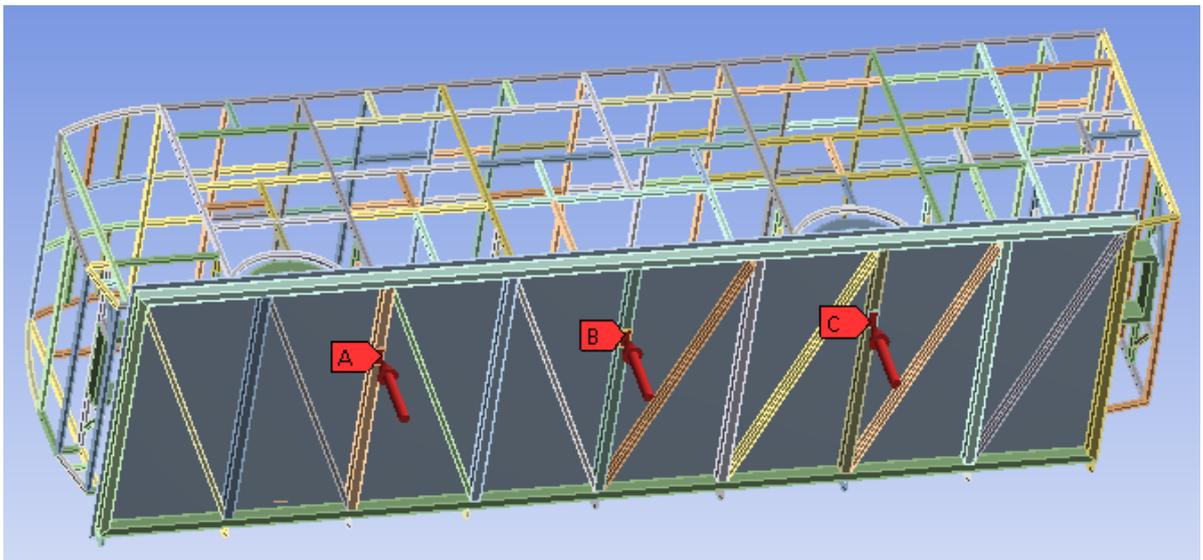


Figura 3.9 – Ubicación de las Cargas del Pistón.

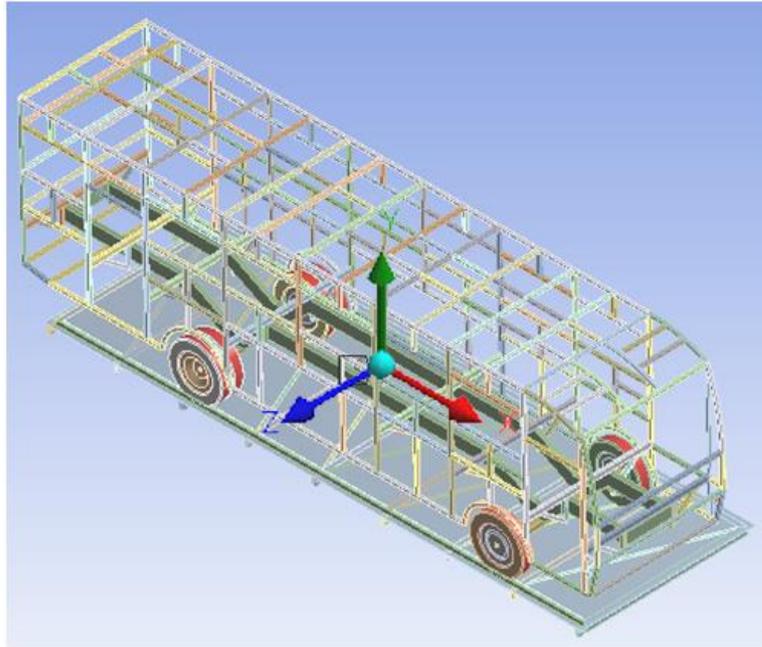


Figura 3.10. – Sistema de coordenadas.

Reacciones en los soportes de los pasadores (resultados del programa de análisis numérico):

Las reacciones corresponden al inicio del volcamiento de la superestructura cuando esta ha alcanzado el ángulo de volcamiento.

| | |
|--|--|
| <p>Soporte del pasador 1</p> <p>Máximos valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: 1,2172e-013 N</p> <p>Eje Y: 2704,2 N</p> <p>Eje Z: -1087, N</p> <p>Total: 2914,5 N</p> | <p>Soporte del pasador 2</p> <p>Máximo valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: 3,8552e-013 N</p> <p>Eje Y: 3878,7 N</p> <p>Eje Z: -4005,5 N</p> <p>Total: 5575,7 N</p> |
| <p>Soporte del pasador 3</p> <p>Máximo valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: -4,6376e-012 N</p> <p>Eje Y: 71165 N</p> <p>Eje Z: 14225 N</p> <p>Total: 72573 N</p> | <p>Soporte del pasador 4</p> <p>Máximo valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: -3,656e-013 N</p> <p>Eje Y: 13508 N</p> <p>Eje Z: -814,64 N</p> <p>Total: 13532 N</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Soporte del pasador 5</p> <p>Máximos valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: 2,1126e-013 N</p> <p>Eje Y: 2362,1 N</p> <p>Eje Z: -1503,7 N</p> <p>Total: 2800,1 N</p> | <p>Soporte del pasador 6</p> <p>Máximo valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: 1,8567e-013 N</p> <p>Eje Y: 2028,2 N</p> <p>Eje Z: -1278,3 N</p> <p>Total: 2397,4 N</p> |
| <p>Soporte del pasador 7</p> <p>Máximo valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: 1,7978e-014 N</p> <p>Eje Y: 14897 N</p> <p>Eje Z: -1043,5 N</p> <p>Total: 14933 N</p> | <p>Soporte del pasador 8</p> <p>Máximo valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: -1,1187e-012 N</p> <p>Eje Y: 41162 N</p> <p>Eje Z: 6252,2 N</p> <p>Total: 41634 N</p> |
| <p>Soporte del pasador 9</p> <p>Máximo valor de las reacciones:</p> <p>Eje X: 4,7988e-014 N</p> <p>Eje Y: 1803,4 N</p> <p>Eje Z: -2328,6 N</p> <p>Total: 2945,3 N</p> | |

Los valores más altos serán tomados en cuenta para la comprobación de diseño, dándoles un rango de seguridad para lograr resultados conservadores.

Pasador de la Plataforma de Volcamiento

Las reacciones más altas se presentan en el soporte 3, por lo que la magnitud de la fuerza cortante total sobre el pasador es:

$$Cortante = \sqrt{Fz^2 + Fy^2} \quad \text{Ecuación 3.5.}$$

$$Cortante = 72572,7762 \text{ N}$$

Asumiendo que el elemento trabajará al 80% de su capacidad mecánica, la fuerza de corte será:

$$Cortante\ Final = Corte + 0,2 \cdot cortante$$

Ecuación 3.6.

$$Cortante\ Final = 87087,3315\ N$$

Aproximando la fuerza cortante se tiene que:

$$Cortante\ Efectiva = 90000\ N$$

El área del pasador es:

$$Area = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$Area = \frac{\pi}{4} \cdot \left(50,8\ mm \cdot \frac{1\ m}{1000\ mm} \right)^2$$

$$Area = 0,00202678\ m^2$$

Por lo tanto el esfuerzo cortante será:

$$Esfuerzo\ cortante = \frac{3}{2} \cdot \frac{Cortante}{Area}$$

Ecuación 3.7.

$$Esfuerzo\ cortante = \frac{3}{2} \cdot \frac{90000}{0,00202678\ m^2} \cdot \frac{1\ MPa}{1e6\ Pa}$$

$$Esfuerzo\ cortante = 66,6081021\ MPa$$

Y al ser menor al esfuerzo de fluencia del acero estructural, cuyo valor es de 240 MPa, se puede concluir que el pasador está sobredimensionado y que además soportará la carga.

Plataforma de volcamiento

Resultados de los desplazamientos:

Los desplazamientos más importantes se producen cuando la plataforma se encuentra a 30° respecto del nivel del suelo.

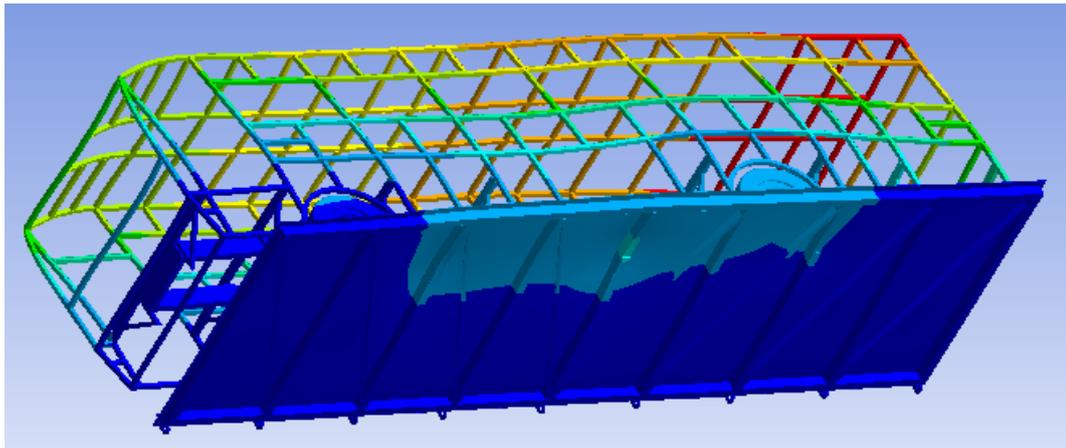


Figura 3.11. – Análisis de deformaciones para Plataforma de Volcamiento.

| Rango de Colores | |
|------------------|---------------------|
| Color | Desplazamiento (mm) |
| | 7,1456 |
| | 6,3689 |
| | 5,5922 |
| | 4,8155 |
| | 4,0387 |
| | 3,262 |
| | 2,4853 |
| | 1,7085 |
| | 0,93182 |

El análisis indica que la plataforma llega a un desplazamiento máximo cercano a 3,3 mm en sus extremos.

Análisis de Esfuerzos

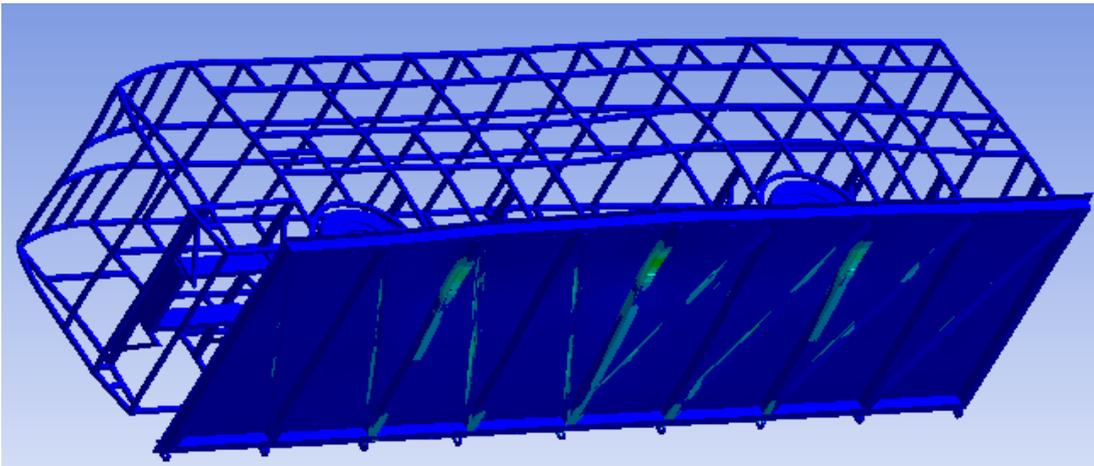


Figura 3.12. – Análisis de Esfuerzos Plataforma de volcamiento.

| Rango de Colores | |
|------------------|-----------------|
| Color | Esfuerzos (MPa) |
| Red | 182,6 |
| Orange | 162,31 |
| Yellow | 142,02 |
| Light Green | 121,73 |
| Green | 101,45 |
| Light Cyan | 81,158 |
| Cyan | 60,869 |
| Blue | 40,581 |
| Dark Blue | 20,293 |
| Very Dark Blue | 0,0045972 |

El esfuerzo máximo de 182 MPa se presenta en el elemento estructural de la figura 3.13.

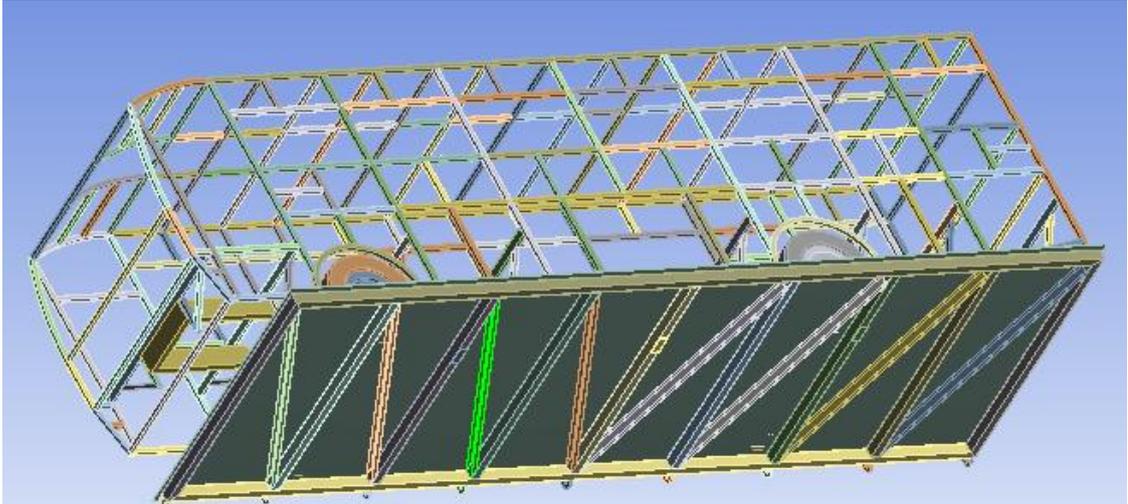


Figura 3.13. – Elemento estructural más comprometido.

Es aceptable, ya que se encuentra por debajo del límite de fluencia del acero que es de 240 MPa.

Análisis de rigidez

A lo largo de la plataforma:

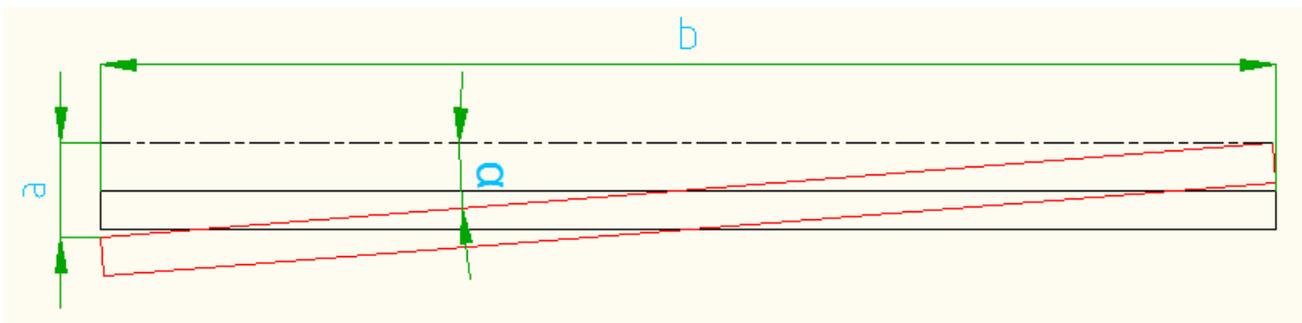


Figura 3.14 – Desplazamiento de la Plataforma de volcamiento.

Para garantizar que la plataforma cumpla con las condiciones de rigidez se debe calcular el ángulo α .

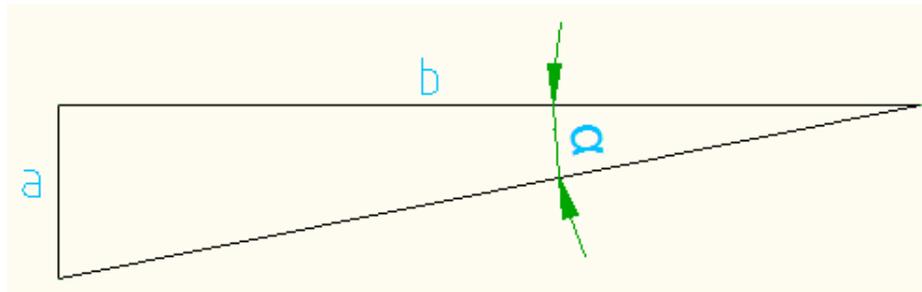


Figura 3.15. – Esquema para el cálculo del ángulo de desviación en la plataforma.

Entonces:

$$\alpha = \text{arctg} \left(\frac{a}{b} \right)$$

Siendo “a” la suma de las desviaciones en los extremos y “b” el largo de la plataforma

$$\alpha = \text{arctg} \left(\frac{6,6 \text{ mm}}{10200 \text{ mm}} \right)$$

$$\alpha = 0,03707373^\circ$$

A lo ancho de la plataforma:

Usando la misma disposición geométrica que en el esquema anterior se tiene que:

$$\alpha_2 = \text{arctg} \left(\frac{a}{b} \right)$$

Siendo “a” la desviación en el extremo y “b” el ancho de la plataforma

$$\alpha_2 = \text{arctg} \left(\frac{2,5 \text{ mm}}{3300 \text{ mm}} \right)$$

$$\alpha_2 = 0,05729576^\circ$$

$\alpha < \alpha_2 < 1^\circ$ por lo tanto:

Las condiciones de rigidez se cumplen para la plataforma de volcamiento.

Análisis de Posición del Actuador

ACTUADOR RR20048

Fuerza del pistón pivotante en función de la altura vertical

Para levantar la plataforma con el autobús, se requiere de una fuerza total de 365000 N.

La longitud del actuador retraído es 1.527 m (ANEXO 4) con la articulación en el punto medio de la plataforma.



L_y varía desde 0 a 2 metros y es la altura del actuador.

$L_{pistón} = 1,527$ m longitud del actuador.

$F_y = 109$ KN Fuerza calculada para un solo actuador en la dirección vertical.

$$FT(L_y) = \frac{L_{pistón} \cdot F_y}{L_y} \qquad \text{Ecuación 3.8.}$$

Ecuación de Fuerza total ejercida por el actuador.

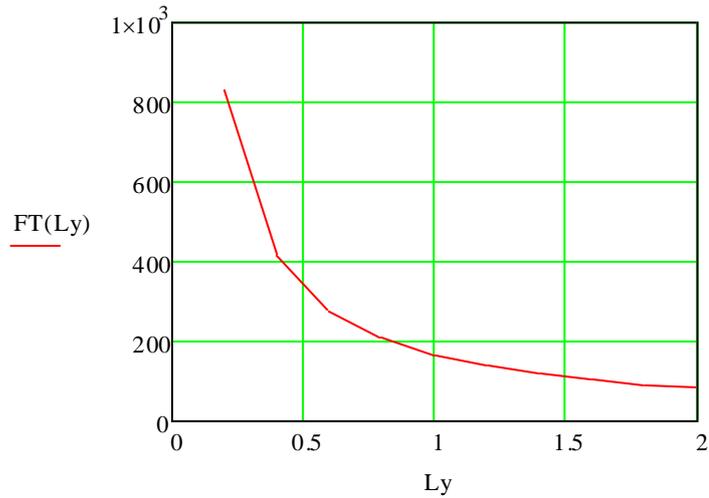


Figura 3.16. – Diagrama Fuerza vs. Altura del pistón

Se utilizará $Ly = 0,5 \text{ m}$.

$$FT(0,5) = 332.886 \text{ KN}$$

$$FTf = 365 \text{ KN}$$

Fuerza total final.

$$\alpha = \arcsen\left(\frac{Ly}{L_{\text{pistón}}}\right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$\alpha = 19.113 \text{ grados} \quad \text{Ángulo de inclinación inicial de actuador}$$

Conocido el ángulo de de posición inicial de cilindro, se debe calcular la presión necesaria por cilindro para levantar la plataforma de volcamiento.

$$\text{Areacil} := 0.0285225 \text{ m}^2$$

$$\text{Presión}_p = \frac{FTf}{3 \cdot \text{Areacil}}$$

Ecuación 3.9.

$$\text{Presión}_p = 4,266 \times 10^3 \text{ KPa}$$

$$\text{Presión}_p = 42,66 \text{ Bar}$$

Presión necesaria para cada cilindro, la máxima presión que cada pistón puede soportar por diseño, es de 6950 psi, o 479,1 bar (anexo 4).

Presión de la bomba:

$$\text{presionb} := 3 \cdot \text{Presionp}$$

$$\text{presiónb} = 127,98 \text{ Bar}$$

Se requiere de una bomba capaz de impartir 127,98 Bar.

Con los datos anteriores se hace un boceto para saber las posiciones de los ejes de rotación tanto de la plataforma de volcamiento como de los actuadores.

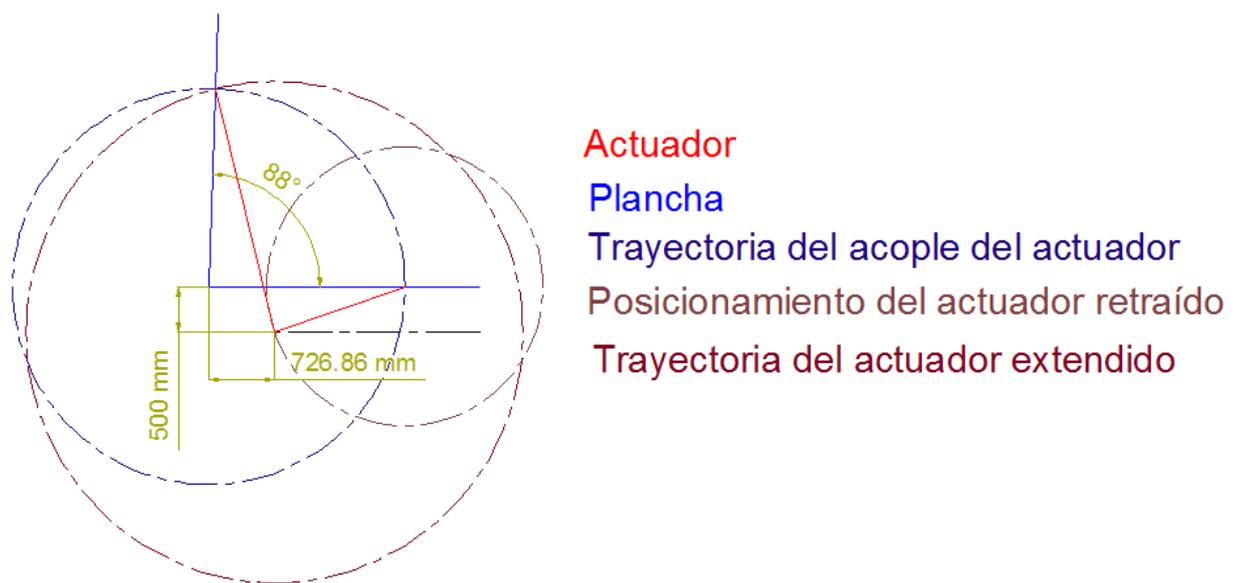


Figura 3.17. – Ubicación del eje de rotación del actuador, respecto del eje de rotación de la plataforma.

Intersecando las trayectorias del acople del actuador con la del actuador extendido, se encuentra el ángulo máximo al que la plataforma puede elevarse. El ángulo de 88° alcanzado, garantiza el volcamiento de cualquier tipo de carrocería.

Se simula con los datos obtenidos y se obtiene los siguientes resultados:

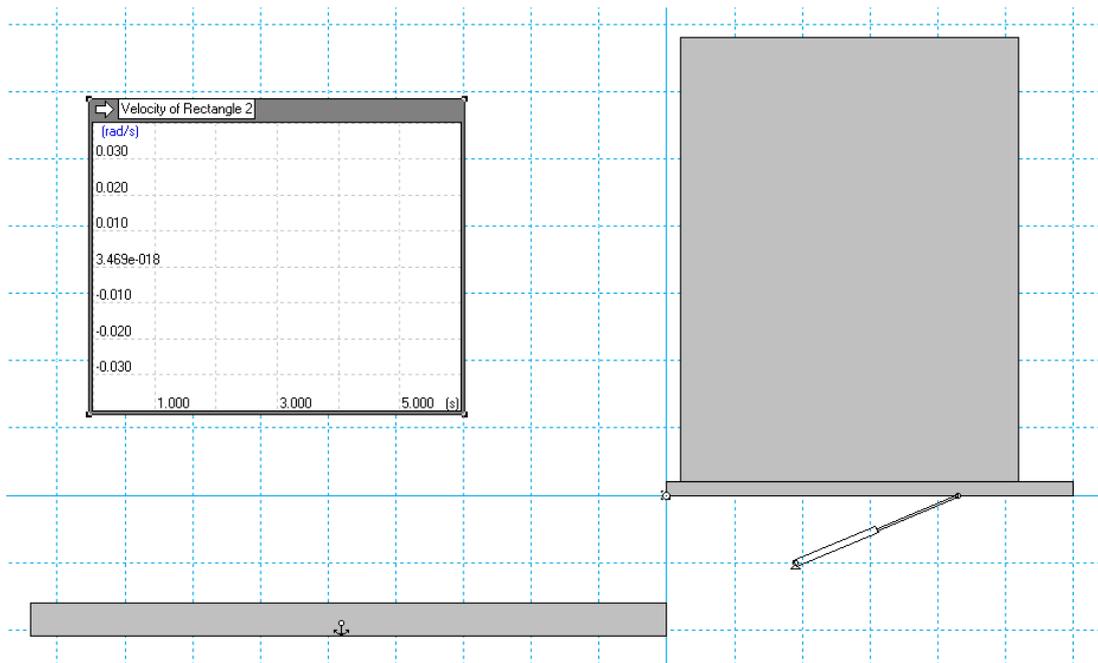


Figura 3.18. – Simulación del mecanismo actuador-plataforma en reposo.

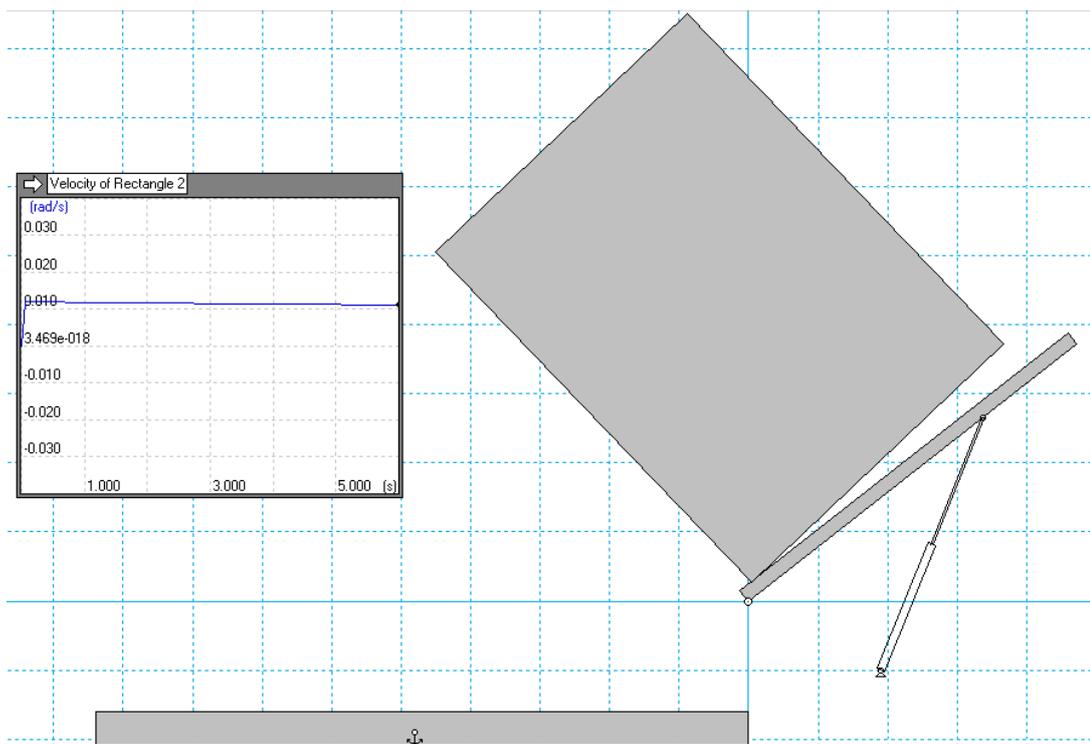


Figura 3.19. – Simulación del mecanismo actuador-plataforma al inicio del volcamiento

Con una masa combinada entre plataforma y carrocería de 29000 kg. y una fuerza de 895 KN en los actuadores, se obtiene una velocidad angular de la plataforma de 0,013 rad/seg, velocidad inferior a la máxima establecida por la Regulación 66 de Naciones Unidas.

Cálculo del pasador de un pivote de actuador

Con el ángulo de posición del actuador y la fuerza total necesaria para levantar la masa de la plataforma cargada. Se calcula el diseño de los pasadores.

Material Acero ASTM A-36

$$diamp = 200 \text{ mm}$$

$$areap := \pi \cdot \frac{diamp^2}{4}$$

$$areap = 31500 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{pasa} := \frac{3}{2} \cdot \frac{FT(0.5)}{3} \cdot \frac{1}{areap}$$

Ecuación 3.10.

$$\tau_{pasa} = 0,00579105 \text{ GPa}$$

Esfuerzo cortante para todos los pasadores, tanto de los pines de la plancha como los del actuador.

$$\tau_{pasa} := 57 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad:

$$Facseg := \frac{Fy}{\tau_{pasa}}$$

Ecuación 3.11.

$$Facseg = 4.211$$

Diagrama de componentes de circuito hidráulico

- Cilindros de doble efecto
- Válvulas de 4-2 vías
- Manómetros
- Válvula estranguladora (reguladora de caudal)
- Grupo motriz (motor, bomba, válvula de alivio de presión)

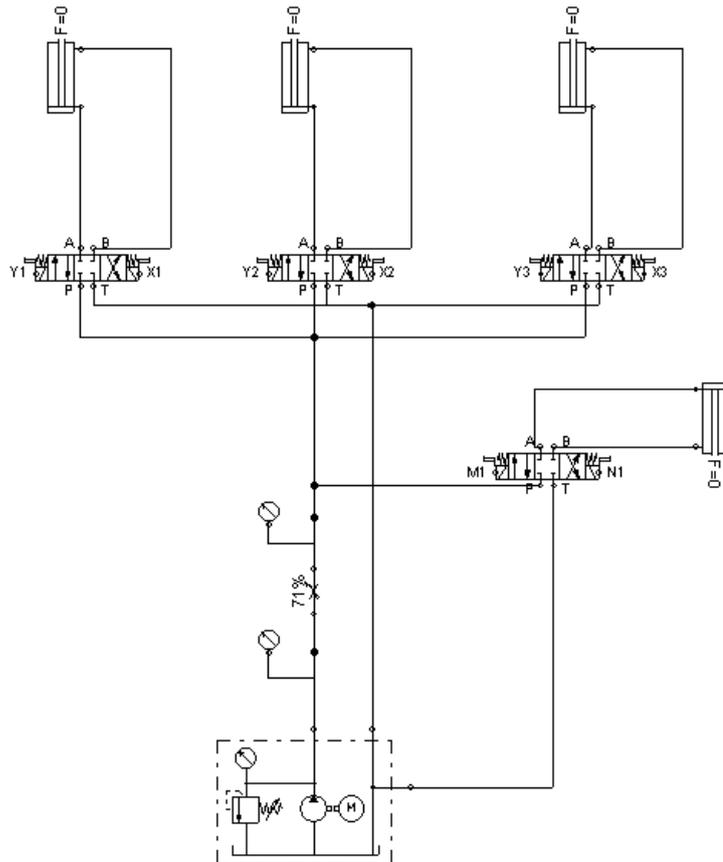


Figura 3.20. - Diagrama de componentes de circuito hidráulico.

