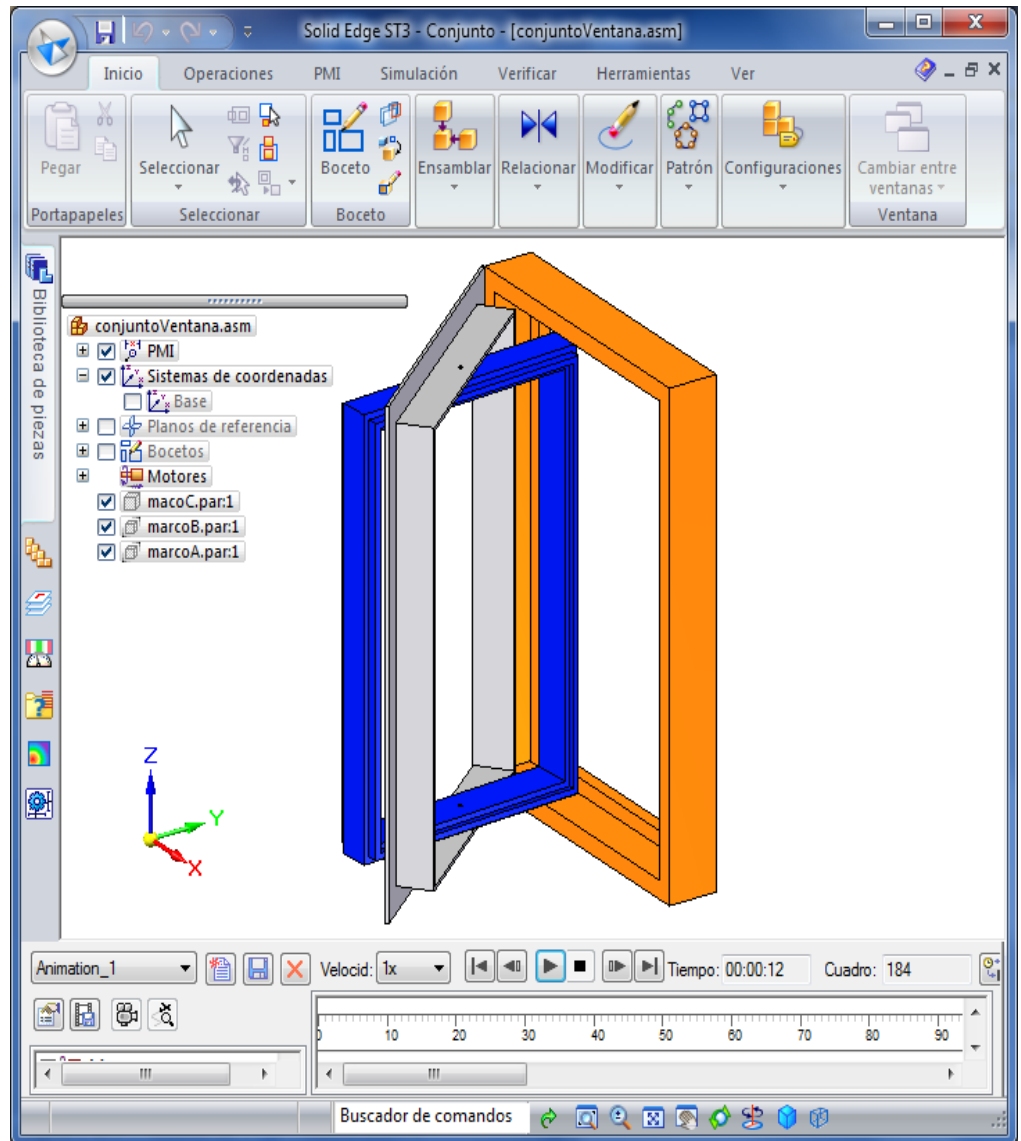


INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

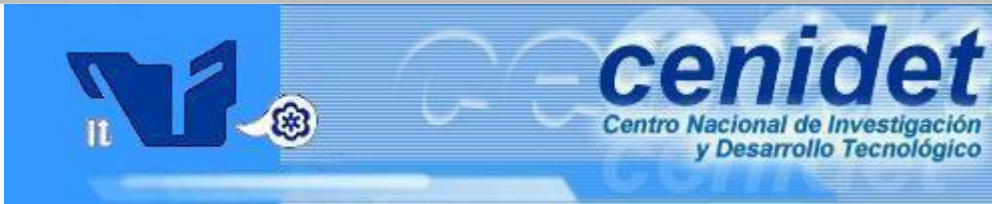


RESIDENCIA PROFESIONAL



INFORME TÉCNICO





SEP

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



DEPARTAMENTO DE METAL-MECANICA



NOMBRE DE LA EMPRESA:

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACION Y
DESARROLLO TECNOLÓGICO.

“CENIDET”

REPORTE FINAL DE PROYECTO DE RESIDENCIA

PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MÁQUINAS Y MECANISMOS CON EL USO DE
PROGRAMAS COMPUTACIONALES.

PRESENTA:

NANGO BLANCO MAURICIO

NO. DE CONTROL:

08270695.

INGENIERIA MECÁNICA

ESPECIALIDAD EN: CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.

PERIODO: AGOSTO-DICIEMBRE 2012

ÍNDICE

	PÁG.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO	4
V. PROBLEMAS A RESOLVER	5
VI. ALCANCES Y LIMITACIONES	6
6.1 ALCANCES	6
6.2 LIMITACIONES	6
VII. FUNDAMENTO TEÓRICO	7
7.1 ANTECEDENTES	8
7.2 ESTADO DEL ARTE	13
7.2.1 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR CON VENTANAS VENTILADAS	13
7.2.2 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR CON VENTANAS NO VENTILADAS	16
7.2.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA PELÍCULA DE CONTROL SOLAR SNS-CUXS	19

7.2.4	CONCLUSIÓN DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	21
VIII.	PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	22
8.1	DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE LOS CLAROS DE LA VENTANA	29
8.2	CÁLCULO DEL MOMENTO FLEXIONANTE, CARGAS Y DEFLEXIONES MÁXIMAS	32
8.3	SELECCIÓN DEL MATERIAL Y GEOMETRÍA DE LOS PERFILES	41
8.3.1	GEOMETRÍA MARCO EMPOTRADO (MARCO A)	42
8.3.2	CORTE SECCIONAL DEL MARCO EMPOTRADO	43
8.3.3	GEOMETRÍA MARCO ABATIBLE (MARCO B)	43
8.3.4	CORTE SECCIONAL MARCO ABATIBLE	44
8.3.5	GEOMETRÍA CONJUNTO CRISTALES (MARCO C)	45
8.3.6	CORTE SECCIONAL CONJUNTO CRISTALES	46
8.4	DESCRIPCIÓN DE LA HOJA DE CÁLCULO EXCEL: ESPECIFICACIONES DEL MODELO.XLS Y CONEXIÓN CON SOLID EDGE	52
8.5	PRUEBAS DE CALIDAD	56
8.5.1	CÁMARAS ENSAYOS DE CORROSIÓN POR NIEBLA SALINA	56

8.5.2	CÁMARAS DE RADIACIÓN SOLAR UV	59
8.6	MANUAL DE USO DEL DOCUMENTO DE EXCEL Y SOLID EDGE	61
8.7	MANUAL DE ENSAMBLE DE LA VENTANA	66
IX.	RESULTADOS, PLANOS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS	71
9.1	RESULTADOS	71
9.2	PLANOS	71
9.3	PROTOTIPOS	73
9.4	PROGRAMAS	75
X.	CONCLUSIONES	86
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran diversidad climática que prevalece en nuestro territorio, se requiere la obtención y preservación de confort dentro de nuestros espacios de trabajo y habitación.

