



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**REDISEÑO DE PUERTA DE ASCENSO  
PARA AUTOBUSES CON MOTOR  
DELANTERO**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**INGENIERO MECÁNICO**

**P R E S E N T A**

Oswaldo Rodriguez Aguirre

**ASESOR DE INFORME**

M.C. Oswaldo Ruiz Cervantes



Ciudad Universitaria, CDMX, 2020

# CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- OBJETIVO	4
3.- CAPITULO I MARCO DE REFERENCIA	5
3.1 HISTORIA DE LA EMPRESA	5
3.2 MISIÓN	7
3.3 VISIÓN	8
3.4 POLITICA DE CALIDAD	8
3.5 LOGOTIPOS	8
3.6 CLIENTES	8
3.7 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO O LABOR QUE DESEMPEÑO	9
4.- CAPITULO II DESARROLLO DEL PROYECTO	10
5.- CAPITULO III SIMULACIONES DE ENSAMBLE Y FUNCIONAMIENTO	19
5.1 Simulación AutoCad™	19
5.2 Simulación SolidWorks™	23
6.- CAPITULO IV FABRICACIÓN DE LA PUERTA	27
7.- MEMORIA DE CALCULO	32
8.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES	36
9.- ANEXOS	39
10.- REFERENCIAS	45

# 1.- INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo aplicar los conocimientos de ingeniería adquiridos para realizar una propuesta de diseño o rediseño estructural en el ramo automotriz, tomando en consideración las normas legales y requerimientos de clientes.

La importancia de ser un ingeniero experto en el ramo automotriz, específicamente en el diseño y manufactura de carrocerías para autobuses radica en la seguridad de los pasajeros, comodidad, estética de los autobuses y eficiencia de una unidad, por lo que se debe trabajar a conciencia y aplicar los conocimientos de todas las ramas disponibles en ingeniería para satisfacer las demandas del mercado.

En México existen diversos estudios enfocados al ensamble de carrocerías de autobuses, y aunque los principios que rigen a cada una de estas empresas son diferentes no se demerita ningún avance tecnológico o científico que se desarrolle, ya que debido a eso se puede trabajar bajo una sana competencia nacional e internacional y tener una conciencia en la mejora continua del trabajo mexicano en NOVACAPRE®.

Debido a estas mejoras, una de las unidades que se fabrica en la empresa fue modificada en su parte frontal y esto fue lo que dio origen a este trabajo, el cual se centra en un componente que es de suma importancia en las carrocerías de autobuses que es el desarrollo de una puerta plegadiza de ascenso de pasajeros.

En el capítulo I se presenta un marco de referencia de lo que NOVACAPRE® realiza, sus principales clientes y el posicionamiento jerárquico en el que trabaja el área de Ingeniería del producto.

En el capítulo II se presentan las actividades realizadas, desde el planteamiento del problema, como es que surgió la necesidad de un rediseño en las puertas de ascenso que ya estaban estandarizadas y el diseño en AutoCad™ 2D para la obtención de los planos que se entregan al área de producción con el fin de comenzar la manufactura de las puertas.

En el capítulo III se reportan los resultados de las simulaciones de AutoCad™ 2D y SolidWorks™ 3D, el primero es necesario para desarrollar los planos y visualizar el movimiento de la puerta y el segundo para visualizar en tiempo real la trayectoria de la puerta, esto con el fin de cerciorarse que el funcionamiento de la puerta es el óptimo o si es posible hacer alguna modificación de mejora en la estructura o en algún componente que se encuentre en la periferia de esta puerta.

En el capítulo IV se presenta evidencia fotográfica de la habilitación de una plantilla para estandarizar la puerta, así como la fabricación de la primera muestra.

Finalmente, se muestran los resultados obtenidos y el ensamble de la puerta en la unidad física. Adicional a esto hay una serie de evidencias videográficas que muestran las simulaciones de la puerta en SolidWorks™, la primera prueba de movimiento de la puerta ensamblada en la unidad y la prueba hermética del primer autobús con la puerta equipada y colocada.

## 2.- OBJETIVO

Rediseñar una puerta de ascenso para autobuses con motor delantero, de acuerdo con requerimientos de los clientes y de la misma carrocería, la cual fue modificada por cambio en el módulo frontal.

## 3.- CAPÍTULO I

### MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 HISTORIA DE LA EMPRESA

**NOVACAPRE®, S.A. de C.V.** es una empresa líder en el país en la fabricación de carrocerías para autobuses urbanos de diferentes marcas (International, Volkswagen, Ford, Isuzu, etc.) de acuerdo con las necesidades de calidad y funcionalidad de sus clientes, buscando superar sus expectativas y aplicando la mejora continua, reflejando el compromiso que se tiene con la sociedad.

La experiencia de los clientes con los productos de la empresa, genera un orgullo enorme de lo que se elabora y gracias a ello sigue adelante con la búsqueda de mejores opciones para el transporte urbano, interurbano, foráneo y escolar.

La historia de fabricación de carrocerías para autobuses NOVACAPRE®, se remonta a los años 30's que data de una gran tradición y experiencia en la fabricación de carrocerías para autobús.



*Figura 1. Primer taller para autobuses de la empresa CAPRE <sup>[1]</sup>*



Figura 2. Primeros autobuses de CAPRE [2]

Uno de los proyectos más grandes con los que se encontraron fue el hacer carrocerías para transportar mercancía de las empresas BIMBO, SABRITAS y LALA, cuando la empresa NOVACAPRE® tenía una razón social llamada CAPRE (Carrocerías Preconstruidas).



Figura 3. Camiones de BIMBO, SABRITAS y LALA, carrocerías CAPRE [3]

Al paso del tiempo la empresa CAPRE se fue filtrando a más mercado de carrocerías, y es así como nacieron los primeros microbuses que se realizaron para la ciudad de México.



Figura 4. Microbuses Carrocerías CAPRE [4]

Fue en la fecha del 16 de marzo de 1996 cuando dio inicio una de las carroceras más importantes de México que es RECO (Reacondicionamiento y ensamblaje de carrocerías y omnibuses). El Ing. Ricardo Pous inició esta empresa en el Estado de México en el municipio de Tlalnepantla Col. San Nicolás como un proyecto de empresa familiar que fue herencia de sus padres. Hoy en día la empresa RECO- NOVACAPRE® antes

CAPRE se sitúa en Av. 2 de marzo #100, Barrio de San Juan, Tultepec, Edo. De México, es decir lo que antes era EUROCAR MEXICO, empresa del mismo giro que quebró y estuvo en huelga más de 6 años, pero NOVACAPRE® compró el terreno, recontrato a los trabajadores e hizo un reajuste de las instalaciones, y a partir del año 2011 que se reactivó la fábrica se mantiene con una competencia líder y siempre en constante crecimiento.



*Figura 5. Fabrica Eurocar México cerrada por huelga <sup>[5]</sup>*



*Figura 6. Reco-Novacapre remodelado <sup>[6]</sup>*

### **3.2 MISIÓN**

La misión de la empresa es “Diseñamos y fabricamos carrocerías que cubren las necesidades de nuestros clientes de manera innovadora y rentable”.

### 3.3 VISIÓN

La visión de la empresa es “Deseamos que la organización sea reconocida como una empresa creativa, innovadora y rentable a nivel nacional e internacional”.

### 3.4 POLITICA DE CALIDAD

NOVACAPRE® está comprometida a cumplir con los requisitos y exigencias de los clientes, implementando siempre mejoras a los procesos de producción y a los diseños de sus unidades, por lo que respalda las palabras de su política de calidad (“NOVACAPRE® tiene como compromiso la satisfacción de los requisitos de nuestros clientes promoviendo la calidad en nuestras unidades producidas a través de la mejora continua”) con hechos palpables y satisfactorios.

### 3.5 LOGOTIPOS

Esta empresa se da a conocer por sus logotipos RECO (Reacondicionamiento y Ensamblaje de Carrocerías y Omnibuses S.A. de C.V.) y NOVACAPRE® (Nueva Carrocerías Preconstruidas).



Figura 7. Logotipos Reco-Novacapre [7]

### 3.6 CLIENTES

Las marcas líderes del sector automotriz con quien cuenta como clientes más importantes son: Volkswagen, Hino, Isuzu, Hyundai, International, Mercedes-Benz y conversiones de la marca Ford.



Figura 8. Logotipos clientes [8]



9001:2015, PPAP (AMEF DISEÑO Y PROCESO, PLANES DE CONTROL, DIAGRAMAS DE FLUJO), diseño de dispositivos de ensamble, manejo y diseño de indicadores de control. Manejo y revisar ensambles teniendo como base las normas de soldadura.

## 4.- CAPITULO II

### DESARROLLO DE PROYECTO

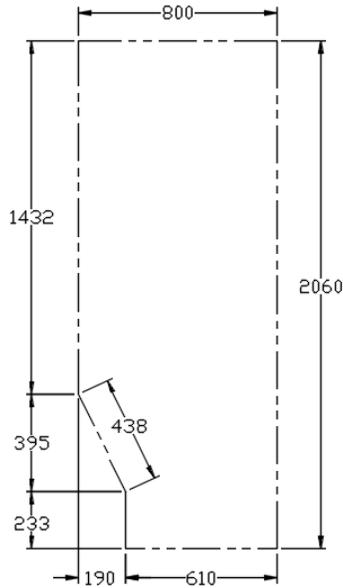
Dentro de la industria existen diversos problemas que se deben solucionar en tiempos muy cortos, uno de ellos es el objeto de estudio del presente trabajo que consistió en el rediseño de una puerta de ascenso para autobuses con motor delantero que normalmente circulan en la Ciudad de México (CDMX), es por lo que debe cumplir una serie de lineamientos estipulados por la misma ciudad para el transporte urbano.

Dentro de toda la cartera de clientes con las que cuenta la empresa se manifiestan cambios concurrentes en sus chasises por lo que es importante estar a la vanguardia tanto en tecnologías como en avances de diseño para mejorar la eficiencia de los autobuses que transitan por suelos mexicanos, sin embargo, aun a pesar de estos cambios NOVACAPRE® intenta estandarizar al máximo los procesos de estructuración en las carrocerías y así ser eficientes en el carrozado de unidades.

Aunque los autobuses ya tienen un estándar de producción, el camión con que se trabajó fue de la marca INTERNATIONAL. Dichas unidades sufrieron varios cambios en la carrocería y esto se debió a modificaciones de chasises que ingresaron a NOVACAPRE® por parte del mismo cliente.

Una de estas modificaciones fue en la parte frontal de la unidad, que fue la fibra de vidrio siendo uno de los componentes más costosos de una carrocería y en la estructura (esqueleto) de la misma. La zona de interés fue la restructuración de la puerta de ascenso ya que se vio afectada por estos cambios.

Para rediseñar la puerta no se partió de cero, sino que se tomó como referencia un diseño anterior de NOVACAPRE® y es la que se muestra en la *Figura 10*. El desarrollo de esta puerta es de 724 x 2025 mm y está destinada para cubrir un claro de 800 x 2060 mm.



CLARO DE PUERTA

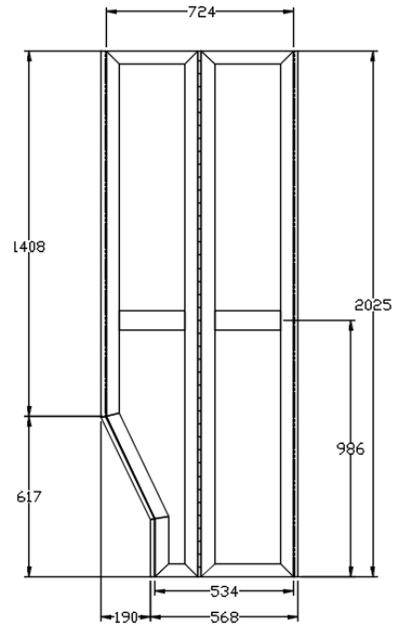
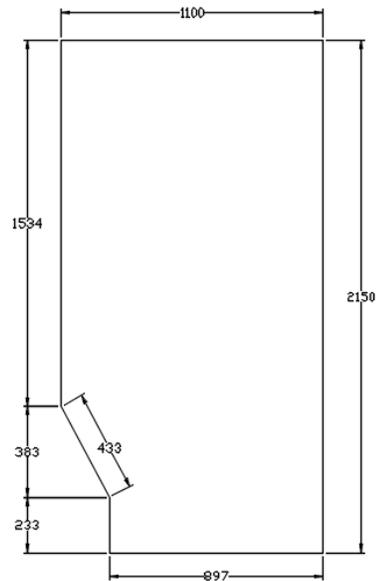
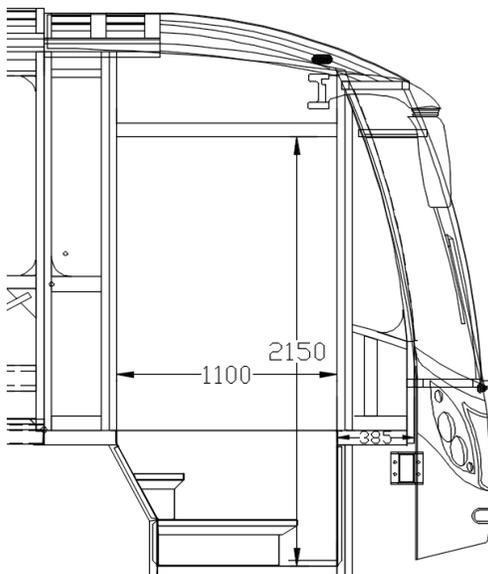


Figura 10: Claro de puerta y estructura de puerta a modificar <sup>[10]</sup>

El problema que se presentó fue que en una configuración anterior se debía adaptar a un claro de puerta de 1100 x 2150 mm, tal como se muestra en la *Figura 11*, por lo que fue necesario realizar la modificación de la puerta considerando cada una de las piezas que la componen y verificando su funcionalidad mediante simulaciones virtuales tanto en SolidWorks™ como en AutoCad™.