Esquema del funcionamiento de circuito

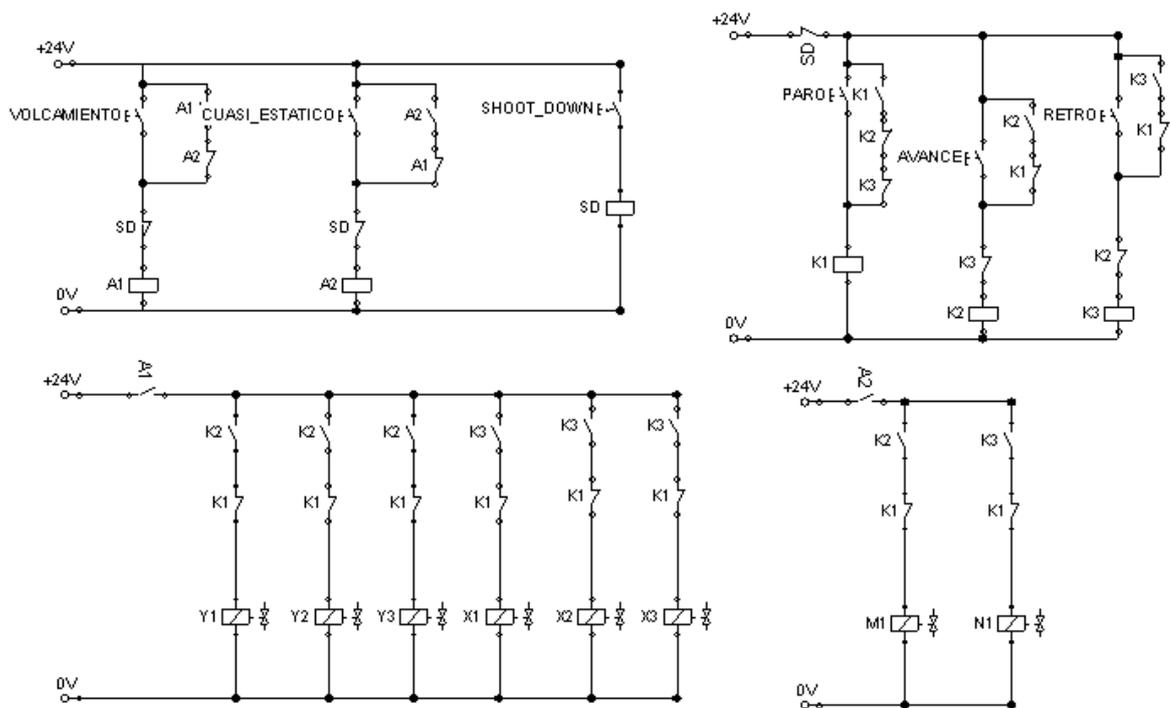
El siguiente circuito está diseñado para que tenga un proceso de AVANCE, RETROCESO y PARADA, además de un dispositivo de parada de emergencia y corte de energía del circuito o SHOOT DOWN.

Los pulsadores tienen un circuito de enclavamiento, lo que quiere decir que si se presiona cualquiera de los tres pulsadores de los que se dispone, estos quedaran activos y ejecutaran la acción hasta que el operador detenga el proceso manualmente, el único proceso que posee interruptor es el de SHOOT DOWN.

El pulsador de AVANCE permite que los actuadores se llenen del líquido y por consecuente eleven la plataforma de volcamiento.

El pulsador de RETRO permite el vaciado del liquido en los actuadores y consecuentemente el descenso de la plataforma de volcamiento. Cabe recalcar que por el diseño del circuito, mientras el pulsador de RETRO este energizado, el pulsador de AVANCE no podrá energizarse, ni al pulsarlo este podrá detener la acción de RETRO y viceversa si el caso que se presentase fuese el de AVANCE.

El único pulsador que paraliza cualquier operación es el pulsador de PARO, para el cambio de operación de AVANCE a RETROCESO o viceversa siempre se debe pulsar primero PARO, para proseguir con el proceso que se desee.



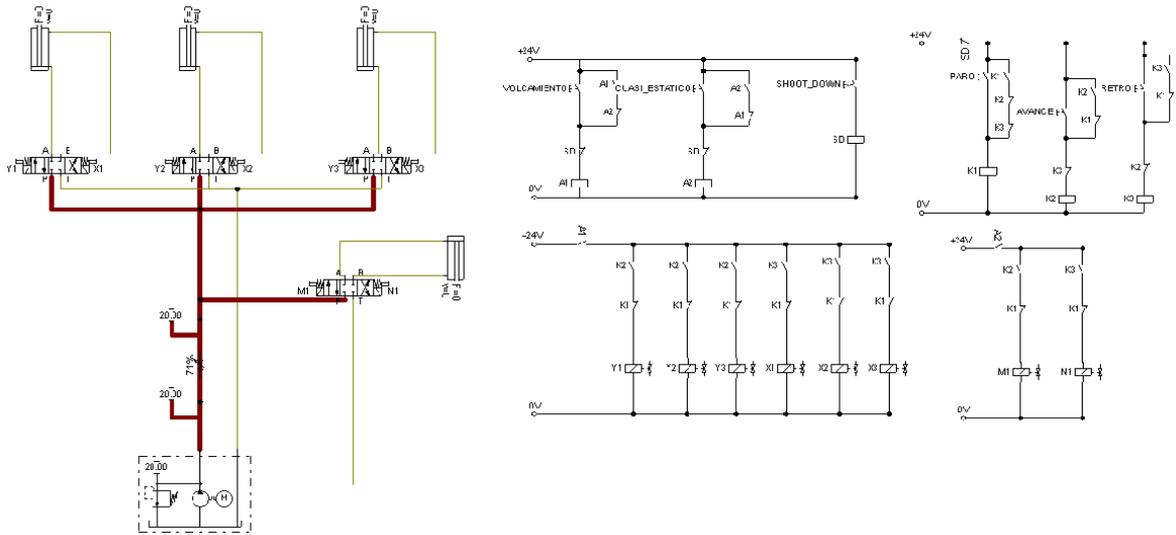
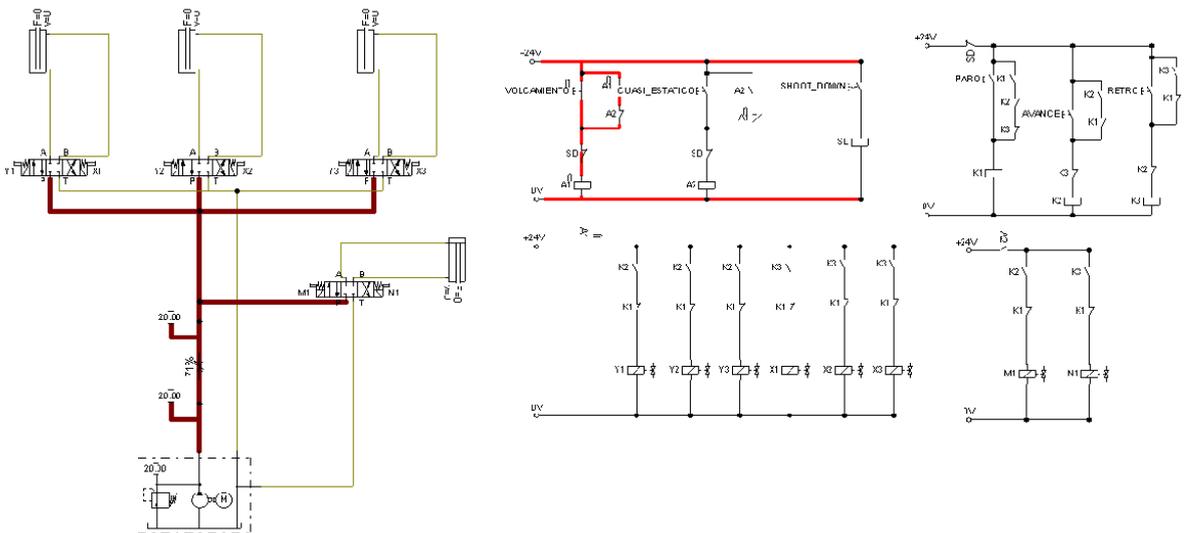


Figura 3.21. - Circuito inicial, grupo motriz encendido.

Circuito para ensayo de volcamiento



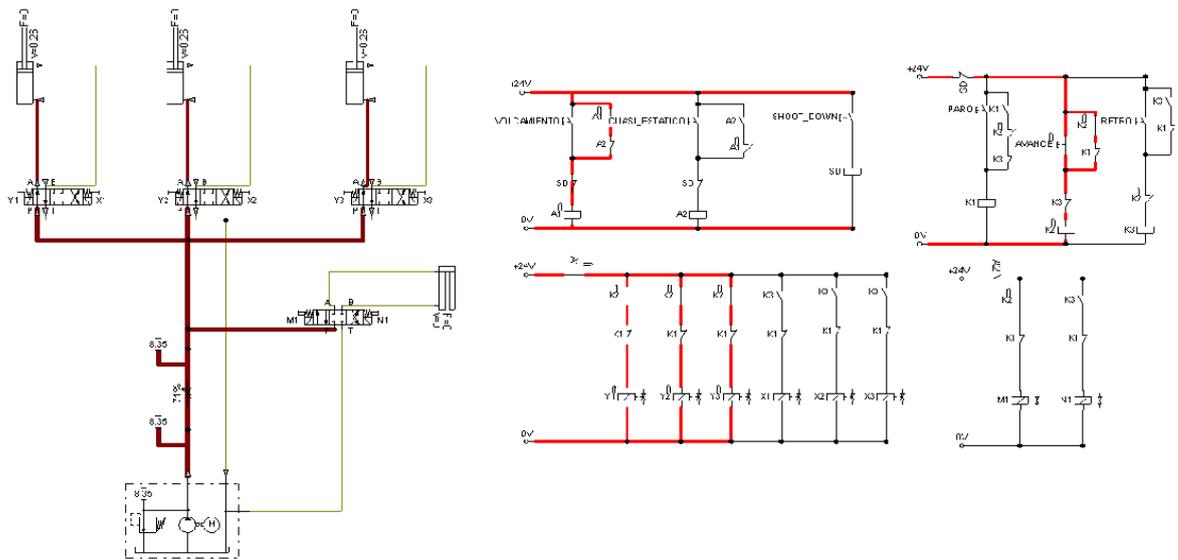


Figura 3.22. - Circuito activado AVANCE.

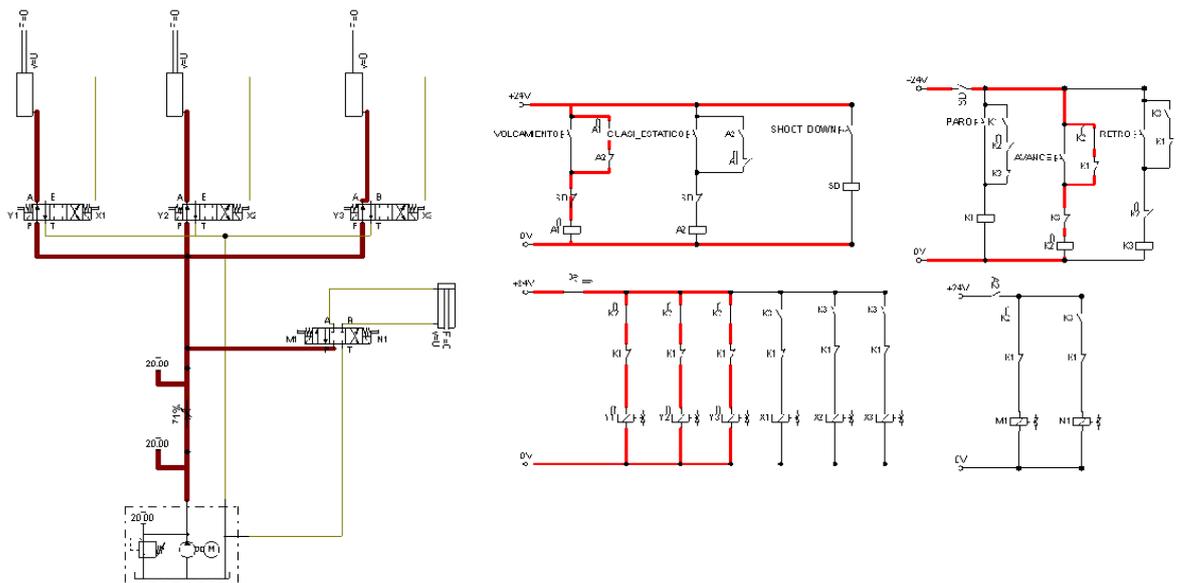
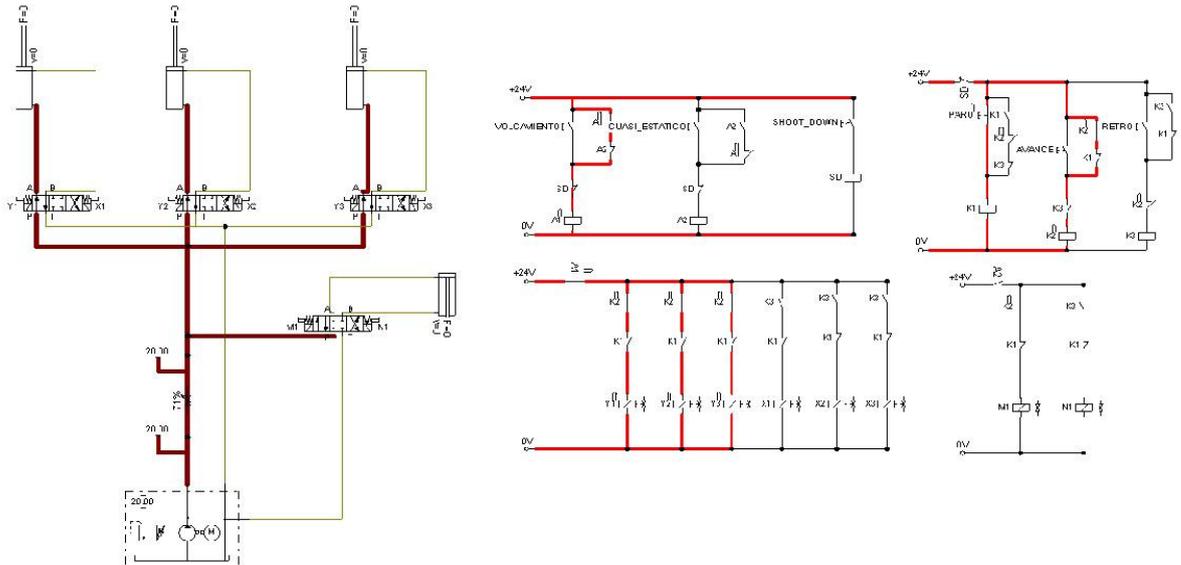


Figura 3.23. - Circuito al finalizar el AVANCE.



Una vez terminado el AVANCE se pulsará el botón de PARO para proseguir con el retroceso.

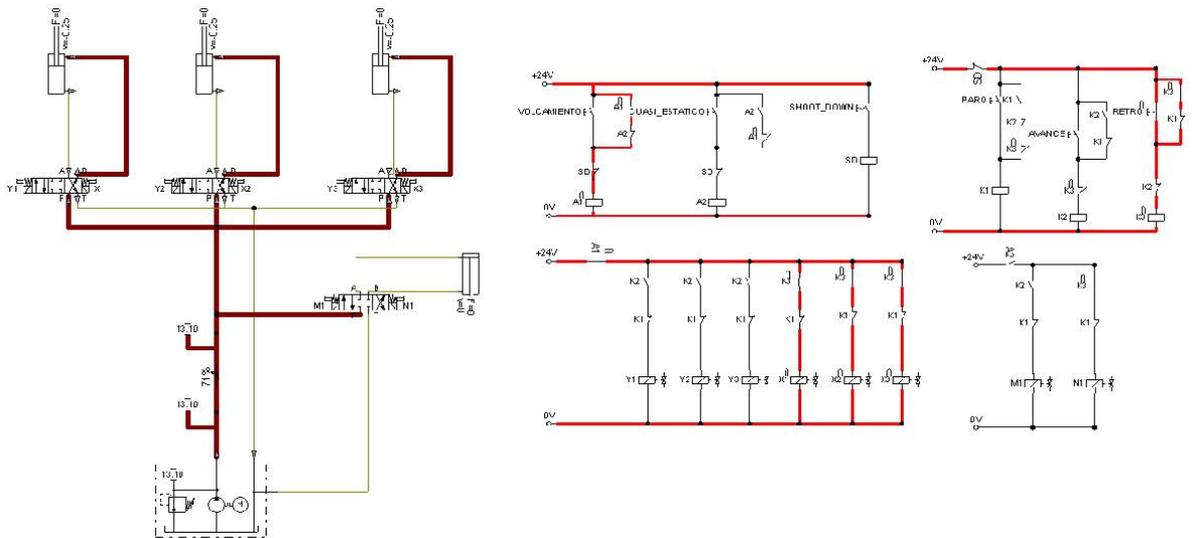
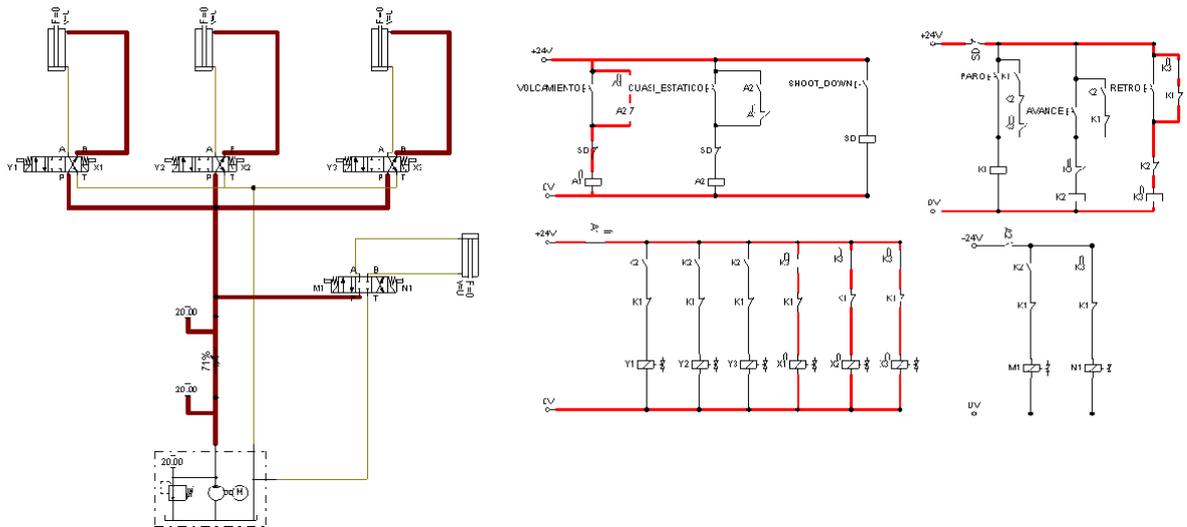
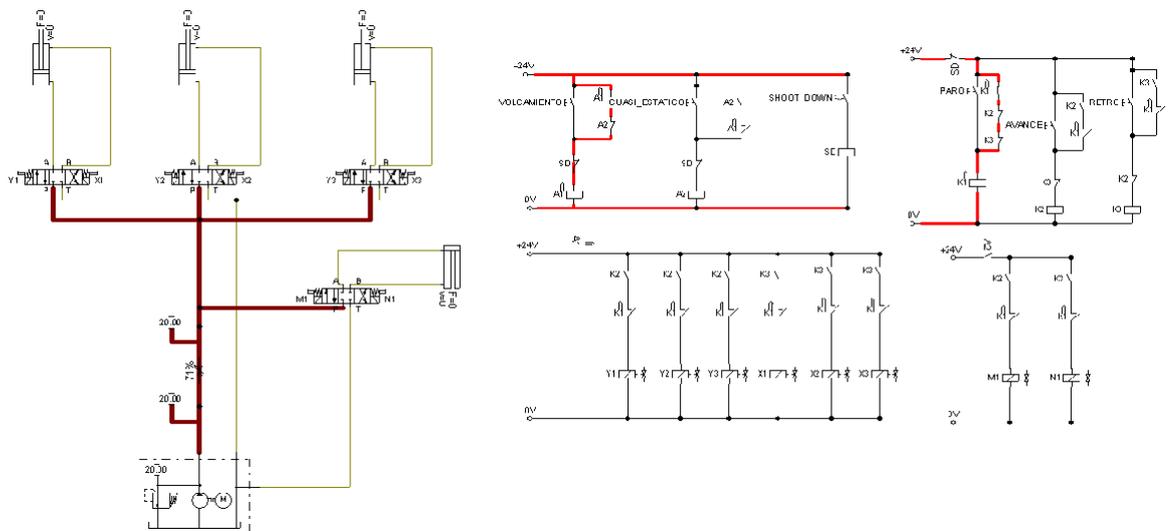


Figura 3.24. - Circuito activado RETRO.



Una vez terminado el RETRO se pulsará el botón de PARO para culminar la operación.



El interruptor de PARO puede ser activado en cualquier punto de la operación, deteniendo esta al instante.

Circuito para ensayo de cargas cuasi-estáticas

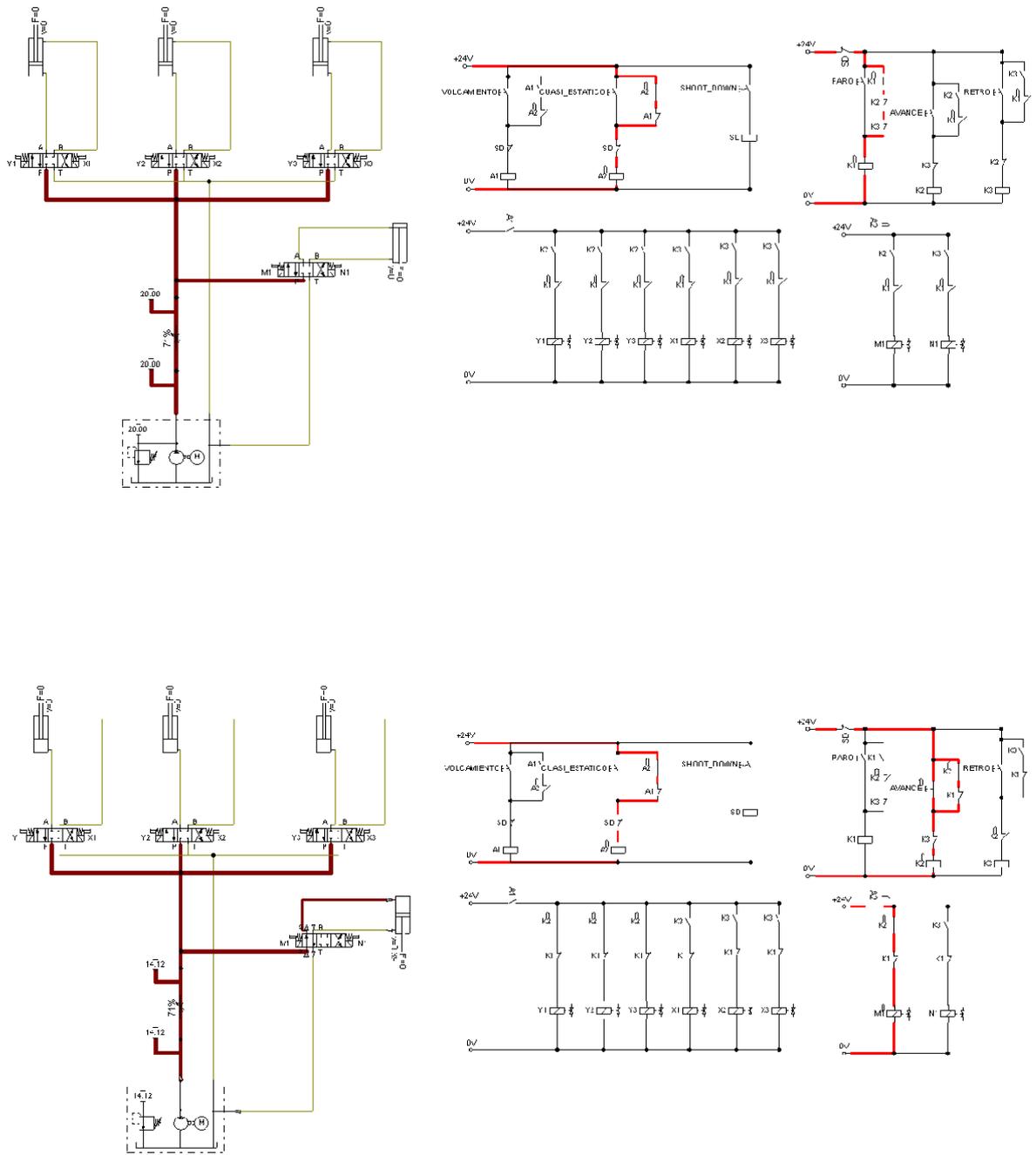


Figura 3.25. - Circuito activado AVANCE.

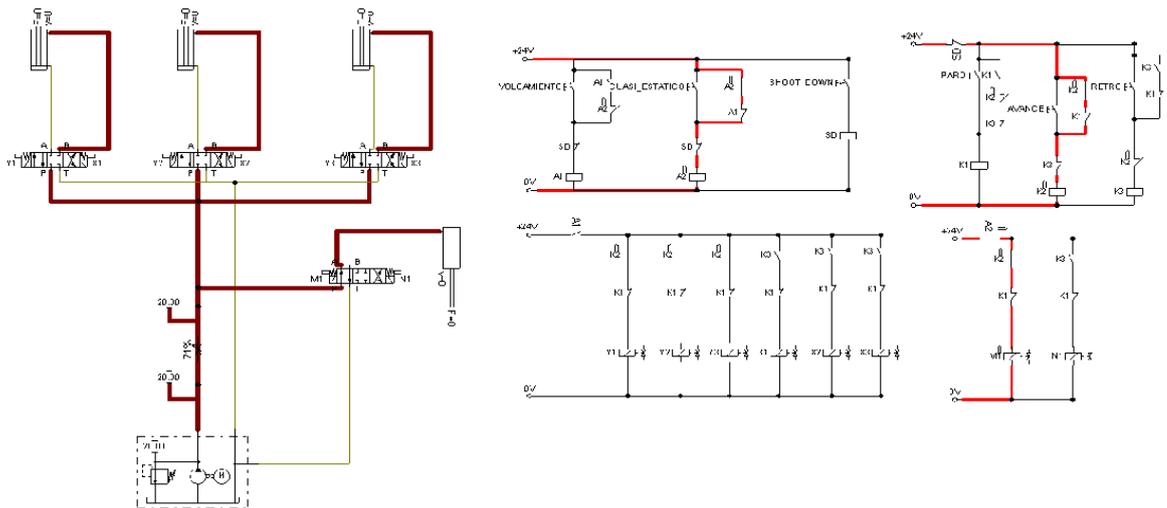


Figura 3.26. - Circuito al finalizar el AVANCE.

El funcionamiento del interruptor de SHOOT DOWN, funciona en cualquiera de las dos operaciones.

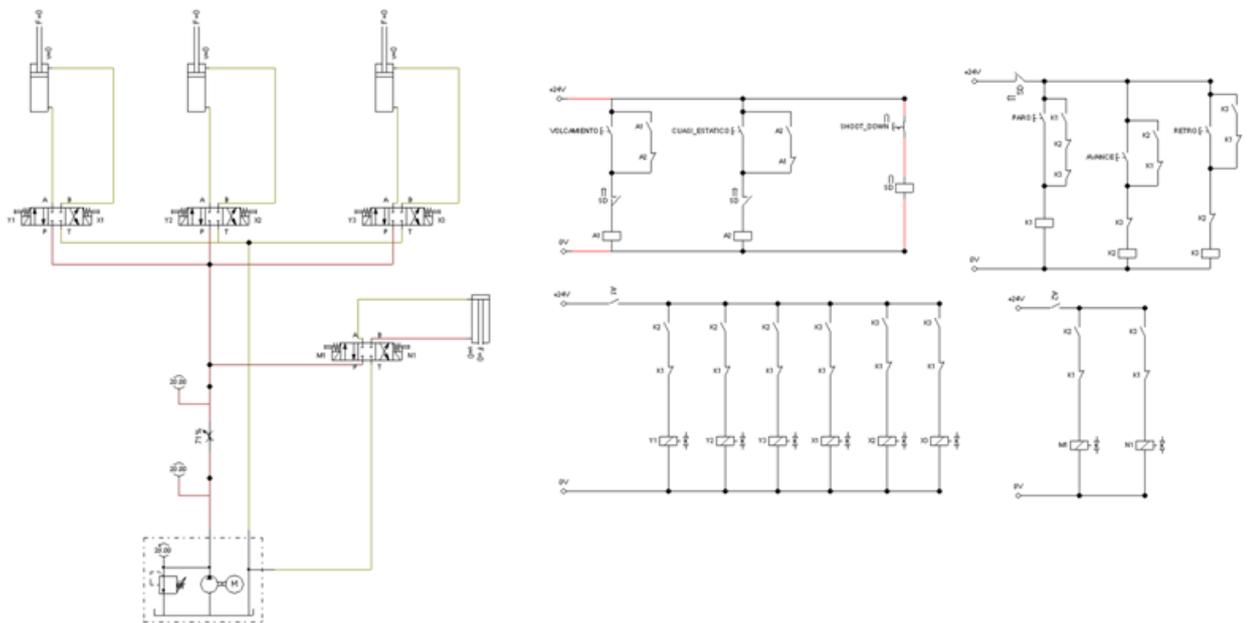


Figura 3.27. - Funcionamiento del interruptor Shoot Down.

3.2.2 PLANOS

Los planos de esta máquina se encuentran en el Anexo 5 de este documento.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE CARGAS CUASI-ESTÁTICAS. (ANEXO 7, NORMATIVA 66 ONU)

Método de aplicación de la carga:

La carga será distribuida uniformemente sobre el cantrail, a través de una viga rígida, la cual es más larga que este.

La dirección de la carga a aplicar será considerada desde el plano vertical central longitudinal del vehículo y su inclinación (α) será determinada de la siguiente manera:

$$\alpha = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{800}{H_c}\right)$$

Ecuación 3.12.

Donde:

H_c = la altura del cantrail (en plg o en mm) del vehículo medido desde el plano horizontal sobre el cual se encuentra, como se indica en la Figura 2.5 – Aplicación de la carga sobre la sección de carrocería.

La carga será aplicada a la viga en el centro de gravedad de la sección de carrocería derivada de las masas de sus bahías y los elementos estructurales que las unen. Usando los símbolos de la Figura 2.5, la posición de la sección de carrocería puede ser determinada por la siguiente fórmula:

$$l_{CG} = \frac{\sum_{i=1}^s m_i l_i}{\sum_{i=1}^s m_i}$$

Ecuación 3.13.