Es por esto que comúnmente se recurre a la utilización de sistemas de climatización y control térmico que abundan dentro del mercado, como uso de ventiladores, gabinetes de aire acondicionado, sistemas de extracción, entre otros; con el fin de mantener el ambiente dentro de un cuarto, en las condiciones que se requieran por las circunstancias climáticas que se presenten, usando de esta manera aparatos eléctricos y en ocasiones de manera más rudimental, abriendo ventanas y puertas, o quemando algún elemento orgánico para calentarse; generando gastos en el ámbito ambiental de los recursos energéticos naturales y económicamente dentro del bolsillo del consumidor final.

Es por esto que en el mundo científico se han dedicado a investigar diversos sistemas que den la posibilidad de suprimir el uso de los recursos antes mencionados y que permita al mismo tiempo operar eficientemente dentro de una atmosfera ideal, implementado el uso de cristales laminados, películas de control solar, etc.

El Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, en su línea de investigación térmica, demostró que el uso de películas de control solar adheridas a cristales de 6mm dentro de un sistema homogéneo y adiabático, con una separación de 6 cm, de los cristales entre sí, tiene la capacidad de mantener (dada una configuración en la dirección de la película de control solar) en situaciones de calor un estado fresco dentro de un recinto, y durante situaciones de frío un estado cálido dentro del mismo.

II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el Diseño Mecánico cobra gran importancia ya que éste está muy relacionado con la creatividad y el desarrollo tecnológico.

Los países avanzados han logrado gran desarrollo debido a que han dado gran importancia e impulso a la creatividad personal de sus profesionistas que han tenido la inquietud de crear algo nuevo. La tecnología y su desarrollo han sido herramientas de poder y dominación, pero también de bienestar para los habitantes de un país o una comunidad.

Es entonces, importante dominar en la actualidad el uso de programas de cómputo dirigidos al diseño, los cuales han abundado, esto por la capacidad e importancia que desempeñan al ser usados dentro de la industria, investigación e innovación tecnológica, puesto que nos permiten, así mismo, administrar el ciclo de vida completo de un producto desde su concepción pasando por su diseño y fabricación, hasta su servicio y eliminación; teniendo la capacidad de desarrollar de manera virtual los elementos de máquinas y mecanismos y obtener de forma inmediata sus planos técnicos que permiten ensamblar los mecanismos y evaluar sus movimientos relativos o interferencias. Algunos inclusive tienen módulos FEM (Método de elementos finitos, Finite Elements Method), que permiten evaluar los esfuerzos.

En este proyecto se han considerado diversos y en particular un posible primer diseño mecánico para la implementación del sistema de control solar, que reducirá el costo económico que se genera actualmente por la necesidad de climatizar los espacios donde se habita y desarrollan diversas actividades y quehaceres diarios de un individuo.

El uso de esta metodología es importante. Por lo que en este proyecto se aporta un primer intento de sistematizar su uso siguiendo la correlación del método general de diseño.

III. OBJETIVO

Evaluar un procedimiento para el diseño de máquinas y mecanismos, apegado a la justificación teórica y a los alcances prácticos, utilizando programas computacionales CAD. Los cuales se aterrizaran, en el diseño de un mecanismo para una ventana de doble vidrio.

IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE DESARROLLO EL PROYECTO

El proyecto que se presenta en este informe, fue desarrollado en el Centro Nacional de Investigación y desarrollo Tecnológico, en el departamento de Mecánica, el cual ofrece el Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica y desde 1996 el Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Mecánica. Ambos programas están incluidos en el Padrón Nacional de Postgrado (PNP) del CONACYT.

Este departamento también participa en la realización de nuevos proyectos que tienen como fin contribuir dentro del desarrollo tecnológico del país, se planteó la propuesta en base la situación requerida a la investigación realizada en el área de Térmica.

El proyecto que se presenta en este informe, fue desarrollado en colaboración y supervisión del investigador titular M.C Eladio Martínez Rayón dentro de este instituto.

V. PROBLEMAS A RESOLVER

Elaboración y prueba del procedimiento de diseño para maximizar el aprovechamiento de la metodología CAD.

Diseño de un mecanismo de ventana con vidrios dobles que alterne la posición de vidrio interno a externo para eficientar el uso de recubrimientos para mantener la temperatura interna en invierno o evitar que se incremente en verano, proyecto en común con el que se está trabajando en el área de diseño del CENIDET, en colaboración con el área de sistemas térmicos.

VI. ALCANCES Y LIMITACIONES

6.1 ALCANCES

Al inicio de la residencia profesional, se presentaron algunas propuestas para realizar el modelo de ventana con vidrio doble con las especificaciones requeridas según los resultados arrojados de la investigación realizada en el departamento de Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de sistemas térmicos, con el título: “Ventanas con películas de control solar”. Una vez elegida la propuesta considerada como la más viable, se procedió a realizar el modelo isométrico con ayuda del software de diseño asistido SOLID EDGE ST3 y hacer la conexión con la hoja de cálculo Microsoft Excel como herramienta de cálculo para el análisis mecánico que comprende el dimensionamiento de los elementos y determinación de los claros mínimos de la ventana, así como el análisis estático de fuerzas y deformaciones máximas de los elementos sujetos a mayor esfuerzo.

Se diseñó la geometría del perfil para la elaboración e implementación de cada uno de los componentes que conforman dicha ventana, sometiéndola a las múltiples necesidades de las aperturas convencionales dentro de las casas y departamentos existentes en el país. Como primer intento se sugirió como material de construcción el aluminio por presentar características particulares por su ligereza, resistencia estructural y durabilidad. Finalmente, se optó elaborar un mecanismo de ventana compuesta por distintos materiales: acero estructural, madera, madera laminada (triplay) y aluminio, básicamente. Además de describir el procedimiento de diseño empleado, se ha realizado el manual de ensamble de la ventana y la guía de uso de la hoja de cálculo al usuario. Se incluyen también la lista de partes y los planos con las especificaciones de cada una de las piezas del ensamble, y la documentación sobre las pruebas de calidad, tales como las cámaras de corrosión por niebla salina y cámaras de radiación solar UV, para determinar el grado de resistencia a la corrosión y sus recubrimientos ante los efectos ambientales.

6.2 LIMITACIONES

Aunque el prototipo no ha sido realizado físicamente, el presente proyecto de residencia, realizado en las instalaciones del CENIDET, ha sido fundamental para la futura elaboración del mecanismo de ventana, además de servir de ayuda para contribuir con los estudios que siguen siendo desarrollados en el departamento de Ingeniería Mecánica de dicha institución.

VII. FUNDAMENTO TEÓRICO

En la actualidad los programas de cómputo dirigidos al diseño, han proliferado (Solid Edge, Solid Works, Catia, Inventos, Creo, etc.). Se encuentran programas CAD, que te permiten modelar elementos de máquinas y mecanismos y obtener casi de manera inmediata sus planos técnicos. Que permiten ensamblar los mecanismos y evaluar sus movimientos relativos o interferencias. Algunos inclusive tienen módulos FEM, que permiten evaluar los esfuerzos.