CLARO DE PUERTA

Figura 11: Claro de puerta de ascenso, estructura frontal <sup>[11]</sup>

Se contemplaron las dimensiones del claro para esta nueva unidad y para el rediseño de la puerta de ascenso según los lineamientos de la Ciudad de México No. 1964 publicados en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el día 14 de octubre de 2014 (*Tabla 1*), específicamente en la sección 5.1.1.1 Puertas.

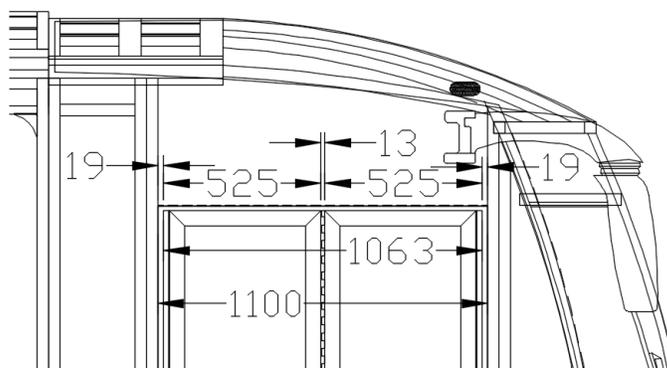
*Tabla 1: Especificaciones de puerta delantera o ascenso (Lineamientos del Distrito Federal)*

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	AUTOBUS PISO ALTO											
		CORTO				MEDIANO		LARGO		CORTO		LARGO	
		MOTOR TRASERO		MOTOR DELANTERO				MOTOR TRASERO					
		DIESEL	GNC	DIESEL	GNC	DIESEL	GNC	DIESEL	GNC	DIESEL	GNC	DIESEL	GNC
<b>Descenso</b>		Dos hojas abatibles o deslizables a ambos lados											
		Ubicación entre ejes		Ubicación atrás del eje trasero o entre ejes				Ubicación entre ejes					
<b>A</b>	Altura de puerta sencilla o doble delantera o trasera	1, 900 mm mínimo de claro libre vertical											
<b>B</b>	Ancho de puerta sencilla o doble delantera	900 mm mínimo de claro libre medido en la parte central de la altura de la puerta, con puertas abiertas en todo su vano											
<b>C</b>	Ancho de puerta doble trasera	1,200 mm mínimo de claro en la parte central de la altura de la puerta, con puertas abiertas en todo su vano; para unidades a gas natural con tanques de GNC por debajo del chasis el claro libre será de 1, 100 mm mínimo, siempre y cuando permita instalar la rampa para personas con sillas de ruedas en las unidades destinadas con este tipo de accesorios.											

Una vez que se contemplaron las dimensiones especificadas por los lineamientos de la Ciudad de México, se tuvieron que especificar también las dimensiones de la estructura tomando en cuenta el diseño de la puerta y sus componentes, para organizar cada uno

de los materiales de manera proporcional y con ello asegurar que al final el armado físico acredite las pruebas a las que se someten las unidades, una de ellas es la prueba hermética en la que la cañuela<sup>1</sup> de puerta es colocada perimetralmente en la estructura impidiendo que se filtre el agua, esto depende de un correcto diseño por parte del área de ingeniería del producto.

Dentro del diseño de la puerta se consideró el espacio que ocupa tanto la bisagra como los ángulos para cañuela dentro del mismo diseño, ya que esto también está involucrado en el armado final de la estructura. Se tienen que contemplar 19 mm de espacio entre el claro de la puerta y el ángulo de la cañuela. También es necesario considerar los 13 mm que corresponden al ancho de la bisagra y 40 mm de los dos ángulos cañuela. Sumando estas dimensiones se tienen un total de 1063 mm que fue la dimensión física de la estructura de puerta medida de punta a punta entre los ángulos, estas dimensiones que se observan en la *Figura 12*.



*Figura 12: Repartición de dimensiones para rediseño de puerta* <sup>[12]</sup>

Una vez que se definió cada uno de los puntos importantes para el rediseño de la estructura de puerta de ascenso, se procedió a dimensionar de manera correcta los perfiles tubulares que se usaran para el armado de esta, es decir, que al colocar las piezas que lleva la puerta, la misma dimensión total, sirvió como referencia para determinar el ancho total de las hojas de las puertas.

Utilizando las dimensiones individualmente de cada componente, se obtuvo finalmente que el ancho de cada una de las hojas de la estructura de la puerta es de 505 mm por lo que fue la referencia para el rediseño de la nueva estructura de puerta.

De manera estandarizada se debían considerar 20 mm de separación de la parte inferior de la puerta con el estribo de ascenso y 15 mm en la parte superior de la puerta con el canal corredera para asegurar que abra y cierre libremente. El espacio inferior es

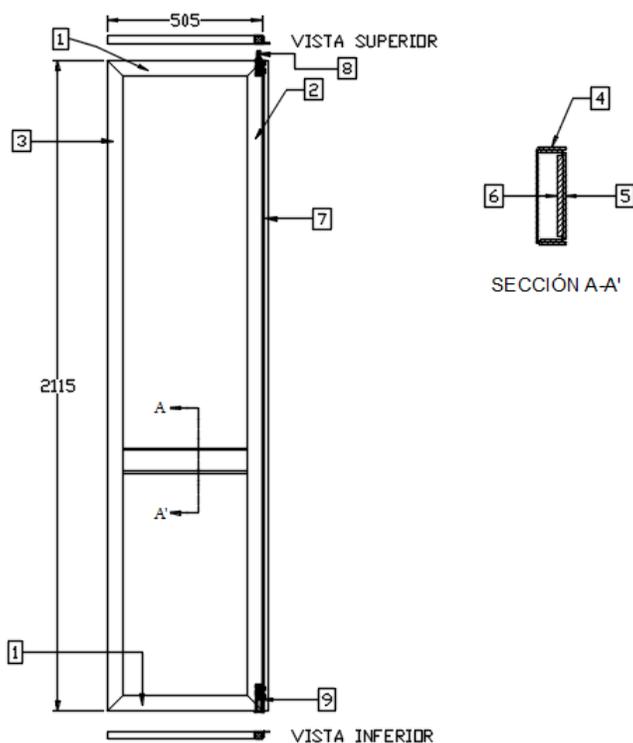
<sup>1</sup> Es un hule o goma que sirve de soporte a la malla tejida de alambre para dar una estabilidad y ajuste, esto permite una resistencia a la vibración y un sello hermético.

considerado así para alojar la base del perno que permite el giro de la puerta y el superior para alojar el perno eje superior que de igual forma sirve para permitir el giro de la puerta.

Al considerar estos espacios para el claro de la puerta tanto inferior y superior al sumarlos se determinó un total de 35 mm de espacio libre, pero al restarlo a los 2150 mm correspondientes al claro de la puerta el resultado fue de 2115 mm; esta medida es la que se utilizó para los perfiles laterales que conforman la hoja de la puerta.

Ya teniendo las medidas buscadas se modeló la puerta en AutoCad™, considerando los espacios perimetrales antes mencionados.

En primer lugar, se dibujó el primer componente de la puerta de forma rectangular llamada hoja de puerta lado jalón, ya que es donde se recibe la fuerza del Booster<sup>2</sup> para abrir o cerrar, es decir, donde se coloca el mecanismo, tal como se presenta en la *Figura 13*.



*Figura 13: Diseño de estructura hoja de puerta lado jalón* <sup>[13]</sup>.

<sup>2</sup> Es un tipo de compresor que trabaja con una presión positiva en la aspiración de aire, superior a la atmosférica para accionar las puertas de un autobús.

Tabla 2: Material para fabricar estructura hoja de puerta lado jalón

Item	Código de Plano	Material	UNIDAD DE MEDIDA	LONGITUD	LÁMINAS	
					Ancho (mm)	Largo (mm)
1	13-6177	PTR 2" X 1" CAL. 18 ZINTRO	m	505		
2	13-6192	PTR 2" x 1" CAL.-18 ZINTRO	m	2115		
3	13-5607	PTR 2" X 1" CAL. 14	m	2115		
4	13-1566	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		402	119
5	13-1567	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		405	107
6	13-3351	PL-3/16" ASTM A-36	kg		65	396
7	13-1439	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		2115	36
8	13-7007	CUADRADO DE 1" ACERO SAE 1018 Ó 1020	pza.			
9	13-6997	CUADRADO DE 1" ACERO SAE 1018 Ó 1020	pza.			

La sección A-A' que muestra el plano anterior son canales que se colocan a una altura restringida por el piso de la unidad, es decir se ubica exactamente al colocar el booster en su posición y con base a ello se presenta el soporte para unir la estructura con el mecanismo, esto nos permite accionar la puerta plegadiza que finalmente es lo que se quería lograr. En la *Figura 14* se observa que los canales que se colocan en la hoja de puerta lado jalón se posicionan a 834 mm medido desde el estribo al centro del booster. Si a esta medida le quitamos los 20 mm de claro en la parte inferior nos da como resultado 814 mm que es la medida que sirve al soldador para elaborar físicamente la estructura.

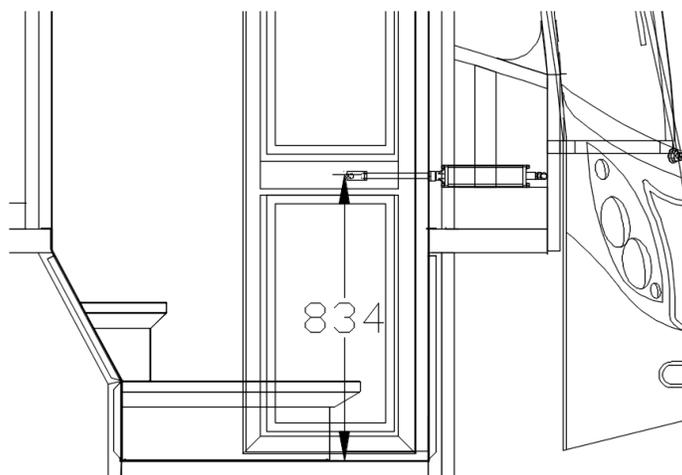
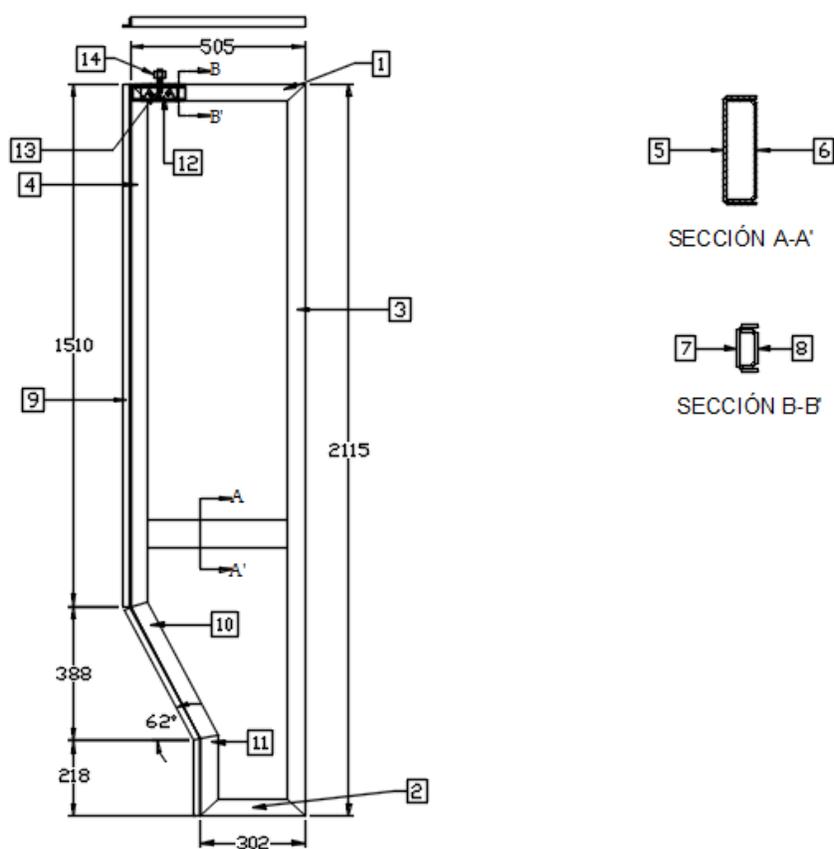


Figura 14: Ubicación de canales para puerta plegadiza <sup>[14]</sup>

Después de tener definida la estructura hoja de puerta lado jalón se definió la estructura de puerta lado trole, recibiendo este nombre por el componente que se ensambla llamado trole siendo la guía dentro de un riel que define el recorrido de la puerta al abrir y al cerrar.