Donde:

s = el número de bahías en la sección de carrocería

m_i = la masa de la i^{th} bahía

l_i = la distancia del centro de gravedad de la i^{th} bahía del punto de pivote seleccionado (el plano central de la bahía 1 en la Figura 2.5).

l_{CG} = la distancia del centro de gravedad de la sección de carrocería hasta el mismo punto de pivote seleccionado.

La carga será aumentada gradualmente, tomando medidas de la deformación asociada en intervalos discretos hasta la deformación definitiva (d_u) donde el espacio de supervivencia es invadido por uno de los elementos de la sección de carrocería.

Diagramación de la curva carga-deformación:

- La frecuencia de medición deberá ser tal que produzca una curva continua (ver figura 3.28).
- Los valores de carga y deformación deberán ser medidos simultáneamente.
- La deformación del cantrail cargado será medida en el plano y dirección de la carga aplicada.
- Tanto carga como deformación serán medidas con una tolerancia de ± 1 por ciento.

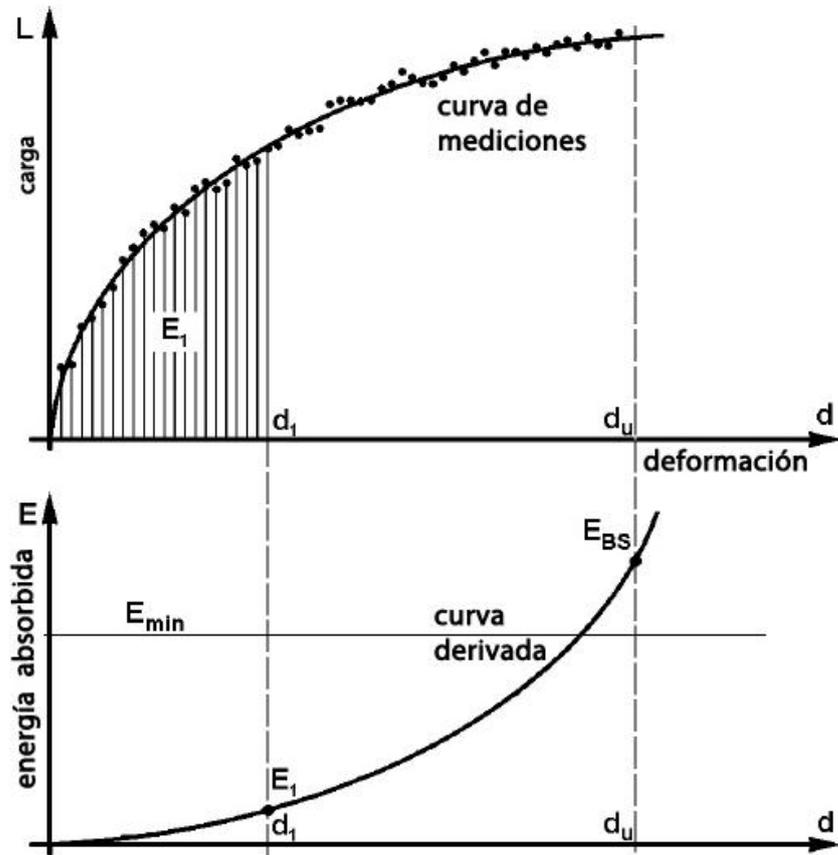


Figura 3.28. – Energía absorbida por la sección de carrocería (E_{BS}), derivada de la curva carga-deformación.

La mínima cantidad de energía a ser absorbida por la sección de carrocería (E_{min}) será determinada distribuyendo la energía total “ E_T ”, previamente indicada por el fabricante, entre las bahías de la superestructura proporcionalmente respecto a sus masas de la siguiente forma:

$$E_i = E_T \frac{m_i}{M}$$

Ecuación 3.14.

Donde:

E_i = la energía absorbida por la i^{th} bahía

m_i = masa de la i^{th} bahía

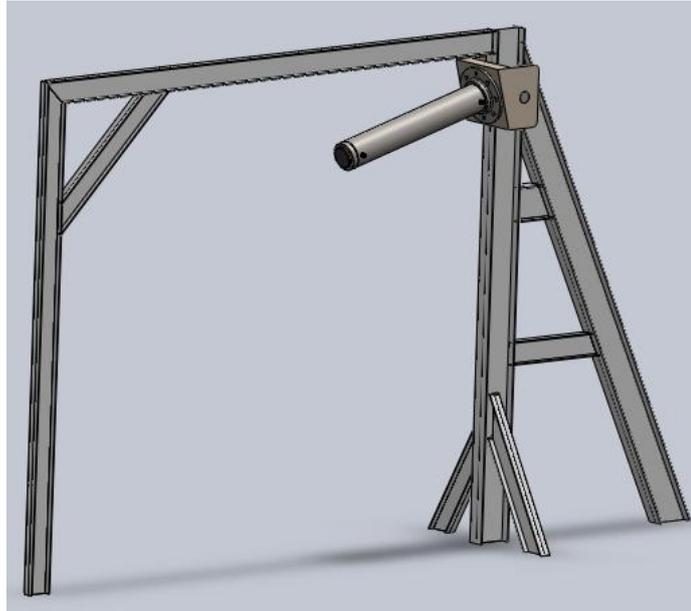


Figura 3.29. – Conjunto de la máquina para Ensayos Cuasi-Estáticos.

Componentes de la máquina:

Columna Principal (1)

Perfil Tipo IPE 300 (Anexo 6)

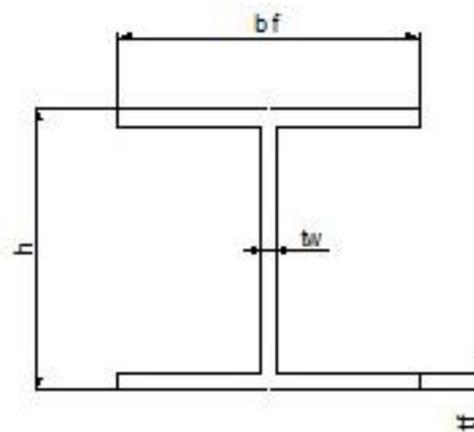
Acero ASTM – A36

$h = 300 \text{ mm.}$

$b_f = 150 \text{ mm.}$

$t_f = 10,7 \text{ mm.}$

$t_w = 7,1 \text{ mm.}$



Esta estructura será la que soporte la carga principal de la máquina de cargas cuasi-estáticas.

Para el acople del soporte que contendrá el pistón, se realiza una perforación de 100mm, que se encuentra situada a 3915 mm.

Pórtico

Perfil Tipo IPE 200 (Anexo 6)

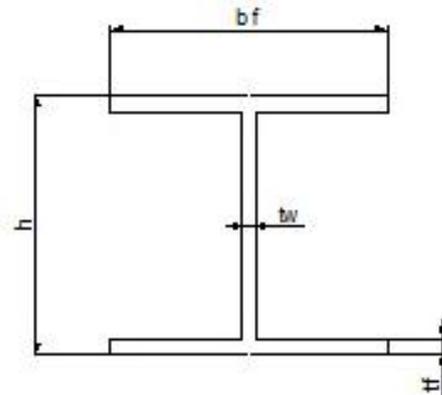
Acero ASTM – A36

$h = 200$ mm.

$b_f = 100$ mm.

$t_f = 8,5$ mm.

$t_w = 5,6$ mm.



Esta estructura será la que va a reforzar a la columna principal y se ha disminuido su área pensando en la optimización de material.

Para realizar el ensayo de cargas cuasi-estáticas la Regulación 66 de Naciones Unidas indica que el ángulo de aplicación de la carga, se encuentra en función de la altura del bus, ecuación 2.5, a continuación se indican en la tabla algunos valores para este ángulo.

Tabla 3.1.- Altura vs. Ángulo de acción de la fuerza.

| Altura (mm) | Ángulo (°) |
|-------------|------------|
| 3000 | 74.5339 |
| 3100 | 75.0448 |
| 3200 | 75.5225 |
| 3300 | 75.9703 |
| 3400 | 76.3910 |
| 3500 | 76.7870 |

Tabla 3.1.- Altura vs. Ángulo de acción de la fuerza.
(continuación)

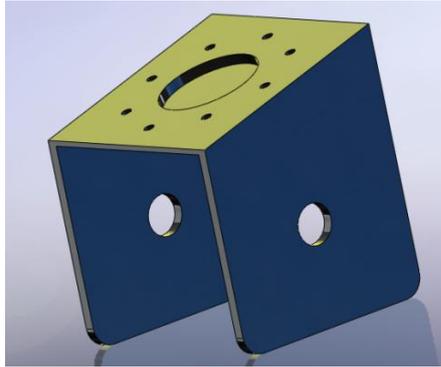
| | |
|------|---------|
| 3600 | 77.1604 |
| 3700 | 77.5131 |
| 3800 | 77.8468 |
| 3900 | 78.1629 |
| 4000 | 78.4630 |

Por facilidad de diseño y en base a que la mayoría de buses tanto del sector urbano como interprovincial se encuentran en una media de 3200 mm. de altura según la RTE 038, el soporte base y la aplicación de cargas cuasi-estáticas se realizará a 75°, como lo muestra la Figura 2.5, esto no afecta de manera significativa al cálculo de las deflexiones, y su variación puede oscilar de 1mm a 10mm.

Soporte Base

Acero ASTM – A36

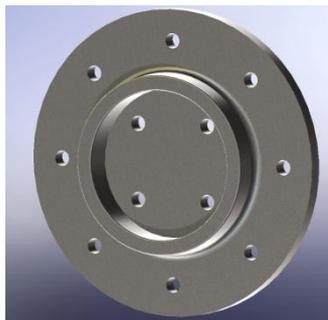
Se fabricará según las especificaciones y planos dados el anexo 5, a esta base se acoplará la brida de soporte para sujeción del pistón, por medio de 8 pernos de 1 pulgada, además este soporte deberá tener la inclinación adecuada de tal manera que su cara posterior se encuentre en contacto con el patín de la columna.



Brida de soporte

Acero ASTM – A36

Se fabricará según las especificaciones y planos dados en el anexo 5, a esta brida se le sujetará el pistón por medio de 4 pernos de 1 pulgada ASTM A325 tipo 1, estos se encontrarán sujetos a una placa que será adaptada al cilindro del pistón.



Pernos de sujeción

ASTM A325 tipo 1

| Designación ASTM | Rango del diámetro [inch] | Carga de prueba [kpsi] | Esfuerzo de ruptura [kpsi] | Material | Marcado de la cabeza |
|------------------|---|------------------------|----------------------------|--|---|
| A325 tipo 1 | $\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$ | 85 74 | 120 105 | Acero al carbono, Templado y Revenido |  |

Análisis del Pórtico Para Cargas Cuasi-Estáticas

Análisis de los Desplazamientos

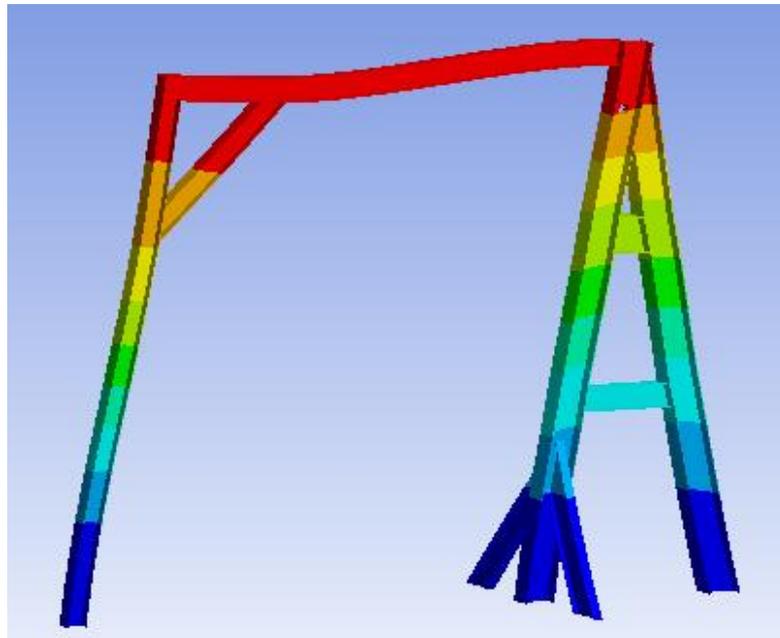


Figura 3.30. – Análisis de Deformación Pórtico para Cuasi-Estáticas.

| Rango de Colores | |
|---|---------------------|
| Color | Desplazamiento (mm) |
|  | 8,9306 |
|  | 7,9383 |
|  | 6,946 |
|  | 5,9538 |
|  | 4,9615 |
|  | 3,9692 |
|  | 2,9769 |
|  | 1,9846 |
|  | 0,99229 |
|  | 0 |

La deformación máxima es aceptable, ya que el desplazamiento en el punto de soporte del pasador es menor a 1 cm.

Análisis de Esfuerzos

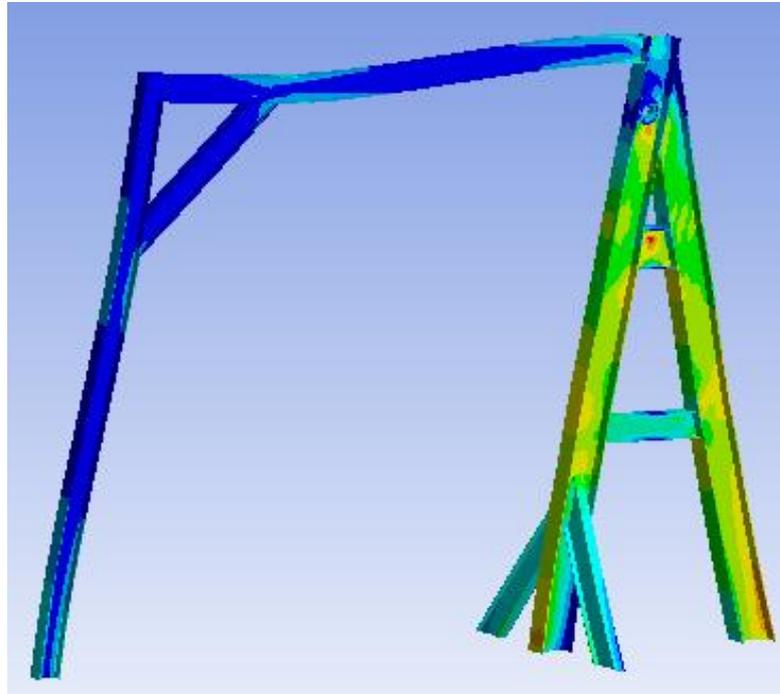


Figura 3.31. – Análisis de Esfuerzos Pórtico para Cuasi-Estáticas.

| Rango de Colores | |
|---|-----------------|
| Color | Esfuerzos (MPa) |
|  | 178,3 |
|  | 158,52 |
|  | 138,73 |
|  | 118,95 |
|  | 99,165 |
|  | 79,38 |
|  | 59,596 |
|  | 39,811 |
|  | 20,027 |
|  | 0,24237 |

El esfuerzo máximo es aceptable, ya que se encuentra por debajo del límite de fluencia del acero que es de 240 MPa.

3.4.2 PLANOS

Los planos de esta máquina se encuentran en el Anexo 5 de este documento.

3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE SIMULACIÓN POR MEDIO DE COMPUTADOR

Para los procesos de simulación por computadora se utilizará un programa de análisis numérico que genere y resuelva modelos matemáticos a partir de la geometría hecha en un programa CAD.

3.6 GENERACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL EQUIVALENTE DE LAS CARROCERÍAS EN EL COMPUTADOR

El modelo presentado a continuación está basado en una superestructura real tipo HINO FG. Se le han realizado cambios estructurales con motivos de refuerzo y simplificación del modelado tridimensional debido a que los ensayos en los programas de análisis numérico requieren de un espacio considerable de memoria disponible en los ordenadores.

Primeramente se hará una estructura unifilar en formato CAD con las medidas de la carrocería que se va a modelar.

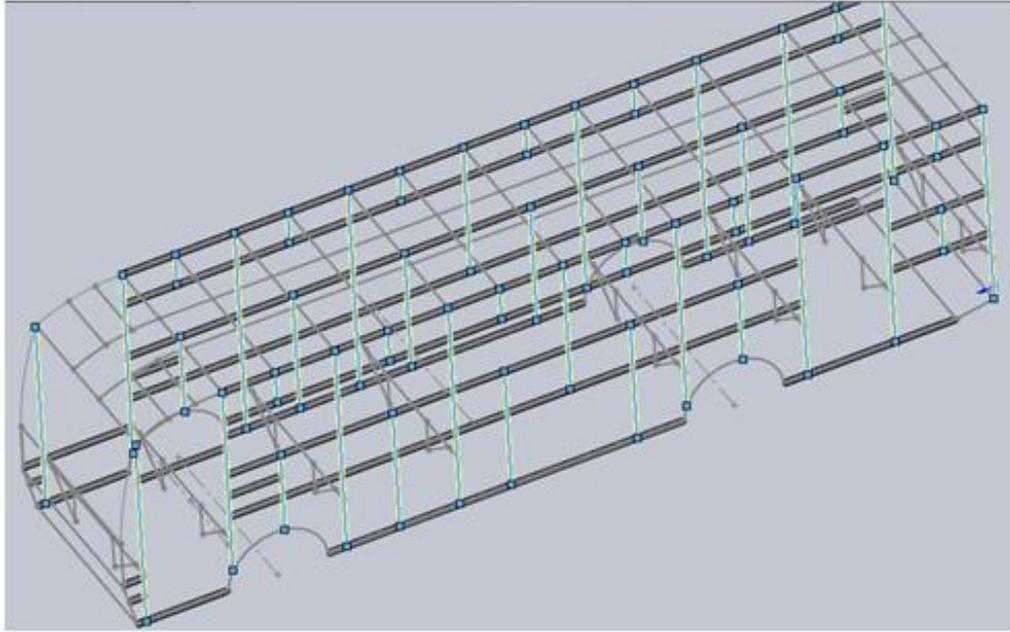


Figura 3.34. – Composición de los perfiles de la superestructura

Al finalizar esta operación el resultado es el modelo tridimensional en la computadora.

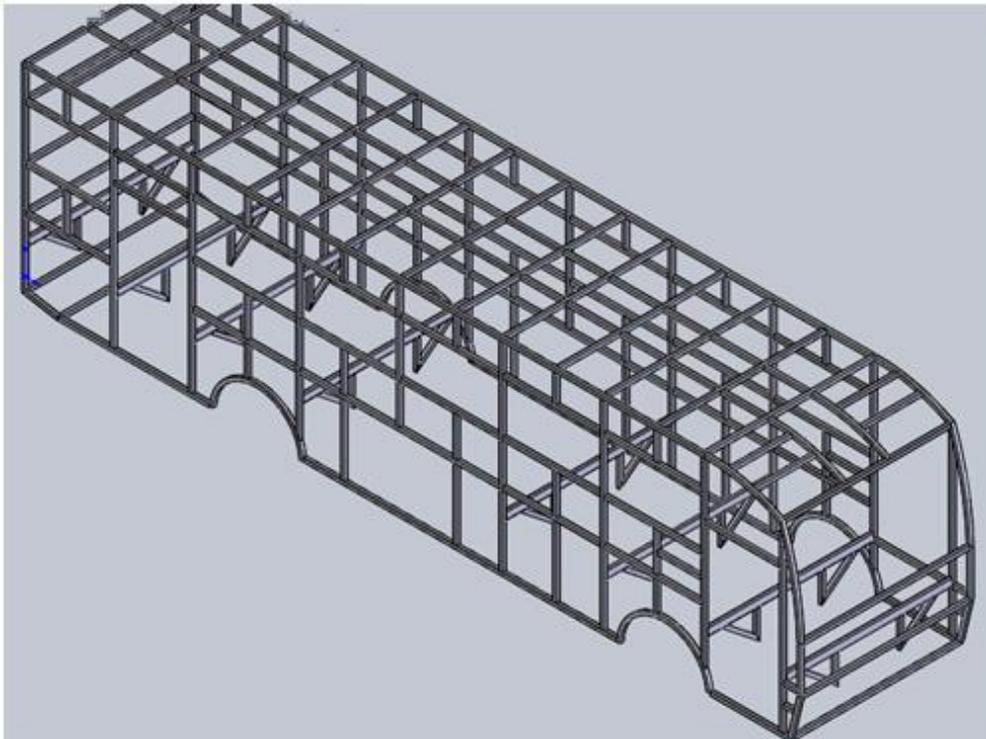


Figura 3.35. – Isometría de la Carrocería terminada

Para lograr el chasis se utilizará un procedimiento parecido para obtener la piezas necesarias, las que luego serán ensambladas posteriormente.

La geometría del chasis ha sido modificada de la misma forma por efectos de cálculo.

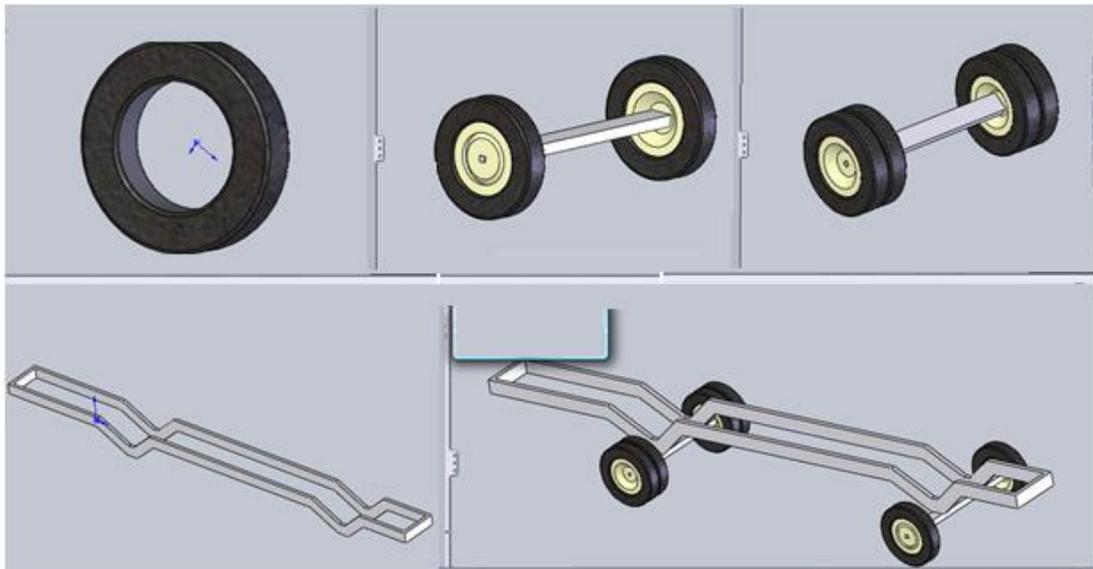


Figura 3.36 – Pasos para el ensamblaje del chasis

Finalmente se procederá a realizar el ensamble entre la carrocería y el chasis.

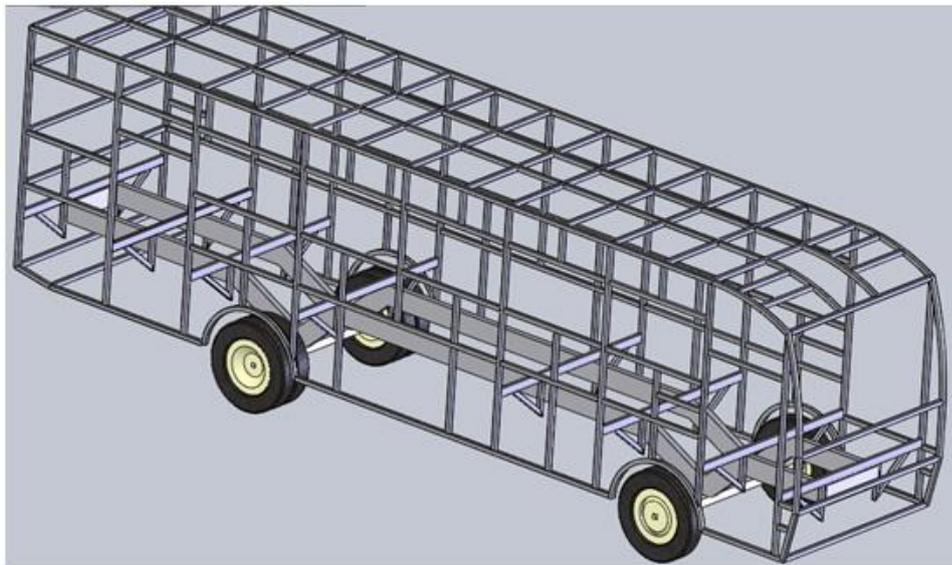


Figura 3.37. – Superestructura Terminada

3.6.1 ANÁLISIS Y RESULTADOS

De acuerdo con la NTE INEN 1323 la superestructura al menos deberá soportar un tipo de combinación de carga según la norma LRFD o ASD.

Cálculo de las Fuerzas que Intervienen en la Combinación de Cargas.

Cargas Vivas (V)

$$V = \text{Número de Pasajeros} \times 70 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \quad \text{Ecuación 3.16.}$$

$$V = 58 \times 70 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$V = 39828,6 \text{ N}$$

Carga Muerta (M)

$$M = \text{Peso del Bus} \quad \text{Ecuación 3.17.}$$

$$M = 181485 \text{ N}$$

Carga de Giro (G)

$$G = \text{masa del bus} \times \frac{\text{velocidad del bus en la curva}^2}{\text{radio de curvatura}} \quad \text{Ecuación 3.18.}$$

$$G = 18500 \text{ Kg} \times \frac{\left(90 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}\right)^2}{350 \text{ m}}$$

$$G = 33035,71429 \text{ N}$$

Carga de Frenado (F)

$$F = \text{masa del bus} \times \text{desaceleración} \quad \text{Ecuación 3.19.}$$

$$F = 18500 \text{ Kg} \times 4 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 74000 \text{ N}$$

Carga de Aceleración Brusca (Ab)

$$Ab = -F$$

Ecuación 3.20.

$$Ab = -74000 \text{ N}$$

Carga por Resistencia del Aire frontal (Raf)

$$Raf = \frac{1}{2} \text{ densidad del aire} \times \text{velocidad del aire} \times \text{área de la proyección del bus} \\ \times \text{coeficiente de resistencia al aire frontal}$$

Ecuación 3.21.

$$Raf = \frac{1}{2} \times 1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 7,2 \text{m}^2 \times 0,7$$

$$Raf = 63 \text{ N}$$

Combinaciones de Carga

Reemplazando en las ecuaciones, la carga crítica está dada por la combinación por LRFD $1,2M + 1,6F + 0,8 Raf$ con un valor de 336232,4 N.

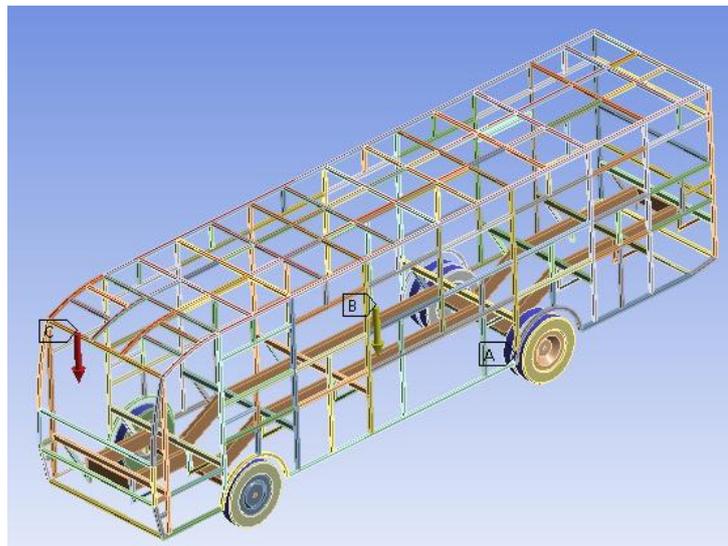


Figura 3.38. – Superestructura Cargada.

Esta fuerza es aplicada a toda la superficie del techo.

Análisis de Deformaciones

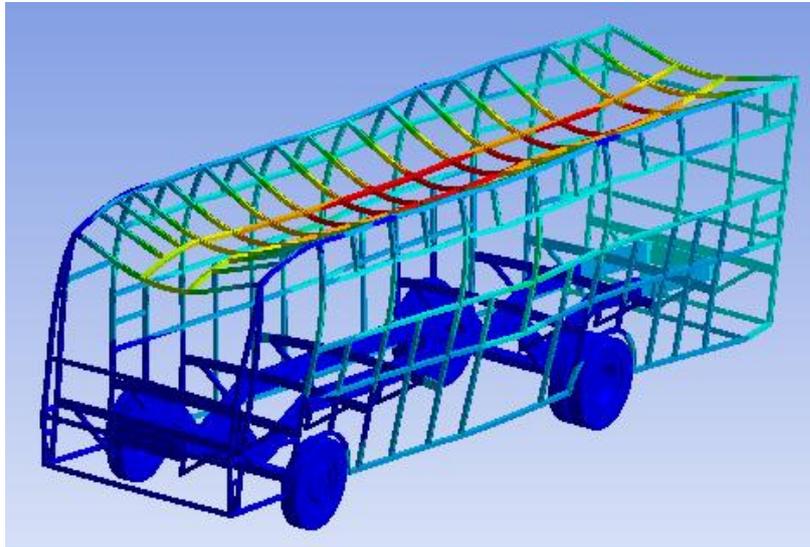


Figura 3.39. – Deformación de la superestructura bajo la Combinación de Cargas.

Resultados de los desplazamientos:

| Rango de Colores | |
|---|---------------------|
| Color | Desplazamiento (mm) |
|  | 87,082 |
|  | 77,406 |
|  | 67,73 |
|  | 58,054 |
|  | 48,379 |
|  | 38,703 |
|  | 29,027 |
|  | 19,351 |
|  | 9,6757 |
|  | 0 |

El análisis estructural indica que la deformación máxima es de 87 mm lo cual supera la deformación aceptable de 1/240 veces la longitud del bus. Por lo que esta carrocería no sería susceptible de ser analizada con ninguno de los métodos indicados en el párrafo 4 del reglamento 66.

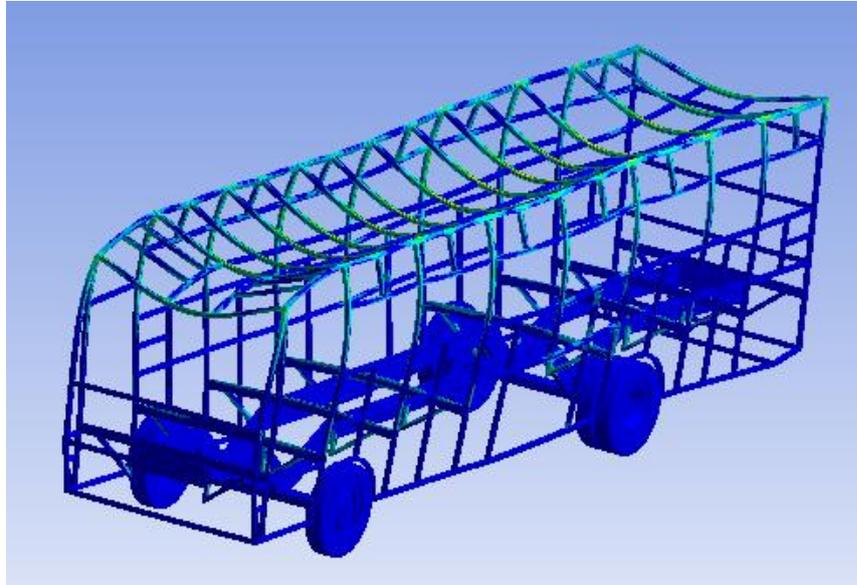


Figura 3.40. –Esfuerzos en la superestructura bajo la Combinación de Cargas.