No obstante, en la mayoría de los casos, no existe un procedimiento que maximice el rendimiento que de estos programas se puede obtener.

Para el diseñador es importante:

- ✚ Determinar y acotar la necesidad.
- ✚ Abstraer el mecanismo, plantear sus dimensiones y sus movimientos relativos.
- ✚ Determinar la forma de cada elemento.
- ✚ Establecer las relaciones entre las cargas externas, las reacciones y las cargas internas del sistema.
- ✚ Determinar las fuerzas internas y superficiales a las que cada elemento está sometido.
- ✚ Determinar el material de cada elemento.
- ✚ Aplicar los criterios de falla del sistema y de cada elemento, en relación a sus propiedades de material.
- ✚ Determinar los procedimientos de prueba que aseguren la calidad del elemento o del sistema completo, de acuerdo a las normas y/o a los requerimientos de la necesidad.

A continuación se presenta la importancia del tema de transferencia de calor a través de una ventana de vidrio doble, se inicia desarrollando una idea general sobre el tema hasta llegar a lo particular del mismo para poder afrontarlo de una manera adecuada, seguido de esto se expone la revisión bibliográfica relacionada con el tema de investigación. Y por último, se presentan las conclusiones de la revisión bibliográfica.

7.1 ANTECEDENTES

Desde la aparición del hombre sobre la tierra, éste siempre ha procurado su bienestar valiéndose de todo aquello que lo rodea y de lo que tiene a su alcance, haciendo uso, incluso de lo que la naturaleza provee. Es así, como de manera gradual la forma de vida, alimentación, vestimenta, vivienda y medio de transporte de las personas ha evolucionado a través de los años, modificando de la misma forma sus requerimientos para satisfacer esas necesidades en su constante búsqueda de bienestar. Sin embargo, es la Revolución Industrial lo que marca el inicio de un nuevo estilo de vida, dando origen a una nueva era caracterizada principalmente por una demanda constante y creciente de carbón en un principio y toda fuente de energía de origen fósil posteriormente.

El consumo indiscriminado de combustible fósil ha llevado a un desequilibrio ambiental que se manifiesta entre otras cosas, en los cambios climáticos que hemos experimentado en las últimas dos décadas a nivel mundial, causado principalmente por los gases de efecto invernadero que se producen durante la combustión. Este deterioro ambiental ha llevado a diversos gobiernos a crear conciencia e implementar medidas que ayuden a disminuir el consumo de combustible fósil, es por ello que en el ámbito científico muchos esfuerzos están encaminados hacia la búsqueda de un desarrollo sostenible, tal como se definió en la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983.

“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”.

Así como se han usado los combustibles fósiles para el estilo de vida del hombre, también se han construido edificios sin tomar en cuenta la humedad o el viento del lugar donde estos son ubicados, por ello y por lo mencionado en el párrafo anterior, se ha dado por buscar nuevas formas de energía que puedan ser utilizadas sin generar grandes costos y muchas ganancias, dentro de estas energías se pueden encontrar la energía eólica, mareomotriz, biomasa, geotérmica, solar, etc.

Aunque cada una de las energías mencionadas anteriormente presenta una serie de complicaciones, como lo es el costo de producción, se ha encontrado que la energía garantizada por 6000 millones de años es la solar y en algunos lugares ésta ya se ha puesto en práctica, para ello y para aprovecharla de manera adecuada hay que entender tres conceptos, como son: el confort térmico, la calidad del aire y los sistemas solares pasivos [1].

Definiendo el primer concepto, el confort térmico, es un estado de completo bienestar físico, y mental, el cual depende de la multitud de factores personales y parámetros físicos; es decir la condición de la mente que expresa su satisfacción con el ambiente térmico [2]. Se alcanza el confort térmico, sólo si hay equilibrio entre el calor producido por el metabolismo y las diferentes formas de disipación, estas son:

- Transferencias de calor convectivas: piel, ropa, o circulación de aire en los pulmones.
- Transferencia de calor por radiación desde la piel o la ropa, hacia el entorno.
- Transferencia de calor latente debido a los procesos de respiración o evaporación-transpiración.

Las influencias sobre el confort térmico se dividen en dos tipos:

- Ambiente exterior: Relacionado con la climatología del entorno próximo a la persona.
- Persona

Para el segundo concepto, calidad del aire, éste se refiere a la pureza del aire que se respira; ya que el aire posee una composición muy compleja donde los principales componentes son nitrógeno y oxígeno como elemento básico (99%) y el resto como gases nobles, dicha composición se presenta en la Tabla 1.

Porcentaje por volumen	
Gas	Volumen
Nitrógeno (N ₂)	78,084%
Oxígeno (O ₂)	20,946%
Argón (Ar)	0,9340%
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,039%
Neón (Ne)	0,001818%
Helio (He)	0,000524%
Metano (CH ₄)	0,000179%
Criptón (Kr)	0,000114%
Hidrógeno (H ₂)	0,000055%
Óxido nitroso (N ₂ O)	0,00003%
Monóxido de carbono (CO)	0,00001%
Xenón (Xe)	0,000009%
Ozono (O ₃)	0 a 7×10^{-6} %
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0,000002%
Yodo (I ₂)	0,000001%
Amoniaco (NH ₃)	Trazas
No incluido en aire seco:	
Vapor de agua (H ₂ O)	~0,40% en capas altas de la atmósfera, normalmente 1% a 4% en la superficie

Tabla 1. Elementos que componen el aire

Normalmente, en el aire existen otras sustancias, como el vapor de agua en cantidad variable y dióxido de carbono (0,03% en volumen) y en las zonas industriales, hidrocarburos, alquitranes, cenizas, polvo y SO₂. Ésta composición es la que determina la calidad del aire, la cuál es alterada por la concentración o intensidad de contaminantes, como son el dióxido de azufre, dióxido de carbono, monóxido de nitrógeno etc., todo esto causa riesgo, daño o molestia grave para el ser humano como para la naturaleza en sí. Lo anterior ha provocado el interés de muchas naciones para tener una mayor calidad de aire, esto es que se han creado normas para poder controlar los niveles de contaminación, una de las organizaciones más interesadas en ello es la OMS (Organización Mundial de la Salud), que recomienda estándares para los contaminantes del aire que pueden tener efectos en la salud.

Para definir el tercer concepto, sistemas solares pasivos, se dice que es la construcción acorde con el clima. En este tipo de sistemas no se utilizan dispositivos electromecánicos para su funcionamiento, puesto que sólo utiliza principios físicos como la conducción, radiación y convección. Así también, estos sistemas no consumen algún combustible fósil, necesitan de muy poco mantenimiento, y sobre todo no causan contaminación [1].

Existen varias alternativas de estos sistemas, como son ventanas de vidrio doble, el muro Trombe, chimenea solar, invernadero adosado, muro de acumulación, etc., todos estos sistemas permiten el acondicionamiento y ahorro de energía en edificaciones; y como la mayor parte de energía consumida en México, tiene origen en la quema de combustibles que producen grandes cantidades de CO₂; es por ello que la energía ahorrada en edificios ayudará a disminuir la demanda energética y la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Los estudios de componentes de edificaciones, como son los antes mencionados, recaen en la línea de ahorro y uso eficiente de energía, en la cual, se requieren de estudios en detalle de estas tecnologías para su aplicación.