Se aprecia que esta estructura debe tener un recorte en la parte inferior izquierda debido a la posición de la llanta, sin embargo eso no es problema ya que simplemente se le da un espacio de 19 mm perimetral en el contorno que forma dicha puerta medido desde el claro de la puerta hasta el ángulo de la cañuela, por lo que el diseño de este componente es muy parecido al ya explicado, y se visualizaría de la forma que sigue en la *Figura 15*.



*Figura 15: Diseño de estructura hoja de puerta lado trole* <sup>[15]</sup>

Tabla 3: Material para fabricar estructura hoja de puerta lado trole

Item	Código de Plano	Material	UNIDAD DE MEDIDA	LONGITUD	LÁMINAS	
					Ancho (mm)	Largo (mm)
1	13-6187	PTR 2" X 1" CAL. 18 ZINTRO	m	505		
2	13-6187	PTR 2" X 1" CAL. 18 ZINTRO	m	302		
3	13-5607	PTR 2" X 1" CAL. 14	m	2115		
4	13-6195	PTR 2" x 1" CAL.-18 ZINTRO	m	1510		
5	13-1566	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		119	167
6	13-1567	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		107	167
7	13-2012	LAM. C-10 GALV. ASTM A-653 G90	kg		150	73
8	13-2013	LAM. C-10 GALV. ASTM A-653 G90	kg		150	59
9	13-1439	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		36	2277
10	13-11768	PTR 2" x 1" CAL.-18 ZINTRO	m	446		
11	13-11769	PTR 2" x 1" CAL.-18 ZINTRO	m	235		
12	13-1412	LAM. C-10 GALV. ASTM A-653 G90	kg		180	100
13	13-7010	REDONDO DE 1/2" ACERO 1018 Ó 1020	m	75		
14	13-7008	REDONDO DE NYLAMID 1 1/4 "	pza.			

Una vez que ambas estructuras quedan definidas, lo que queda es realizar el ensamble para visualizar ya con dimensiones ideales lo que sería la estructura de la puerta de ascenso.

Ya que se tienen los componentes que forman la puerta, es decir, la estructura hoja de puerta lado jalón y la estructura hoja de puerta lado trole, se efectúa el ensamble junto con los complementos de mecanismo, esto dio una idea general de cómo es que se armó la puerta, y con ello se comprendió el funcionamiento de esta. Con esto concluido se pasó a la parte de simulación en AutoCad™ y posteriormente a la simulación en SolidWorks™

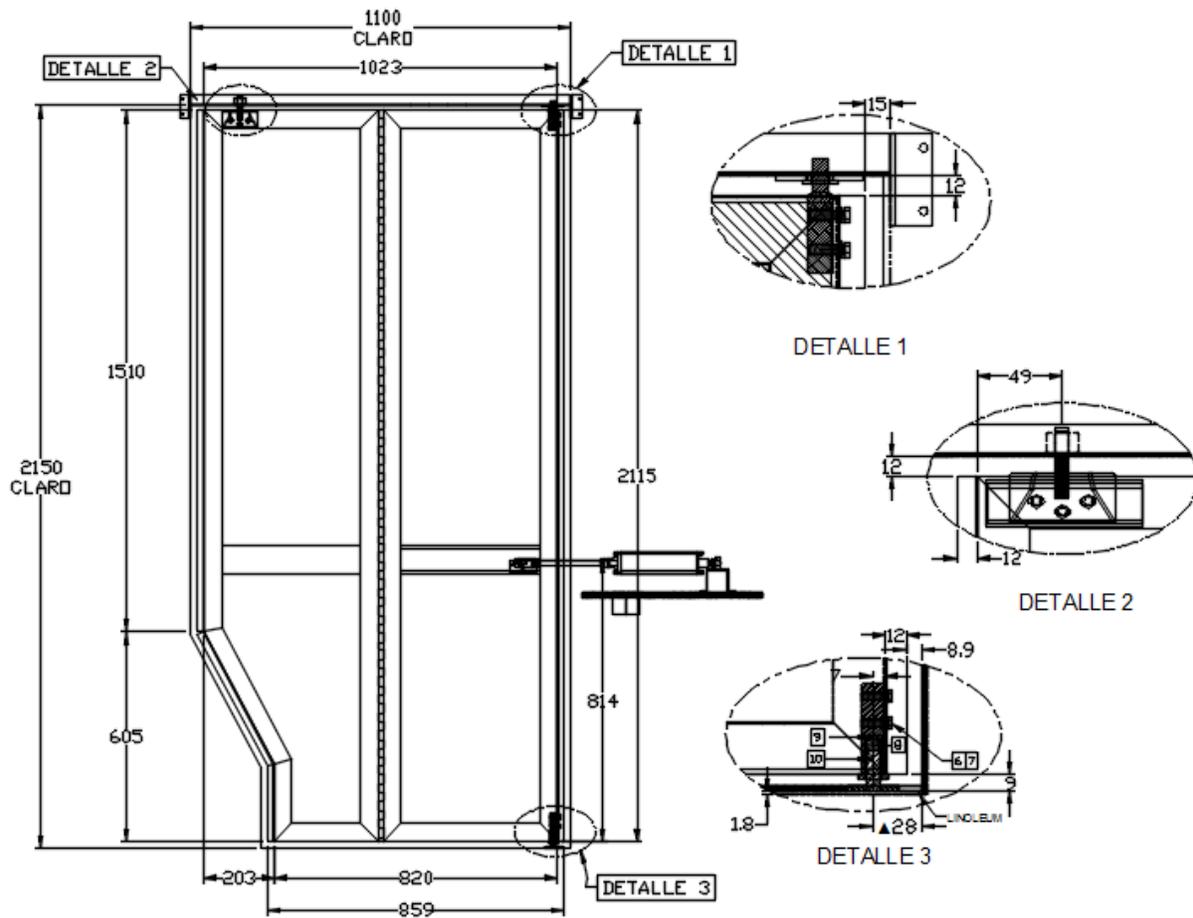


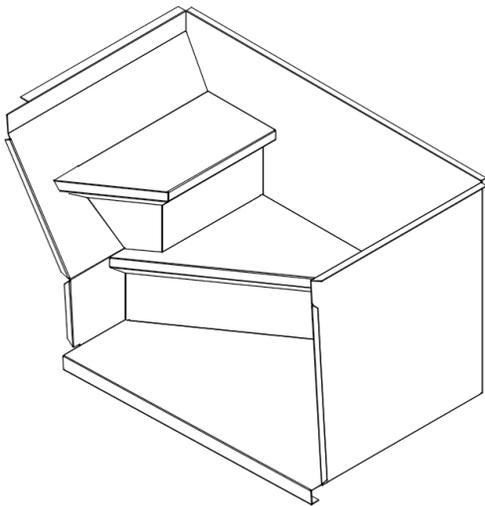
Figura 16: Ensamble de puerta con complementos del mecanismo <sup>[16]</sup>

## 5.- CAPITULO III

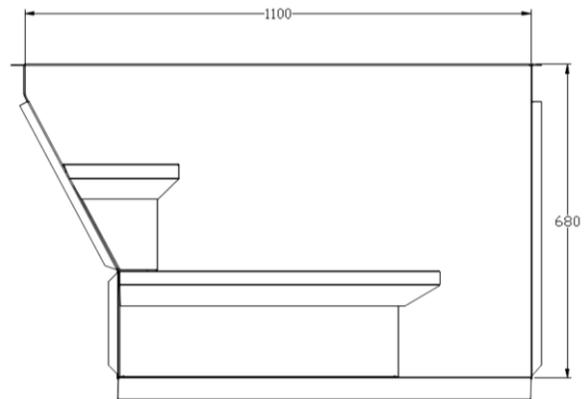
### SIMULACIONES DE ENSAMBLE Y FUNCIONAMIENTO

#### 5.1 SIMULACIÓN AUTOCAD™

Para realizar esta simulación fue necesario tomar en consideración tanto el claro de puerta como el estribo de ascenso, para asegurar que la nueva puerta gire libremente y sin ninguna restricción. El estribo que se utiliza es el que se muestra en la *Figura 17*, pero solo se utilizó la vista superior para efectuar la simulación.



VISTA ISOMETRICA



VISTA FRONTAL

*Figura 17: Estribo de ascenso para puerta con claro de 1100 mm de ancho <sup>[17]</sup>*

Como antes fue mencionado, solamente se usó la vista superior del estribo para realizar la simulación de apertura de puerta, así como también se usará la vista superior del ensamble de puerta, esto permitió verificar el radio de giro y asegurar que tanto la puerta como el estribo no presenten ningún daño y con esto evitar modificaciones que puedan retrasar operaciones de producción.

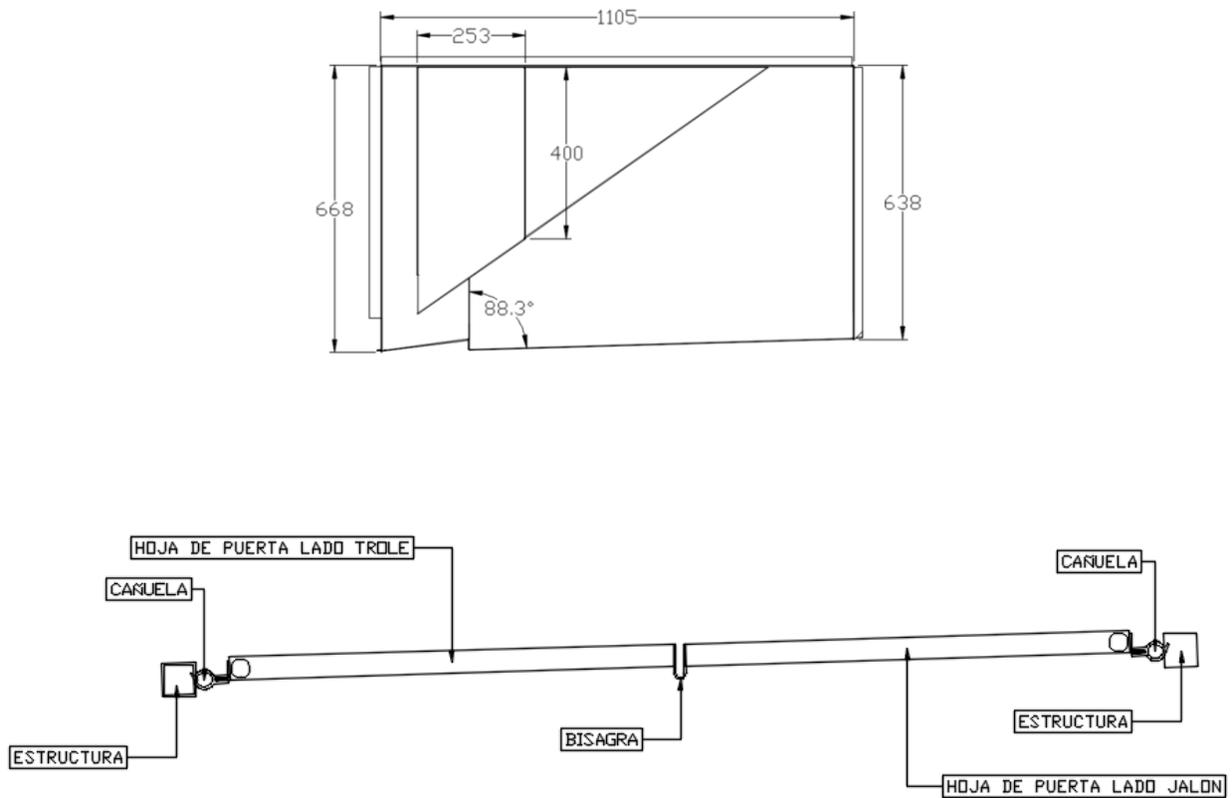


Figura 18: Vista superior de estribo de ascenso y vista superior de ensamble de puerta <sup>[18]</sup>

Después de haber definido el espacio de trabajo para la simulación, es decir ya dibujadas ambas vistas superiores, se procedió a colocar la puerta sobre el estribo y ajustarla conforme a las dimensiones reales y simular que ya está colocada físicamente, por lo que dentro del ensamble anterior en la vista superior de puerta se contemplan ya los ángulos para recibir la cañuela y la cañuela misma, para asegurar un correcto sello hermético.