Resultados de los esfuerzos:

| Rango de Colores | |
|---|-----------------|
| Color | Esfuerzos (MPa) |
|  | 954,79 |
|  | 848,7 |
|  | 742,72 |
|  | 636,53 |
|  | 530,44 |
|  | 424,36 |
|  | 318,27 |
|  | 212,18 |
|  | 106,09 |
|  | 0,0069975 |

Mediante el análisis de Esfuerzos se hace más evidente la falla estructural de la carrocería dado que desde la zona de color cian los esfuerzos superan el límite de fluencia.

CAPITULO 4

DISEÑO DE LAS FACILIDADES PARA REALIZAR LOS ENSAYOS PARA DE VIDRIOS DE SEGURIDAD

En vista de la necesidad de maquinaria e instrumentos los cuales no se consiguen en el mercado, es primordial diseñar nuestro propio instrumental en la medida que este sea factible y rentable económicamente, razón por la cual se pone a consideración los siguientes diseños para la facilitación de algunos ensayos.

4.1 DISEÑO DE SOPORTE DE ESFERAS Y DARDOS DE ACERO, PARA ENSAYOS DE IMPACTOS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD

4.1.1 MEMORIA DE CÁLCULO

En vista que la NTE INEN 1723 no condiciona las medidas de la esfera de acero, procedemos a calcular las dimensiones de la misma basándonos en la densidad del acero y el peso que es proporcionado por esta norma.

$$\rho_{\text{acero}} := 7.85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

pesoesfera1 := 227 g Peso de la esfera que será empleada para vidrios templados

pesoesfera2 := 2226 g Peso de la esfera que será empleada para vidrios laminados

Una vez que tenemos los datos de las esferas de acero, procedemos a calcular su radio para elaboración de la esfera.

$$\text{volumen1} := \frac{\text{pesoesfera1}}{\rho_{\text{acero}}} \quad \text{cm}^3$$

$$\text{volumen1} = 28.917$$

$$\text{radio1} := \sqrt[3]{\frac{3}{4 \cdot \pi} \cdot \text{volumen1}} \quad \text{cm}$$

$$\text{radio1} = 1.904$$

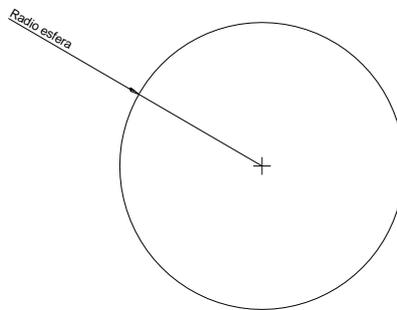
Cálculo de las dimensiones de la esfera de acero para impacto en vidrios del tipo templado.

$$\text{volumen2} := \frac{\text{pesoesfera2}}{\rho_{\text{acero}}}$$

$$\text{radio2} := \sqrt[3]{\frac{3}{4 \cdot \pi} \cdot \text{volumen2}} \quad \text{cm}$$

$$\text{radio2} = 4.076$$

Cálculo de las dimensiones de la esfera de acero para impacto en vidrios del tipo laminado.



Una vez obtenido el diámetro de las esferas para los ensayos de impacto y conocidas las medidas del dardo de impacto. Se procede a diseñar un modelo de soporte capaz de albergar a estos dos instrumentos de impacto.

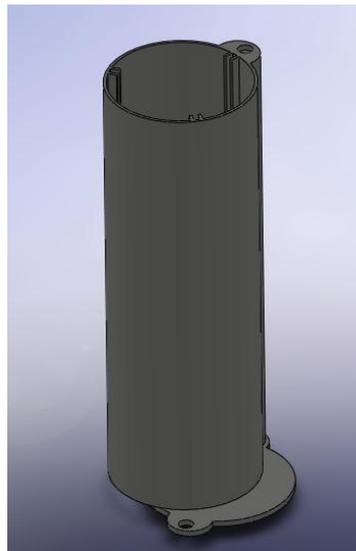


Figura 4.1. – Contenedor para ensayos de lanzamiento de esferas o dardos

El mecanismo para el funcionamiento consiste en acoplar el envase de soporte de las esferas y dardos a un cable de acero, el mismo que permita izar el envase hasta una altura de 9 metros.

Para permitir la caída libre de la esfera o el dardo, la tapa de la parte inferior será móvil alrededor del pasador, que cumplirá las funciones de eje, esta tapa o compuerta será accionada manualmente por el operador, el mismo que jalara una cuerda para mover la compuerta y permitir la caída libre.

4.1.2 Planos

Los planos se encuentran detallados en el anexo 5.

4.2 DISEÑO DE MÁQUINA DE ENSAYO DE IMPACTO DE CABEZA DE MANIQUÍ PARA VIDRIOS DE SEGURIDAD

4.2.1 Memoria de Cálculo



Figura 4.2. – Maniquí.

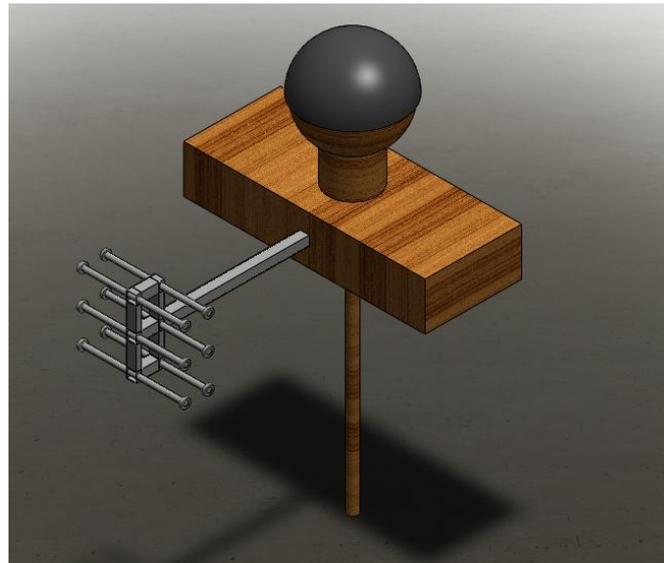


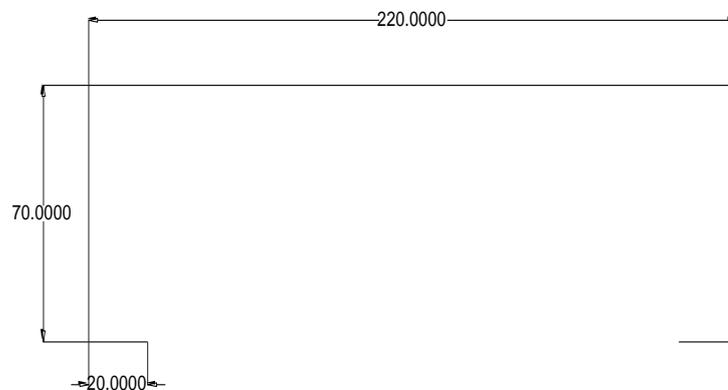
Figura 4.3 – Conjunto maniquí patín.

Cálculo de dimensiones de maniquí para impacto de cabeza en vidrios de seguridad

Diseño de patín:

Riel de deslizamiento:

Canal tipo C:



Las unidades se encuentran en milímetros:

espesor de canal: 1.60 mm

Altura del canal: 2 m

Diámetro de eje de patín: 10 mm.

Material: Acero A 36

Soporte de patín:

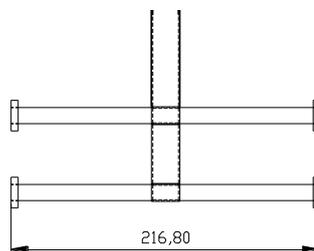
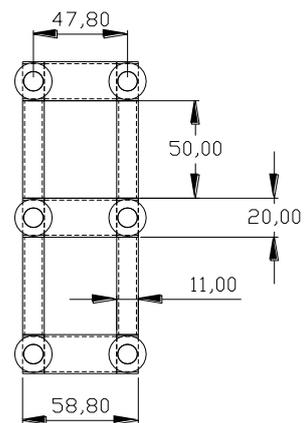
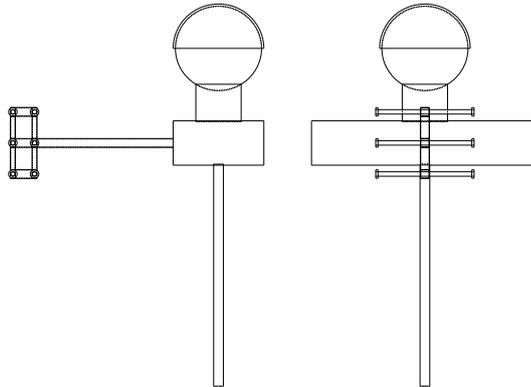
Material: Acero A 36

Tubo cuadrado de 20mm x 20 mm espesor 1mm

Tubo cuadrado de 20mm x 11 mm espesor 1mm

Masa de soporte de patín: 0.60 kg/m

Masa total: 0.98 kg
Ruedas de patín: rodamiento SKF 61800
Diámetro externo: 19 mm
Ancho de rodamiento: 5mm
Masa: 0.0055 Kg
Numero de rodamientos: 12
Masa total de rodamientos: 0.033 Kg



Para efectos de construcción se selecciona la madera de Laurel cuyas características son:

$$\rho = 69 \text{ kg/m}^2$$

Las medidas del maniquí son dadas por norma INEN, pero con excepción de las medidas de los hombros del maniquí, las mismas que calcularemos a continuación.

La masa de la madera de las medidas das por norma INEN 1724 es igual a 2,875 kg, tomando en cuenta al Laurel como madera de maniquí, el peso global que se necesita es de 10 Kg, por lo cual el peso de los hombros debe ser de 7,125 Kg.

$$\text{hombrosan} := \frac{7.125}{\rho \cdot 0.50.1}$$

$$\text{hombrosan} = 0.207$$

Con la ayuda de un programa de cálculo se obtiene los datos del maniquí:

Mass properties of patín maniquí (Assembly Configuration - Default)

Output coordinate System: -- default --

Density = 0.00 grams per cubic millimeter

Mass = 10604.24 grams

Volume = 14820620.13 cubic millimeters

Surface area = 802359.77 millimeters^2

Center of mass: (millimeters)

X = 11.82

Y = 1.83

Z = -370.24

*Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)*

Taken at the center of mass.

Ix = (0.00, -0.26, 0.97) Px = 255729543.59

Iy = (1.00, 0.00, 0.00) Py = 336390165.19

Iz = (0.00, 0.97, 0.26) Pz = 362144947.95

*Moments of inertia: (grams * square millimeters)*

Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.

$L_{xx} = 336390165.19$ $L_{xy} = 0.00$ $L_{xz} = 0.00$

$L_{yx} = 0.00$ $L_{yy} = 354914752.92$ $L_{yz} = -26779253.31$

$L_{zx} = 0.00$ $L_{zy} = -26779253.31$ $L_{zz} = 262959738.62$

*Moments of inertia: (grams * square millimeters)*

Taken at the output coordinate system.

$I_{xx} = 1789999536.95$ $I_{xy} = 229493.20$ $I_{xz} = -46390913.76$

$I_{yx} = 229493.20$ $I_{yy} = 1809969121.87$ $I_{yz} = -33969999.88$

$I_{zx} = -46390913.76$ $I_{zy} = -33969999.88$ $I_{zz} = 264475880.23$

La masa especificada por el programa cumple con la masa que la norma INEN 1724 exige para el ensayo correspondiente

4.2.2 PLANOS

Los planos se encuentran en el anexo 5.

4.3 DISEÑO DE MÁQUINA DE ENSAYO DE ABRASIÓN DE VIDRIOS DE SEGURIDAD

4.3.1 MEMORIA DE CÁLCULO

Para el armado de la máquina de resistencia de abrasión, se requiere montar un motor eléctrico de velocidad variable, en la base del conjunto de la maquina.

Para el montaje de los brazos tarados y del disco de apoyo de probeta, se seguirá los planos descritos a continuación.

4.3.2 PLANOS

Los planos de la máquina para realizar los ensayos de abrasión se encuentran en el anexo 5.

4.4 COTIZACIONES DE MAQUINAS NECESARIAS NO DISEÑADAS PARA LOS ENSAYOS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD

4.4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para la realización de los ensayos de vidrios de seguridad, se requiere del siguiente instrumental, el mismo que es conveniente adquirirlo por licitación de compra, antes que diseñarlos.

Estos equipos son los listados a continuación:

- Espectrofotómetro
- Motor eléctrico universal con escobillas y regulador de velocidad
- Juego de pesas certificadas
- Cámara de incubación termostatazada.

Las características que deben cumplir cada uno de los equipos son las siguientes:

- Espectrofotómetro:

Como lo indicado en el Capítulo 2 sección 2.2.1.6, este equipo debe ser capaz de medir los niveles de transmitancia y reflectancia de luz, debe ser capaz de poder medir probetas de 10 cm x 10 cm inclusive, este último aspecto no implica el que el espectrofotómetro las pueda albergar en su interior o analizar por completo a las mismas; además de ser de operación entendible para el operario calificado, y que contribuya con el ahorro de espacio físico del laboratorio.

El ángulo de haz de luz de este equipo no debe exceder de 8°, tal como lo explica NTE INEN 1727.

- Motor eléctrico universal

Debe aproximarse a las medidas descritas en 4.3.1, para el ensamblaje en la máquina de ensayo de abrasión, es muy importante que la alimentación de energía del motor deba ser de corriente alterna, monofásica de 120 voltios y 60 Hz.

El motor debe ser acoplado a una resistencia variable, la misma que debe permitir que el motor pueda variar su velocidad y se la pueda estabilizar a 180 rpm, una potencia de 500 watts.

- Cámara de incubación termostaticada

Este equipo debe cumplir con las características para la ejecución del ensayo especificado en NTE INEN 1731, con capacidad de almacenar probetas de 30 cm por 30 cm inclusive, capacidad de mantener una temperatura de 50° C, humedad relativa de 95%.

Para la alimentación de energía del equipo esta debe ser de 120 voltios A/C y 60 Hz, en monofásico.

- Juego de pesas certificadas

Este juego de pesas debe cumplir con dos requisitos básicos; al ser un juego de pesas anulares el diámetro del aro interior de la pesa no debe ser inferior a 6 mm ni superior a 10 mm. De acuerdo a la norma INEN 1730, cada eje o brazo tarado que se empleara para la abrasión de un total de dos, deberá ser cargado con una masa equivalente de 500 g. en función de este requerimiento se debe disponer que cada juego de pesas aplique a cada eje de las ruedas de abrasión, una presión de 500 g.

Una vez establecidas las características técnicas para los equipos de ensayos, se seleccionan los equipos con sus respectivas marcas comerciales, como una alternativa no definitiva previa a la licitación de compra de los mismos.

- Espectrofotómetro:

Konica Minolta, CM-3700 *Bench top spectrophotometer +Accessory Case, Spectramagic NX Premium Software.*

- Motor eléctrico universal

Para este equipo no se da una especificación de marca o modelo, debido a que puede ser usado inclusive de un motor de licuadora o un motor de taladro.

- Cámara de incubación termostatzada

PGC 4.5 cu. ft. Chamber SERIES 9140.

- Juego de pesas certificadas

Scientific ® Physics U30032 (4 pesos de 100g).

Con estos modelos se procede a obtener precios de los equipos, en algunos casos estimados en base a catálogos descargados de Internet.

Tabla 4.1.- Precios de máquinas para realizar los ensayos para certificación de vidrios

| Producto/Equipo | Cantidad | Precio Oficial | Precio Estimado | Impuestos lugar de origen | Impuestos de importación | IVA Ecuador | Precio unitario final | Valor final Estimado |
|---|----------|----------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|----------------------|
| Espectrofotómetro | 1 | \$25,215.00 | N/A | \$26,727.90 | \$36,082.67 | \$40,412.6 | \$40,412.58 | \$40,412.58 |
| Motor Universal AC/DC | 1 | N/D | \$100.00 | N/A | N/A | \$112.00 | \$112.00 | \$112.00 |
| Controlador de velocidad | 1 | N/D | \$100.00 | N/A | N/A | \$112.00 | \$112.00 | \$112.00 |
| Cámara termostatzada | 1 | N/D | \$5,000.00 | \$5,250.00 | \$7,087.50 | \$7,938.00 | \$7,938.00 | \$7,938.00 |
| Juego de pesas de metrología de 500g certificadas | 3 | \$1,400.00 | N/A | N/A | N/A | \$1,568.00 | \$1,568.00 | \$4,704.00 |
| TOTAL | | | | | | | | \$53,278.58 |

El coste del equipamiento de laboratorio asciende aproximadamente al valor de \$ 53,278.58 USD, de este valor estimado, se puede deducir el coste del Juego de pesas de metrología de 500 g certificadas, debido a que se pueden conseguir los pesos necesarios por medio de tuercas o similares, se permite esta opción debido a que la norma INEN 1730 no determina que los pesos deban ser certificados por metrología.

CAPITULO 5

DISTRIBUCION DE ESPACIO FISICO DE LABORATORIO PARA MAQUINARIA DE ENSAYOS PARA CARROCERIAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LABORATORIO DE CARROCERÍAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

5.1.1 JUSTIFICACIÓN

Para la normal ejecución del presente proyecto es indispensable tener en cuenta el lugar en el cual se realizarán los ensayos tanto de certificación de carrocerías como el de certificación de vidrios de seguridad.

El personal que puede ejecutar los ensayos de laboratorio, debe tener conocimientos teóricos muy avanzados sobre estructuras metálicas, normas AWS, LRFD. Además de conocimientos en ciencia de materiales y resistencia de materiales.

Dados los argumentos anteriores, y debido a la resolución de EMMOP, en la cual indica que la certificación en materia de carrocerías y vidrios de seguridad compete únicamente a las Escuelas Politécnicas, particularmente a la Escuela Politécnica del Ejército a través del DECEM (Departamento de ciencias de la Energía y Mecánica), por motivos de logística y apoyo eficaz en caso de necesitarlo, el laboratorio se debe ubicar cerca del laboratorio de Máquinas y herramientas del DECEM.

Con los argumentos anteriormente expuestos se puede ubicar el terreno para el laboratorio en el lado Norte del laboratorio de Máquinas y herramientas del DECEM, como lo muestran las figuras 5.1. y 5.2.

Este terreno es de campo abierto y lo suficientemente amplio como para ubicar las instalaciones necesarias para implementar el laboratorio de volcamiento de carrocerías y vidrios de seguridad



Figura 5.1. Fotografía aérea de la Escuela Politécnica del Ejército



Figura 5.10. Fotografía aérea del Laboratorio de Máquinas y herramientas del DECEM y zona de ubicación de laboratorio de Ensayo de volcamiento y vidrios de seguridad.

5.1.2 CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO FÍSICO

Para la ejecución del laboratorio, este debe poseer las siguientes características:

- Debe ser de terreno plano

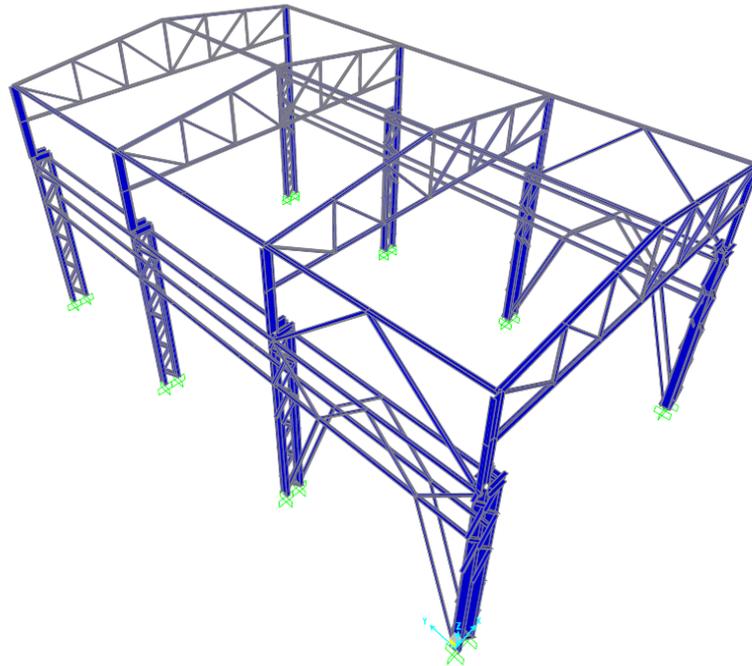
La altura a la cual se encuentra el terreno es a 2491.13 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar), pero este posee una diferencia de 1 metro en la zona de uso para el laboratorio, razón por la cual es necesario realizar las respectivas adecuaciones topográficas para nivelar el terreno.

- Capacidad para albergar las máquinas correspondientes para los ensayos de volcamiento y vidrios de seguridad.
 - Máquina para el ensayo de volcamiento, cuyas medidas son: 4 m. de ancho y 11 m. de largo
 - Máquina para ensayo de cargas cuasi estáticas, cuyas medidas de base son: 2 m. por 1.5 m. de base y 5 m. de altura.
 - Maquinas para ensayos de vidrios de seguridad

Aproximadamente se requiere 60 m², para albergar la maquinaria necesaria, pero se debe tener presente que para el ensayo de volcamiento se requiere otros 44 m², debido a que el bus caerá al piso y necesita un área de impacto, además del espacio necesario para la libre circulación del personal técnico durante los ensayos.

Con los argumentos expuestos, el laboratorio debe poseer como mínimo 150 m², para la realización de los ensayos que se requieren.

Con las condiciones que se dan para la construcción del laboratorio, se da el diseño de nave industrial que cumple con los requisitos mencionados.



Dimensiones

- Largo = 18 m
- Ancho= 10,5 m
- Altura= 9,5 m

Materiales

- ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36 $F_y = 2533 \text{ kg/cm}^2$
- PERNOS. ASTM A325-N
- PERNOS DE ANCLAJE ASTM A307

Códigos y estándares

- *Uniform Building Code – Structural Engineering Design Provisions UBC 2-97*

Cargas de diseño

Carga muerta (d)

La carga muerta de la estructura será determinada por el mismo programa de cálculo.

Carga muerta de techo = Revestimiento + Correas= $98 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ kg/m}^2$

Apoyo de techo $= 49 \text{ N/m}^2 = 5 \text{ kg/m}^2$

Carga muerta de techo total $= 147 \text{ N/m}^2 = 15 \text{ kg/m}^2$

Carga de Puente grúa (Cr)

| | | |
|-------------------------------------|----------|------------|
| Capacidad = | 49 KN | = 5 ton |
| Distancia entre apoyos = | 10000 mm | |
| Reacción máxima de rueda de apoyo = | 37.3 kN | = 3.8 ton |
| Reacción mínima de rueda de apoyo = | 7.35 kN | = 0.75 ton |
| Espacio entre ruedas de apoyo = | 3000 mm | |

Impacto 10 %

| | | |
|--------------------------------------|---|------------|
| Empuje lateral total 20 % = | 7.46 kN | = 0.76 ton |
| Fuerza al frenado 10 % = | 3.73 kN | = 0.38 ton |
| Reacción máxima sobre cada columna = | $3.8 + (3.8 * (3m / 6m)) = 5.7 \text{ ton}$ | |
| Reacción mínima sobre cada columna = | $0.75 + (0.75 * (3m / 6m)) = 1.125$ | |

ton

Cargas de viento (W)

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Velocidad máxima del viento = | 113 km/h | Tabla 16 F código UBC |
| $P = C_e C_q I_v q_s$ | | |
| C_e (exposición C) = | 1.23 | Tabla 16 G código UBC |
| C_q Pared de barlovento | 0.8 | |
| C_q Pared de sotavento | 0.5 | |
| C_q techo barlovento | 0.9 | |
| C_q techo sotavento | 0.7 | |
| I_v (factor de importancia) = | 1 | |
| q_s (Presión del viento) = | 62 kg/m ² | |
| $P = 1.23 * 1 * 62 * C_q =$ | 76.3 kg/m ² * C_q | |

Área lateral efectiva de paredes 155 m²

Área efectiva de techo

99 m²

Tabla 5.1. – Valores de Carga de Viento para las diferentes áreas del galpón.

| | C _q | P (kg/m ²) |
|---------------------|----------------|------------------------|
| Pared de barlovento | 0.8 | 61 |
| Pared de sotavento | 0.5 | 38 |
| techo barlovento | 0.9 | 69 |
| techo sotavento | 0.7 | 53 |

Cargas de sismo (E)

Parámetros:

Factor de importancia = 1.0

Factores sísmicos:

Tipo de sismo = B

Distancia al epicentro = 2 km

N_a = 1.30

N_v = 1.60

Tipo de suelo: SD

Periodo de vibración:

Sistema estructural= Sistema de marcos resistentes a momentos

C_t = 0.085

H_n = 9.0 m

$$T = 0.443 \text{ sec}$$

Respuesta de los espectros:

$$C_a = 0.572$$

$$C_v = 1.024$$

$$T_s = 0.716 \text{ sec}$$

$$T_o = 0.143 \text{ sec}$$

Categoría de ocupación 4

Parámetros estructurales:

Sistema estructural = Sistema de marcos resistentes a momentos

$$R = 5.6$$

Coefficiente de diseño sísmico = $V = 0.255$ (Sección 1630.2.1 UBC)

$$R_{max} = 0.5$$

$$A_b = 189 \text{ m}^2$$

$$r = 1.5$$

Carga de terremoto E = 0.383 W (peso de estructura)

Cargas vivas del techo. (L)

$$\text{Área efectiva} = 10.5 \text{ m} \times 18 \text{ m} = 189 \text{ m}^2$$

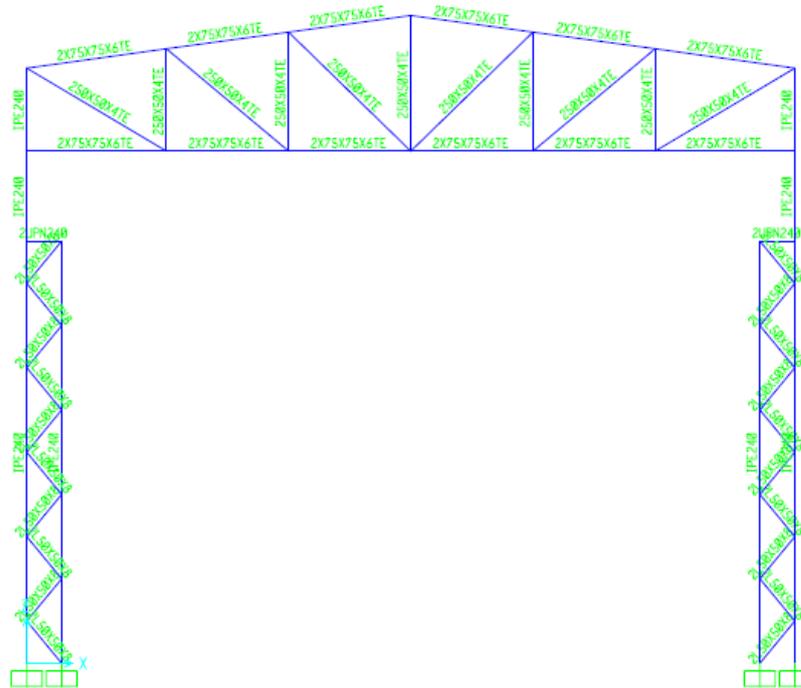
Grado de inclinación del techo = 1:7

Para la aplicación de las cargas vivas se toma en cuenta el mínimo establecido en el código UBC en la tabla 16.C para las condiciones dadas.

$$0.57 \text{ kN/m}^2$$

$$Q = 0.57 \text{ kN/ m}^2 = 58 \text{ kg/m}^2$$

Esquema de construcción



Tipos de Perfiles

| | |
|----|------------|
| R1 | 2 UPN 240 |
| R2 | 2L 75x75x6 |
| R3 | 2L75x75x6 |
| R4 | IPE 240 |
| R5 | 2L 50x50x4 |

Esquema de imposición de cargas

- 1 Carga muerta (D)
- 2 Carga de viento (W)
- 3 Carga de grúa (Cr)
- 4 Cargas de sismo (E)
- 5 Cargas vivas (Lr)
- C1 $D + 0.75 \cdot [L + Cr + W]$
- C2 $D + 0.75 \cdot [L + Cr + E]$

Calculo de cargas para imposición.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Carga muerta | $15 \text{ kg/m}^2 \times 189 \text{ m}^2 / 28 \text{ nodos} = 101.25 \text{ kg}$ |
| Carga viva de techo | $58 \text{ kg/m}^2 \times 189 \text{ m}^2 / 28 \text{ nodos} = 391.5 \text{ kg}$ |
| Carga de sismo | $0.383 \times 6900.25 \text{ Kg} = 2681 \text{ kg} / 16 \text{ nodos} = 116.2 \text{ kg}$ |
| Carga de viento a barlovento en pared | $61 \text{ kg/m}^2 \times 155 \text{ m}^2 / 8.6 \text{ m} / 4 \text{ columnas} = 274.85 \text{ kg/m}$ |
| Carga de viento a sotavento en pared | $38 \text{ kg/m}^2 \times 155 \text{ m}^2 / 8.6 \text{ m} / 4 \text{ columnas} = 171.22 \text{ kg/m}$ |
| Carga de viento a barlovento en techo | $69 \text{ kg/m}^2 \times 99 \text{ m}^2 / 5.5 \text{ m} / 4 \text{ columnas} = 310.50 \text{ kg/m}$ |
| Carga de viento a sotavento en techo | $53 \text{ kg/m}^2 \times 99 \text{ m}^2 / 5.5 \text{ m} / 4 \text{ columnas} = 238.50 \text{ kg/m}$ |

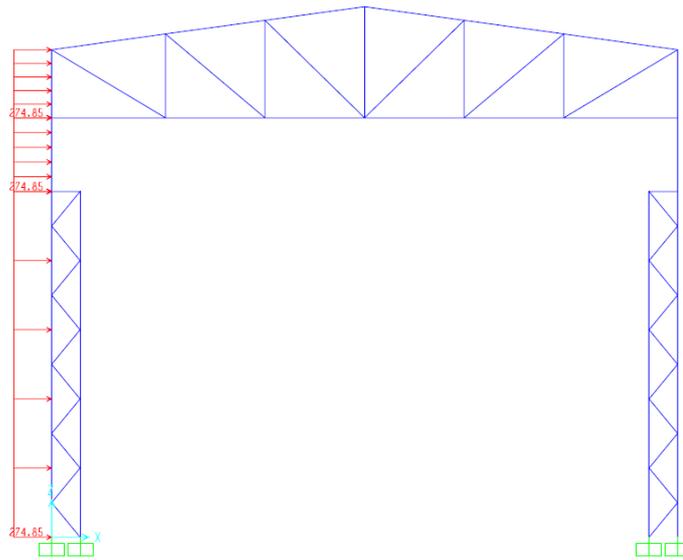


Figura 5.3. Carga de viento a barlovento en pared.