Las ventanas forman una parte importante de las edificaciones como sistema de transferencia de energía, lo anterior, se debe a que a través de las ventanas se transfiere una gran cantidad de calor que se acumula de diversos medios (calefacción, chimeneas, radiación del cuerpo humano o de los aparatos electrodomésticos, etc.) a lo largo del día.

En ciertas épocas del año el consumo de combustibles se incrementa debido a la necesidad de aclimatar espacios, ya sea por calefacción o aire acondicionado, lo cual tiene un impacto económico y ambiental relevante. Las tecnologías de las ventanas y recubrimientos de los vidrios han venido refinándose cada vez más para poder reducir las ganancias o pérdidas de energía a las habitaciones y así lograr ahorros importantes de energía.

Una clasificación de los sistemas de vidrio con base a sus efectos ópticos son [3]:

- 1) Películas para ventanas de vidrio.
- 2) Vidrios Laminados.
- 3) Acristalamiento de referencia.
- 4) Doble acristalamiento de baja emisividad.
- 5) Doble acristalamiento electrocromático.
- 6) Vidrio triple- claro, espejo y de baja emisividad.

Entre estas tecnologías están las ventanas de vidrio doble o también llamadas sistemas de doble vidrio y la aplicación de películas de control solar a ventanas; ambas tecnologías minimizan el intercambio de calor entre el ambiente exterior y el ambiente interior de la habitación, esto puede traducirse en un mayor nivel de confort térmico, así como en una disminución en el consumo de energéticos; lo cual tiene un impacto tanto económico como ambiental. El modelado de la transferencia de calor en ventanas de vidrios dobles suele llevarse a cabo considerando únicamente sus cristales y el aire atrapado entre ellos.

Ya que es sabido que la mayoría de las edificaciones modernas transfieren gran parte de la energía acumulada a través de ventanas. Por ello, en la medida en que se tengan modelos confiables para el transporte de calor a través de estos sistemas, se contará con mejores diseños que tengan una relación directa con el confort, medio ambiente y gasto energético de edificaciones.

En el departamento de Ingeniería Mecánica del Cenidet ya se tiene experiencia en este tipo de estudios, se ha modelado teóricamente en detalle la transferencia de calor por convección natural, conducción y radiación del flujo en una cavidad con un vidrio con un recubrimiento de control solar en dos dimensiones, en tres dimensiones en flujo laminar [4], y en dos dimensiones en flujo turbulento [5].

También, se ha realizado trabajo sobre la evaluación térmica de un vidrio claro, con recubrimiento de control solar, laminados y vidrios dobles considerando modelos conductivos [6].

En la literatura existen diferentes análisis y configuraciones para sistemas de vidrios dobles cerrados o abiertos pero no se encontraron estudios que consideren en detalle el uso de una película de control solar en este tipo de sistemas. Por lo tanto, este trabajo de tesis está encaminado a evaluar el uso de una película de control solar en un sistema de vidrio doble y comparar los resultados contra el sistema tradicional (doble vidrio sin control solar). Así como también, determinar la distancia óptima de separación de los vidrios para reducir la energía hacia un medio ambiente interior (habitación).

7.2 ESTADO DEL ARTE

En esta sección se hace un resumen de los artículos revisados para la comprensión del tema que se pretende estudiar, se dividen en tres subtemas, el primero; habla de los estudios que se han realizado para ventanas de vidrio doble con cavidades abiertas, por lo que, se conocen como ventanas ventiladas, el segundo; es para estudios de ventanas no ventiladas ya que las cavidades son cerradas o son para ventanas de vidrio simple, el tercer subtema; habla de los estudios que se han realizado con el tipo de película que se pretende utilizar (SnS-CuxS).

7.2.1. Análisis de la transferencia de calor con ventanas ventiladas

Erell et al. (2004) [7] modelaron y evaluaron experimentalmente un sistema de vidrio llamado SOLVENT, el sistema está basado en el concepto de convertir la radiación solar de onda corta, en calor convectivo y radiación solar de onda larga. El objetivo fue modelar el comportamiento aerodinámico y térmico con respecto a varias combinaciones de condiciones ambientales, tipos de vidrio y geometría de la ventana y así optimizar su rendimiento; para esto se diseñó un marco totalmente reversible que incorpora dos montajes de vidrio, un vidrio claro con sello resistente a la intemperie y un vidrio absorbente con control solar, el montaje completo de ambos vidrios y el canal de ventilación entre estos giran 180° para permitir ser usado tanto en verano como en invierno. Los autores concluyeron que el sistema de vidrio se puede aplicar con gran beneficio en situaciones donde la radiación solar de entrada tiene una incidencia casi normal y convencional y que el flujo de aire en el canal ventilado ayuda a disipar la energía solar absorbida por el vidrio tintado.

Ismail y Henríquez (2005) [8] presentaron un modelo matemático y resultados de simulaciones numéricas de una ventana de vidrio doble, con canal ventilado. El modelo transitorio de dos dimensiones se formuló con base a las ecuaciones fundamentales de conservación de masa, momentum y energía, la constante de asociación y las variables en el tiempo de las condiciones de frontera son resueltas por diferencias finitas y el esquema Alternating Direction Implicit (ADI).

Una vez realizada la validación del modelo, el código numérico fue usado para investigar los efectos del espesor del canal en el campo de velocidades y temperaturas, la ganancia de calor total, la ganancia del coeficiente de calor solar y el coeficiente de sombreado; cuando el canal es pequeño el perfil de temperaturas a través de la separación parece lineal indicando la situación de difusión pura. Los resultados indicaron que el ancho del canal tiene un pequeño efecto en la ganancia del coeficiente medio de calor solar y el coeficiente medio sombreado.

Pérez-Grande et al. (2005) [9] realizaron una investigación acerca del rendimiento en las fachadas de vidrio doble, analizando la influencia de las propiedades del vidrio con diez combinaciones diferentes de cuatro tipos de vidrios, esto para lograr la configuración óptima, en donde hubiera menos ganancias de calor en verano. Así también analizaron si la mejor opción para este tipo de ventanas es usar convección natural o forzada. Los autores utilizaron dos placas de vidrio de 15 m de longitud y 8 mm de espesor con un espacio de aire entre ellas de 0.9 m de ancho, considerando el canal abierto en la parte superior e inferior, por lo que este estudio es resuelto para dos dimensiones en estado permanente.

El estudio fue analizado tomando en cuenta los tres mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación; y fue resuelto utilizando el código comercial de volumen finito, FLUENT, con modelo de turbulencia $k-\epsilon$, y utilizando para el estudio de convergencia el código Computational Fluid Dynamics (CFD). De los resultados se observó que el comportamiento de este tipo de ventanas es muy sensible a la temperatura exterior y se concluyó que la selección apropiada del tipo de vidrio puede reducir la carga térmica dentro del edificio; también se demostró que el uso apropiado de la corriente de aire que fluye entre las superficies de vidrio mejora el balance global. Los autores mostraron que circulando el aire a través del canal en verano reduce la carga térmica no así al utilizar convección natural. Chow et al. (2006) [10] analizaron una ventana ventilada con pantalla solar y la utilización de este concepto en el clima cálido. También, los autores desarrollaron un modelo numérico para un sistema de ventanas el cual se extendió a otras cuatro configuraciones de modelos de ventanas. La configuración de la ventana ventilada fue equipada con un mecanismo reversible de 180°, que permite la conmutación para verano e invierno.