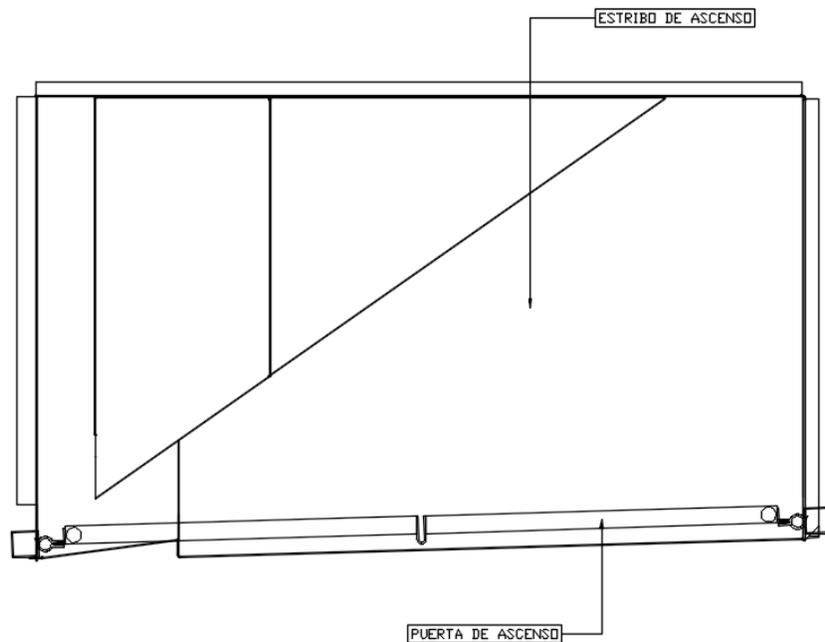
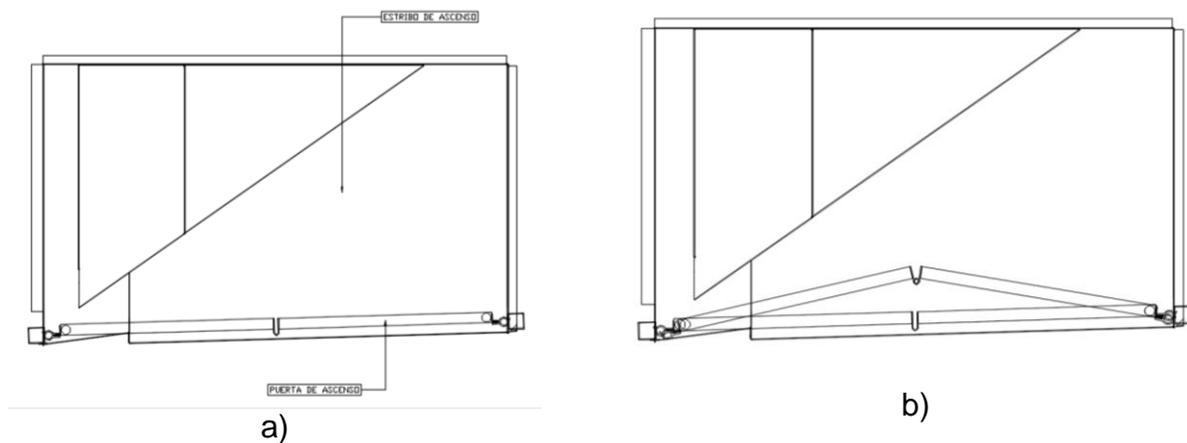


Figura 19: Colocación de puerta para simulación AutoCad™ 2D [19]

Ya que se asegura el sello hermético con el plano anterior de la Figura 19, se inició la simulación de puerta variando los grados de giro desde el punto fijo que son los bujes tanto superior como inferior, pero no solo es variar los grados de una hoja si no que los mismos grados con que gire la hoja de puerta lado jalón deben de ser los mismos con los que trabaje la hoja de puerta lado trole, entonces así como se vayan sumando o restando los grados en una hoja, en la otra se deberán sumar o restar los mismos grados para que la función de plegado se efectúe adecuadamente. Las imágenes que siguen simulan paso a paso el movimiento de la puerta de ascenso plegadiza en sus dimensiones ideales.



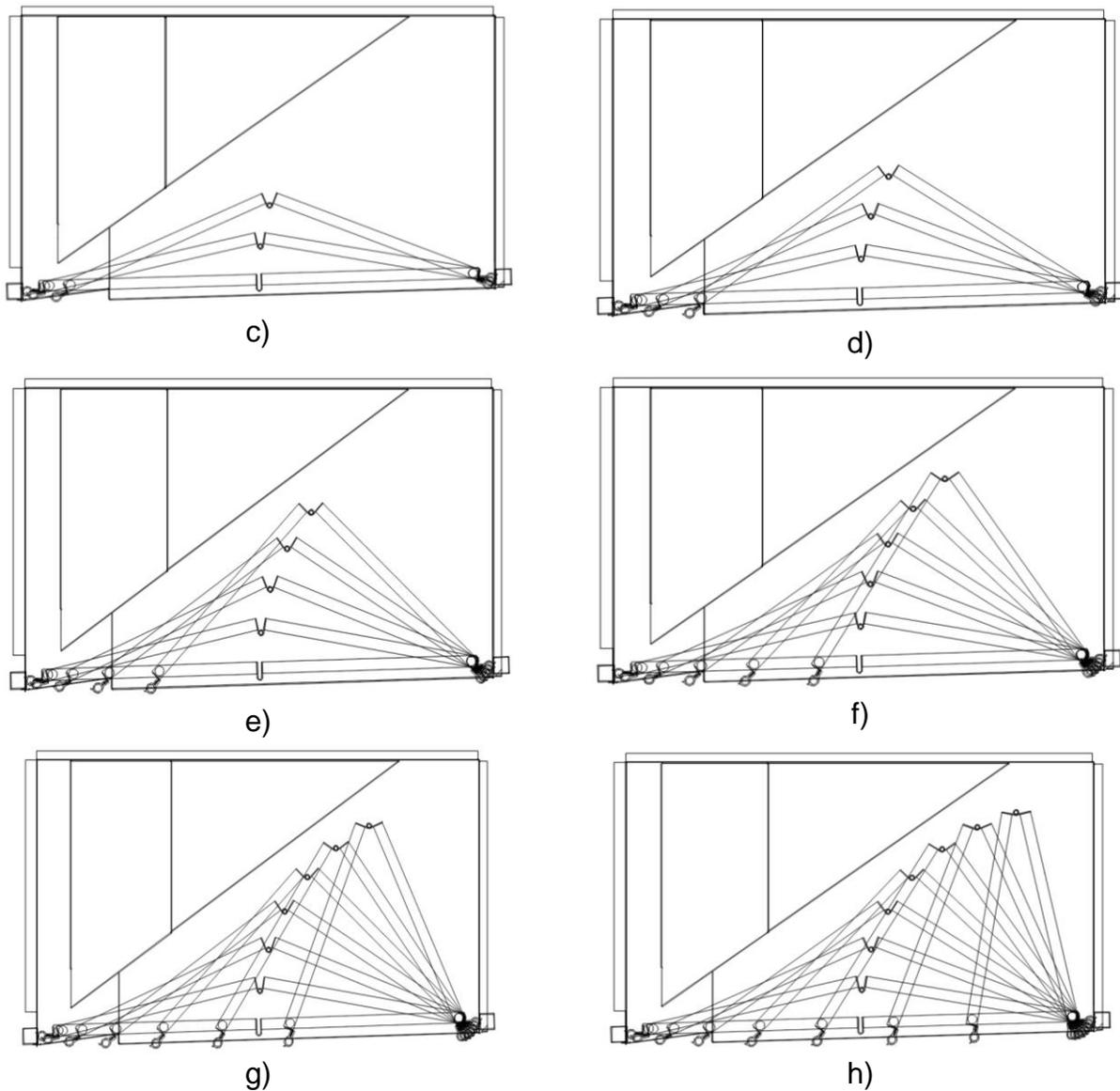
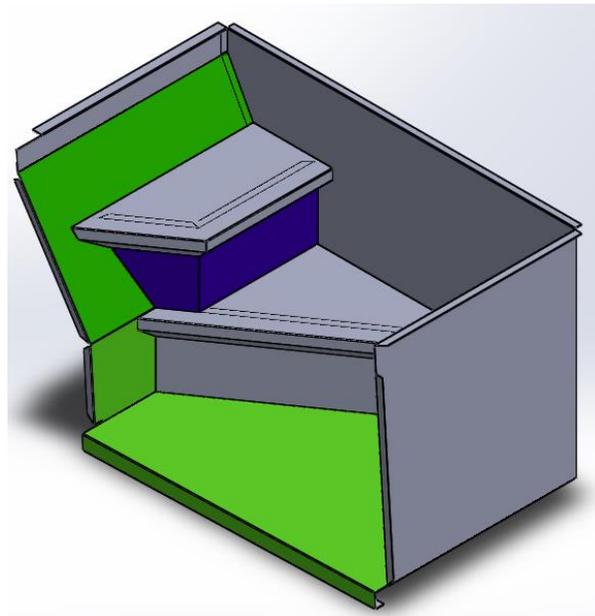


Figura 20: Simulación AutoCad™ paso a paso [20]

En la simulación anterior se observa cómo es que el movimiento de la puerta se hace de manera libre, no hay obstrucción por parte del estribo, ni por parte de la misma puerta, con esto se tiene la certeza de que tanto las dimensiones de la puerta como el rediseño de esta son los adecuados, sin embargo, se debe hacer una simulación de movimientos en SolidWorks™ para comprobar que las piezas están ensambladas correctamente y que el movimiento no tenga anomalías.

## 5.2 SIMULACIÓN SOLIDWORKS™

La simulación en SolidWorks™ es una herramienta muy importante para esta empresa, ya que de esta manera se analizan todos los proyectos que se tienen tanto para armar y visualizar unidades completas como para piezas muy pequeñas. Es de importante para el análisis de puertas en las unidades utilizar las simulaciones ya que de ello depende que lotes completos sean armados adecuadamente y sin ocasionar fallas ni retrabajos futuros. El análisis de movimiento es importante ya que se visualiza el recorrido que hace la puerta y con ello se verifica el buen diseño del estribo o en su defecto realizarle la modificación adecuada.



*Figura 21: Estribo de ascenso [21]*

Esta simulación consta del mismo proceso de AutoCad™. Se realizan cada una de las piezas que componen la puerta en SolidWorks™. Se arma la estructura de puerta lado jalón y lado trole, tal y como se muestra en las Figuras 22 y 23.