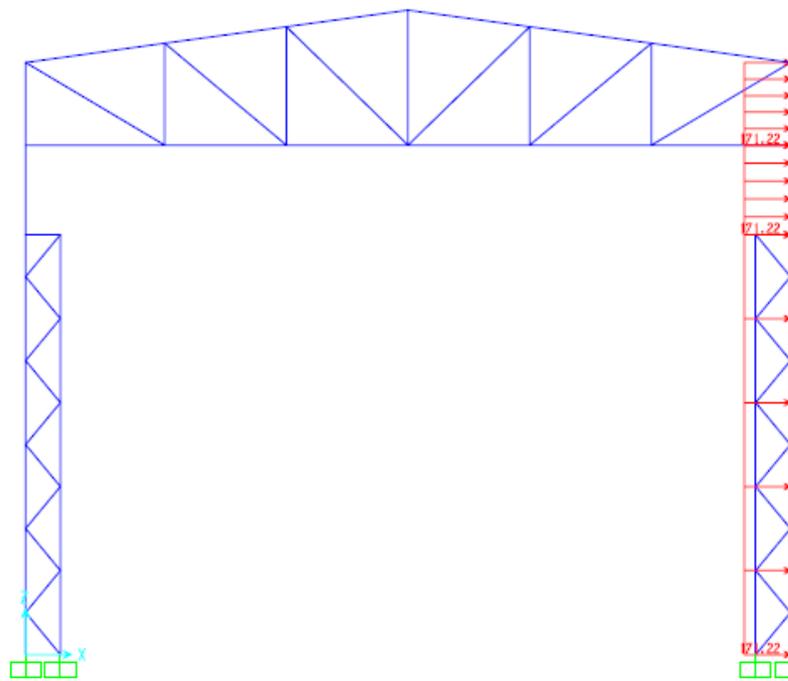


Figura 5.4. Carga de viento a sotavento en pared.

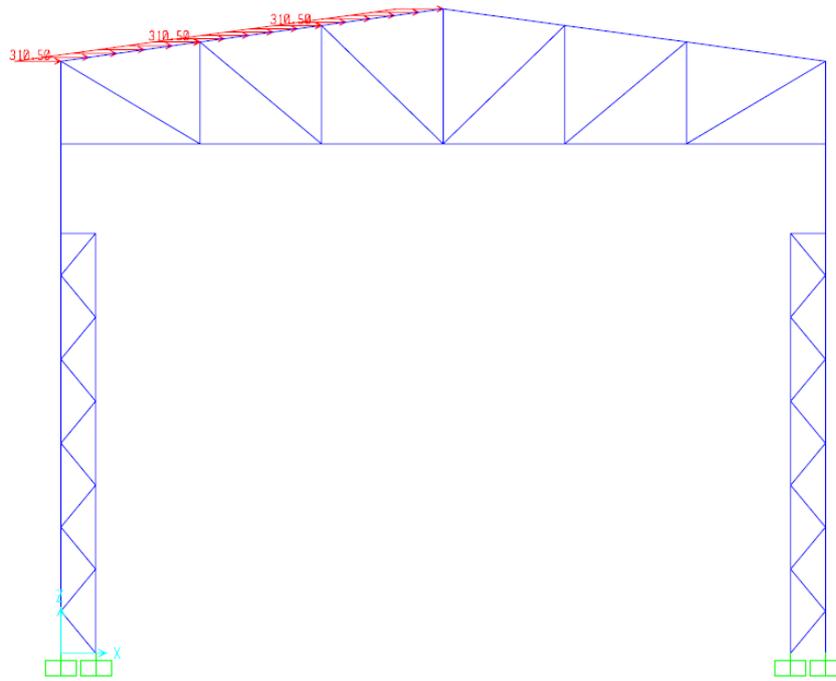


Figura 5.5. Carga de viento a barlovento en techo.

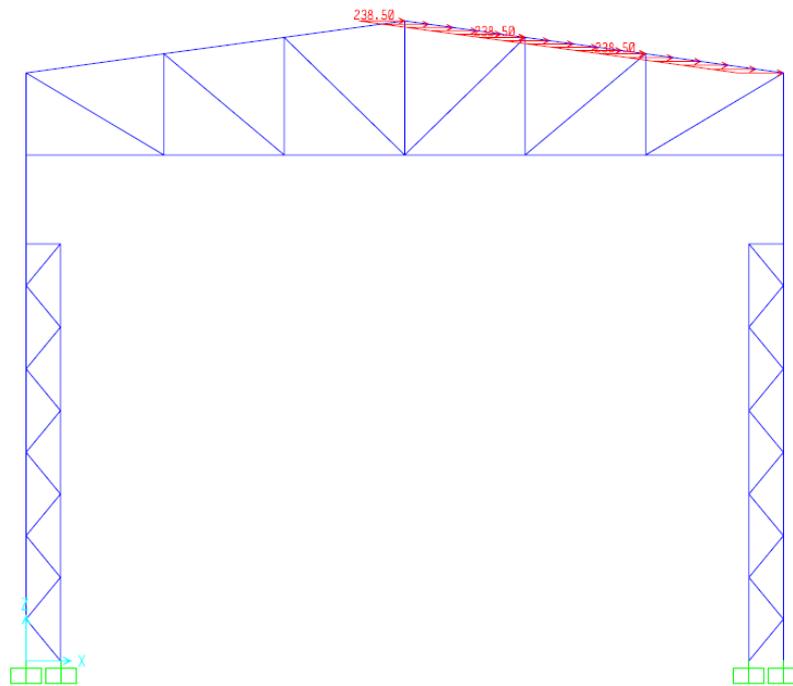


Figura 5.6. Carga de viento a sotavento en techo.

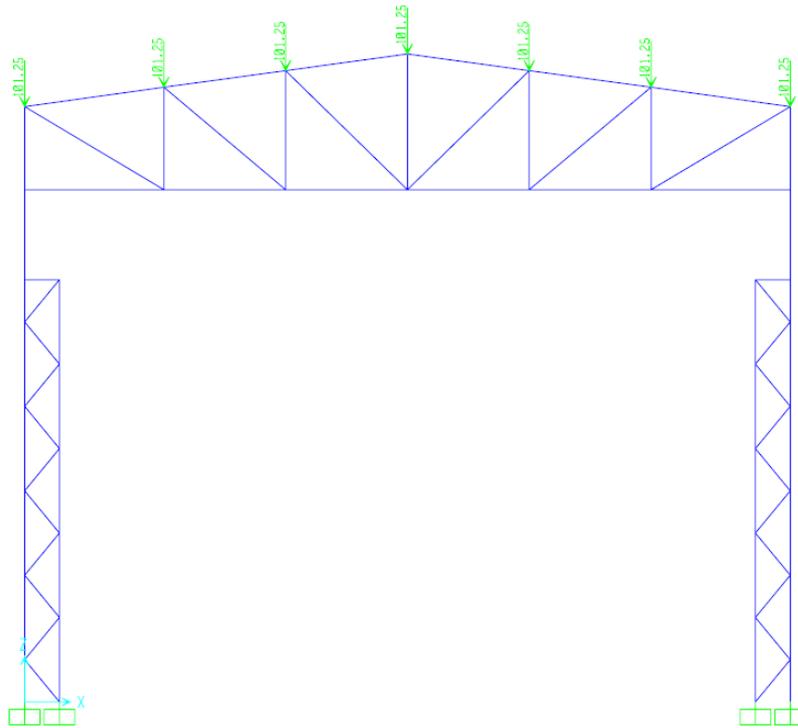


Figura 5.7. Carga muerta.

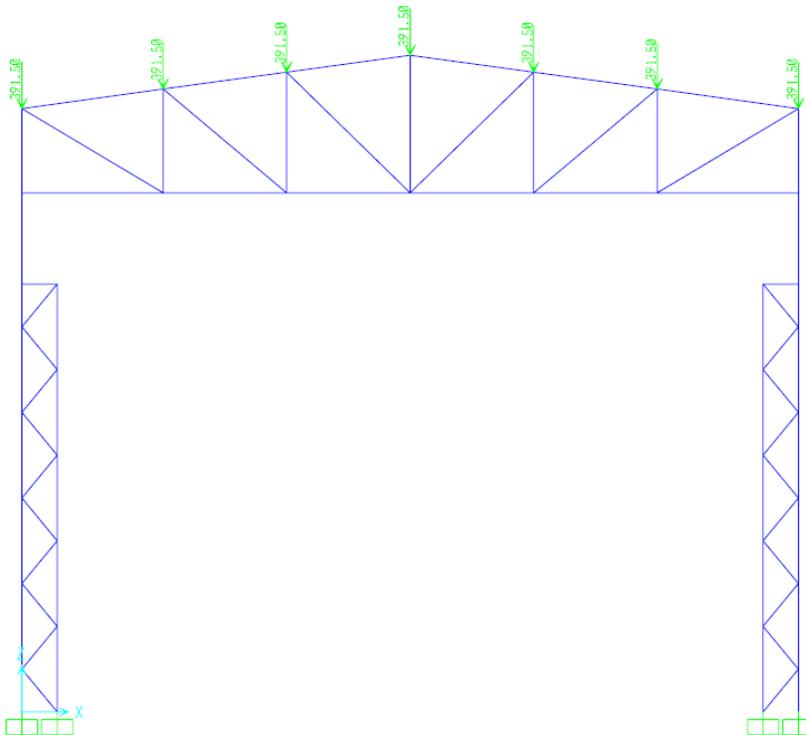


Figura 5.8. Carga viva de techo.

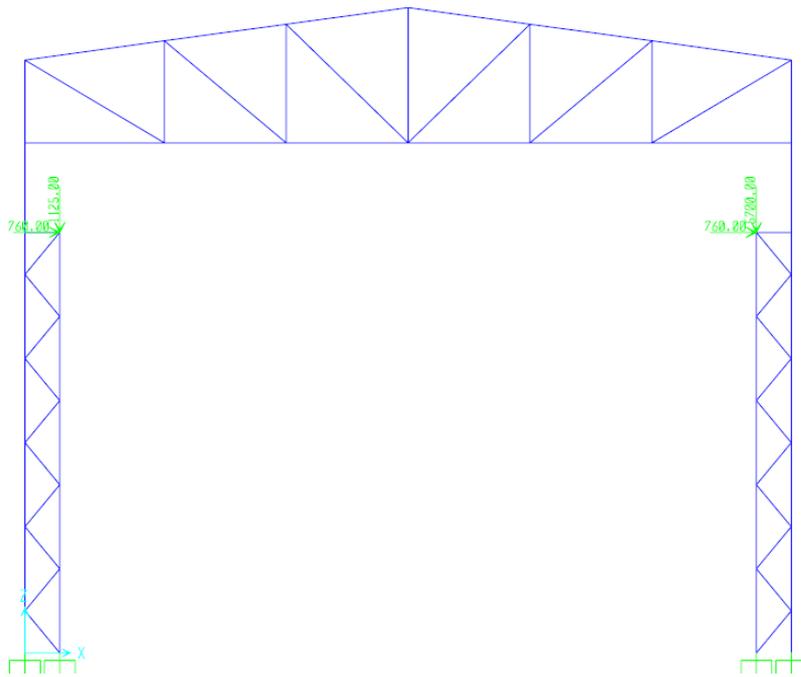


Figura 5.9. Carga de puente grua.

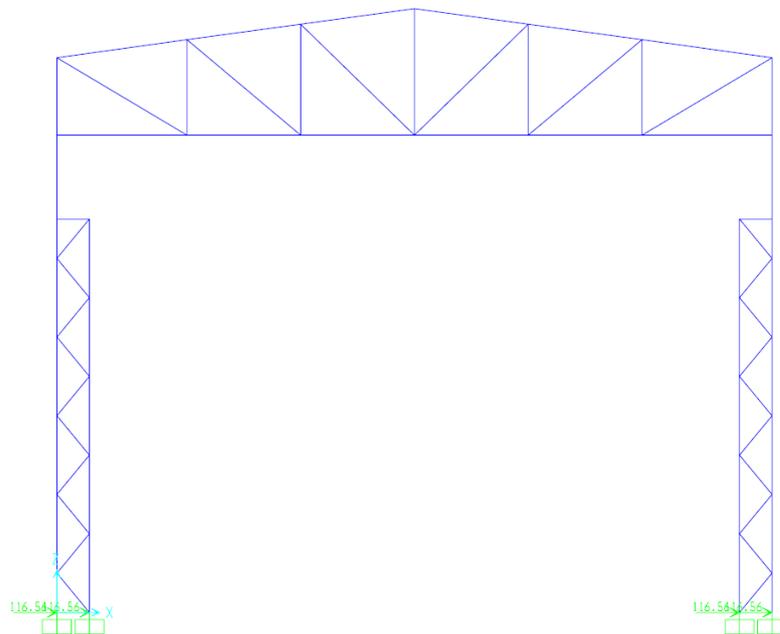


Figura 5.10. Carga de sismo.

Análisis de resultados

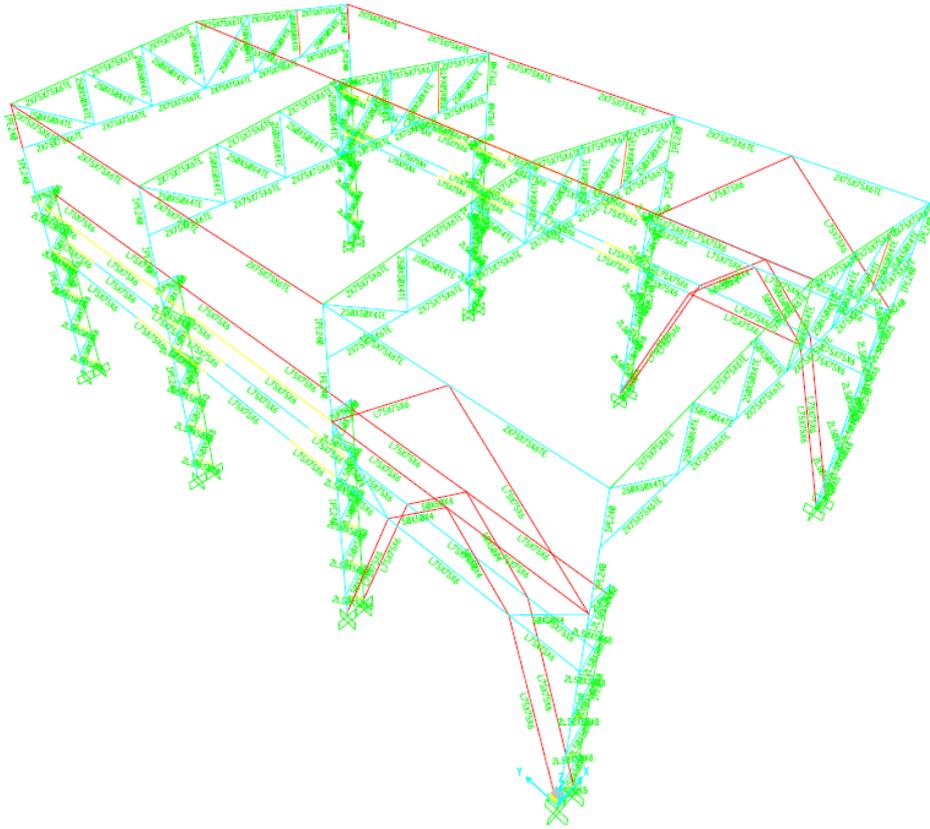


Tabla 5.2.- Desplazamientos de nodos Ver Anexo 7

Tabla 5.3.- Lista de materiales.

| ObjectT ype | Material | TotalWe ight | NumPie ces |
|----------------|----------|-----------------|---------------|
| Text | Text | Kgf | Unitless |
| Frame | STEEL | 8445.03 | 315 |

Tabla 5.4.- Lista de materiales – por sección.

| Section | ObjectType | NumPieces | TotalLength | TotalWeight |
|----------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Text | Text | Unitless | m | Kgf |
| IPE240 | Frame | 32 | 117.60000 | 3432.34 |
| 2UPN240 | Frame | 8 | 4.00000 | 281.81 |
| 2L50X50X8 | Frame | 80 | 63.09865 | 855.82 |
| 250X50X4TE | Frame | 44 | 90.06443 | 542.91 |
| 2X75X75X6TE | Frame | 63 | 142.41813 | 1931.64 |
| L75X75X6 | Frame | 78 | 197.08969 | 1336.58 |
| 50X50X4 | Frame | 10 | 21.21320 | 63.94 |

Tabla 5.5.- Resumen de diseño estructural- AISC-LRFD93 ver anexo 8

Correas de techo y pared

Correas de techo

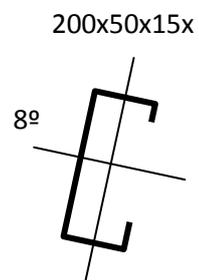
Propiedades de la sección:

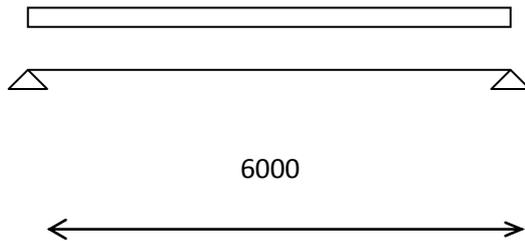
A: 9.31 cm²

I_x: 510 cm⁴

S_x: 51 cm³

S_y: 6.74 cm³





Carga máxima sobre el techo= $(58 \text{ kg/m}^2 + 10 \text{ kg/m}^2) * 1.7 = 116 \text{ kg/m}$
 (Carga de techo + carga muerta)

Carga de erección = 100 kg (Aplica en el medio de la viga)

Momento máximo en X = $116 \text{ kg/m} * \cos(8^\circ) * (6 \text{ m})^2 / 8 = 516 \text{ kgm}$
 $= 100 \text{ kg} * \cos(8^\circ) * 6 \text{ m} / 4 = 150 \text{ kgm}$

Momento máximo en Y = $116 \text{ kg/m} * \sin(8^\circ) * (2 \text{ m})^2 / 8 = 8 \text{ kgm}$

$M_{nx} = M_{yx} = S_x * F_y = 51 \text{ cm}^3 * 2533 \text{ kg/cm}^2 = 1291 \text{ kgm}$

$M_{ny} = M_{yy} = S_y * F_y = 6.74 \text{ cm}^3 * 2533 \text{ kg/cm}^2 = 170 \text{ kgm}$

$\Omega_b * M_x / M_{nx} + \Omega_b * M_y / M_{ny} < 1$

$1.67 * 516 \text{ kgm} / 1291 \text{ kgm} + 1.67 * 8 \text{ kgm} / 170 \text{ kgm} = 0.74$

Deflexión:

$5 * 1.16 \text{ kg/cm} * (600 \text{ cm})^4 / 384 E 510 \text{ cm}^4 = 1.82 \text{ cm} < L/180$

Correas de pared

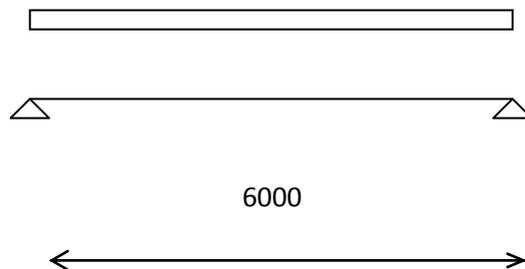
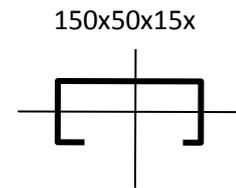
Propiedades de la sección:

$$A: 7.81 \text{ cm}^2$$

$$I_x: 255 \text{ cm}^4$$

$$S_x: 34 \text{ cm}^3$$

$$S_y: 6.56 \text{ cm}^3$$



Carga máxima sobre la pared = $61 \text{ kg/m}^2 * 1.5 = 91.5 \text{ kg/m}$ (Wind load)

$$\text{Momento máximo en X} = 91.5 \text{ kg/m} * (6 \text{ m})^2 / 8 = 412 \text{ kgm}$$

$$\text{Momento máximo en Y} = 6.13 \text{ kg/m} * (2 \text{ m})^2 / 8 = 3 \text{ kgm}$$

$$M_{nx} = M_{yx} = S_x * F_y = 34 \text{ cm}^3 * 2533 \text{ kg/cm}^2 = 861 \text{ kgm}$$

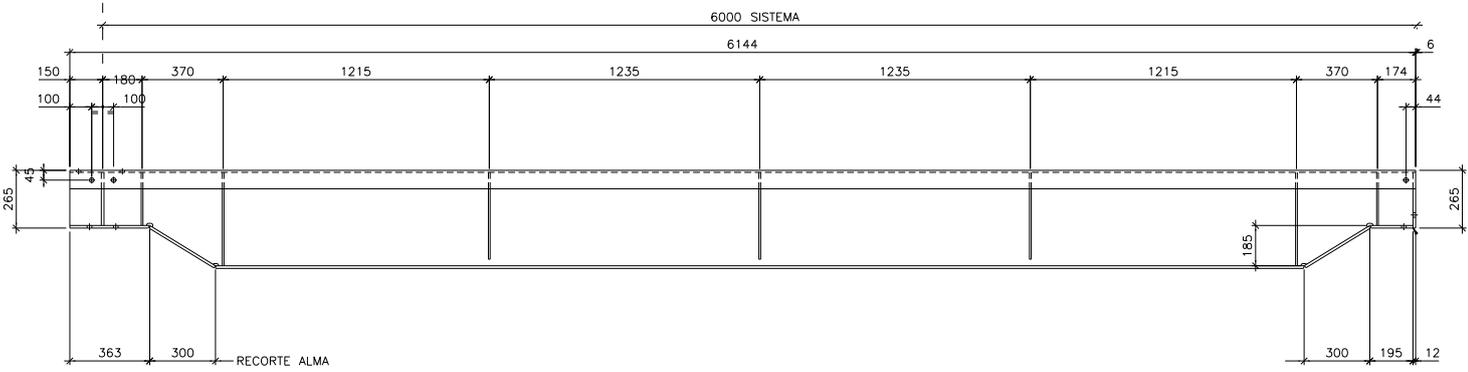
$$M_{ny} = M_{yy} = S_y * F_y = 6.56 \text{ cm}^3 * 2533 \text{ kg/cm}^2 = 166 \text{ kgm}$$

$$\Omega_b * M_x / M_{nx} + \Omega_b * M_y / M_{ny} < 1$$

$$1.67 * 412 \text{ kgm} / 861 \text{ kgm} + 1.67 * 3 \text{ kgm} / 166 \text{ kgm} = 0.83$$

Deflexión:

$$5 * 0.91 \text{ kg/cm} * (600 \text{ cm})^4 / 384 E 510 \text{ cm}^4 = 1.43 \text{ cm} < L/180$$



Viga

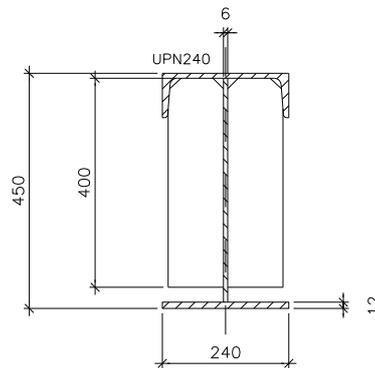
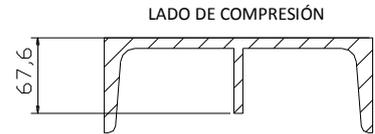
Generalidades

Propiedades de la sección

Área: A: 105.41 cm²

Centroide: e: 247 mm

Inercia: I_y: 4986 cm⁴

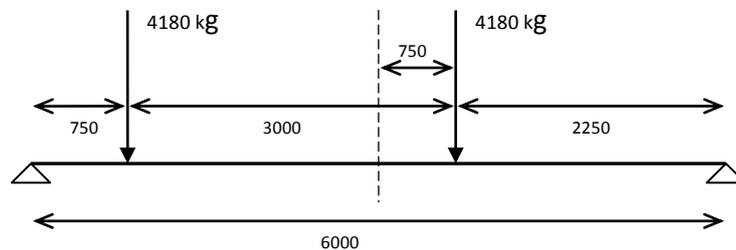


I_x: 36175 cm⁴

Modulo de elasticidad Sxt: 1782 cm³
 Sxb: 1464 cm³
 Sy: 415 cm³

Lado de compresión Af: 46.9 cm²
 rt: 8.75 cm
 Sy: 300 cm³

Diseño de la viga



Momento vertical máximo= $M_x = 4180 \text{ kg} * (3.75 \text{ m} + 0.75 \text{ m})/6 \text{ m} * 2.25 \text{ m} = 7054 \text{ kgm}$

Momento lateral máximo= $M_y = 7054 \text{ kgm} * 760/4180 = 1283 \text{ kgm}$

$h/t_w = 450\text{mm} / 6\text{mm} = 75$

$b/t = 120\text{mm} / 12 \text{ mm} = 10$

$760 / \sqrt{F_b} = 163$ Sección compacta

$65 / \sqrt{F_y} = 10.83$ Sección compacta

$l_b / r_t = 6000 / 87.5 = 68.6$

$$F_{bx} = (2/3 - F_y (\text{lb} / \text{rt})^2 / (11530 \times 10^3 \text{ Cb})) * F_y = 0.56 F_y = 1418 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{by} = 0.75 F_y = 1900 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{bx} = 705400 \text{ kgcm} / 1464 \text{ cm}^3 = 481 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Cara inferior}$$

$$f_{bx} = 705400 \text{ kgcm} / 1782 \text{ cm}^3 = 396 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Cara superior}$$

$$f_{by} = 128300 \text{ kgcm} / 300 \text{ cm}^3 = 427 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Cara superior}$$

$$f_a = 380 \text{ kg} / 46.9 \text{ cm}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Top flange}$$

Cargas combinadas

$$f_a / 0.6 F_y + 396 / 1418 + 427 / 1900 = \mathbf{0.55}$$

$$\text{Deflección permisible} = l / 1000 = 6 \text{ mm}$$

Máxima deflección < 4.5 mm < Deflección permisible

5.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA EN EL ESPACIO FÍSICO DEL LABORATORIO

Para la correcta adecuación de la maquinaria y el excelente desempeño del personal del laboratorio, es conveniente que existan dos ambientes, en el primero servirá como línea de inspección técnica vehicular de buses y oficinas para la realización de simulaciones de carrocerías, en el segundo ambiente se realizarán los ensayos destructivos de carrocerías, correspondientes a cargas cuasi-estáticas y volcamiento.

Para efectos de construcción, el diseño de las naves industriales serán las mismas, salvo que para la nave industrial que servirá para la línea de inspección no se requiere de puente grúa.

5.2.1 PLANOS

Los planos de la distribución de planta del laboratorio se encuentran en el anexo 5.

5.3 REQUISITOS PARA LA CORRECTA ADECUACIÓN DE LA MAQUINARIA EN EL LABORATORIO

La maquinaria que se instalará en el laboratorio de ensayo de carrocerías y vidrios de seguridad, principalmente se puede reducir a cinco equipos principales.

- Motor eléctrico trifásico de 1800 rpm, 480v y 60 Hz, para bomba centrífuga (máquina de ensayo de volcamiento y máquina de cargas cuasi-estáticas)
- Motor eléctrico para puente grúa, trifásico 440v y 60 Hz.
- Espectrofotómetro, 120v y 60 Hz.
- Computador para análisis de modelos de simulación.
- Equipos de automatización de volcamiento (relés, electroválvulas).

Los motores eléctricos requieren de una instalación trifásica, para lo cual se debe dimensionar los KVA's necesarios para el transformador de estos equipos

Motor eléctrico bomba centrífuga:

$$Potencia = 3HP \approx 2.24KW$$

Motor eléctrico puente grúa:

Para el movimiento del puente grúa se requiere de dos motores de 0.9 KW cada uno, para el movimiento del aparejo se requiere de 1 motor de 0.4 KW, mientras que para el levantamiento del cable se requiere de un motor de 4 KW.

$$Potencia = 6.2KW$$

Para el dimensionamiento del transformador necesitamos la potencia de los equipos a usarse, y el factor de carga trifásica que es la raíz cuadrada de tres.

$$KVA = (6.2 + 2.24) \times \sqrt{3}$$

$$KVA = 14.62$$

La potencia o carga de nuestros equipos es de 14.62 KVA, pero es necesario tener en cuenta que no vamos a trabajar al 100% de la carga, por lo cual se trabajará al 70% de carga.

$$KVA_t = \frac{14.62}{0.7}$$

$$KVA_t = 20.88$$

Para nuestra aplicación requerimos de un transformador de 21 KVA, en vista de que en el mercado no se encuentran transformadores de este tipo, se puede optar por un transformador de 30 KVA, cuyas dimensiones se encuentran en (ANEXO 10).

El cableado para este tipo de instalación será acorde con las normas AWG de numeración 4.

Para los equipos de automatización, se puede requerir de electroválvulas de corriente alterna de 120v. AC, para simplificar el procedimiento de automatización, al igual que los relés de control.

CAPITULO 6

DESARROLLO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CERTIFICACIÓN

6.1 DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE CARROCERÍAS

6.1.1 DESARROLLO DE LAS HOJAS DE PEDIDO DE CERTIFICACIÓN POR EL MÉTODO QUE EL FABRICANTE ELIJA

6.1.1.1 Desarrollo de hojas de Ingreso de la carrocería

Esta hoja sirve para la identificación de las carrocerías que ingresan al laboratorio y registrar los datos necesarios para la realización del ensayo con el cual se va a certificar la carrocería.

Revisar el formato en el anexo 9.

6.1.2 ENSAYO DE VOLCAMIENTO (BÁSICO PARA CERTIFICACIÓN)

6.1.2.1 Desarrollo del procedimiento para realizar el ensayo de volcamiento

1. Ingresar el bus al laboratorio.
2. Verificar el estado de las conexiones hidráulicas.
3. Verificar el estado de la bomba, válvulas y cilindros.
4. Setear la presión de la bomba en 50 bar.
5. La válvula estranguladora esté cerrada completamente.
6. Encender la bomba.
7. Controlar la presión de los manómetros debería estar en 50 bar.

8. Abrir la válvula estranguladora a $\frac{3}{4}$ de su capacidad.
9. Controlar la presión de los manómetros.
10. Energizar el sistema.
11. Pulsar el botón para seleccionar el ensayo de volcamiento.
12. Subir al bus en la plataforma de volcamiento.
13. Ajustar las llantas del bus a la bancada de volcamiento para impedir el desplazamiento longitudinal de este.
14. Encender las cámaras de alta velocidad y enfocar correctamente según las recomendaciones dadas anteriormente.
15. Pulsar el botón de avance.
16. Controlar visualmente el ensayo hasta que el vehículo llegue al punto de equilibrio inestable donde el volcamiento es inminente.
17. Pulsar el botón de Paro.
18. Esperar a que el volcamiento termine.
19. Levantar el bus con la ayuda del teclé.
20. Pulsar el botón de retroceso.
21. Tomar los datos de deformación plástica de la carrocería.
22. Apagar las cámaras de alta velocidad.
23. Sacar la carrocería del bus.
24. Desenergizar el tablero de control.
25. Apagar la bomba.
26. Verificar que las deformaciones plásticas medidas en la carrocería no hayan ingresado en el espacio de supervivencia.

27. En caso de que algún elemento haya ingresado al espacio de supervivencia se negará la certificación.

28. Caso contrario, se pasará al análisis de deformaciones elásticas por medio de las cámaras de alta velocidad.

29. Si los análisis revelan que elementos bajo deformaciones elásticas han ingresado al espacio de supervivencia, el certificado será negado.

30. Por el contrario, si se comprueba que ningún elemento ha ingresado al espacio de supervivencia durante el ensayo, el certificado será extendido al diseño probado.

6.1.2.2 Desarrollo de hojas de control y comparación de las deformaciones permitidas en la carrocería

Las hojas de control para este ensayo han sido elaboradas teniendo en cuenta los equipos básicos y los procedimientos indicados anteriormente.

El reporte del ensayo contendrá todos los datos (fotos, grabaciones, dibujos, valores de mediciones, etc.) que indicarán:

Que el espacio de supervivencia ha sido invadido o no durante el ensayo.

La evaluación individual de las observaciones internas.