Los resultados de las simulaciones indicaron que la energía ahorrada con la ventana ventilada propuesta, es alta en verano, sin embargo, en invierno el beneficio de los cristales de intercambio a través de girar la ventana 180° no se justifica basándose sobre la comparación de los resultados numéricos con el diseño práctico, por lo tanto para el entorno de oficinas, la disposición del mecanismo reversible para este tipo de ventanas no se recomienda para las zonas subtropicales.

Ismail y Henríquez (2006) [11] presentaron un estudio sobre una ventana de vidrio doble ventilada, con una separación a través de la cual se hace fluir aire. Los autores propusieron un modelo unidimensional en estado transitorio basado en la técnica de balance global de energía aplicado sobre cada vidrio y el fluido en movimiento. El vidrio exterior se sometió a un flujo de calor no uniforme debido a la radiación solar, así como, a una temperatura ambiente variable.

Se encontró que el aumento de flujo másico reduce la temperatura del vidrio interno y por lo tanto se reduce el calor total ganado, por lo que los autores concluyeron que una ventana de vidrio doble ventilada tiene una mayor eficiencia que una ventana de vidrio simple y que el aumento de la temperatura del fluido de entrada reduce el rendimiento de la ventana de vidrio doble.

Chow et al. (2009) [12] examinaron el rendimiento térmico de una ventana con flujo de aire, a través del uso de un modelo dinámico, basándose en el desarrollo del balance de energía integrada y redes de flujo de aire. Los autores examinaron la aplicación en las zonas de clima subtropical y templado, también examinaron el rendimiento térmico de una ventana ventilada naturalmente contra los tipos de ventana convencionales, a través del uso de modelos numéricos. Se concluyó que las ventanas de flujo de aire natural pueden ser aplicadas en diferentes regiones climáticas, y la ventana de marco reversible es solamente requerida para las ubicaciones distintas, verano caliente e invierno frío.

Noh-Pat et al. (2011) [13] presentaron el análisis térmico por convección natural de un sistema de doble vidrio, uno de los vidrios puede o no tener una película de control solar de SnS-CuxS. Se consideró que el vidrio del lado exterior del sistema se le incide una radiación solar G , el vidrio opuesto interactúa con un medio ambiente interior.

Debido a la energía absorbida ambos vidrios tienen una variación de su energía interna reflejándose en un cambio de su temperatura, como consecuencia ambos vidrios experimentan un intercambio de energía térmica con sus alrededores, hacia el exterior y hacia el medio entre ellos.

Los autores concluyeron que existe una distancia de separación entre los dos vidrios del sistema, en la cual se presentan los menores flujos de calor hacia el medio ambiente interior, el uso de una película de control solar permitió reducir la cantidad de energía total hacia el medio ambiente interior, y el intervalo del coeficiente de ganancia de calor solar cuando es usada la película de control solar se reduce al compararlo con los resultados correspondientes en la literatura.

7.2.2 Análisis de la transferencia de calor con ventanas no ventiladas

Weir y Munner (1998) [14] cuantificaron el efecto de un gas inerte encapsulado en una ventana de vidrio doble. También, se estudiaron las emisiones de CO₂, SO₂ y contenido de NO_x estimadas para una ventana de vidrio doble, con marco de madera que contiene cavidades llenas de gas inerte (argón, kriptón y xenón).

Los autores concluyeron que las ventanas con cavidad llena con argón, implican la menor cantidad de energía agregada y producen la mínima cantidad de gases y efecto invernadero. Ésta retiene más energía que las ventanas llenas de aire, pero se debe tener en cuenta las cuestiones de diseño.

Las ventanas llenadas de aire tienen un valor de U de 1.63 W/m² K mientras que las ventanas llenadas de argón tienen un valor de U de 1.3 W/m² K. En un ciclo de vida de 40 años, las ventanas llenadas de aire permitirían mayor transferencia de calor hacia el exterior que las llenadas de argón, resultando en un incremento de consumo de combustible, aumento de las facturas de los consumidores y mayores cantidades de CO₂, SO₂, y NO_x que permiten entrar a la atmósfera. Además, de que el ancho óptimo de la cavidad llena de aire y argón es de 20mm y 16 mm respectivamente, y mientras la cavidad sea más ancha mayor será el aumento de energía incorporada y aumentará los niveles de gases de efecto invernadero.

Álvarez et al. (1999) [15] estudiaron una ventana de vidrio doble con una película de control solar de CuxS, cada vidrio tuvo un espesor de 6 mm y la cavidad formada por estos vidrios tuvo un espesor de 12 mm y se encuentra llena de gas, el modelo estudiado fue en una dimensión y en estado transitorio, tomando como consideraciones, la transferencia de calor por conducción a través de los vidrios, en las fronteras verticales transferencia de calor por convección y radiación, los autores hicieron pruebas de la ventana de vidrio doble con y sin la película de control solar, obteniendo como resultado que al usar la configuración con película existía mayor rechazo de energía solar por lo que a su vez había menor entrada de energía, por lo que los autores concluyeron que al usar una ventana de vidrio doble con película de control solar se obtiene una mayor eficiencia térmica comparándola con una ventana de vidrio doble sin película de control solar.

Aydin (2000) [16] analizó numéricamente, la transferencia de calor a través de una ventana de vidrio doble, con la técnica de diferencias finitas, para determinar la separación óptima entre los vidrios para diferentes climas. Se consideraron cuatro diferentes ciudades de Turquía para representar las diferentes condiciones de clima; Ankara, Antalya, Kars y Trabzon. La altura de la ventana (H) es de 80 cm. El efecto de la separación entre los vidrios varía entre 3 y 40 mm en el número promedio de Nusselt y el flujo de calor a través del vidrio interior. El autor encontró que cuando el mecanismo de transferencia de calor es por conducción, la transferencia de calor decrece muy rápidamente con el incremento del espacio entre los vidrios, basándose en los resultados simulados, el intervalo óptimo de dicho espacio fue de 18-21 mm para Antalya, 15-18mm para Trabzon y Ankara, 12-15mm para Kars, así también mostró que existe un ahorro considerable en la pérdida de energía a través de la ventana de vidrio doble cuando los valores óptimos son usados. Posteriormente Aydin (2006) [17] agregó a este estudio dos diferentes condiciones de frontera para las superficies exteriores, hacia el interior y el exterior: temperatura constante (caso I) y flujo de calor por convección (caso II). El autor concluyó que para el caso I, se recomienda que utilizar fluidos de menor conductividad térmica, aumentará el rendimiento del aislante de la ventana de doble vidrio, lo que indica mayor reducción en el flujo de la transferencia de calor. Para el caso II, se obtuvo que el uso de las condiciones de flujo convectivo para las superficies exteriores, representan valores más bajos en los resultados que para el enfoque de temperatura constante.

También, los resultados muestran que el aumento del coeficiente de transferencia de calor por convección forzada para la superficie exterior del vidrio exterior hacia afuera, no tiene un efecto considerable en la transferencia de calor.