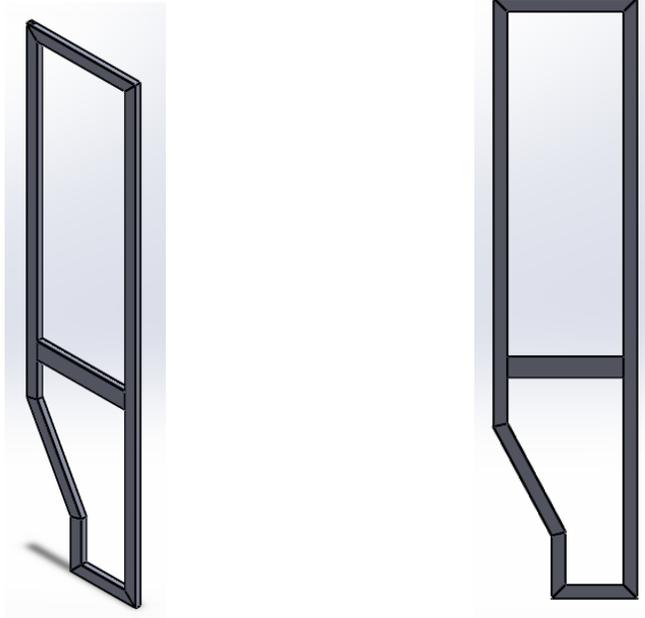


Figura 22: Estructura de puerta lado Trole en SolidWorks<sup>TM</sup> [22]

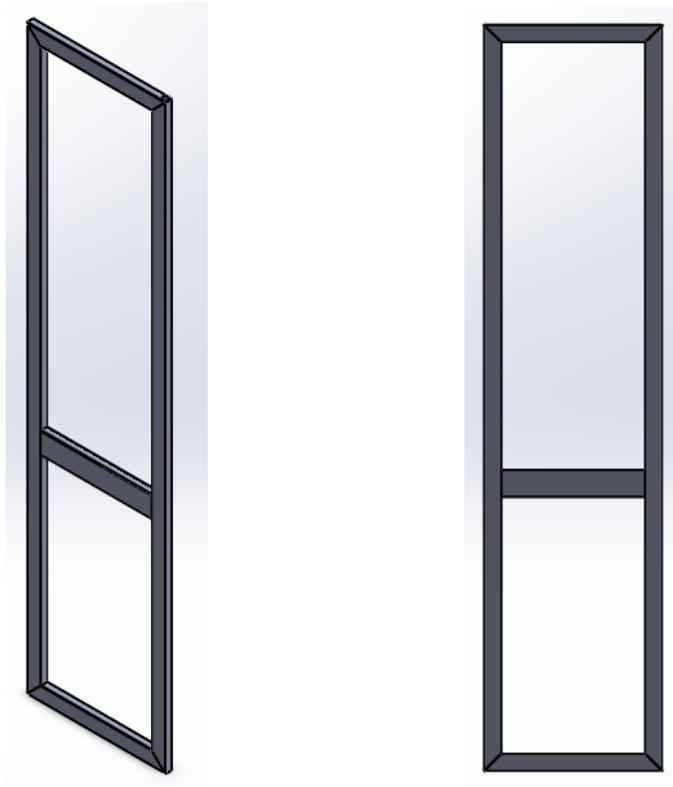
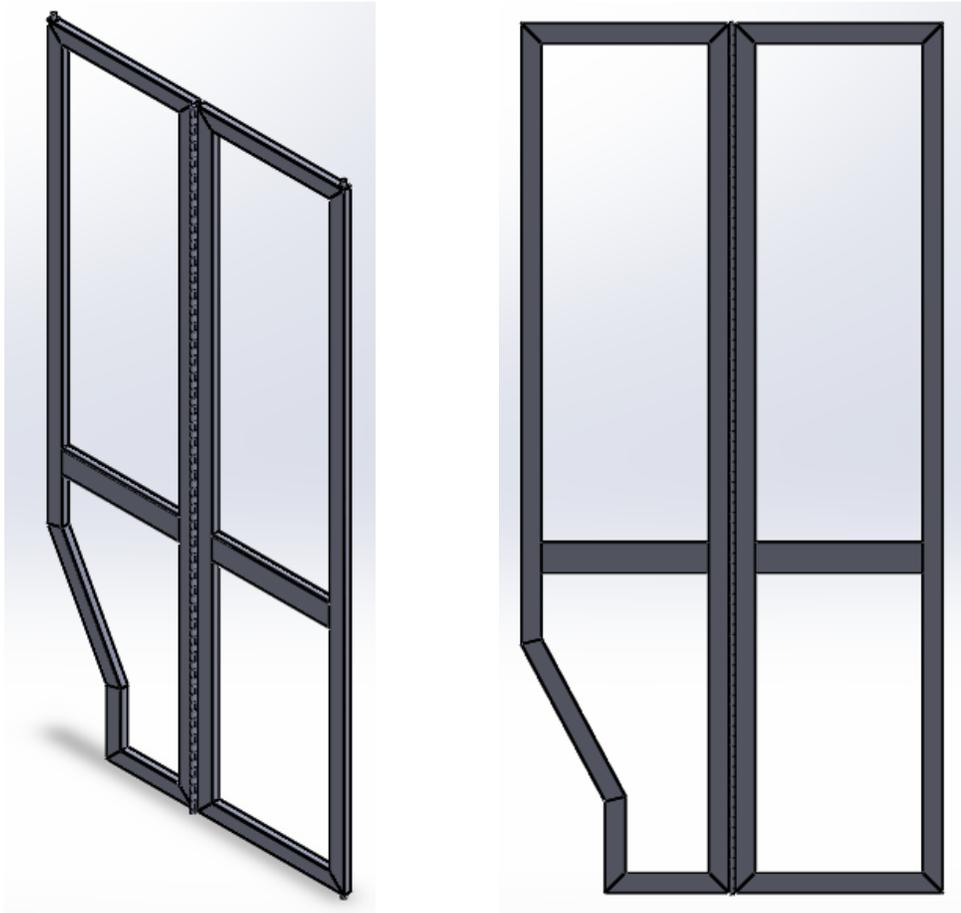


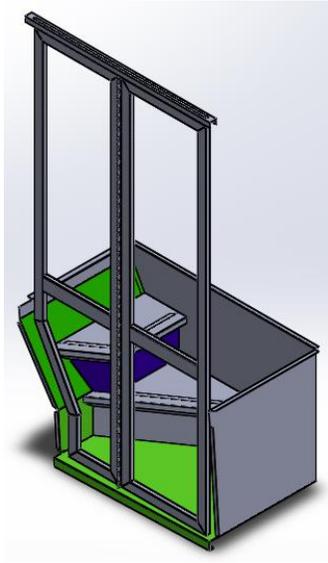
Figura 23: Estructura de puerta lado Jalón en SolidWorks<sup>TM</sup> [23]

Una vez que se tienen las estructuras bien definidas, el siguiente paso es unir las en un ensamble junto con la bisagra de puerta, que de igual forma se realizó el modelo en SolidWorks™. De tal forma que se visualizó como se muestra en la *Figura 24*.



*Figura 24: Ensamble de estructura de puerta* <sup>[24]</sup>

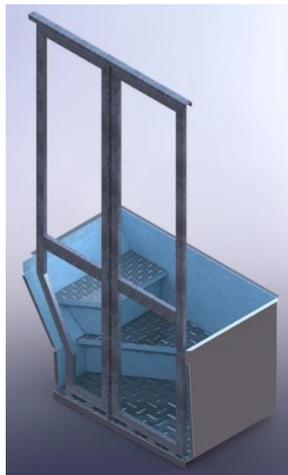
Finalmente se ensambló el estribo, el canal para la corredera y los pernos guía para efectuar la simulación de movimiento y comprobar el correcto desplazamiento de la puerta. La *Figura 25* muestra el ensamble final el cual está listo para hacer fluir dicha simulación de movimiento.



*Figura 25: Ensamble de puerta, estribo, canal corredera y pernos guía [25]*

Una vez que la puerta ya está ensamblada y ajustada conforme al estribo presentado en la *Figura 21*, se realiza la simulación de movimiento, en este caso se elaboraron presentaciones que sustentan el correcto funcionamiento de nuestro ensamble, los cuales se pueden consultar en la parte de referencias de este trabajo.

Para la presentación y entrega del trabajo realizado al director del área de Ingeniería de la empresa, se efectuó un renderizado que mostró de forma digital una animación el funcionamiento de la puerta, gracias a ello se aprobó el proyecto y comenzó el proceso de producción. Los enlaces de las animaciones se encuentran en el apartado de referencias de este trabajo.



*Figura 26: Renderizado de puerta de ascenso [26]*

## 6.- CAPITULO IV

### FABRICACIÓN DE LA PUERTA

Una vez que se verificaron las simulaciones, comenzó la elaboración del producto físico, el procedimiento que sigue la estructuración, armado y ensamblado de una puerta es el que se muestra a continuación:

a) Se entregan los planos correspondientes de cada uno de los componentes que forman la puerta al soldador que se encuentra en el departamento de Subensambles para cortar los PTR a las medidas especificadas en las tablas 2 y 3 de materiales.

b) Con el apoyo del operador de producción se ajusta una plantilla para colocar escantillones que registren las medidas que fueron entregadas en los planos que se muestran en el capítulo II y que están agregado en los anexos, siendo así la primera puerta que se realizó. Esto con la finalidad de lanzar la primera prueba y si existiera alguna modificación, realizarla de manera rápida, y una vez que la plantilla estuvo lista, se procedió a producirlas en serie.



*Figura 27: Ajuste de plantilla para producción en serie <sup>[27]</sup>*

c) Ya que se tuvieron los registros de la plantilla, el ensamble de PTR que forman la puerta se puntea y se corroboran las dimensiones, esto evaluado por el área de calidad de la empresa, y una vez que fue validado se suelda con cordones de 2 pulgadas aproximadamente, de soldadura ER70S-6 (GMAW) MIG aplicada con una maquina CP302 para microalambre y se obtuvo así un ensamble rígido y de buena calidad.



*Figura 28: Cordones de soldadura en puerta <sup>[28]</sup>*

d) Se repite el ajuste de plantilla y el armado para ambas estructuras de puerta, tanto el lado jalón como el lado trole, y es así como se tiene ya el armado de las hojas.



*Figura 29: Estructura hoja de puerta lado trole y lado jalón <sup>[29]</sup>*

e) Después de tener las estructuras armadas se procede a realizar el ensamble, en el que se unen las dos hojas de puerta con la bisagra de puerta, se colocan los ángulos recibidores de cañuela y los complementos que son los bujes que permiten el giro de una puerta plegadiza, así como se muestra en la *Figura 30*.



*Figura 30: Ensamble de puerta plegadiza* <sup>[30]</sup>

f) Una vez concluido el ensamble se verificaron las dimensiones generales de la puerta, y se compararon con los planos, cabe mencionar que dentro de la planta se tiene una tolerancia establecida para todas las estructuras de +/- 3 mm.

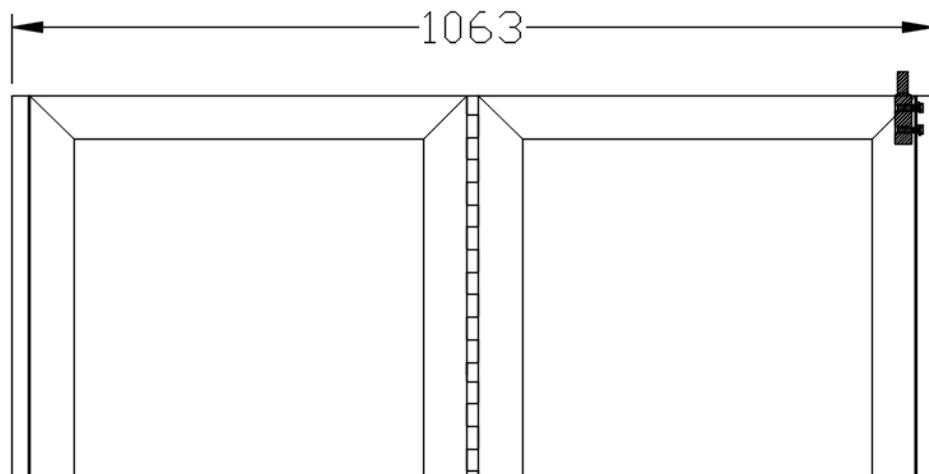
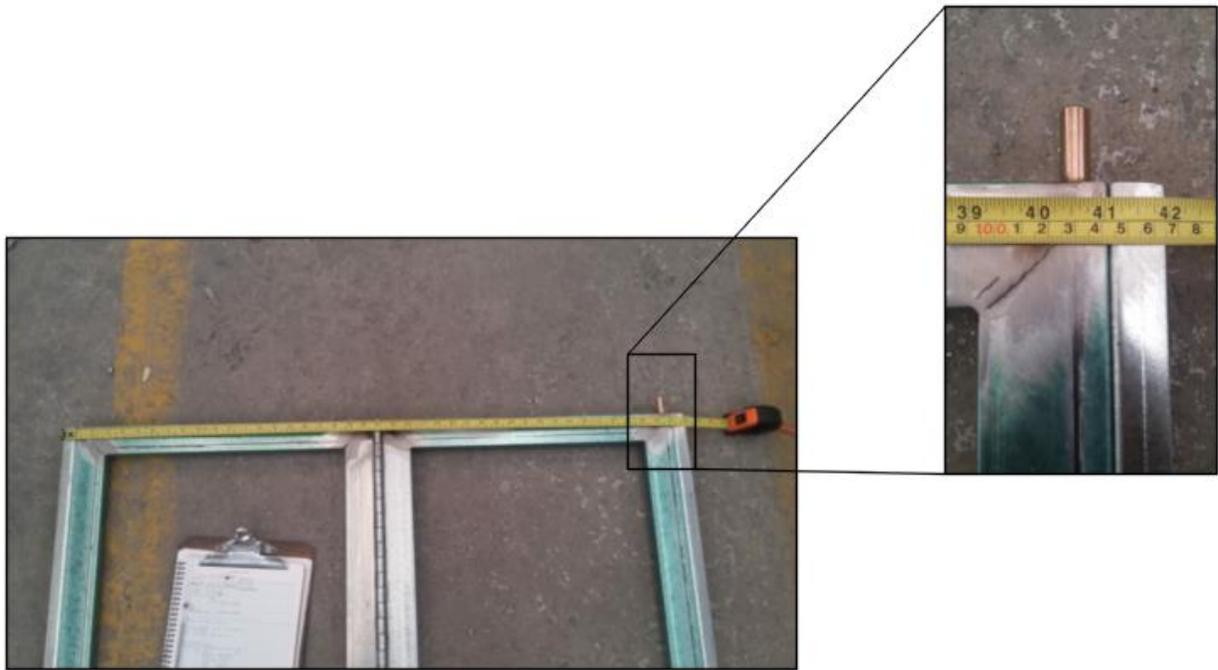