Todos los datos y las informaciones requeridas para la identificación del vehículo, la prueba del vehículo, el ensayo en sí y el personal responsable del ensayo y dicha evaluación.

Es recomendable documentar en el informe del ensayo el centro de gravedad en su posición más alta y más baja respecto al nivel del suelo de la cuneta.

Revisar el formato en el anexo 9.

6.1.3 ENSAYOS EQUIVALENTES PARA CERTIFICACIÓN DE CARROCERÍAS

6.1.3.1 Ensayo de volcamiento a una sección de la carrocería

6.1.3.1.1 Desarrollo del procedimiento para realizar el ensayo de volcamiento a secciones de carrocería

El procedimiento de este ensayo es similar al indicado en el ensayo de volcamiento a una carrocería completa.

Difiere en que las secciones de carrocerías deben ser acopladas a pórticos como soportes para simular las condiciones de rigidez así como el centro de gravedad de las secciones faltantes.

Una vez ubicadas en su posición sobre la plataforma de volcamiento, se procederá a realizar el ensayo como si se tratara de una carrocería completa.

6.1.3.2 Ensayo de cargas Cuasi-estáticas

6.1.3.2.1 Desarrollo del procedimiento para realizar el ensayo de cargas cuasi-estáticas

1. Ingresar la sección de carrocería al laboratorio.
2. Fabricar una representación del espacio de supervivencia con la ayuda de planchas de acero y montarla en la sección de carrocería evitando que esta se convierta en un refuerzo estructural para la sección.
3. Verificar el estado de las conexiones hidráulicas.
4. Verificar el estado de la bomba, válvulas y cilindros.
5. Setear la presión de la bomba en 50 bar.
6. La válvula estranguladora esté cerrada completamente.

7. Encender la bomba.
8. Controlar la presión de los manómetros debería estar en 50 bar.
9. Abrir la válvula estranguladora a $\frac{3}{4}$ de su capacidad.
10. Controlar la presión de los manómetros.
11. Energizar el sistema.
12. Pulsar el botón para seleccionar el ensayo de cargas cuasi-estáticas.
13. Llevar a la sección de carrocería hacia la zona donde se realizará el ensayo de cargas cuasi-estáticas.
14. Acoplar los soportes para la sección de carrocería a esta y anclarla firmemente al suelo.
15. Encender las cámaras de alta velocidad y enfocar correctamente buscando ubicar la mejor posición para documentar las deformaciones ocurridas a cada intervalo de carga.
16. Pulsar el botón de avance.
17. Incrementar gradualmente la presión del sistema y durante cada intervalo documentar el avance de las deformaciones por medio de las cámaras de alta velocidad.
18. Controlar visualmente el ensayo hasta que la carga aplicada provoque la deformación última que es cuando alguno de los elementos de la sección de carrocería.
19. Pulsar el botón de Paro.
20. Pulsar el botón de retroceso.
21. Apagar las cámaras de alta velocidad y retirarlas del área de ensayo.
22. Sacar la sección de carrocería.

23. Desenergizar el tablero de control.

24. Apagar la bomba.

25. Mediante los resultados obtenidos en el ensayo calcular la energía absorbida por la sección de carrocería.

26. Comparar la energía absorbida calculada con la energía mínima que la carrocería puede absorber según los datos entregados por el fabricante.

27. Para que la carrocería apruebe el ensayo, la energía absorbida por la sección de carrocería debe ser menor o igual al valor de energía mínima teórica que la carrocería puede absorber.

6.1.3.2.2 Desarrollo de hojas de control y comparación de las deformaciones permitidas en la carrocería

Debe registrar la construcción de las secciones de carrocería necesarias para el ensayo así como la evaluación individual de cada una de ellas.

Todos los datos y las informaciones requeridas para la identificación del vehículo, la prueba del vehículo, el ensayo en sí y el personal responsable del ensayo y dicha evaluación.

Revisar el formato en el anexo 9.

6.1.3.3 Cálculo de cargas Cuasi-estáticas

6.1.3.3.1 Desarrollo del proceso de simulación de cargas para la carrocería

1. Pre-procesamiento:

- a. Calcular la superestructura equivalente para la carrocería que se está analizando.
- b. Generar el modelo tridimensional de la superestructura en el programa CAD.

- c. Exportar la geometría del modelo de carrocería del programa CAD al programa de análisis numérico.
- d. Para ingresar la carga al modelo computacional se debe calcular la dirección que esta tendrá, de acuerdo con la ecuación 2.5 especificada en el capítulo 3.
- e. Con el ángulo obtenido se descompondrán las cargas en dos componentes que se aplicarán al modelo.
- f. Dar propiedades físicas a los materiales y juntas del modelo.
- g. Simular las condiciones iniciales mediante restricciones de movimiento, indicando al programa los grados de libertad de la estructura para provocar las deformaciones.
- h. Cargar la superestructura con las componentes de la fuerza a lo largo de todo el cantrail.

2. Procesamiento

- a. Incrementar la fuerza a intervalos discretos equivalentes hasta que las deformaciones invadan el espacio de supervivencia.

3. Post-procesamiento

- a. Tomar simultáneamente los datos de deformación para cada intervalo de carga.
4. Calcular con los datos tomados durante el ensayo la energía absorbida.
 5. Comparar la energía absorbida durante el ensayo con la energía total.
 6. Para que la carrocería apruebe el ensayo, la energía absorbida debe ser menor o igual al valor de energía total.

6.1.3.3.2 Desarrollo de hojas de control y comparación de las deformaciones permitidas en la carrocería

Por tratarse de una simulación por computadora, esta hoja de control debe registrar todos los cálculos necesarios para la generación del modelo en el programa CAD, así como las condiciones iniciales referentes al material y restricciones asumidas en el programa de elementos finitos.

Es importante que se registren las zonas plásticas y las zonas plásticas tipo bisagra con su posición geométrica en la carrocería.

Todos los datos y las informaciones requeridas para la identificación del vehículo, la prueba del vehículo, el ensayo en sí y el personal responsable del ensayo y dicha evaluación.

Revisar el formato en el anexo 9.

6.1.4.4 Simulación de ensayo de volcamiento con un modelo computacional

6.1.4.4.1 Desarrollo del proceso de simulación del ensayo de volcamiento para la carrocería

1. Pre-procesamiento:

- a. Calcular la superestructura equivalente para la carrocería que se está analizando.
- b. Generar el modelo tridimensional de la superestructura en el programa CAD.
- c. Exportar la geometría del modelo de carrocería del programa CAD al programa de análisis numérico.
- d. Dar propiedades físicas a los materiales y juntas del modelo.
- e. Agregar velocidad angular al conjunto bancada de volcamiento-carrocería respecto a un eje fijo.

- f. Simular las condiciones iniciales de contacto añadiendo restricciones de movimiento de tal manera que el ensayo comience al momento del primer contacto con el plano horizontal del suelo.

2. Procesamiento

- a. Hacer que el programa genere el modelo matemático y lo resuelva.
- b. El tiempo en que el programa resuelva el modelo dependerá de la complejidad de la superestructura y de la capacidad del procesador.

3. Post-procesamiento

4. Verificar si el espacio de supervivencia ha sido invadido o no por alguno de los elementos de la superestructura.
5. Para que la carrocería apruebe el ensayo, se debe garantizar que el espacio de supervivencia no ha sido invadido.

6.1.4.4.2 Desarrollo de hojas de control y comparación de las deformaciones permitidas en la carrocería

Por tratarse de una simulación por computadora, esta hoja de control debe registrar todos los cálculos necesarios para la generación del modelo en el programa CAD, así como las condiciones iniciales referentes al material y restricciones asumidas en el programa de elementos finitos.

Las deformaciones deben ser tabuladas y ubicadas en la superestructura mediante la superposición del perfil del vehículo deformado sobre el perfil no deformado.

Todos los datos y las informaciones requeridas para la identificación del vehículo, la prueba del vehículo, el ensayo en sí y el personal responsable del ensayo y dicha evaluación.

Revisar el formato en el anexo 9.

6.2 PROCEDIMIENTO PARA CERTIFICACIÓN DE VIDRIOS DE SEGURIDAD

Requisitos previos

Previo la realización de los ensayos de certificación de vidrios de seguridad, se debe tener en cuenta el procedimiento de muestreo indicado en la Norma INEN 1721, que se resume en los siguientes aspectos:

Tabla 6.1.- Tamaños del lote y de la muestra

| TAMAÑO DEL LOTE | | NUMERO DE MUESTRAS | |
|-----------------|-------|-----------------------|--------------------|
| | | ENSAYO NO DESTRUCTIVO | ENSAYO DESTRUCTIVO |
| HASTA | 25 | 2 | 1 |
| 26 | 50 | 3 | 2 |
| 51 | 150 | 5 | 3 |
| 151 | 500 | 8 | 5 |
| 501 | 3200 | 13 | 8 |
| 3201 | 35000 | 20 | 13 |

- Las unidades de muestreo no deben alterarse hasta el momento del ensayo.
- Las muestras deben tomarse de la bodega de productos terminados del fabricante, para productos nacionales o de las bodegas de aduana para productos de importación.
- Este método es de aplicación al muestreo para inspección y ensayos antes de la aceptación o rechazo de partidas individuales (consignaciones) en caso de que no se disponga de la información necesaria respecto al control de calidad o de ensayos durante el proceso de fabricación para asistir a la evaluación de calidad de la partida.
- También se usa como método de adjudicación en caso de litigio.
- El muestreo para aceptación o rechazo se determinará de común acuerdo entre fabricante y comparador.

Etiquetado y embalaje

Cada vidrio de seguridad debe llevar marcado con caracteres indelebles en un lugar visible lo siguiente:

1. razón social del fabricante y marca comercial,
2. denominación del producto, clase y tipo de vidrio.
3. identificación del lote de producción
4. espesor
5. norma INEN de referencia,
6. dirección del fabricante, ciudad y país,
7. las demás especificaciones exigidas por ley.

Los vidrios de seguridad deben embalsarse en forma adecuada, de manera que no sufran deterioros durante el almacenamiento, manipulación y transporte.

6.2.1 DESARROLLO DE LAS HOJAS DE INGRESO DE VIDRIOS DE SEGURIDAD CON LOS ENSAYOS QUE SE LES VA A REALIZAR DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE TEMPLADO O LAMINADO

Para la ejecución de cada uno de los ensayos de vidrios de seguridad se debe tener en cuenta que siempre se llevará un registro de las actividades que se realizarán, empezando desde el muestreo hasta la certificación de un lote de vidrios, para que estos puedan ser empleados en los automotores.

Se propone modelos de hojas de laboratorio para:

- Muestreo de vidrios
- Toma de datos en el ensayo
- Informe de datos
- Certificación para cada ensayo
- Certificación de lote para vidrios de seguridad según NTE INEN 1669

Certificación

Para efectos de certificación se debe indicar y adjuntar lo siguiente:

1. Lugar y fecha del ensayo
2. Empresa o beneficiario del certificado
3. Tipo y número de ensayo empleado
4. Hojas de datos e informes de cada muestra ensayada.
5. Firmas de aval por parte del inspector y del Jefe de laboratorio.

Las hojas de certificación para cada ensayo será del mismo modelo, solo variará en el título del certificado. Con propósitos de optimizar el presente proyecto solo se desarrollará la hoja de certificado del ensayo de Fragmentación según NTE INEN 1722.

Los modelos de hojas de muestreo y certificación de lote de vidrios de seguridad según NTE INEN 1669 se encuentran en el anexo 9.

6.2.2 ENSAYO DE FRAGMENTACIÓN NORMA INEN 1722

Preparación de la muestra

El fabricante someterá al laboratorio, para cada categoría de espesor definido en 5.13.2, y uno o más grupos de muestras representativas de los tipos de vidrio definidos en 3.2.3 de NTE INEN 1669 seleccionados de entre los tipos de vidrios que el fabricante produce al momento.

- Los vidrios a ensayarse son ocho probetas de 300mm x 300mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción.
- Se deberá considerar únicamente las líneas más oscuras que se produzcan a la finalización del ensayo, y el inspector encargado de la elaboración del ensayo retendrá las fotos del ensayo para archivo del laboratorio.
- Los puntos de impacto serán seleccionados como se indica a continuación.

Para parabrisas de vidrio templado.

“Puntos 1 y 1’

En la parte central de la zona AA de acuerdo con el numeral 4.4.1 de la Norma INEN 1669, en las áreas de tensión alta y baja; uno de estos puntos estará situado en un área de alta tensión, la otra en un Área adyacente de menos tensión y tan cerca como sea posible al centro de la zona AA

Se localizaran previamente los puntos 1 y 1', geométricamente y con un polariscopio.

Punto 2

En la zona A, de acuerdo con el numeral 4.4.2 de la Norma INEN 1669, tan cerca como sea posible al plano vertical de simetría de la zona AA.

Puntos 3 y 3'

Considerar 30 mm desde el borde de un medio de la muestra; donde hay una marca de tenazas; uno de los puntos de impacto debe estar cerca del borde que lleva la marca de tenazas y el otro cerca del borde opuesto.

Punto 4

En la posición de curvatura máxima del medio más largo.

Punto 5

Considerar 30 mm desde el borde de la muestra en la posición en que el radio de curvatura del borde del vidrio es más pequeño, ya sea a la izquierda o a la derecha.

Punto 6

En la mediana más larga en la zona AA, tan cerca como sea posible en la zona A, y en el lado opuesto al punto 4.

El punto 6 será previamente localizado, geoméricamente, y con un polariscopio.

Los rectángulos indicados en las figuras 6.1. (a) y 6.1. (b) corresponden a la zona de mayor visibilidad.

Figura 6.1. Puntos prescritos de impacto para parabrisas.

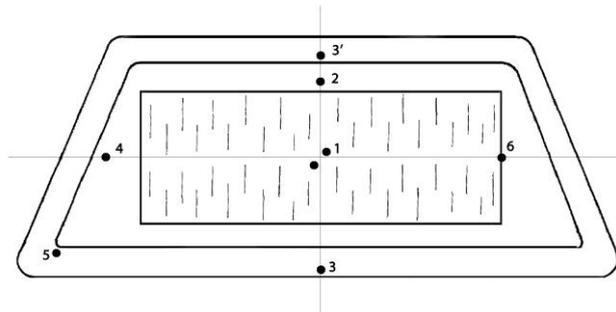


Figura 6.1.(a)

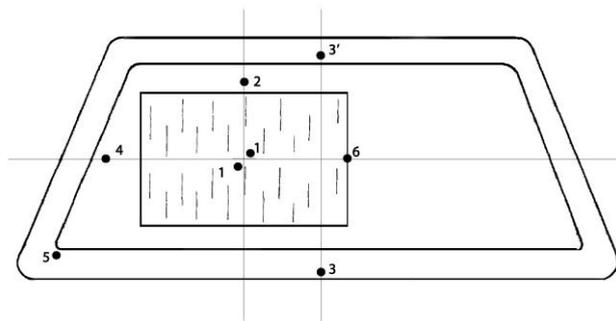


Figura 6.1.(b)

Ventanas de vidrio templado, aparte de los parabrisas

Para las ventanas laterales fijas y móviles los puntos de impacto serán seleccionados como se indica a continuación.

Punto 1

Considerar 30 mm desde los bordes del vidrio, en la parte donde el radio de curvatura del contorno es más pequeño.

Punto 2

Considerar 100 mm desde el borde de una de las medianas, seleccionando el lado del vidrio que lleve las marcas de tenazas si hay alguna.

Punto 3

En el centro geométrico del vidrio.

Punto 4

Este punto se aplica solamente al vidrio curvado y será seleccionado en la mediana más larga en la parte del vidrio donde el radio de curvatura es más pequeño.

Las figuras 6.2.(a), 6.2.(b) y 6.2.(c) indican los puntos prescritos de impacto para los vidrios laterales y posteriores (en relación con el ensayo de fragmentación).

Figura 6.2. Puntos prescritos de impacto para vidrios laterales y posteriores.

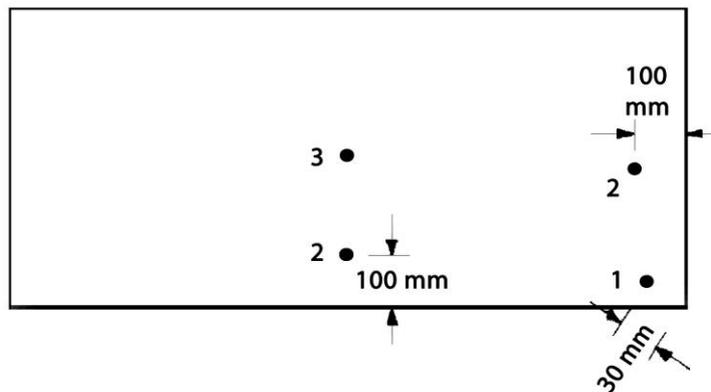


Figura 6.2.(a) Panel de vidrio plano

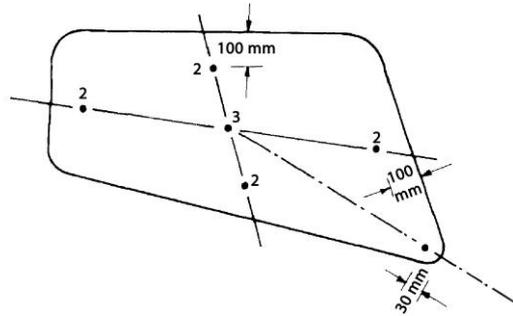


Figura 6.2. (b) Panel de vidrio plano

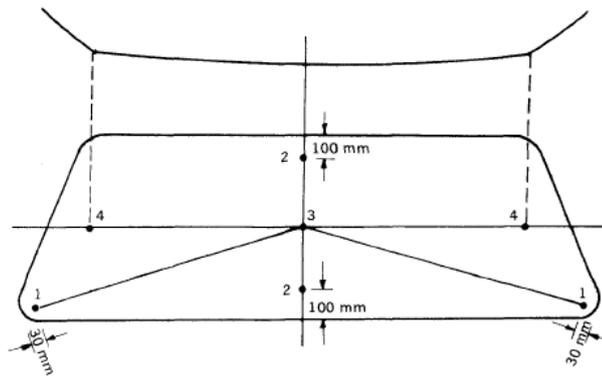


Figura 6.2. (c) Panel de vidrio curvado

6.2.2.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar la muestra en la que se realizará el correspondiente ensayo, primeramente se deben identificar los puntos en los cuales se efectuará la fragmentación del vidrio, de acuerdo a la ubicación que tenga el vidrio de seguridad.
2. Colocar papel fotográfico de contacto a la probeta en la cual se va a realizar el ensayo.

3. Colocar la probeta de ensayo sobre una mesa hueca en la cual pueda dar un buen claro de luz y esta no tenga contacto con los puntos de impacto.
4. Golpear con el martillo de 75g. en cada punto descrito para cada tipo de vidrio templado
5. Realizar un examen de los fragmentos en papel fotográfico de contacto, iniciando la exposición dentro de los 10 segundos luego del impacto y terminando máximo en 3 minutos después del impacto.

Las hojas de registro de datos para la ejecución de este ensayo se encuentran en el anexo 9.

6.2.2.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Previo al cumplimiento de los requisitos el inspector deberá considerar lo siguiente:

- Para propósito del contaje, las partículas contadas por los lados de un cuadrado se contarán como una mitad.
- La fragmentación no debe ser controlada en una tira de 20 mm de ancho alrededor del borde de las muestras, que representan el marco del vidrio o dentro de un radio de 75 mm alrededor del punto de impacto.

Los parabrisas o ventanas laterales de vidrio templado, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1722 deben cumplir con lo siguiente:

Parabrisas de vidrio templado

Zona C o D

Tabla 6.2.- Condiciones para el vidrio templado zona CoD.

| Zona C o D | | |
|---|--|------------------|
| Número de partículas en zona de 50mm x 50 mm | de 50 a 300 | Aceptable |
| | de 40 a 350 | Aceptable |
| Área de partículas | hasta 300 mm ² | Aceptable |
| | mayores a 300 mm ² solo en las áreas delimitadas que no se deben controlar | Aceptable |
| | hasta 500 mm ² 4 partículas de la 8 probetas máximo 2 partículas por probeta | Aceptable |
| Forma de la partícula | hasta 60 mm de longitud que no sea puntiaguda no forme ángulo mayor de 45° con los extremos si es al borde del vidrio | Aceptable |
| | hasta 100 mm de longitud total de 7 partículas por probeta | Aceptable |

- Si se obtiene un conteo menor a 40, se puede hacer un nuevo ensayo en un cuadrado de 100 mm de lado que comprenda el primero de 50 mm x 50 mm de Área. En casos en que tales cuadrados crucen los límites de las Áreas excluidas o de otras zonas del parabrisas, el conteo se hará en un rectángulo de área equivalente. El conteo de partículas no debe ser menor a 160.

Zona AA.

Tabla 6.3.- Condiciones para el vidrio templado zona AA.

| Zona AA | | |
|--|---|------------------|
| Área de vidrio fragmentado con partículas mayores a 300 mm² en zona de visibilidad (500mm x 200mm) | mayor al 15% | Aceptable |
| | mayor al 10% máximo en 2 probetas del grupo de 8 a ensayarse | Aceptable |
| Área de partículas | no mayor de 1600 mm ² excepto inmediatamente alrededor del punto de impacto | Aceptable |
| | hasta 2500 mm ² no más de 8 partículas por probeta no debe ocurrir en la zona de visibilidad (200mm x 500mm) | Aceptable |
| | hasta 2500 mm ² 3 partículas por probeta en un radio de 100 mm alrededor del punto de impacto | Aceptable |
| Forma de partícula | de forma regular y libre de puntas | Aceptable |
| | máximo 10 partículas por probeta que sean irregulares para cualquier área comprendida en la zona de visibilidad | Aceptable |
| | a consideración del inspector: unos pocos fragmentos de forma alargada no mayores de 75 mm | Aceptable |
| | fragmentos mayores de 75 mm y hasta 150 mm no más de 4 fragmentos en la zona visible | Aceptable |

- En el caso de parabrisas propuestos para uso en ángulos de inclinación de menos de 30° a la vertical, el área agregada de partículas de más de 200 mm² debe representar no menos del 10% del área del rectángulo evaluado.

Zona A

Las características de fragmentación permanecerán entre aquellas indicadas para las zonas C o D y AA.

Ventanas de vidrio templado, aparte de los parabrisas

Tabla 6.4.- Condiciones para el vidrio templado no parabrisas todas las zonas.

| VIDRIOS TEMPLADOS LATERALES TODAS LAS ZONAS | | |
|--|---|------------------|
| Número de partículas | de 50 a 300 | Aceptable |
| | de 40 a 350 | Aceptable |
| | para espesores inferiores de 4 mm inclusive, hasta 400 | Aceptable |
| Área de partículas | hasta 300 mm ² | Aceptable |
| | mayores a 300 mm ² solo en las áreas delimitadas que no se deben controlar | Aceptable |
| | hasta 500 mm ² 4 partículas de la 8 probetas máximo 2 partículas por probeta | Aceptable |
| Forma de la partícula | hasta 60 mm de longitud que no sea puntiaguda no forme ángulo mayor de 45° con los extremos si es al borde del vidrio | Aceptable |
| | hasta 100 mm de longitud total de 7 partículas por probeta | Aceptable |

Para que un lote de vidrios sea aprobado en su ensayo a la fragmentación debe cumplir lo siguiente:

- Todos los ensayos llevados a cabo usando los puntos de impacto prescritos el procedimiento del presente proyecto dan resultado positivo.
 - Un ensayo entre aquellos llevados a cabo, usando los puntos de impacto prescritos da un resultado negativo, pero dicho ensayo, repetido en el mismo punto de impacto, da luego resultado positivo.
 - Dos ensayos entre aquellos llevados a cabo, usando los puntos de impacto prescritos han dado un resultado negativo, y una serie posterior de ensayos llevados a cabo en un nuevo grupo de muestras no da ningún resultado negativo.
 - Pueden permitirse ligeras desviaciones con relación a la fragmentación, siempre que ellas se mencionen en el reporte de ensayo y que se adjunte al reporte una fotografía de las partes respectivas del parabrisas, luego de la fragmentación. Para describir las ligeras desviaciones que pueden permitirse, se usaran las definiciones que se dan a continuación:
- **Partícula útil.** Es cualquier partícula, sin consideración de forma, que tenga un área igual o mayor a 300 mm².
 - **Partícula alargada.** Es una partícula más larga de 60 mm, en la cual la longitud no es menor a 4 veces el ancho.
 - **Partícula puntiaguda.** Es una partícula en la cual dos lados forman una punta, incluyendo un ángulo de 40° o menos, que se proyecte 10 mm o más desde el cuerpo principal de la partícula.

Las partículas pueden ser descritas en forma variada, como en forma de gancho, desiguales o agudas, pero el criterio adicional usado en la evaluación de las partículas es en cuanto a si los bordes son afilados. Los bordes afilados no son aceptados y no ocurrirán si el proceso de templado ha sido controlado en forma apropiada.

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

1. Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,
2. ensayo efectuado y método empleado,
3. resultado de ensayo,
4. condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra,
5. fecha de ensayo,
6. nombre y firma de responsabilidad de la persona que realizó el ensayo y jefe de laboratorio.

Conforme a las condiciones dadas, las hojas de Informe y certificado serán las indicadas en el anexo 9.

6.2.3 ENSAYO DE IMPACTO CON ESFERA DE ACERO NORMA INEN 1723

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 300 x 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, pudiendo ser hasta un vidrio de seguridad completo.

- La altura de la caída será medida desde la parte inferior de la esfera a la superficie superior de la probeta o muestra de ensayo.
- La esfera se dejará caer sin que se le dé ningún impulso a la misma.

6.2.3.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar la muestra de ensayo y colocarla sobre el soporte.

2. Colocar la esfera correspondiente a la muestra a ensayarse en el recipiente especificado en el capítulo 4 del presente proyecto.
3. Colocar el recipiente en el soporte telescópico para que este sea ubicado a la altura necesaria para el ensayo de acuerdo al espesor de la muestra.
4. Dejar caer la esfera de acero desde una altura específica para cada tipo de vidrio, como se indica a continuación.

Tabla 6.5.- Parámetros para impacto de esfera parabrisas.

| Parabrisas | | | |
|-------------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| Tipo | Altura | Tolerancia | Peso de esfera |
| Templado | 2 m | 5 mm | 227 g +/- 2 g |
| Laminado | 4 m | 8 mm | 2,26 kg +/- 20 g |

Vidrios de seguridad aparte de los parabrisas

Tabla 6.6.- Parámetros para impacto de esfera vidrio templado.

| Vidrio templado | | | |
|---------------------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| Espesores | Altura | Tolerancia | Peso de esfera |
| menor a 3,5 mm | 2 m | 5 mm | 227 g +/- 2 g |
| de 3,5 mm a 6,5 mm | 2,5 m | 5 mm | 227 g +/- 2 g |
| mayores a 6,5 mm | 2,5 m | 5 mm | 227 g +/- 2 g |

Tabla 6.7.- Parámetros para impacto de esfera vidrio laminado.

| Vidrio laminado | | | |
|---------------------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| Espesores | Altura | Tolerancia | Peso de esfera |
| menor a 5,5 mm | 5 m | 25 mm | 227 g +/- 2 g |
| de 5,5 mm a 6,5 mm | 6 m | 25 mm | 227 g +/- 2 g |
| mayores a 6,5 mm | 7 m | 25 mm | 227 g +/- 2 g |

6.2.3.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Los parabrisas delanteros y posteriores, ventanas laterales fijas y móviles de vidrio laminado y templado, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1723 deben cumplir con lo siguiente:

- La esfera de acero debe caer dentro de un círculo de 25 mm de radio medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.

Parabrisas y vidrio templado

Tabla 6.8.- Requisitos para aprobación de parabrisas y vidrio templado.

| Vidrio templado | | |
|-------------------|--|------------------|
| Rotura de muestra | ninguna muestra se rompe | Aceptable |
| | solo se rompe una muestra | Aceptable |
| | si se rompe dos muestras se repite el ensayo con cuatro probetas ninguna muestra posterior se romperá | Aceptable |

Parabrisas de vidrio laminado ordinario

Tabla 6.9.- Requisitos para aprobación de parabrisas y vidrio laminado.

| Vidrio laminado | | |
|-------------------|--|------------------|
| Rotura de muestra | no se rompe luego de 5 segundos de producido el impacto | Aceptable |
| | ninguna muestra se rompe | Aceptable |
| | si se rompe más de una muestra se repite el ensayo con cuatro probetas ninguna muestra posterior se romperá | Aceptable |

- En los vidrios laminados aparte de los parabrisas si la masa total de los pocos fragmentos que pueden producirse en el lado opuesto al punto de impacto no excede de 15 g. se puede considerar aceptable.

Informe de resultados

Como informe final debe indicarse lo siguiente:

1. Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación
2. Ensayo efectuado y método aplicado
3. Resultado del ensayo
4. Condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra
5. Fecha de ensayo
6. Nombre de la persona que realizo el ensayo

6.2.4 ENSAYO DE COMPORTAMIENTO BAJO IMPACTO DE LA CABEZA NORMA INEN 1724

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 300 x 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, pudiendo ser hasta un parabrisas completo.

- La altura de la caída será medida desde la parte inferior de la esfera a la superficie superior de la probeta o muestra de ensayo.
- El maniquí será liberado sin que se le dé ningún impulso.

6.2.4.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar la muestra y colocarla en el soporte
Lanzar el maniquí por medio del cable de acero y asegurarlo al llegar a la altura correspondiente para cada vidrio de seguridad, indicada a continuación.

Tabla 6.10.- Altura para lanzamiento de maniquí.

| Parabrisas | | |
|-------------------|---------------|-------------------|
| Tipo | Altura | Tolerancia |
| Templado | 1,5 m | 5 mm |
| Laminado | 1,5 m | 5mm |

2. Liberar el cable de acero y tomar datos.

6.2.4.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Comportamiento bajo impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí). Los parabrisas de vidrio laminado y templado, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1724, deben cumplir con lo siguiente:

Parabrisas de vidrio templado

Tabla 6.11.- Requisitos para aprobación de parabrisas de vidrio templado.

| Vidrio templado | | |
|--------------------------|---|------------------|
| Rotura de muestra | se rompe la muestra | Aceptable |
| | si no se rompe una muestras se repite el ensayo con cuatro probetas todas las muestras posteriores se romperán | Aceptable |

Parabrisas de vidrio laminado ordinario

Tabla 6.12.- Requisitos para aprobación de parabrisas de vidrio laminado.

| Vidrio laminado | | |
|--------------------------|---|------------------|
| Rotura de muestra | la muestra se fractura en numerosas rajaduras circulares la más cercana se debe encontrar máximo a 80 mm | Aceptable |
| | los fragmentos de vidrio se adhieren a la intercapa unos pocos se han despegado en un círculo de 60 mm | Aceptable |
| | en el lado de impacto no puede estar más de 200 mm ² de intercapa | Aceptable |
| | en el lado de impacto la masa total de los fragmentos no más de 20 g. | Aceptable |
| | en el lado de impacto máximo una rajadura de 30 mm | Aceptable |
| | máximo 2 rajaduras combinadas de 45 mm ninguna mayor de 30 mm | Aceptable |
| | si no se rompe una muestras se repite el ensayo con cuatro probetas todas las muestras posteriores se romperán | Aceptable |

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

2. Tipo y número de la muestra o cualquier otra identificación,
3. ensayo efectuado y método aplicado,
4. resultado de ensayo,
5. condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra,
6. fecha de ensayo,
7. nombre de la persona que realizó el ensayo.