Ismail y Salinas (2006) [18] usaron el modelo de números de onda (CW) para tratar las propiedades de las mezclas de gases absorbentes y resolvieron la ecuación de transporte radiativo usando el modelo CW y el método de ordenadas discretas, considerando una mezcla homogénea. También, los autores analizaron el patrón de flujo para diferentes números de Rayleigh y estudiaron tres tipos de mezclas de gas, muy absorbente, medianamente absorbente y transparente, para determinar la eficiencia del gas en la reducción de calor. Ismail y Salinas aproximaron la transferencia de calor en el ámbito del gas mediante un modelo conductivo-radiativo con flujo de calor y fronteras especificados, equivalente al transporte convectivo en las paredes de los alrededores. Los autores observaron, que el coeficiente de calor total ganado, F , decrece ligeramente con el incremento de la separación de los vidrios, también que la mezcla de gas altamente absorbente tiene valores superiores de F , mientras que la mezcla de gas medianamente absorbente tiene valores de F que se extienden entre fuertemente absorbentes y mezclas de gases transparentes. Así también observaron, el calor solar ganado para una ventana de vidrio doble con vidrio reflectante es inferior que para el caso del vidrio claro. Por último, se presentó que el modelo conductivo-convectivo-radiativo predice valores ligeramente superiores de F que el modelo conductivo-radiativo.

Ismail et al. (2009) [19] compararon la eficiencia térmica de una ventana de vidrio doble llena con un gas absorbente, expuesta a radiación solar en clima cálido con una ventana de vidrio simple y una ventana de vidrio doble ventilada naturalmente. Las ecuaciones de energía en estado transitorio bidimensional, con absorción de radiación en el dominio interno son usadas para modelar la ventana de vidrio simple. El modelo de número de onda acumulativo, CW, para el modelado de gases reales, junto con el método de ordenadas discretas son usados para modelar la ventana de vidrio doble llena con gases absorbentes infrarrojos. Los autores concluyeron que la ventana de vidrio simple con vidrio claro y ventana de doble vidrio con coeficiente de ganancia de calor total, F , con valores de 0.8 tienen una eficiencia térmica moderada y la ventana de vidrio doble llena con gas absorbente y hojas de vidrio absorbentes es la más efectiva. La influencia de los vidrios reflectantes es importante para los valores de F .

Pal et al. (2009) [20] evaluaron numérica y experimentalmente el rendimiento térmico del interior de un edificio debido al flujo de calor a través de una ventana de vidrio expuesta a radiación solar durante un año, con la determinación de un perfil de temperatura de un vidrio durante un ciclo diurno con ayuda de modelo térmico desarrollado por ellos.

Los autores encontraron que debido al incremento de la radiación global sobre la ventana, el calor solar ganado dentro del edificio incrementa con el tiempo y que el calor solar ganado es mucho mayor en verano que en invierno debido al incremento de radiación solar y a la temperatura ambiente; por lo que concluyeron que juntos el modelo de radiación y simulación térmica pueden ser útiles para predecir el rendimiento térmico del interior del edificio debido al impacto de la radiación solar.

7.2.3 Análisis del comportamiento térmico de la película de control solar SnS-CuxS.

Nair MTS y Nair PK (1991) [21] estudiaron las características de películas de control solar de SnS-CuxS y mostraron que esta combinación posee varias características convenientes incluyendo baja reflectancia visible para la arquitectura y para automóviles. Los autores describen la fabricación y las aplicaciones de las películas de SnS-CuxS y concluyeron que el uso de estas películas aumenta el rendimiento de ventanas de vidrio.

Estrada-Gasca et al. (1993) [22], presentaron un modelo matemático para el análisis del rendimiento térmico de películas de control solar (SnS-CuxS) con o sin una película protectora de polímero depositadas químicamente, principalmente para tratar la redistribución de los componentes que absorben la radiación solar en los cristales en el exterior e interior de un edificio; el estudio fue realizado en una dimensión en estado permanente, para el caso de radiación solar incidente normal de dos masas de aire, considerando transferencia de calor por conducción a través del vidrio y calor por convección y radiación al interior y exterior del edificio, se estudiaron 4 muestras (A, B, C Y D).

Los autores encontraron que a una temperatura exterior de 30°C, lo usual en zonas tropicales y semi-áridas, el factor de rechazo solar (SRF, por sus siglas en inglés) es de un valor de 0.5 aproximadamente, lo cual significa una reducción del 50% aproximadamente en la carga de aire acondicionado y un ahorro de energía de más del 50% debido a la dependencia no lineal en la eficiencia de los ciclos de utilidad termodinámicos en la utilidad de la carga térmica; así también se encontró que la presencia de la capa protectora de las películas de control solar afecta el rendimiento de los vidrios sólo ligeramente, pues se produce un aumento del calor interior del edificio de 10.6 y del 11.6%, respectivamente de 0-30°C para las muestras A y C, y un correspondiente aumento del calor exterior de 10.5 y 11.0% respectivamente.

Álvarez y Estrada (1995) [23] estudiaron el comportamiento térmico de una película delgada de SnS-CuxS colocada sobre un vidrio de 6 mm, el estudio fue realizado en una dimensión en estado transitorio, considerando la radiación normal al vidrio con un valor de 750 W/m², con coeficientes convectivos constantes de 6.8 W/m² y 6.2 W/m² al exterior y al interior respectivamente, la temperatura de la película se varió de 0°C-50°C y la temperatura interior se mantuvo a 21°C.

Los autores encontraron que al usar un vidrio con película de control solar reduce el flujo de calor de entrada, así como, el gradiente de flujo de calor es mayor que cuando se usa un vidrio sin película de control solar.

7.2.4 Conclusión de la revisión bibliográfica

Desde años anteriores se ha estudiado la transferencia de calor que existe en las ventanas de los edificios y como reducir esta transferencia para beneficio del ser humano, por lo que los estudios han ido evolucionando y se han presentado varias configuraciones para aumentar la eficiencia de las ventanas, dentro de estos estudios se presenta la clasificación que Gueymard y duPont (2009) [3] realizaron.

De los artículos presentados se observa que cuando se usa una ventana de vidrio doble se logra una mayor eficiencia que cuando se usa una ventana de vidrio simple. Debido a la configuración que éstas presentan logran una reducción en la transferencia de calor, para ello, es de relevante importancia tomar en cuenta el ancho de la cavidad que separa a ambos vidrios, ya que aumenta la eficiencia al aumentar la separación; otros factores que aumentan la eficiencia de dichas ventanas son: incluir en la cavidad algún tipo de gas o variar los tipos de vidrio tomando en cuenta sus propiedades; así también, se han presentado ventanas simples con película de control solar, las cuáles han tenido una gran eficiencia pero la configuración óptima para estas películas es aplicarlas por la parte exterior del vidrio y debido a las condiciones climáticas deben ser puestas por la parte interior, disminuyendo su eficiencia.

Al realizar la revisión bibliográfica se observa que no se encontraron estudios donde se aplique una película de control solar al sistema de vidrio doble más que en el estudio realizado por Noh-Pat et al. (2011) [13], pero en este estudio sólo se trabaja con la película en el vidrio que da al exterior, lo que refiere que sólo es aplicable para climas cálidos, y en este trabajo se pretende tomar en cuenta tanto los climas cálidos como los climas fríos; adicionalmente, será considerado el intercambio radiativo entre los vidrios y con ello realizar el estudio de la transferencia de calor conjugada.

VIII. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

En lo que va de la realización de este proyecto de residencia ha sido necesario desarrollar una extensa investigación documental para adquirir los conocimientos que se requerían para la progreso de la misma.