Figura 31: Ancho de puerta física 1064 mm comparado con plano de 1063 mm <sup>[31]</sup>

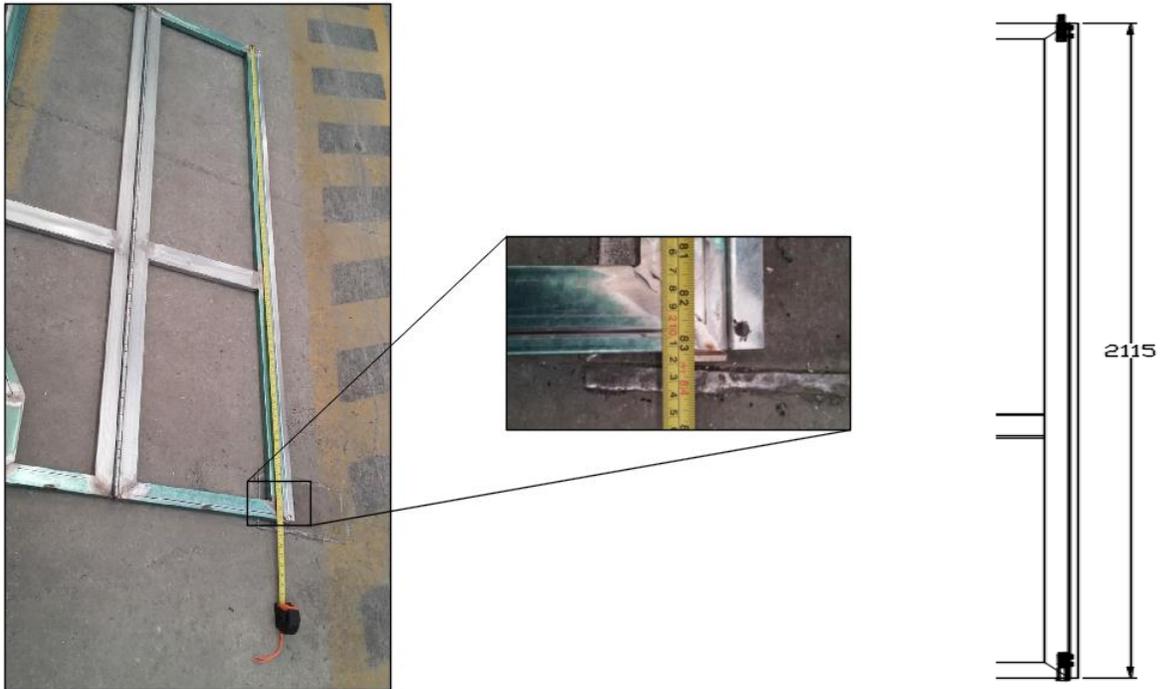


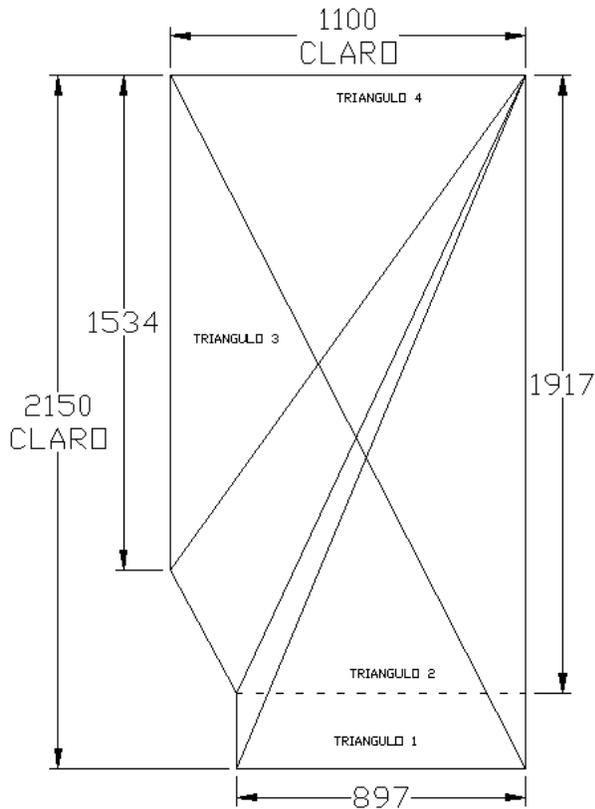
Figura 32: Altura de puerta física 2113 mm comparado con plano de 2115 mm <sup>[32]</sup>

Ya que se tiene la puerta armada y validada dimensionalmente, lo siguiente fue ubicar la puerta en un autobús para visualizarla físicamente.



Figura 33: Puerta y Claro de puerta <sup>[33]</sup>

## 7.- MEMORIA DE CÁLCULO



Para comprobar que las dimensiones de la puerta son las correctas y asegurar que no interfiera con el claro de puerta de la estructura, se hace uso de la herramienta trigonométrica, el Teorema de Pitágoras, para ajustar (hacer ajustes de la estructura según se requiera, pero basado en los resultados teóricos.

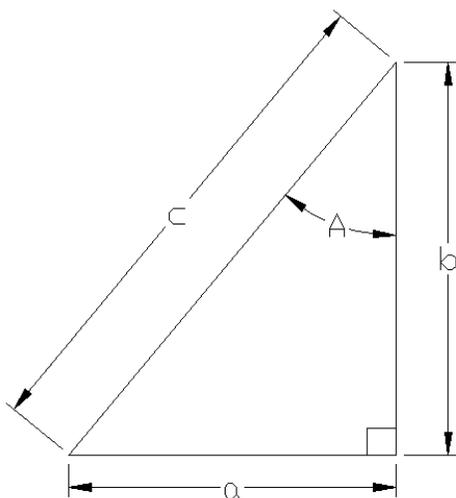
Primeramente, observamos que se forman triángulos rectángulos y con ellos se calcularon las hipotenusas que son las medidas de referencia que se requieren para hacer los ajustes necesarios después de armar la estructura.

El teorema de Pitágoras nos dice que si se tiene un triángulo rectángulo entonces la suma de los cuadrados de sus catetos (lados rectos y ortogonales del triángulo rectángulo que forman un ángulo de  $90^\circ$ ) será igual al cuadrado de la hipotenusa; así:

$$c^2 = a^2 + b^2$$

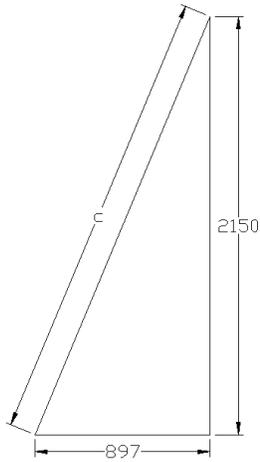
Donde:

*a*: Cateto Opuesto  
*b*: Cateto Adyacente  
*c*: Hipotenusa



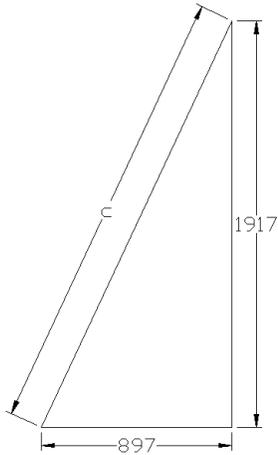
De esta manera se realizaron las operaciones para encontrar las medidas buscadas.

### TRIANGULO 1



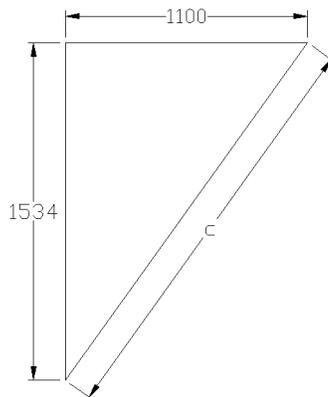
$$\begin{aligned}c^2 &= a^2 + b^2 \\c^2 &= (2150)^2 + (897)^2 \\c^2 &= 4,622,500 + 804,609 \\c^2 &= 5,427,109 \\c &= \sqrt{5,427,109} \\c &= 2329 \text{ mm}\end{aligned}$$

### TRIANGULO 2



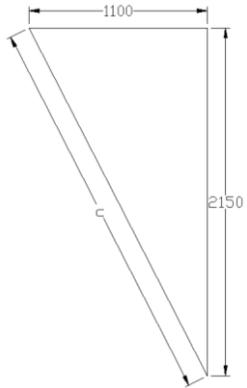
$$\begin{aligned}c^2 &= a^2 + b^2 \\c^2 &= (1917)^2 + (897)^2 \\c^2 &= 3,674,889 + 804,609 \\c^2 &= 4,479,498 \\c &= \sqrt{4,479,498} \\c &= 2116 \text{ mm}\end{aligned}$$

### TRIANGULO 3



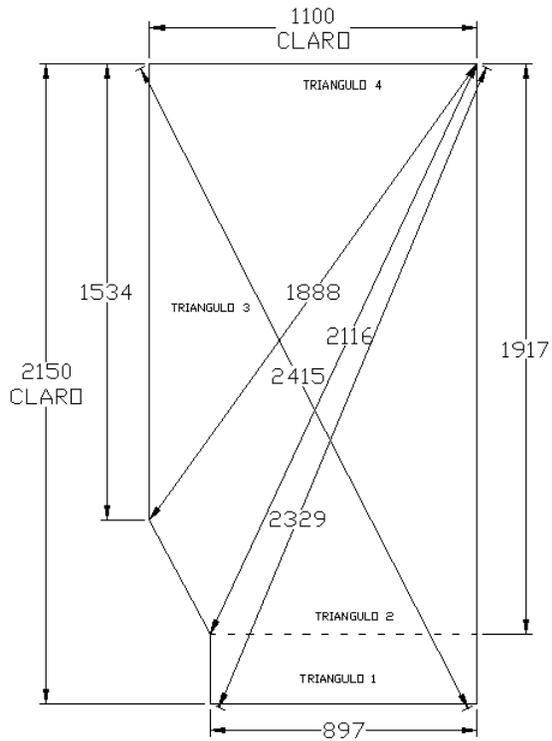
$$\begin{aligned}c^2 &= a^2 + b^2 \\c^2 &= (1534)^2 + (1100)^2 \\c^2 &= 2,353,156 + 1,210,000 \\c^2 &= 3,563,156 \\c &= \sqrt{3,563,156} \\c &= 1888 \text{ mm}\end{aligned}$$

### TRIANGULO 4



$$\begin{aligned}c^2 &= a^2 + b^2 \\c^2 &= (2150)^2 + (1100)^2 \\c^2 &= 4,622,500 + 1,210,000 \\c^2 &= 5,832,500 \\c &= \sqrt{5,832,500} \\c &= 2415 \text{ mm}\end{aligned}$$

### RESULTADOS



Triangulo 1:

$$c = 2329 \text{ mm}$$

Triangulo 2:

$$c = 2116 \text{ mm}$$

Triangulo 3:

$$c = 1888 \text{ mm}$$

Triangulo 4:

$$c = 2415 \text{ mm}$$

Ya comprobado tanto el funcionamiento como las dimensiones de la estructura en las simulaciones de AutoCad™ y SolidWorks™ se podía casi asegurar que físicamente la puerta no debía presentar fallas, sin embargo, éstas siempre están presentes dentro de la industria, por lo que el departamento de ingeniería de producto en conjunto con ingeniería de manufactura y supervisores de área, acordaron que la tolerancia establecida sería de +/- 3 mm. Teniendo esto presente, las figuras que siguen reflejan el correcto trabajo de diseño de puerta de ascenso para las nuevas especificaciones.



*Figura 34: Presentación de puerta <sup>[34]</sup>*

## 8.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo fueron los esperados, ya que se tenía que cumplir con el objetivo de la entrega de 60 unidades para la Ciudad de México, pero con la nueva especificación del cliente que fue la ampliación de la puerta de ascenso. Una vez corroboradas con las simulaciones de los softwares antes mencionados el director del área de ingeniería aprobó el diseño y se mandó a correr una prueba. Al tener que la prueba fue exitosa se pudo avanzar a la orden de producción de las 60 puertas que corresponden a las unidades. Para lo cual al tenerlas finalizadas y montadas en las unidades el ingeniero encargado del diseño y elaboración de todos los vidrios y parabrisas que lleva la unidad procedió a diseñar, producir y colocar los correspondientes a las puertas de las que trató este trabajo, tal y como se muestra en la *Figura 35*.