6.2.5 ENSAYO DE IMPACTO CON DARDO NORMA INEN 1725

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 300 x 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción pudiendo ser hasta un vidrio de seguridad completo.

- El dardo se dejara caer sin que se le dé ningún impulso al mismo.
- La altura de caída será medida desde la parte inferior del dardo a la superficie superior de la muestra y será de 9 m.

6.2.5.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar la muestra de ensayo y colocarla sobre el soporte.
2. Colocar el dardo en el recipiente especificado en el capítulo 4 del presente proyecto.
3. Colocar el recipiente en el soporte telescópico para que este sea ubicado a 9 metros de altura para el ensayo de la muestra.
4. Retirar la tapa del recipiente y dejar caer el dardo
5. Tomar datos y evaluar.

6.2.5.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Resistencia al impacto con dardo. Los vidrios de seguridad laminados, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1725, deben cumplir con lo siguiente:

El dardo de acero debe caer dentro de un círculo de 25 mm de radios medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.

Tabla 6.13.- Requisitos para aprobación de parabrisas de vidrio laminado.

| Vidrio laminado | | |
|--|---|------------------|
| Rotura de la muestra | el dardo no debe atravesar por completo la probeta | Aceptable |
| | la probeta no debe romperse en piezas grandes separadas | Aceptable |
| Perdida de adherencia con intercapa | los fragmentos de vidrio no se pueden separar de la intercapa excepto en un radio de 25 mm del punto de impacto | Aceptable |
| | ninguna pérdida de adherencia con la intercapa en distancia mayor a 37 mm de una grieta | Aceptable |
| | fragmentos que se despeguen de la intercapa superficie opuesta al punto de impacto | Aceptable |

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

1. tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,
2. ensayo efectuado y método aplicado,
3. resultado del ensayo,
4. condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra,
5. fecha de ensayo,
6. nombre de la persona que realizó el ensayo.

6.2.6 ENSAYO DE ALTA TEMPERATURA NORMA INEN 1726

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 100 x 100 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, o probetas de ensayo de 100 x 100 mm cortadas de manera que uno de los lados este limitado por cualquiera de los bordes del producto terminado.

6.2.6.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar las muestras a ser ensayadas y encender el calentador de agua y el mezclador hasta estabilizar el agua a una temperatura de 66° C.
2. Las probetas o muestras de ensayo se sumergirán en posición vertical por 3 minutos en agua aproximadamente a 66° C.
3. Inmediatamente llevar el agua a ebullición y mantener las probetas en estas condiciones por el tiempo de 2 horas.
4. Retirar las probetas o muestras y verificar que estas no tengan ningún tipo de perturbación o defecto.
5. Si el vidrio de seguridad se agrieta hasta tal punto que no puede llegarse a una conclusión definitiva, repetir el ensayo usando otras probetas o muestras.

6.2.6.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Los vidrios de seguridad laminados, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1726, deben cumplir con lo siguiente:

Tabla 6.14.- Requisitos para aprobación de parabrisas de vidrio laminado.

| Vidrio laminado | | |
|------------------------|---|------------------|
| Defectos | no se forman burbujas o defectos dentro de 13 mm desde los bordes o cualquier rajadura | Aceptable |
| | burbujas o defectos dentro de 25 mm desde el borde externo si la probeta ha sido cortada de un parabrisas | Aceptable |
| | burbujas o defectos dentro de 13 mm desde el borde externo si la probeta ha sido cortada del interior de un parabrisas | Aceptable |
| Aprobación | una probeta no cumple un nuevo grupo de cuatro probetas no falla | Aceptable |

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

1. tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,

2. ensayo efectuado y método aplicado,
3. resultado del ensayo,
4. condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra,
5. fecha de ensayo,
6. nombre de la persona que realizó el ensayo.

6.2.7 ENSAYO DE TRANSMISIÓN LUMINOSA NORMA INEN 1727

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 50 mm x 50 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, pudiendo ser hasta un vidrio de seguridad completo.

- El índice regular de transmisión para los parabrisas se medirá en la zona situada bajo un plano horizontal P, determinado en la forma indicada a continuación:
 - Suponiéndose que el parabrisas esté en la posición de uso en el vehículo, se determinará la intersección AB del mismo, con el plano longitudinal medio del vehículo; A es el punto más alto de la intersección. Se trazará el segmento AB, y en este segmento se determinará el punto K) de modo que $AK = 0,1 AB$ (ver figura 6.3).
- El plano P será el plano horizontal que pasa a través del punto K.
- La transmitancia regular debe ser medida sobre el vidrio de seguridad y, para cada punto medido, debe leerse el porcentaje de transmitancia n que aparece en el instrumento indicador.
- La transmitancia regular t es igual a $n/100$.

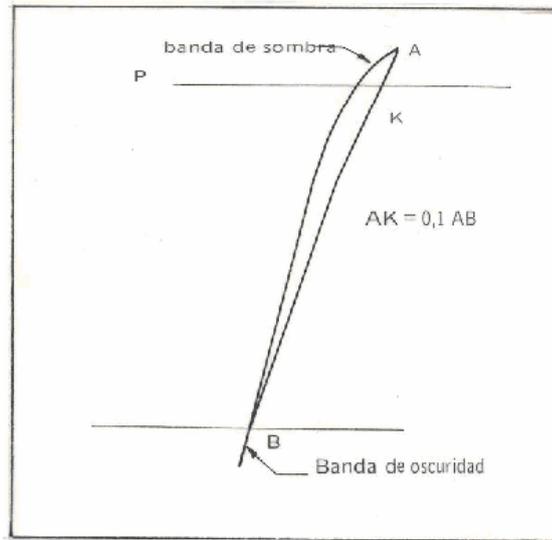


Figura 6.3. - Zona en la cual se mide el factor de transmisión regular de luz.

6.2.7.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Encerar el instrumento, es decir, éste debe marcar cero cuando no llega ningún rayo de luz al receptor.
2. Preparar la muestra e identificar el punto sobre la zona P previamente definida, en el cual se realizara el ensayo y la medición de la transmitancia.
3. Calibrar el instrumento previo a la ejecución del ensayo y la colocación de la probeta.
4. Colocar la probeta en el soporte del espectrofotómetro
5. Encender el espectrofotómetro y tomar datos.

6.2.7.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Los vidrios de seguridad laminados y templados, blancos o de color, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1727, deben cumplir con lo siguiente:

- La fragmentación no debe ser controlada en una tira de 20 mm de ancho alrededor del borde de las muestras, que representan el marco del vidrio o dentro de un radio de 75 mm alrededor del punto de impacto.
- El índice de transmisión de luz regular no será menor al 80% para parabrisas y todos los vidrios de seguridad, excepto para las bandas de obscurecimiento, sombreamiento y aplicaciones especiales.
- Se permitirá usar bandas para sombra con un índice de transmisión mínimo del 70%, siempre que estas no toquen la zona definida como zona de no control, y siempre y cuando las bandas se encuentren en la zona P.

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

1. La transmitancia regular t determinada en cualquier punto sobre el vidrio de seguridad, de acuerdo al ensayo efectuado y método aplicado,
2. tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,
3. resultado del ensayo,
4. condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra,
5. fecha de ensayo,
6. nombre de la persona que realizó el ensayo.

6.2.8 ENSAYO DE ESTABILIDAD LUMINOSA NORMA INEN 1728

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 50 x 50 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, pudiendo ser hasta un vidrio de seguridad.

- Previamente determinar la transmisión luminosa paralela a incidencia normal de acuerdo a la Norma INEN 1727.

6.2.8.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar las probetas a las cuales se realizaran el ensayo.
2. Exponer cada probeta durante 100 horas a una radiación ultravioleta colocando la probeta a una distancia de 230 mm de la fuente de radiación.
3. La Lámpara debe operarse con una tensión de 170 voltios a través del tubo con una corriente de 4 amperios.
4. Las probetas parcialmente protegidas de la radiación deben mantenerse dentro de los límites de temperatura de 38° C a 49° C a lo largo de todo el ensayo.
5. Someter nuevamente las probetas irradiadas a una medición de transmisión luminosa paralela a incidencia normal.
6. Anotar el resultado obtenido, comparar con el obtenido en el ensayo de la norma INEN 1727 y evaluar para que cumpla con lo establecido en los requisitos de aprobación.
7. Colocar dos recipientes con agua, el primero a una temperatura de 66° C, y el segundo con agua en ebullición, para efectos del cumplimiento de los mismos se debe hacer uso del calentador y mezclador de agua.
8. Continuar el ensayo para la probeta de vidrio de seguridad, introduciéndola en forma vertical en el recipiente que contiene agua a 66° C, por un periodo de 3 minutos.
9. Transferir rápidamente la probeta que va a ensayarse, al recipiente B que contiene agua en ebullición.
10. La probeta que va a ensayarse debe colocarse en forma vertical y mantenerse en las condiciones antes mencionadas por un periodo de 10 minutos.

11. Evaluar los resultados obtenidos.

6.2.8.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Los vidrios de seguridad laminados y templados, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1728, deben cumplir con lo siguiente:

- La transmisión paralela de la luz, determinada después de irradiar las probetas y someterlas a la variación de temperatura, no debe ser menor del 70% de la transmisión luminosa originalmente medida bajo norma INEN 1727.
- No deben desarrollarse burbujas u otros defectos en la parte irradiada de las probetas.

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

1. tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,
2. ensayo efectuado y método aplicado,
3. resultado del ensayo,
4. condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra,
5. fecha de ensayo,
6. nombre de la persona que realizó el ensayo.

6.2.9 ENSAYO DE DISTORSIÓN ÓPTICA NORMA INEN 1729

Método b

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro vidrios de seguridad completos para parabrisas delanteros y posteriores.

6.2.9.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar la muestra que va a ensayarse y colocarla en el soporte base.
2. Colocar el soporte base con el material que va a ensayarse a 4 m de la pantalla (ver figura 6.4), de modo que quede inclinado un Angulo que se aproxime lo más posible al que tendrá al ser montado en el vehículo (ángulo de uso).

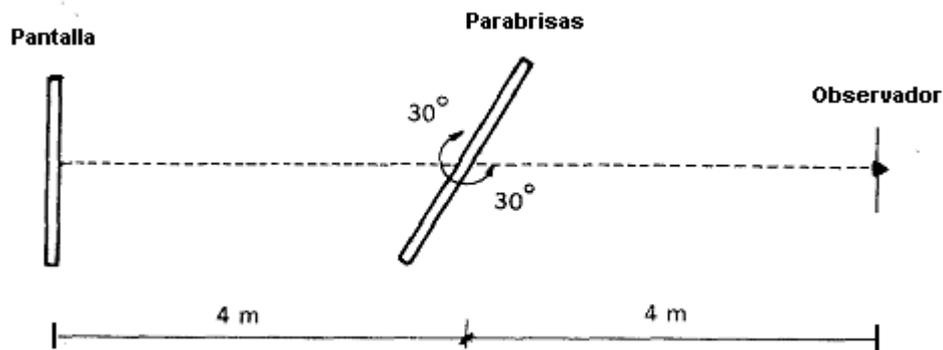


Figura 6.4.- Ubicación de soporte base y observador.

3. Colocar el observador a 4 m del parabrisas (ver figura 6.4)
4. Observar las posibles deformaciones de la pantalla a través de las zonas AA y A de los parabrisas y la zona B para parabrisas posteriores, al girar este 30° a cada lado con el plano horizontal.

6.2.9.2 Desarrollo de hojas de certificación

Criterios para la aprobación

Método B, Se considerará que los parabrisas son satisfactorios, desde el punto de vista de distorsión óptica, si no distorsionan las bandas de la pantalla.

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

1. Evaluación de la distorsión óptica del parabrisas
2. tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,
3. resultado del ensayo,
4. condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra,
5. fecha de ensayo,
6. nombre de la persona que realizó el ensayo.

6.2.10 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN NORMA INEN 1730

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas cuadradas planas de 100 mm de lado, que tenga ambas superficies sustancialmente planas y paralelas, y con un agujero de fijación de 6,3 mm de diámetro perforado en el centro, que han sido fabricadas en el proceso normal de producción.

Inmediatamente antes y después de la abrasión limpiar las probetas de ensayo de la siguiente manera:

- Limpiar con un paño de lino bajo agua limpia corriente.
- Lavar con agua destilada o desmineralizada.
- Secar con una corriente de oxígeno o nitrógeno.
- Retirar los posibles rastros de agua frotando suavemente con un paño húmedo de lino. Si es necesario, secar mediante una presión ligera entre dos paños de lino.
- Debe evitarse cualquier tratamiento con equipos ultrasónicos
- Después de la limpieza, las probetas de ensayo deben sujetarse solamente por sus bordes y deben ser almacenadas para impedir daño o contaminación de sus superficies.

- El ensayo de abrasión debe realizarse solamente sobre la superficie de la probeta de ensayo que represente la cara exterior del vidrio de seguridad montado en el vehículo.

6.2.10.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Acondicionar las probetas de ensayo antes del ensayo por un tiempo mínimo de 48 horas a 20 +/- 5° C y 60 +/- 20 % de humedad relativa.
2. Colocar la probeta por el agujero en el eje vertical
3. Colocar las ruedas abrasivas en los brazos tarados, de tal manera que queden en posición de contacto con la probeta de vidrio.
4. Encender el motor eléctrico de escobillas y regularlo a una velocidad promedio de 200 rpm.
5. Determinar que la probeta haya dado 1000 ciclos y luego 100 ciclos mas para prueba de abrasión sub superficial.
6. Colocar inmediatamente la probeta de ensayo luego de terminado el periodo de acondicionamiento contra el espectrofotómetro.
7. El ángulo entre la normal a la superficie de la probeta de ensayo y el eje del rayo de luz no debe exceder de 8°.

6.2.10.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Los vidrios de seguridad laminados y templados, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1730, deben cumplir con lo siguiente:

Se considerará que el vidrio de seguridad es satisfactorio desde el punto de vista de la resistencia a la abrasión, si la luz dispersa como un resultado de la abrasión de la probeta de ensayo no excede el 2%

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

1. restar la opacidad inicial promedio de la luz dispersa total promedio, siendo la diferencia la dispersión de luz que resulta de la abrasión de la probeta de ensayo,
2. la diferencia calculada para la abrasión superficial y la abrasión sub superficial,
3. tipo y número de muestra o cualquier otra identificación,
4. resultado del ensayo,
5. condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra,
6. fecha de ensayo,
7. nombre de la persona que realizó el ensayo.

6.2.11 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA HUMEDAD NORMA INEN 1731

Preparación de la muestra

El material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 300 x 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, pudiendo ser hasta un vidrio de seguridad completo.

- Estas condiciones de ensayo excluyen cualquier condensación en las probetas de ensayo.
- En el caso de que varias probetas de ensayo sean ensayadas al mismo tiempo, debe proveerse espaciado adecuado entre ellas.
- Deben tomarse precauciones para impedir que el condensado de las paredes y techo de la cámara de ensayo caigan sobre las probetas.
- Si las probetas de ensayo se cortan de parabrisas, uno de los bordes de la probeta debe ser parte del borde del parabrisas.

6.2.11.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar las muestras que van a ser ensayadas
2. Configurar las condiciones iniciales en la cámara termostatzada, en el cual la temperatura se mantiene a $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa a $95 \pm 4\%$
3. Mantener una o más probetas de ensayo de 300 x 300 mm, verticalmente, por dos semanas en la cámara termostatzada.
4. Evaluar los resultados obtenidos.

6.2.11.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Los vidrios de seguridad laminados y templados, cuando se ensayen de acuerdo a la Norma INEN 1731, deben cumplir con lo siguiente:

- Se considerará que el vidrio de seguridad es satisfactorio, desde el punto de vista de resistencia a la humedad, si no se observa un cambio significativo.
- Los cambios deben registrarse sobre el total de la probeta de ensayo, excepto dentro de los 10 mm de los bordes no cortados o dentro de los 15 mm de los bordes cortados.

Informe de resultados

Como resultado final debe indicarse lo siguiente:

1. la resistencia a la humedad debe evaluarse visualmente por referencia al cambio en la apariencia del vidrio de seguridad después del ensayo, como se indica a continuación:
 - a. Separación de los materiales,

- b. pérdida de transparencia.
2. Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación.
3. Ensayo efectuado y método aplicado.
4. Resultado del ensayo.
5. Condiciones de humedad y temperatura para la preparación de la muestra.
6. Fecha de ensayo.
7. Nombre de la persona que realizó el ensayo.

6.2.12 ENSAYO DE DEFECTOS VISUALES NORMA INEN 1669

Preparación de la muestra

Se tomarán productos terminados de bodega conforme los señala NTE INEN 1721.

Los defectos se clasifican por su tamaño de la siguiente forma:

- **Defectos superiores (S)** Comprendidos entre 4,6 y 6 mm
 - **Defectos mayores (M)** Comprendidos entre 2,6 y 4,5 mm
 - **Defectos intermedios (I)** Comprendidos entre 1,0 y 2,5 mm
 - **Defectos menores (m)** Comprendidos entre 0,3 y 0,9 mm
-
- En el caso de suciedades se considerara la longitud de las colas. Además, el cuerpo no debe ser mayor de 1 mm.
 - Equivalencia entre defectos. Para los fines de esta norma se considerarán las siguientes equivalencias entre defectos o grupos de defectos:
 - 1 defecto mayor (M) = 2 defectos intermedios (I) = 4 defectos menores (m) = 1 defecto intermedio + 2 defectos menores.
 - Los defectos superiores (S) no tendrán equivalencia.

- Para los fines de esta norma se considerarán, como defectos de un mismo tenor, las siguientes: burbujas, semillas y suciedades.

6.2.12.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

1. Preparar la muestra a ser evaluada
2. Inspeccionar visualmente la existencia de posibles defectos en todas las zonas descritas para los vidrios de seguridad en el Capítulo 2 sección 2.
3. Ingresar los datos y evaluar los posibles defectos para su posterior categorización.

6.2.12.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Los vidrios de seguridad deberán aprobar todos los requisitos de los defectos indicados, para que la evaluación resulte satisfactoria, caso contrario se deberá proceder a denegar el lote de muestra.

La cantidad y distribución de los defectos en las distintas zonas definidas para los vidrios de seguridad en el Capítulo 2 sección 2 se indican en la Tabla 6.15.

Tabla 6.15.- Defectos por zona

| Defectos por zona | | | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|------------------------|---|-------|
| Características | Tipo de defecto | AA | A | A' | B | C | D |
| Concentración por área 1.- (a) ≤45 dm ² 2.- 45 dm ² <(a)≤70 dm ² 3.- 70 dm ² <(a)≤100 dm ² | 1.- Burbujas 2.- Semillas 3.- Suciedad | NA | NA | NA | 3M | 1.- 0S, 3M 2.- 1S, 4M 3.- 2S, 5M | ASL |
| Distancia mínima entre defectos | Defectos superiores (S) | NA | NA | NA | NA | 300 mm | ASL |
| | Defectos mayores (M) | NA | NA | NA | 150 mm | 100 mm | ASL |
| | Defectos intermedios (I) | NA | NA | NA | 70 mm | 50 mm | ASL |
| | Defectos menores (m) | NA | NA | NA | 40 mm | 30 mm | ASL |
| | Inclusiones | NA | NA | NA | NA | 50 mm | 40 mm |
| | Raya capilar fina | 75 mm | 75 mm | ASL | ASL | ASL | ASL |
| | Raya capilar gruesa | 75 mm | 75 mm | 50 mm | 50 mm | ASL | ASL |
| | Raya fina | NA | 100 mm | 75 mm | 75 mm | 100 mm | ASL |
| | Raya mediana | NA | 100 mm | 75 mm | 75 mm | 100 mm | ASL |
| | Raya gruesa | NA | NA | 200 mm | 200 mm | 200 mm | ASL |
| | Incrustaciones | NA | 100 mm | 100 mm | 100 mm | 100 mm | 50 mm |
| Picaduras | NA | 100 mm | 100 mm | 100 mm | 100 mm | 50 mm | |
| Area afectada | Líneas y peine | NA | NA | NA | menor a 20% | menor a 20% | ASL |
| Distancia de visualización | Líneas y peine | NA | NA | NA | mayor igual que 150 mm | mayor igual que 200 mm | DP |
| | Marcas de rodillo | NA | NA | NA | mayor igual que 150 mm | mayor igual que 200 mm | DP |
| Tamaño máximo | Líneas y peine | NA | NA | NA | 80 mm | 80 mm | ASL |
| | Inclusiones (cuerpo) | NA | NA | NA | 0.2 mm | 0.2 mm | 3 mm |
| | Inclusiones (anillo) | NA | NA | NA | 2 mm | 2 mm | ASL |
| | Raya capilar fina | 150 mm | 150 mm | ASL | ASL | ASL | ASL |
| | Raya capilar gruesa | 50 mm | 50 mm | 150 mm | 150 mm | ASL | ASL |

Tabla 6.15.- Defectos por zona (continuación)

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------|
| | Raya fina | NA | 15 mm | 25 mm | 25 mm | 50 mm | ASL |
| | Raya mediana | NA | 6 mm | 6 mm | 6 mm | 6 mm | ASL |
| | Raya gruesa | NA | NA | 2 mm | 2 mm | 2 mm | ASL |
| | Incrustaciones | NA | 1 mm | 1 mm | 1 mm | 1 mm | 1 mm |
| | Picaduras | NA | 1 mm | 1 mm | 1 mm | 1 mm | 1 mm |
| Cantidad o concentración de defectos | Punto fino | 5 cada dm2 | 5 cada dm2 | 5 cada dm2 | 10 cada dm2 | 10 cada dm2 | ASL |
| | Inclusiones | NA | NA | NA | 1 | 2 | 3 |
| | Impresiones | NA | NA | NA | NA | NA | DP |
| | Cuerdas | NA | NA | NA | NA | NA | DP |
| | Raya gruesa | NA | NA | 2 | 2 | 2 | ASL |
| | Marcas de matriz | NA | NA | NA | NA | NA | ASL |
| | Marcas de pinza | NA | NA | NA | NA | NA | ASL |
| | Incrustaciones | NA | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Picaduras | NA | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | |

Notas para la tabla 6.15

- Los tamaños de las rayas y las separaciones entre ellas, que se indican en la Tabla, deben tomarse como Límites.
- En el caso de presentarse separaciones menores, debe aplicarse el siguiente criterio:

$$\frac{\text{Tamaño máximo} \times 2}{\text{Separación mínima}} = \text{Constante}$$

$$\frac{\text{Suma tamaño de las 2 rayas consideradas}}{\text{Separación}} = \text{Constante}$$

- No se admitirán rayas de mayor tamaño que las indicadas, cualquiera sea su separación.

- La cantidad total de rayas que se presente por zona de concentración de defectos, no debe superar el límite que implícitamente se indica en la Tabla.
- Se sugiere, siempre que sea posible, lograr un acuerdo para defectos no mencionados y el retrabajado de defectos superficiales, teniendo en cuenta que sus efectos no deben introducir distorsiones de mayor grado que las aceptables por norma.
- En el caso de disparidad de criterios en la interpretación de los tipos de rayas, se considerará como tal la de mayor intensidad.

Tipos de borde. (Según Figura 6.5). Serán determinados en cada pieza en particular.

- **Borde redondeado expuesto**, Radio de curvatura: 0,75 a 1 mm del espesor del vidrio.
- **Borde redondeado deslizante**. Radio de curvatura: 0,75 a 1 mm del espesor del vidrio.
- **Acabado**. Esmerilado fino de toda la superficie del borde.
- **Imperfecciones**: Se permitirán imperfecciones ocasionales, tales como áreas con brillo o discontinuidades, siempre y cuando afecten al deslizamiento o al material de la colisa.
- **Borde biselado enmarcado**, Corresponde a un bisel a 45° de superficie de la pieza, y cuyo ancho sea de 0,75 a 1,5 mm de cada lado y todo a lo largo del borde. La superficie del borde comprendida entre biseles permanecerá con el acabado natural derivado del corte.
- **Borde plano enmarcado**. Corresponde al eliminado del borde en toda el área. Se permitirán imperfecciones que no afecten al aspecto de la pieza ya montada ni a la operación de montaje de la misma.

Cualquier otro tipo de borde será establecido por acuerdo entre comprador y fabricante.

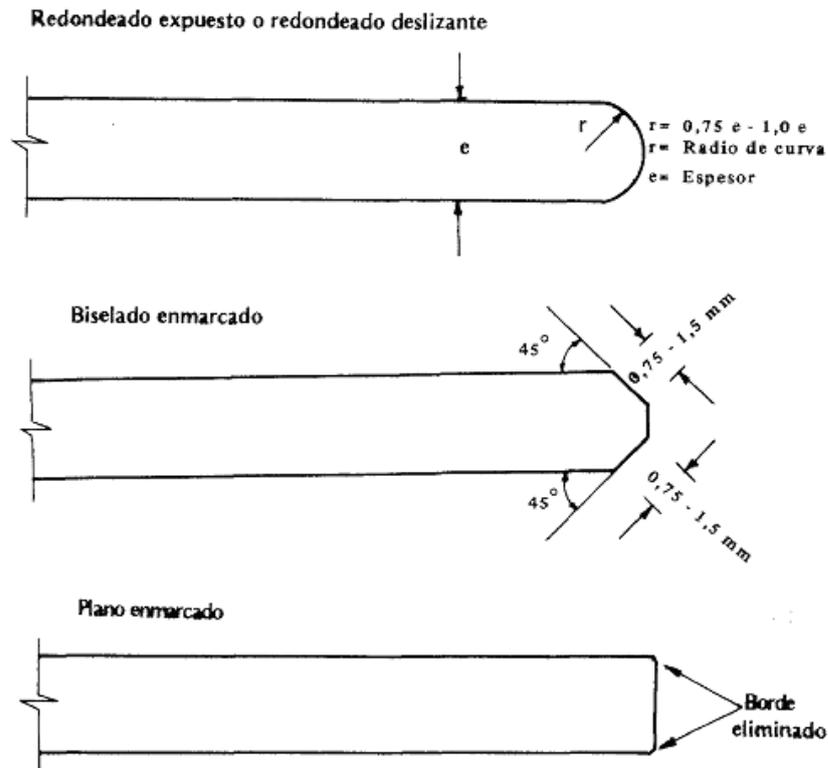


Figura 6.5.- Formas y estilos de bordes.

6.2.13 ENSAYO DE DIMENSIONALES NORMA INEN 1669

Preparación de la muestra

Se tomarán productos terminados de bodega conforme los señala NTE INEN 1721.

6.2.13.1 Desarrollo de hojas de control para el ensayo

Procedimiento

4. Preparar la muestra a ser evaluada
5. En base a la tabla de datos, y los datos del fabricante medir las dimensiones requeridas.

6. Ingresar los datos y evaluar la tolerancia permitida.

6.2.13.2 Desarrollo de hojas de certificación

Requisitos para la aprobación

Los vidrios de seguridad deberán aprobar todos los requisitos y encontrarse dentro de las tolerancias indicadas para que la evaluación resulte satisfactoria, caso contrario se deberá proceder a denegar el lote de muestra.

En los vidrios de seguridad laminados y templados se considerarán las siguientes tolerancias:

Tolerancias dimensionales, Las tolerancias que regulan las variaciones de tamaño y pandeo y las características de las piezas de vidrio son las siguientes:

Tabla 6.16.- Tolerancia para la conformación del vidrio.

| TODOS LOS VIDRIOS | |
|-------------------------------------|--|
| Característica | Tolerancia |
| Ubicación del monograma (logotipo) | 3 mm. Horizontal y vertical |
| Ubicación de la banda de serigrafía | 3.5 mm de ubicación de diseño |
| Índice de cambio | 0.2 mm a 4 mm en una distancia de 150 mm |
| Torsión | 1 mm cada 25 mm o menos |
| Alabeo | 0.8 mm cada 305 mm en cada borde |

Tabla 6.17 Tolerancia para las medidas del vidrio.

| TODOS LOS VIDRIOS | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Ubicación | Característica | Tolerancia |
| Parabrisas delantero | Deformación | 3.2 mm |
| | Altura | 0 - 2.3 mm |
| | Ancho | 0 - 4.6 mm |
| Vidrio de puerta | Deformación | 2.0 mm |
| | Altura | 0 - 3.0 mm |
| | Ancho | 0 - 1.5 mm |
| Vidrio basculante | Deformación | 3.2 mm |
| | Altura | 0 - 3.0 mm |
| | Ancho | 0 - 3.0 mm |
| Parabrisas posterior | Deformación | 3.2 mm |
| | Altura | 0 - 3.0 mm |
| | Ancho | 0 - 4.6 mm |
| Vidrio de techo | Deformación | N/A |
| | Altura | 0 - 3.0 mm |
| | Ancho | 0 - 3.0 mm |

Espesor y tolerancias de vidrio

Tabla 6.18.- Espesor y tolerancias para vidrio templado.

| Vidrio Templado | | |
|------------------------|-----------------|------------|
| Espesor nominal (mm) | Tolerancia (mm) | Rango (mm) |
| 3.00 | 0.30 | 2.7 - 3.3 |
| 3.50 | 0.30 | 3.2 - 3.8 |
| 4.00 | 0.30 | 3.7 - 4.3 |
| 5.00 | 0.30 | 4.7 - 4.6 |
| 5.50 | 0.30 | 5.2 - 5.8 |
| 6.00 | 0.30 | 5.7 - 5.3 |

Tabla 6.19.- Espesor y tolerancias para vidrio laminado.

| Vidrio Laminado | | | | |
|------------------------|-----------------|------------|---------------------|-------------|
| Espesor nominal (mm) | Tolerancia (mm) | Rango (mm) | Capa de vidrio (mm) | Lámina (mm) |
| 4.40 | 0.40 | 4.0 - 4.8 | 1.80 | 0.80 |
| 4.50 | 0.40 | 4.1 - 4.9 | 1.80 | 0.95 |
| 4.80 | 0.40 | 4.4 - 5.2 | 2.00 | 0.80 |
| 5.00 | 0.40 | 4.6 - 5.4 | 2.10 | 0.80 |
| 5.40 | 0.40 | 5.0 - 5.8 | 2.30 | 0.80 |
| 5.60 | 0.40 | 5.2 - 6.0 | 2.30 | 0.95 |
| 5.80 | 0.40 | 5.4 - 6.2 | 2.50 | 0.80 |
| 6.70 | 0.60 | 6.1 - 7.3 | 3.00 | 0.80 |

CAPITULO 7

ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

7.1 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE DISEÑO DE MAQUINAS, O COMPRA DE LAS MISMAS

Para el análisis de esta sección se requiere conocer las máquinas que fueron diseñadas durante este proyecto.

- Máquina de volcamiento de buses
- Máquina de cargas cuasi-estáticas

Tanto la máquina de volcamiento como la máquina de cargas cuasi-estáticas requieren de material de acero estructural, el mismo que se lo puede encontrar en el mercado local.

En tanto que las bridas de soporte que se utilizan en las dos máquinas, estas deben ser elaboradas, debido a que son de diseño exclusivo para la sujeción de los actuadores hidráulicos.

El único elemento que debe ser comprado, tanto por facilidades como por alta prestación en operación, son los actuadores hidráulicos.

Con los antecedentes anteriormente descritos, el criterio de diseño de las máquinas prevalece, ante el criterio de compra de las mismas.

7.2 ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO, PREVIA IMPLANTACIÓN DE LABORATORIO

Primeramente se debe analizar el costo que resultará de la implementación de laboratorio, a fin de poder determinar el monto total de inversión y si esta es rentable.

Costos de materiales, maquinaria, equipos y local necesarios para la adecuación de Laboratorio de ensayo de carrocerías y vidrios de seguridad.