Se documentó la metodología general que el diseñador mecánico utiliza dentro de la industria y la investigación, se llevó a cabo un estudio acerca de los mecanismos definiendo sus elementos (GDL, tipos de eslabonamientos, juntas, etc.), subsecuentemente se definió a una maquina como el conjunto de estos.

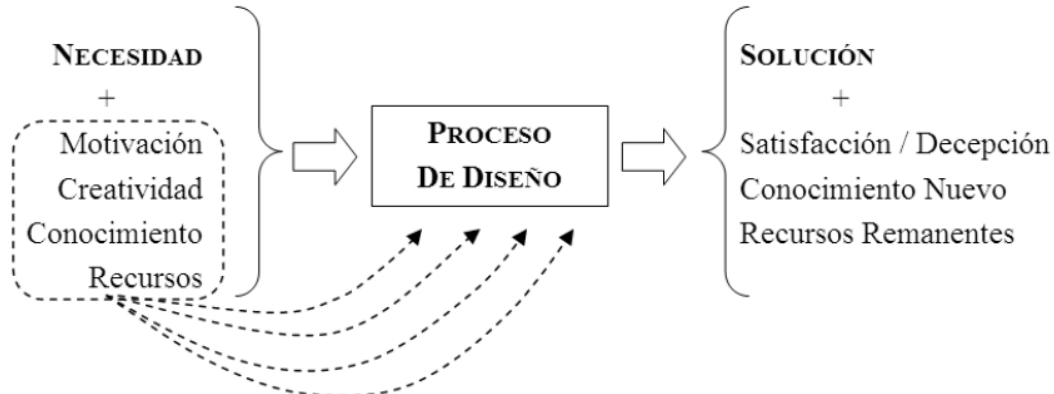


Fig. 1 Etapas del diseño

Se llevó a cabo el reconocimiento de la “interfaz gráfica de usuario” del sistema SOLID EDGE ST3 [24] para la emulación y representación de los diferentes mecanismos recurrentes y la formulación de la propuesta de solución a la necesidad encontrada dentro de los archivos de investigación del CENIDET, recolectando datos cualitativos y cuantitativos del problema a solucionar.

Se elaboraron varias iteraciones a casos y situaciones concretas, desarrollando a partir de bocetos los modelos correspondientes a estos, con el fin de ejercitar y dominar el software.

A continuación se muestran imágenes de algunas piezas realizadas con el Solid Edge ST3 en el afán de dominarlo:

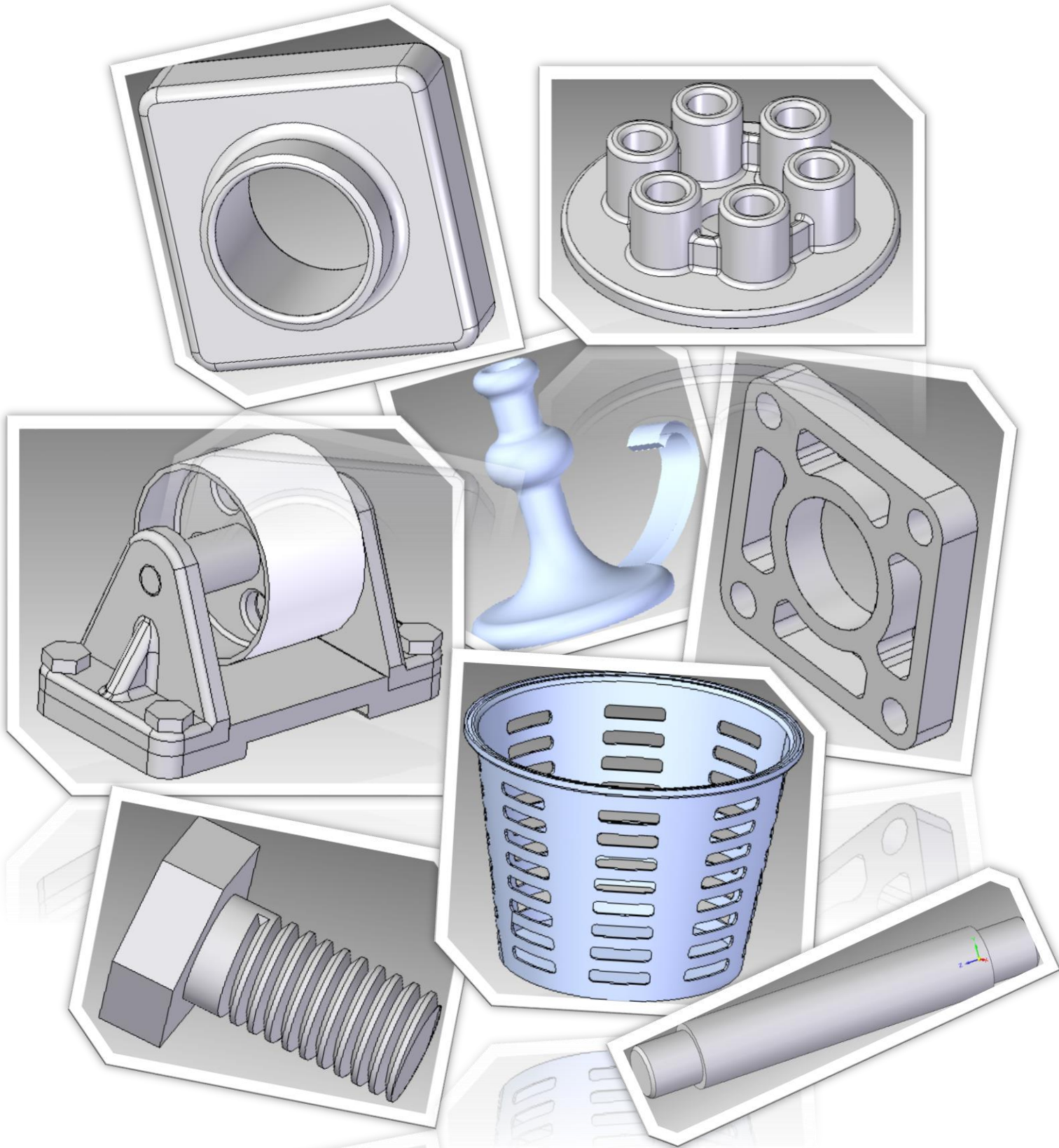


Fig. 2 Piezas realizadas en Solid Edge ST3

Evaluando que el mecanismo de la ventana fuese de tipo reversible por la necesidad de cambiar la dirección de la película de control solar se documentó lo que en el mercado actualmente existe. Los resultados más relevantes se muestran en las siguientes imágenes:



Fig. 3 Modelos de ventanas encontradas en el mercado.

Para una mejor y más clara solución se plantearon ideas de posibles diseños como puntos de partida básicos, los cuales se fueron refinando posteriormente.