*Figura 35: Primera unidad con vidrio colocados en puerta [35]*

Al contar ahora con el ensamble de la estructura con los vidrios colocados y contar con la unidad prácticamente terminada, se debe pasar una prueba de hermeticidad para asegurarnos que en temporada de lluvia el agua no se filtre por ningún posible hueco que pudiese haber quedado por diversos factores, los cuales pueden ser por diseño, ensamble de estructura a la unidad, mala colocación del vidrio de puerta o mala colocación de cañuela para sello hermético. Esta prueba tiene que ser valorada por el ingeniero de calidad en el área de liberación de unidades. Esta prueba se visualiza en el enlace del video llamado, Prueba Hermética Puerta Ascenso.

Gracias al trabajo realizado en tiempo y forma, las unidades completas se pudieron entregar al cliente después de haber sido liberadas por el auditor de calidad de Volkswagen que visita la empresa.



*Figura 36: Unidades completas y liberadas [36]*

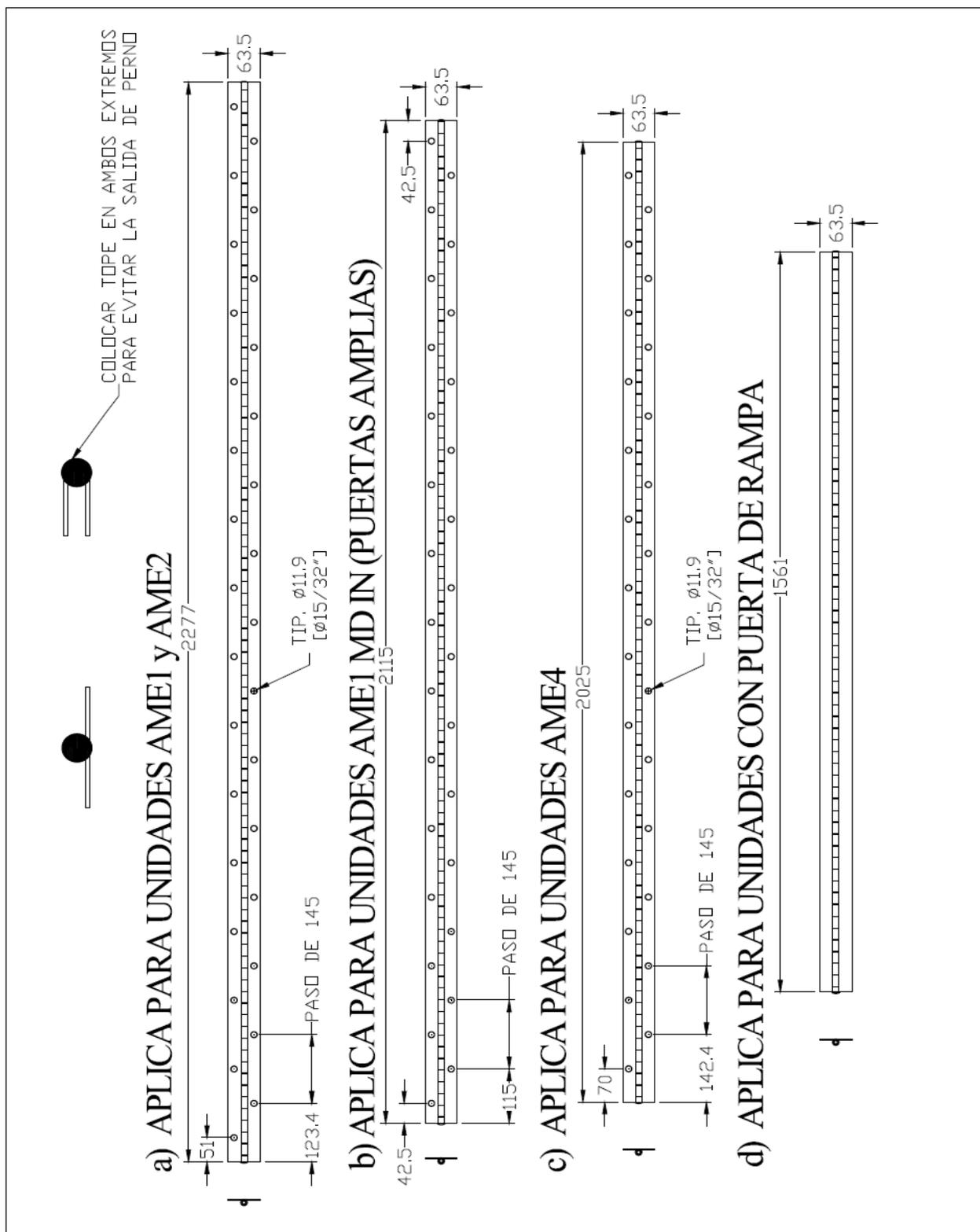
Este trabajo ha sido un gran reto, sin embargo, se tienen bastantes áreas de oportunidad que se pueden atacar cuando se fabrican unidades en masa, los softwares utilizados son herramientas muy poderosas que nos ayuda a ser más precisos al momento de diseñar, ya que la fabricación de piezas para el sector automotriz es milimétrica.

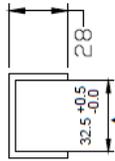
Son muy pocos los análisis de este tipo que se hacen dentro de la empresa RECO-NOVACAPRE® ya que las simulaciones 3D requieren mucho tiempo para definir las

como se requiere en SolidWorks™, pero en AutoCad™ se pueden hacer aproximaciones de forma rápida, es por ello que es el software más empleado en la empresa, pero los mismos clientes han solicitado modelos de sus unidades en 3D es así que el departamento de ingeniería se ha enfocado a ensamblar las unidades para realizar que posteriormente se hagan las simulaciones pertinentes.

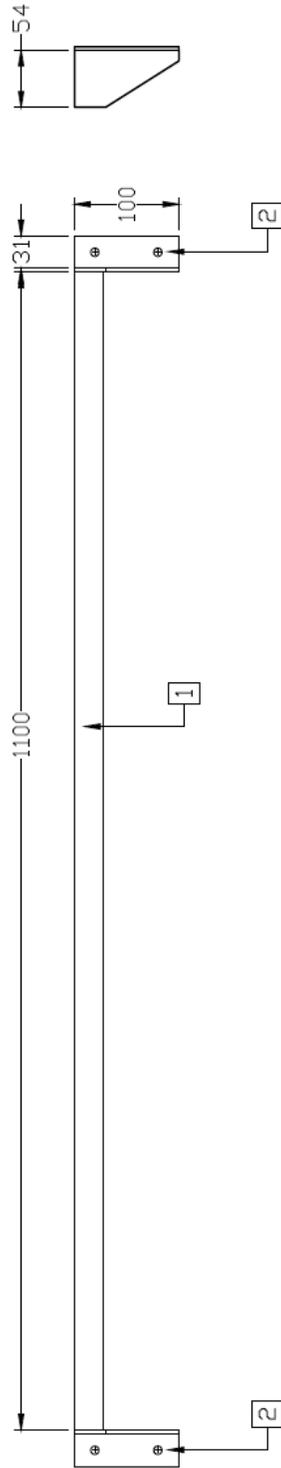
Este trabajo queda abierto a alguna modificación que se requiera en una puerta plegadiza de otra unidad, pero sírvase de manual para seguir los pasos mostrados y asegurar el éxito en los diseños que se presenten a futuro.

## 9.- ANEXOS



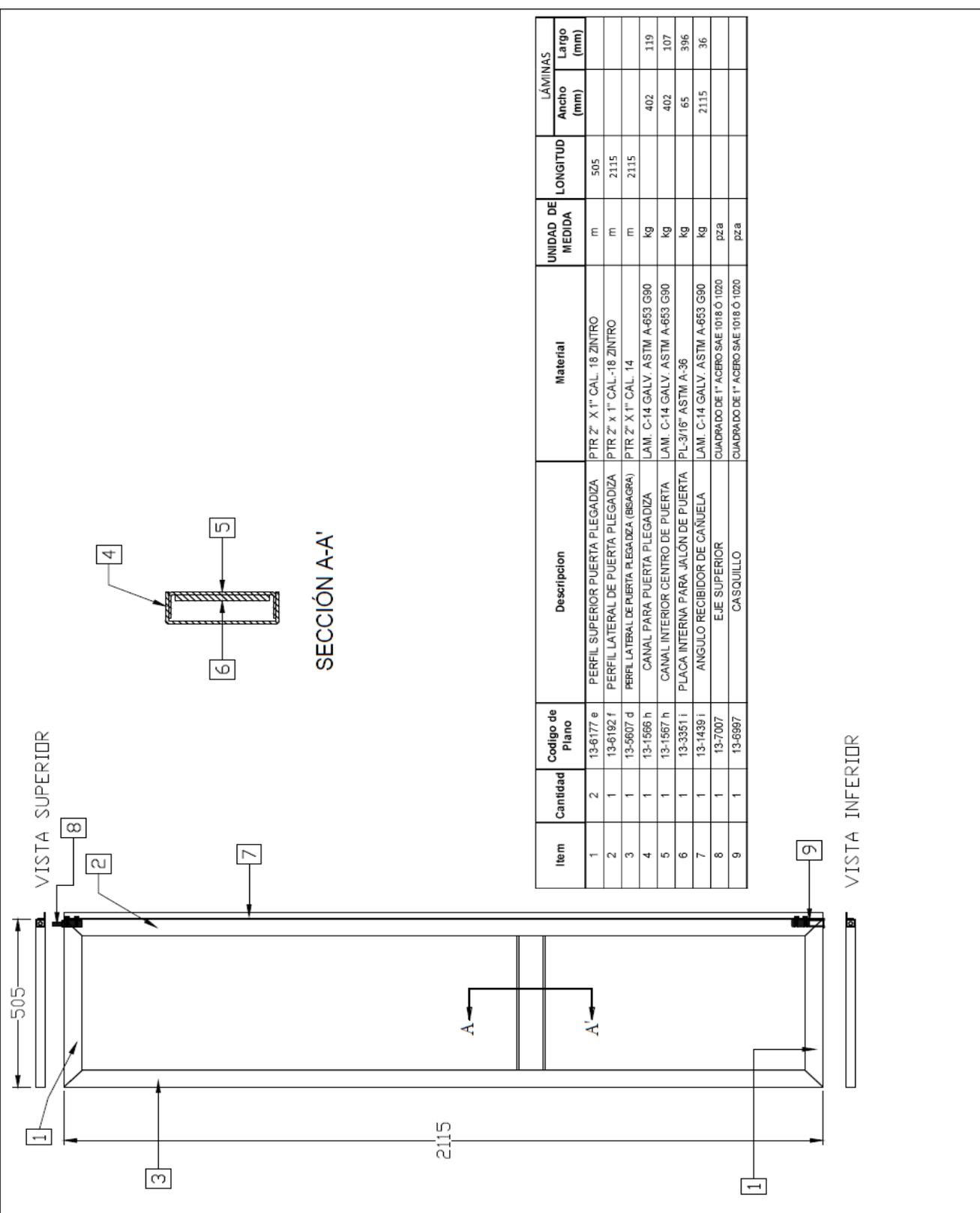


CORTE TRANSVERSAL  
CANAL DE CORREDERA  
Esc. 2:1

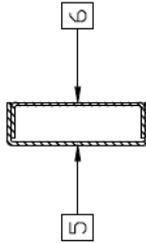
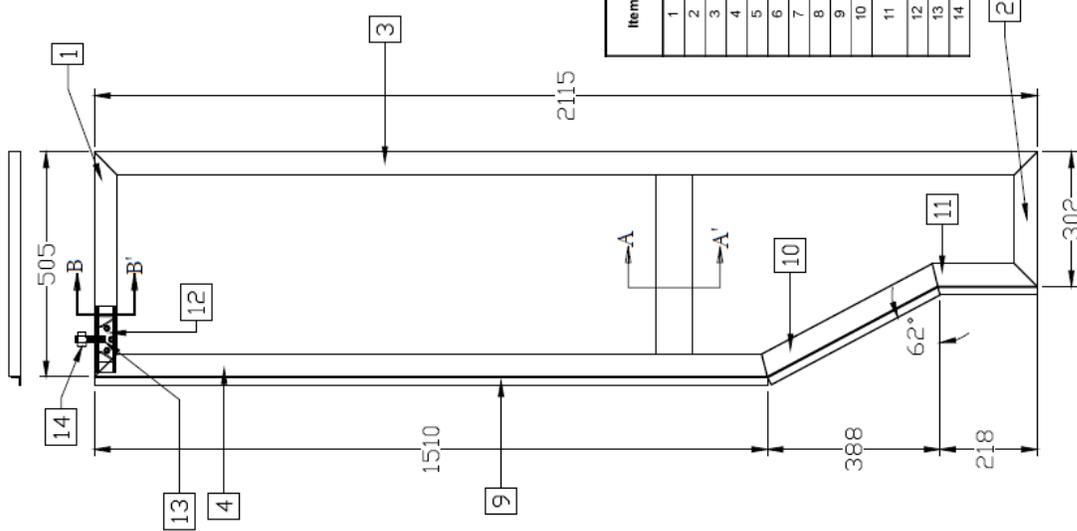