Tabla 7.1.- Costo del Laboratorio

| Producto/Equipo | Cantidad | Precio Oficial | Precio Estimado | Impuestos lugar de origen | Impuestos de importación | IVA Ecuador | Precio unitario final | Valor final Estimado |
|--|----------|----------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|----------------------|
| Espectrofotómetro | 1 | \$25,215.00 | N/A | \$26,727.90 | \$36,082.67 | \$39,290.01 | \$39,290.01 | \$39,290.01 |
| Motor Universal AC/DC | 1 | N/D | \$100.00 | N/A | N/A | \$112.00 | \$112.00 | \$112.00 |
| Controlador de velocidad | 1 | N/D | \$100.00 | N/A | N/A | \$112.00 | \$112.00 | \$112.00 |
| Camara termostatzada | 1 | N/D | \$5,000.00 | \$5,250.00 | \$7,087.50 | \$7,717.50 | \$7,717.50 | \$7,717.50 |
| Juego de pesas de 500g | 2 | \$1,400.00 | N/A | N/A | N/A | \$1,568.00 | \$1,568.00 | \$3,136.00 |
| Cámara fotográfica de alta velocidad | 2 | \$9,900.00 | N/A | \$10,494.00 | \$14,166.90 | \$15,426.18 | \$15,426.18 | \$30,852.36 |
| Programa LS-DYNA * | 1 | \$13,000.00 | N/A | N/A | N/A | N/A | \$13,000.00 | \$13,000.00 |
| Programa ANSYS Workbench multiphysics * | 1 | N/D | \$60,000.00 | N/A | N/A | N/A | \$25,000.00 | \$60,000.00 |
| Puente grúa de 5 TON (TEGA) | 1 | \$29,987.00 | N/A | N/A | \$40,482.45 | \$44,080.89 | \$44,080.89 | \$44,080.89 |
| Transformador 30 KVA Trifasico* | 1 | \$11,551.00 | N/A | \$13,283.65 | \$17,932.93 | \$19,526.97 | \$19,526.97 | \$19,526.97 |

Tabla 7.1.- Costo del Laboratorio (continuación)

| | | | | | | | | |
|---|---|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Computadores Workstation HP | 2 | \$2,800.00 | N/A | \$2,968.00 | \$4,006.80 | \$4,362.96 | \$4,362.96 | \$8,725.92 |
| Bomba hidraulica Power Team | 1 | \$2,669.00 | N/A | \$2,829.14 | \$3,819.34 | \$4,158.84 | \$4,158.84 | \$4,158.84 |
| Actuadores hidraulicos ENERPAC | 5 | N/D | \$15,000.00 | \$15,900.00 | \$21,465.00 | \$23,373.00 | \$23,373.00 | \$116,865.00 |
| Nave Industrial | 1 | N/D | \$45,000.00 | N/A | N/A | \$50,400.00 | \$50,400.00 | \$50,400.00 |
| Bancada de volcamiento | 1 | N/D | \$2,500.00 | N/A | N/A | \$2,800.00 | \$2,800.00 | \$2,800.00 |
| Maquina de cargas cuas-estáticas | 2 | N/D | \$2,000.00 | N/A | N/A | \$2,240.00 | \$2,240.00 | \$4,480.00 |
| Accesorios de automatización (reles, pulsador) | 6 | N/D | \$30.00 | N/A | N/A | \$33.60 | \$33.60 | \$201.60 |
| Electrovalvulas 120v A/C 4/3 vias | 5 | N/D | \$150.00 | N/A | N/A | \$168.00 | \$168.00 | \$840.00 |
| Mangueras hidráulicas y manómetros | 5 | N/D | \$1,500.00 | N/A | N/A | \$1,680.00 | \$1,680.00 | \$8,400.00 |
| Tubería y accesorios de construcción | 1 | N/D | \$1,000.00 | N/A | N/A | \$1,120.00 | \$1,120.00 | \$1,120.00 |
| Mubles y encerres | 1 | N/D | \$5,000.00 | N/A | N/A | \$5,600.00 | \$5,600.00 | \$5,600.00 |
| TOTAL | | | | | | | | \$421,419.08 |

* Se seleccionará un solo programa, en conveniencia con el director de laboratorio y los técnicos especializados.

Conocidos los costos iniciales, se puede estimar una inversión inicial de \$ 500,000.00 USD, para la implementación de este laboratorio.

Evaluación de mercado

En el país existen alrededor de 100 fabricantes de carrocerías. De ellas, más de 67% se localiza en la provincia del Tungurahua. El restante se distribuye en Pichincha, Guayas, Manabí, Imbabura, Azuay, Cotopaxi y El Oro. Aunque no dispone de datos precisos, el presidente de la Asociación de Fabricantes de Carrocerías (Afse), Santiago Vargas, estima que solo un 20% de las 100 empresas cumpliría con las especificaciones del Inen para la construcción de carrocerías.

Al menos un 54% serían informales. El resto (26%) dice están a cargo de personas que no han recibido capacitación técnica o que han trabajado en empresas que fabrican carrocerías.

Vargas explica que de la producción nacional de carrocerías, el sector llamado formal que agrupa unas 20 empresas aporta con 1960 unidades al año. Esto cubre el 36% de la demanda nacional.

Mientras que el restante 64% (unas 4 000 unidades) lo provee el grupo considerado entre informal y artesanal. La demanda es baja entre diciembre y febrero, explican empleados de empresas artesanales. (MCV).“

Fuente (<http://www.hoy.com.ec/suplemen/blan383/negro1.htm>)

Conocidos estos datos, de las 20 empresas que cumplen con los requisitos INEN de la norma 1323, cada empresa produce principalmente 3 tipos de carrocerías:

- Bus urbano
- Bus interparroquial
- Bus interprovincial

Considerando que un 10 % de los informales o artesanos se incluyan a los requisitos de la nueva ley, se determina que en potencia se pueden realizar 90 ensayos, sean estos destructivos o simulaciones.

A nivel nacional los únicos entes acreditados para realizar este tipo de ensayos son la Escuela politécnica nacional (EPN) y la Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE), entre los dos entes se repartirán el número de simulaciones o ensayos a realizar.

Evaluación de proyecto

Se considerará una evaluación a cinco años plazo, inversión inicial de \$ 500,000.00 USD los mismos que serán recuperados como préstamo a 3 años plazo con un interés de 10.5% tasa actual para empresas.

Se considera dos tipos de escenarios para la inversión inicial:

1. Préstamo de bancos, con renovación anual de licencia de software
 2. Inversión de la ESPE, con renovación anual de licencia de software
- Se considera además que para la operación del laboratorio se requiere de 7 personas, y con los requisitos de ecuación respectivos:

Tabla 7.2.- Conocimientos de las personas a cargo del laboratorio

| Cargo | Conocimientos |
|--|---|
| Jefe de laboratorio e Ingeniero inspector de carrocerías | Análisis numérico, sistemas hidráulicos, mecánica de materiales, geometría analítica, estadística, máquinas y herramientas. |
| Ingeniero de diseño | Análisis numérico, mecánica de materiales, geometría analítica, estadística, máquinas y herramientas. |
| operador mecánico (2) | Sistemas hidráulicos, mecánica de materiales, geometría analítica, estadística, máquinas y herramientas. |
| auxiliar de mecánica (2) | Máquinas y herramientas. |

BALANCE GENERAL PARA EL AÑO 2010

LABORATORIO DE CERTIFICACIÓN DE CARROCERIAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

Balance General

2010

ACTIVOS

| | | | |
|----------------------------------|----|--------------|--------------|
| Caja | \$ | - | |
| Bancos | \$ | 74.406,84 | |
| Terreno | \$ | 10.000,00 | |
| Edificio | \$ | 50.400,00 | |
| Cuentas por cobrar | \$ | - | |
| Equipo de computación y software | \$ | 76.000,00 | |
| Utiles de oficina | \$ | 500,00 | |
| Muebles de oficina | \$ | 5.000,00 | |
| Vehículo | \$ | - | |
| Maquinaria | | \$283.693,16 | |
| Total Activos | | \$500.000,00 | |
| Total Activos | | | \$500.000,00 |

PASIVOS

| | | | |
|------------------------|----|---|------|
| Prestamos | \$ | - | |
| Pago 15% utilidades | \$ | - | |
| Pago 25 imp a la renta | \$ | - | |
| Cuentas por pagar | \$ | - | |
| Total Pasivos | | | \$ - |

PATRIMONIO

| | | | |
|----------------------------|----|--------------|--------------|
| Capital social | | \$500.000,00 | |
| Utilidad neta | \$ | - | |
| Total Patrimonio | | \$500.000,00 | |
| Total Patrimonio + Pasivos | | | \$500.000,00 |

Tanto la maquinaria como el software a utilizar se deben depreciar, para la maquinaria con un valor residual de 5 años de \$ 20,000 USD, y el equipo de computación hay que darlo de baja al término de 3 años, por medio del método de producción se procede a depreciar los activos.

DEPRECIACIONES

LABORATORIO DE CERTIFICACIÓN DE CARROCERIAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

DEPRECIACION MAQUINARIA

| Vo (valor original) | \$ 283.693,16 | N (años) | qi (produccion anual) | ai (cantidad a dpreciar por año) | Vi (valor de depreciacion) |
|--------------------------------------|----------------------|----------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Vr (valor residual) | \$ 20.000,00 | 0 | 0 | 0 | \$ 283.693,16 |
| Q (cantidad a producir) | \$ 400.000,00 | 1 | 80000 | 52738,632 | \$ 230.954,53 |
| | | 2 | 80000 | 52738,632 | \$ 178.215,90 |
| | | 3 | 80000 | 52738,632 | \$ 125.477,26 |
| | | 4 | 80000 | 52738,632 | \$ 72.738,63 |
| | | 5 | 80000 | 52738,632 | \$ 20.000,00 |
| VALOR FINAL DE DEPRECIACIÓN | | | | | |
| Valor de la maquinaria global | \$ 283.693,16 | | | | |

DEPRECIACION EQUIOP DE COMPUTO

| Vo (valor original) | \$ 76.000,00 | N (años) | qi (produccion anual) | ai (cantidad a dpreciar por año) | Vi (valor de depreciacion) |
|---|---------------------|----------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Vr (valor residual) | \$ - | 0 | 0 | 0 | \$ 76.000,00 |
| Q (cantidad a producir) | \$ 400.000,00 | 1 | 133333 | 25333,27 | \$ 50.666,73 |
| | | 2 | 133333 | 25333,27 | \$ 25.333,46 |
| | | 3 | 133333 | 25333,27 | \$ 0,19 |
| VALOR FINAL DE DEPRECIACIÓN | | | | | |
| COMPUTADORES WORSTATION Y SOFTWARE | \$ 76.000,00 | | | | |

Con los datos descritos para depreciación y el número de colaboradores, se elabora el Estado de pérdidas y ganancias.

LABORATORIO DE CERTIFICACIÓN DE CARROCERIAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

Estado de Pérdidas y Ganancias

2010

| | | | | |
|--|--|---|--------------|---------------|
| CANTIDAD DE SERVICIOS PRESTADOS | 16 | PRECIO UNITARIO | 34200 | |
| ENSAYOS DESTRUCTIVOS | 3 | | \$ 17.000,00 | |
| SIMULACIONES | 10 | | \$ 17.000,00 | |
| ENSAYO DE VIDRIOS | 3 | | \$ 200,00 | |
| INGRESO DE VENTAS | (3 ensayos destructivos X \$10.000 USD/ensayo)+(10 simulaciones de ensayos X \$5.000 USD/simulación)+(3 Ensayos de vidrios X \$150 USD/ensayo) | | | \$ 221.600,00 |
| ENSAYOS DESTRUCTIVOS | | | | |
| SIMULACIONES | | | | |
| ENSAYO DE VIDRIOS | | | | |
| COSTO DE SERVICIO | | | | \$ 96.527,39 |
| MANO DE OBRA DIRECTA | | | | \$ 43.200,00 |
| | | | \$ | |
| | ING. DISENADOR | 25 Usd/Hora X 3 horas X 15 días X 12 meses | 13.500,00 | |
| | | | \$ | |
| | ING. INSPECTOR | 25 Usd/Hora X 3 horas X 15 días X 12 meses | 13.500,00 | |
| | | | \$ | |
| | OPERADOR | 15 Usd/Hora X 3 horas X 15 días X 12 meses X 2 operadores | 16.200,00 | |
| | | | \$ | |
| COSTO INDIRECTO DE SERVICIO | | | | \$ 28.080,00 |
| | ELECTRICIDAD | 300 Kw/h*5h*0,75*0,10kw*12meses | \$ 1.080,00 | |
| | | | \$ | |
| | LICENCIA DE PROGRAMA | \$55.000 USD/5 años + \$16.000/anual | 27.000,00 | |
| | | | \$ | |
| INSUMOS | | | | \$ 23.047,39 |
| | PAPEL | 5.2USD*3c/mes*12 meses | \$ 187,20 | |
| | SUMINISTROS DE OFICINA | 30usd c/mes *12 meses | \$ 360,00 | |
| | | | \$ | |
| | DEPRECIACION (5AÑOS) | Metodo de unidades de produccion | 20.000,19 | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|-------------|---------------|
| | MANTENIMIENTO MAQUINARIA | | \$ 2.500,00 | |
| | MANO DE OBRA INDIRECTA | | | \$ 2.200,00 |
| | AYUDANTES (2) | | \$ 1.000,00 | |
| | SUPERVISORES (1) | | \$ 1.200,00 | |
| UTILIDAD BRUTA | | | | \$ 125.072,61 |
| GASTOS ADMINISTRATIVOS | | | | \$ 4.440,00 |
| | LUZ | 50 USD *12 MESES | \$ 600,00 | |
| | AGUA | 15usd c/mes *12 meses | \$ 180,00 | |
| | TELEFONO | 70 USD* 12 MESES | \$ 840,00 | |
| | JEFE DE LABORATORIO | | \$ 1.200,00 | |
| | SEGURO | 27 USD*5 PERSONAS*12 MESES | \$ 1.620,00 | |
| GASTOS SERVICIO | | | | \$ 3.716,00 |
| | PUBLICIDAD | publicidad medios electronicos y directa a carroceros | \$ 1.500,00 | |
| | COMISION SERVICIO | 1% del ingreso de ventas | \$ 2.216,00 | |
| UTILIDAD OPERATIVA | | | | \$ 116.916,61 |
| GASTOS FINANCIEROS | | | | \$ 636,00 |
| | GASTOS DE EMISION DE CUENTA | | \$ 36,00 | |
| | SERVICIOS BANCARIOS | 50 USD*12 meses | \$ 600,00 | |
| UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO A LA RENTA Y REPARTICION DE UTILIDADES | | | | \$ 116.280,61 |
| 15% PARTICIPACION DE UTILIDADES | | | | \$ 17.442,09 |
| UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO A LA RENTA | | | | \$ 98.838,52 |
| IMPUESTO A LA RENTA | | | | \$ 24.709,63 |
| UTILIDAD NETA | | | | \$ 74.128,89 |

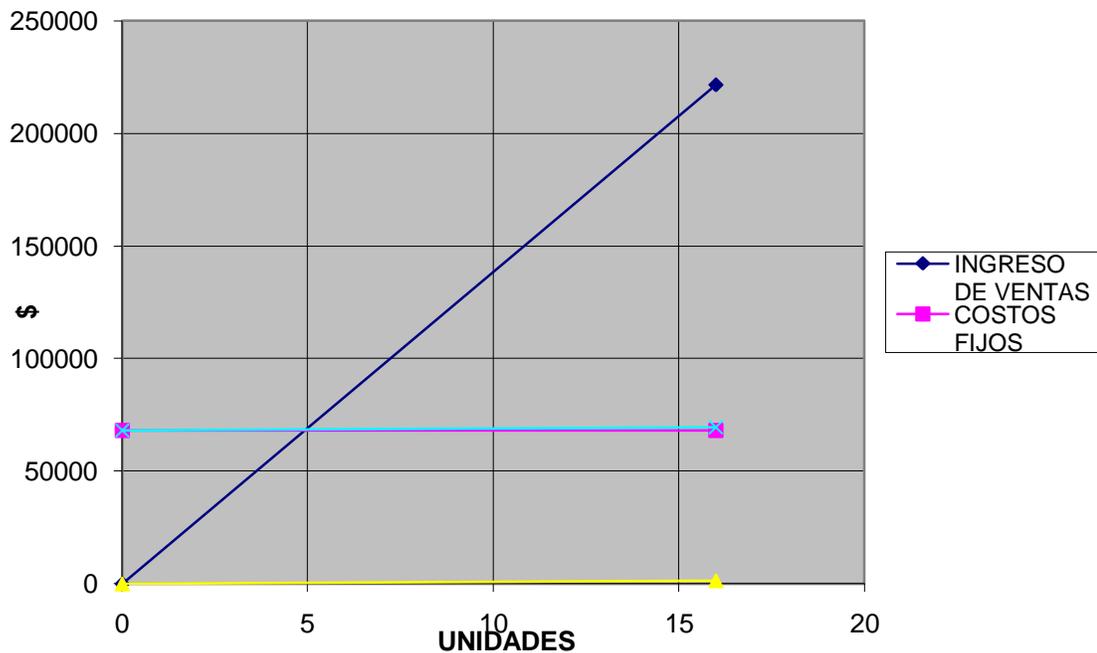
Como saldo nos arroja una utilidad neta de \$ 74,128.89 USD, es indispensable conocer el punto de equilibrio en la producción, tanto para saber la cantidad de ensayos que se deben prestar para librar de deudas el laboratorio.

RESUMEN

| | | | |
|------------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------|
| PRECIO | 17.000,00 | \$ COSTO VARIABLE UNITARIO | \$ 88,20 |
| CANTIDAD DE SERVICIOS | 10 | CANTIDAD DE eq | 4,0277315 25 |
| ING VENT | 221.600,00 | \$ UTILIDAD | \$ 74.128,89 |

Conocido el punto de equilibrio, se requieren aproximadamente de 5 ensayos, primordialmente de simulaciones.

GRAFICA DE PUNTO DE EQUILIBRIO



Con los datos necesarios se evalúa el proyecto a un periodo de 5 años.

FLUJO NETO DE CAJA

PROYECTO: LABORATORIO DE CERTIFICACIÓN DE CARROCERIAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

INGRESOS

| PERIODO | INVERSION INICIAL | VENTAS | VENTAS DE ACTIVOS |
|---------|-------------------|---------------|-------------------|
| 0 | \$ 500.000,00 | | |
| 1 | | \$ 221.600,00 | |
| 2 | | \$ 226.032,00 | |
| 3 | | \$ 230.552,64 | |
| 4 | | \$ 235.163,69 | |
| 5 | | \$ 239.866,97 | \$ 20.000,19 |

FLUJO NETO DE CAJA

PROYECTO: LABORATORIO DE CERTIFICACIÓN DE CARROCERIAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

EGRESOS

| PERIODO | COMPRA DE ACTIVOS FIJOS | MANO DE OBRA DIRECTA | INSUMOS | MANO DE OBRA INDIRECTA | COSTOS INDIRECTOS DE SERVICIO |
|---------|----------------------------|-------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------------|
| 0 | | | | | |
| 1 | | \$ 43.200,00 | \$ 23.047,39 | \$ 2.200,00 | \$ 28.080,00 |
| 2 | \$ 5.000,00 | \$ 43.632,00 | \$ 23.162,63 | \$ 2.222,00 | \$ 28.360,80 |
| 3 | \$ 10.000,00 | \$ 44.068,32 | \$ 23.278,44 | \$ 2.244,22 | \$ 28.644,41 |

| | | | | |
|---|--------------|--------------|-------------|--------------|
| 4 | \$ 44.509,00 | \$ 23.394,83 | \$ 2.266,66 | \$ 28.930,85 |
| 5 | \$ 44.954,09 | \$ 23.511,81 | \$ 2.289,33 | \$ 29.220,16 |

FLUJO NETO DE CAJA

PROYECTO: LABORATORIO DE CERTIFICACIÓN DE CARROCERIAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

EGRESOS

| PERIODO | GAST. ADMIN | GAST. SERVICIOS |
|---------|-------------|-----------------|
| 0 | | |
| 1 | \$ 4.440,00 | \$ 3.716,00 |
| 2 | \$ 4.884,00 | \$ 3.734,58 |
| 3 | \$ 5.372,40 | \$ 3.753,25 |
| 4 | \$ 5.909,64 | \$ 3.772,02 |
| 5 | \$ 6.500,60 | \$ 3.790,88 |

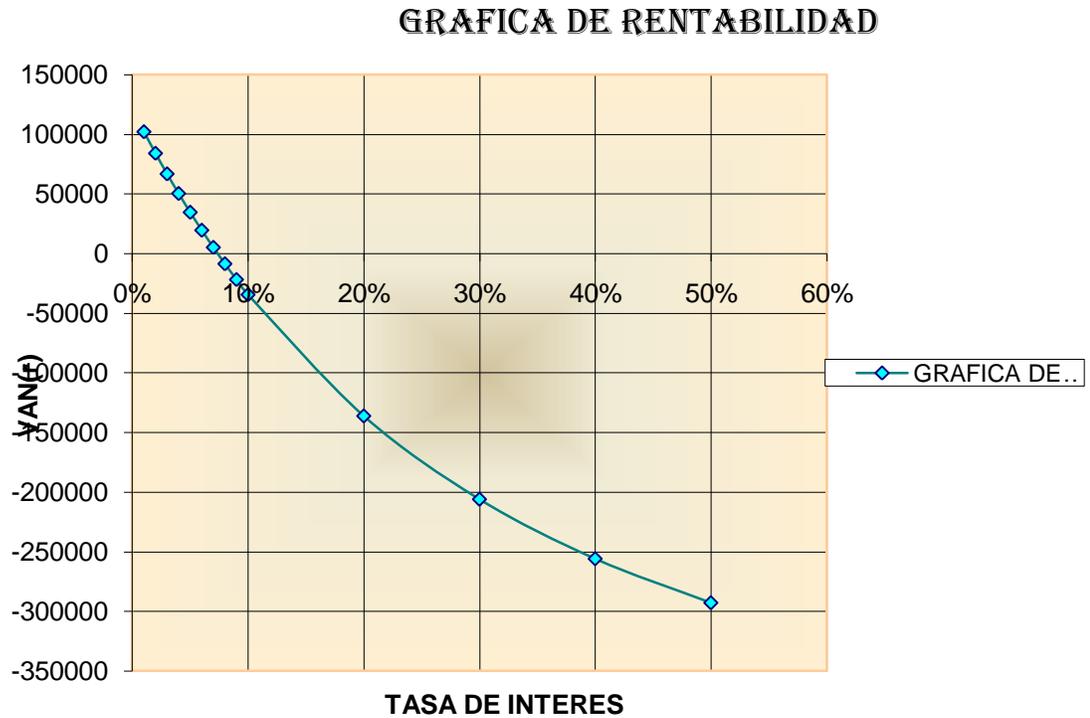
FLUJO NETO DE CAJA

PROYECTO: LABORATORIO DE CERTIFICACIÓN DE CARROCERIAS Y VIDRIOS DE SEGURIDAD

PROYECCION DE INGRESOS Y EGRESOS A CINCO AÑOS

| PERIODO | INGRESOS | EGRESOS | TOTAL |
|---------|---------------|---------------|---------------|
| 0 | \$ 500.000,00 | | \$ 500.000,00 |
| 1 | \$ 221.600,00 | \$ 104.683,39 | \$ 116.916,61 |
| 2 | \$ 226.032,00 | \$ 110.996,01 | \$ 115.035,99 |
| 3 | \$ 230.552,64 | \$ 117.361,04 | \$ 113.191,60 |
| 4 | \$ 235.163,69 | \$ 108.783,01 | \$ 126.380,68 |
| 5 | \$ 259.867,16 | \$ 110.266,87 | \$ 149.600,28 |

Con el flujo neto de caja se evalúa el VAN (valor actual nominal) y el TIR (tasa interna de retorno).



Se obtiene un TIR de 7 % aproximadamente, en el mercado actual la evaluación bancaria permite que los proyectos se consideren rentables desde el 6%.

Resultados de la rentabilidad de proyecto en distintos escenarios

Escenario 1

Tasa interna de retorno del 7 %, incrementando el costo por simulación a \$ 17,000.00 USD

Escenario 2

Tasa interna de retorno del 2 %, incrementando el costo por simulación a \$ 27,000.00 USD

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El laboratorio de ensayo de carrocerías y vidrios de seguridad, es un proyecto de buena rentabilidad, en especial en el aspecto de carrocerías, debido a que el tema de los ensayos para la certificación de carrocerías son temas nuevos en el Ecuador, y además son necesarios para salvaguardar la integridad física de los pasajeros, siempre y cuando este sea puesto en marcha por medio de una inversión de la ESPE.
2. Los procedimientos para la calificación tanto de diseño de carrocerías como de fabricación, se especifican claramente en la norma técnica ecuatoriana INEN 1323, en la cual se incluye a la regulación 66, específicamente a la prueba de volcamiento como uno de los requisitos obligatorios para la certificación.
3. El ensayo de volcamiento de la carrocería completa, es el ensayo básico para la certificación de los diseños de carrocerías, dado que por medio de este ensayo de tipo destructivo, no solo se puede comprobar si el cálculo estructural es el adecuado para garantizar la seguridad de los pasajeros, sino que también demuestra en gran parte si la mano de obra y los materiales que se emplearon en la fabricación de la estructura son los idóneos para su posterior comercialización.
4. El ensayo de volcamiento es una forma de certificación costosa, tanto para el fabricante como para el laboratorio, dado que para la fabricación de la carrocería se empeñan tiempo de mano de obra y material, el mismo que no puede ser reutilizado, y para el laboratorio la cantidad de energía que se emplea es mayor que la necesaria para completar un ensayo no destructivo.

5. Las simulaciones, sea de volcamiento o de cargas cuasi-estáticas, son efectivas y eficientes, comprobando los diseños estructurales de los carrocerías, pero necesitan de programas CAD y de análisis numérico, de altas prestaciones, al igual que de hardware de alto rendimiento y última tecnología.
6. El diseño de la maquinaria necesaria para los ensayos destructivos en carrocerías deben ser de diseños sencillos, pero que cumplan con los requisitos dados en la Regulación 66 de Naciones Unidas.
7. La realización de los ensayos destructivos pueden ser hechas por personal u operadores que tengan nociones básicas del uso de máquinas hidráulicas, de estructuras metálicas y ciencia de los materiales, pero esto no los faculta para dar un criterio técnico o un resultado de cualquiera de los ensayos del tipo destructivo o no destructivo.
8. Para la realización de simulaciones, se requiere de personal calificado y con conocimientos avanzados en programas CAD, así como el conocimiento de programas de análisis numérico, alto conocimiento en estructuras metálicas y ciencia de los materiales, todo esto en pro-mejora de la evaluación de los diseños estructurales.
9. El espacio físico del laboratorio cumple con la norma ISO 17025, ya que en el presente proyecto se establecen los procedimientos requeridos para la realización de los ensayos; de igual forma, el diseño del laboratorio presta las garantías necesarias para la ejecución de los ensayos, enmarcado en normas de seguridad industrial.
10. Para los ensayos de vidrios de seguridad, debemos seguir los procedimientos del INEN desde 1722 hasta 1731, según el ensayo que corresponda, al igual que para la evaluación de los resultados, esto quiere decir que no es necesario de personal altamente calificado para la ejecución de estos ensayos.

Recomendaciones

1. Para la recuperación de inversión inicial del proyecto y la auto sustentación del mismo, se recomienda realizar ensayos de simulación, debido que para la realización de los mismos no se requiere de mayor inversión ni de gran cantidad de personal para su elaboración.
2. No basarse en la Regulación 66 de Naciones Unidas para dar el certificado de aprobación de carrocerías, este únicamente es un requisito previo a la obtención del certificado.
3. Los ensayos especificados en el Reglamento 66, han sido adaptados a la realidad nacional del Ecuador, con la finalidad de brindar un buen servicio y así, ganar un espacio representativo en el mercado de carrocerías.
4. Primeramente las empresas carroceras deberán calificarse en cuanto a su facultad para fabricar carrocerías. Luego, mediante otro proceso, los diseños que estas vayan a utilizar, serán también certificados.
5. Procurar que el hardware que se adquiera para el laboratorio, sea únicamente usado para simulaciones, debido a que los programas CAD y de análisis numérico que facilitan la solución de los problemas, usan la memoria del computador en su totalidad, pudiendo un ensayo de este tipo demorar hasta 25 horas en dar resultados finales.
6. Los modelos de las máquinas deben ser fabricados según los planos indicados y cualquier modificación deberá ser sometida nuevamente a un análisis estructural.
7. Se recomienda que el personal técnico encargado del análisis de los resultados de los ensayos se encuentre presente al momento del ensayo para garantizar que este ha sido llevado a cabo, cumpliendo los requerimientos de la norma.
8. Los procedimientos descritos en el capítulo 6 del presente proyecto, son mencionados de manera genérica, es indispensable que el operador o la

persona encargada de realizar cualquier ensayo, adapte estos procedimientos al hardware, software y equipos disponibles para su efecto.

9. Es recomendable que se aplique la respectiva señalización dentro del laboratorio para garantizar la seguridad industrial, ya que los ensayos destructivos, en especial los de volcamiento, implican caída libre de carrocerías de buses, y no son controlados en su totalidad, al igual que las pruebas destructivas para vidrios de seguridad, pero en menor intensidad.
10. Se deben tener muy en cuenta que las condiciones del entorno no afecten los ensayos, sobre todo los que utilizan equipo sensible a la luz.

REFERENCIAS

- BROCKENBROUGH R Y MERRITT F. Manual de diseño de estructuras de acero. Traducido del inglés por Alfonso Ramírez. 2da ed. Santafé de Bogotá. McGrawHill.1997, v1.4.35 p.
- REES P. Geometría analítica. Traducido del inglés por Armando Rodríguez, 2da ed. México D.F. Editorial Reverte Mexicana, S.A. 1966. pp 5-53
- YOO-SUK KIM. Numerical analysis of rollover and head-on crash response of non.step bus. International Journal of Modern Physics B. World Scientific Publishing Company. 2008
- CD. INEN 1323 Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos. INEN ECUADOR. 2009
- CD. INEN 1669 Vidrios de seguridad para automotores requisitos. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1721 Vidrios de seguridad Muestreo. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1722 Vidrios de seguridad Determinación de la fragmentación. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1723 Vidrios de seguridad Determinación de la resistencia al impacto con esfera de acero. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1724 Vidrios de seguridad Determinación del comportamiento bajo el impacto simulado de la cabeza (Ensayo del maniquí). INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1725 Vidrios de seguridad Determinación de la resistencia al impacto con dardo. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1726 Vidrios de seguridad Determinación de la resistencia a la alta temperatura. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1727 Vidrios de seguridad Determinación de la transmisión luminosa. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1728 Vidrios de seguridad Determinación de la estabilidad luminosa. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1729 Vidrios de seguridad Determinación de la distorsión óptica. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1730 Vidrios de seguridad Determinación de la resistencia a la abrasión. INEN ECUADOR. 1990
- CD. INEN 1731 Vidrios de seguridad Determinación de la resistencia a la humedad. INEN ECUADOR. 1990

CD. ISO 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. 2005

PDF. Efectos de la esbeltez. s/n. s/a.

PDF. Uniform Building Code. s/n. 1997

PDF. Regulation Nº 66 ONU. s/n. 2006

PDF. RTE 038 Buses urbanos. s/n. 2008

PDF. RTE 041 Vehículos de transporte escolar. s/n . 2007