LISTADO DE COMPONENTES

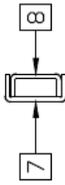
N° DE ELEMENTO	N° DE PIEZA	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD
1	09-1050 d	CANAL DE CORREDERA	LAM CALLO GALV ASTM A-453 GR	1
2	09-1057/70	TAPA DE CORREDERA	LAM CALLO GALV ASTM A-453 GR	2



Item	Cantidad	Codigo de Plano	Descripcion	Material	UNIDAD DE MEDIDA	LONGITUD	LÁMINAS	
							Ancho (mm)	Largo (mm)
1	2	13-6177 e	PERFIL SUPERIOR PUERTA PLEGADIZA	PTR 2" X 1" CAL. 18 ZINTRO	m	505		
2	1	13-6192 f	PERFIL LATERAL DE PUERTA PLEGADIZA	PTR 2" X 1" CAL.-18 ZINTRO	m	2115		
3	1	13-5607 d	PERFIL LATERAL DE PUERTA PLEGADIZA (BIGAGRA)	PTR 2" X 1" CAL. 14	m	2115		
4	1	13-1566 h	CANAL PARA PUERTA PLEGADIZA	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		402	119
5	1	13-1567 h	CANAL INTERIOR CENTRO DE PUERTA	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		402	107
6	1	13-3351 i	PLACA INTERNA PARA JALÓN DE PUERTA	PL-3/16" ASTM A-36	kg		65	396
7	1	13-1439 i	ANGULO RECIODOR DE CAÑUELA	LAM. C-14 GALV. ASTM A-653 G90	kg		2115	36
8	1	13-7007	EJE SUPERIOR	CUADRADO DE 1" ACERO SAE 1018 O 1020	pza			
9	1	13-6997	CASQUILLO	CUADRADO DE 1" ACERO SAE 1018 O 1020	pza			

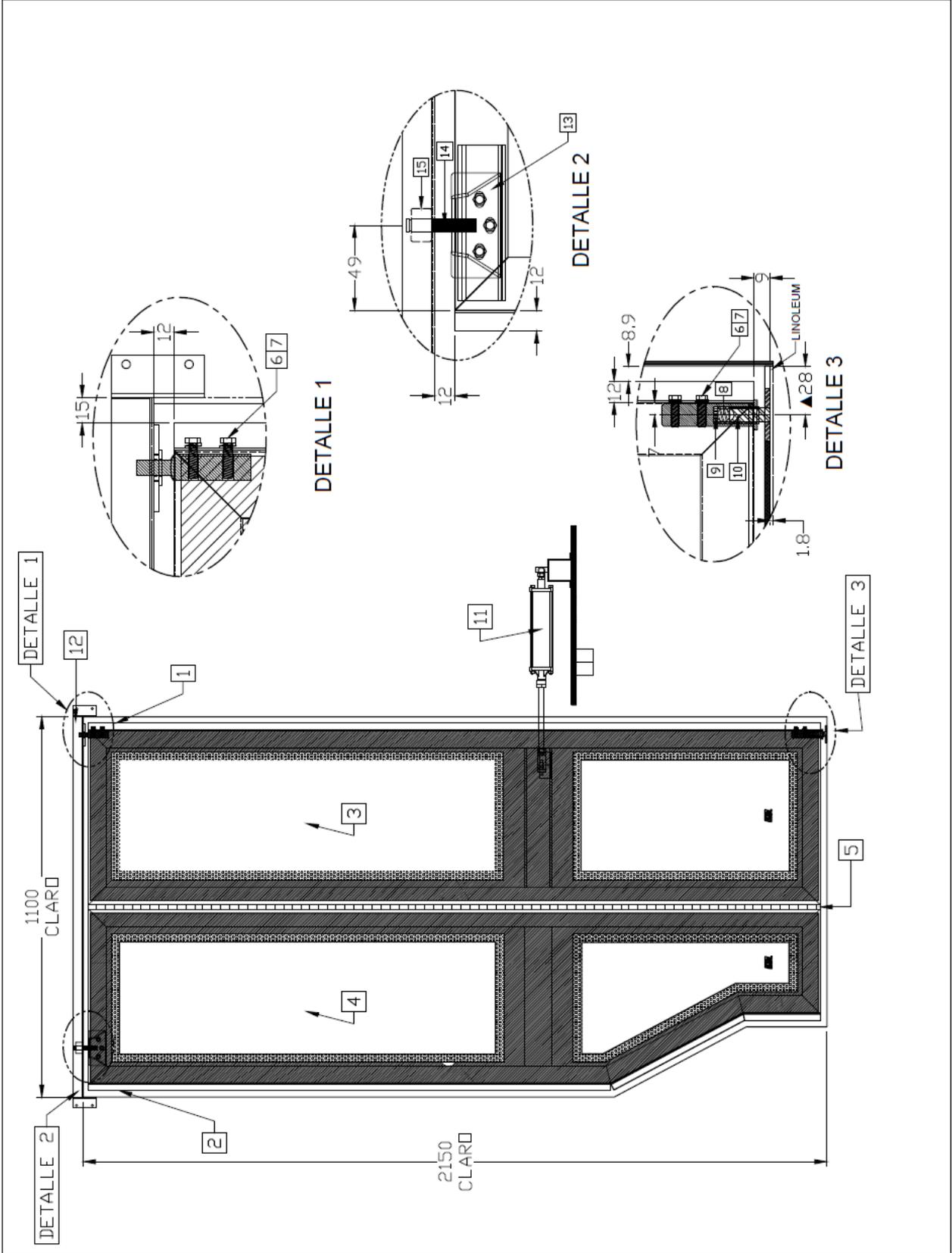


SECCIÓN A-A'



SECCIÓN B-B'

Item	Cantidad	Codigo de Plano	Descripcion	Material	UNIDAD DE MEDIDA	LAMINAS	
						LONGITUD	Ancho (mm)
1	1	13-6187 e	PERFIL SUPERIOR PUERTA PLEGADIZA	PTR Z' X 1" CAL. 18 ZINIRO	m	505	
2	1	13-6187 f	PERFIL SUPERIOR PUERTA PLEGADIZA	PTR Z' X 1" CAL. 18 ZINIRO	m	302	
3	1	13-6007 d	PERFIL LATERAL DE FUERTA PLEGADIZA (BBAAGRA)	PTR Z' X 1" CAL. 14	m	2115	
4	1	13-6195 b	PERFIL LATERAL DE PUERTA PLEGADIZA	PTR Z' X 1" CAL.-18 ZINIRO	m	1510	
5	1	13-1566 c	CANAL PARA PUERTA PLEGADIZA	LAM. C-14 GALV. ASTM A-663 G90	kg		119
6	1	13-1567 c	CANAL INTERIOR CENTRO DE PUERTA	LAM. C-14 GALV. ASTM A-663 G90	kg		107
7	1	13-2012	CANAL REFUERZO DE RESBALON	LAM. C-10 GALV. ASTM A-663 G90	kg		150
8	1	13-2013	CANAL REFUERZO INTERIOR DE RESBALON	LAM. C-10 GALV. ASTM A-663 G90	kg		150
9	1	13-1439 b	ANGULO RECIBIDOR DE CAÑUELA	LAM. C-14 GALV. ASTM A-663 G90	kg		36
10	1	13-11788	PERFIL DIAGONAL INFERIOR DE FUERTA PLEGADIZA	PTR Z' X 1" CAL.-18 ZINIRO	m	446	
11	1	13-11789	PERFIL LATERAL INFERIOR DE FUERTA PLEGADIZA ASSENBO	PTR Z' X 1" CAL.-18 ZINIRO	m	235	
12	1	13-1412	BASE DE MECANISMO	LAM. C-10 GALV. ASTM A-663 G90	kg		180
13	1	13-7010	PERNO PARA TROLE	REDONDO DE 1/2" ACERO 1018 O 1020	m	75	
14	1	13-7008	BIJUE TROLE	REDONDO DE NYLAMID 1 1/4"			



Item	Cantidad	Codigo de Plano	Descripcion
1	1	13-11748	ESTRUCTURA HOJA DE PUERTA ASCENSO LADO JALON 1100 MM
2	1	13-11749	ESTRUCTURA HOJA DE PUERTA ASCENSO LADO TROLE 1100 MM
3	1	29-11684	VIDRIO DERECHO PARA PUERTA ASCENSO (1100X2150)
4	1	29-11685	VIDRIO IZQUIERDO PARA PUERTA ASCENSO (1100X2150)
5	1	13-5196 b	BISAGRA DE PUERTA
6	4	000633	TORNILLO HEX G-5 1/4" X 1" STAD. GALV.
7	4	001151	RONDANA DE PRESION 1/4" GALV.
8	1	002015	BALIN
9	1	13-7027	RECIBIDOR INTERNO DE BALÍN
10	1	13-6999	PIVOTE
11	1	001503	BOOSTER
12	1	09-11782	ENSAMBLE CORREDERA DE PUERTA 1100 MM CLARO
13	1	13-1412	BASE DE MECANISMO
14	1	13-7010	PERNO PARA TROLE
15	1	13-7008	BUJE TROLE

## 10.- REFERENCIAS

GACETA OFICIAL DISTRITO FEDERAL. Lineamientos del D.F. para autobuses urbanos. No. 1964. 14 de Octubre de 2014

CARACTERISTICAS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y SEGURIDAD PARA UNIDADES DE TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS.  
PROY-NMX-D-317-IMNC-2017.

NAVISTAR. Lineamientos de Carrozado de Autobuses. Noviembre 2016

ANIMACIÓN PUERTA DE ASCENSO AUTOBUSES 1  
<https://www.youtube.com/watch?v=JIBOiQTJWlc>

ANIMACIÓN PUERTA DE ASCENSO AUTOBUSES 2  
<https://www.youtube.com/watch?v=K8rgvMKJqVI>

ANIMACIÓN PUERTA DE ASCENSO AUTOBUSES 3  
<https://www.youtube.com/watch?v=ljhlqMIhI94>

PRUEBA HERMETICA PUERTA ASCENSO  
<https://www.youtube.com/watch?v=RMhFL9HRZ0I&feature=youtu.be>

PRUEBA DE MOVIMIENTO, PUERTA ENSAMBLADA SIN VIDRIO  
<https://www.youtube.com/watch?v=v6KW-8dPpB0&feature=youtu.be>

PRUEBA DE MOVIMIENTO, PUERTA ENSAMBLADA CON VIDRIO  
<https://www.youtube.com/watch?v=0H44odB-gno&feature=youtu.be>

- [1] Fotografía historia de Novacapre (proporcionada por la empresa)
- [2] Fotografía historia de Novacapre (proporcionada por la empresa)
- [3] Fotografía historia de Novacapre (proporcionada por la empresa)
- [4] Fotografía historia de Novacapre (proporcionada por la empresa)
- [5] Fotografía historia de Novacapre (proporcionada por la empresa)
- [6] Fotografía historia de Novacapre (proporcionada por la empresa)
- [7] Logotipos de RECO y NOVACAPRE (proporcionada por la empresa)
- [8] Logotipos de marcas clientes de Novacapre (Extraídas de los manuales de carroceros proporcionado por cada marca)
- [9] Organigrama de la empresa
- [10] Plano elaborado por el autor de este trabajo

- [11] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [12] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [13] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [14] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [15] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [16] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [17] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [18] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [19] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [20] Plano elaborado por el autor de este trabajo
- [21] Pieza en 3D elaborada por el autor de este trabajo
- [22] Pieza en 3D elaborada por el autor de este trabajo
- [23] Pieza en 3D elaborada por el autor de este trabajo
- [24] Pieza en 3D elaborada por el autor de este trabajo
- [25] Pieza en 3D elaborada por el autor de este trabajo
- [26] Pieza en 3D elaborada por el autor de este trabajo
- [27] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [28] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [29] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [30] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [31] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [32] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [33] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [34] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [35] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)
- [36] Fotografía de las piezas elaboradas tomadas por el autor de este trabajo)