Propuesta A

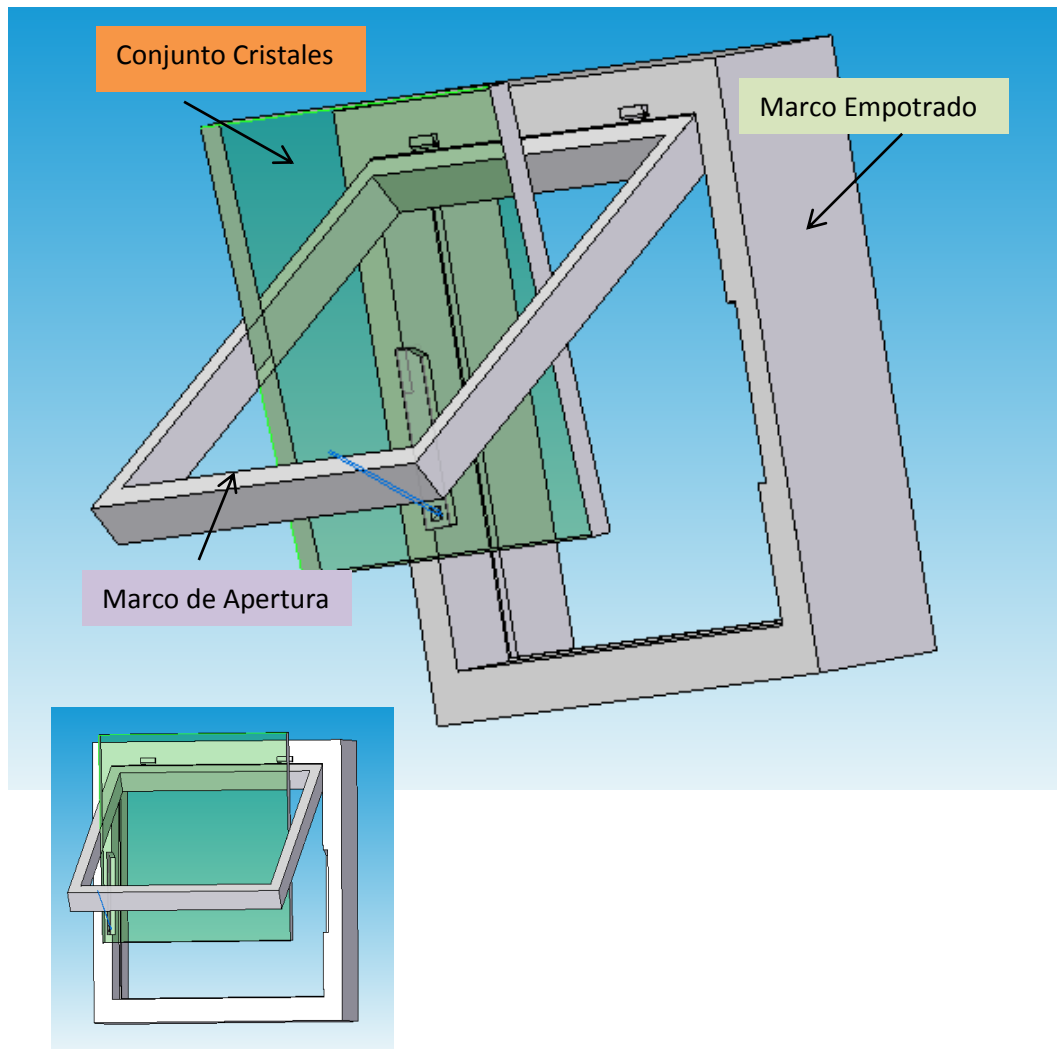


Fig. 4 Propuesta A

Se muestra la propuesta A, el sistema se despliega con el marco de apertura llegando a su punto máximo, después el conjunto cristales se hace girar de forma vertical para el cambio de dirección de la película de control solar.

Propuesta B

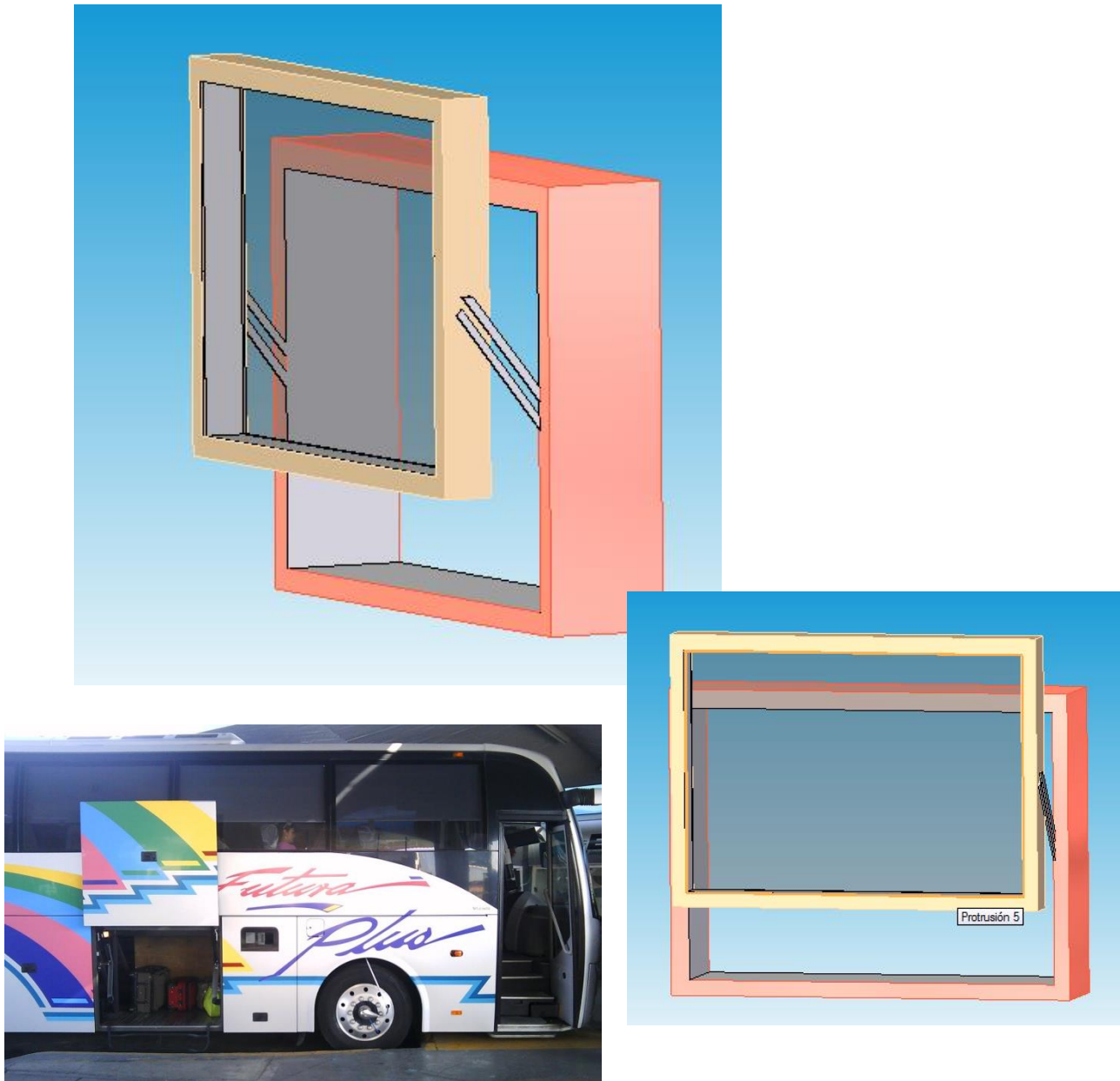


Fig. 5 Propuesta B

Se muestra la propuesta B, con la apertura en cuatro barras y abriendo hacia arriba o hacia abajo según la configuración.

Propuesta C

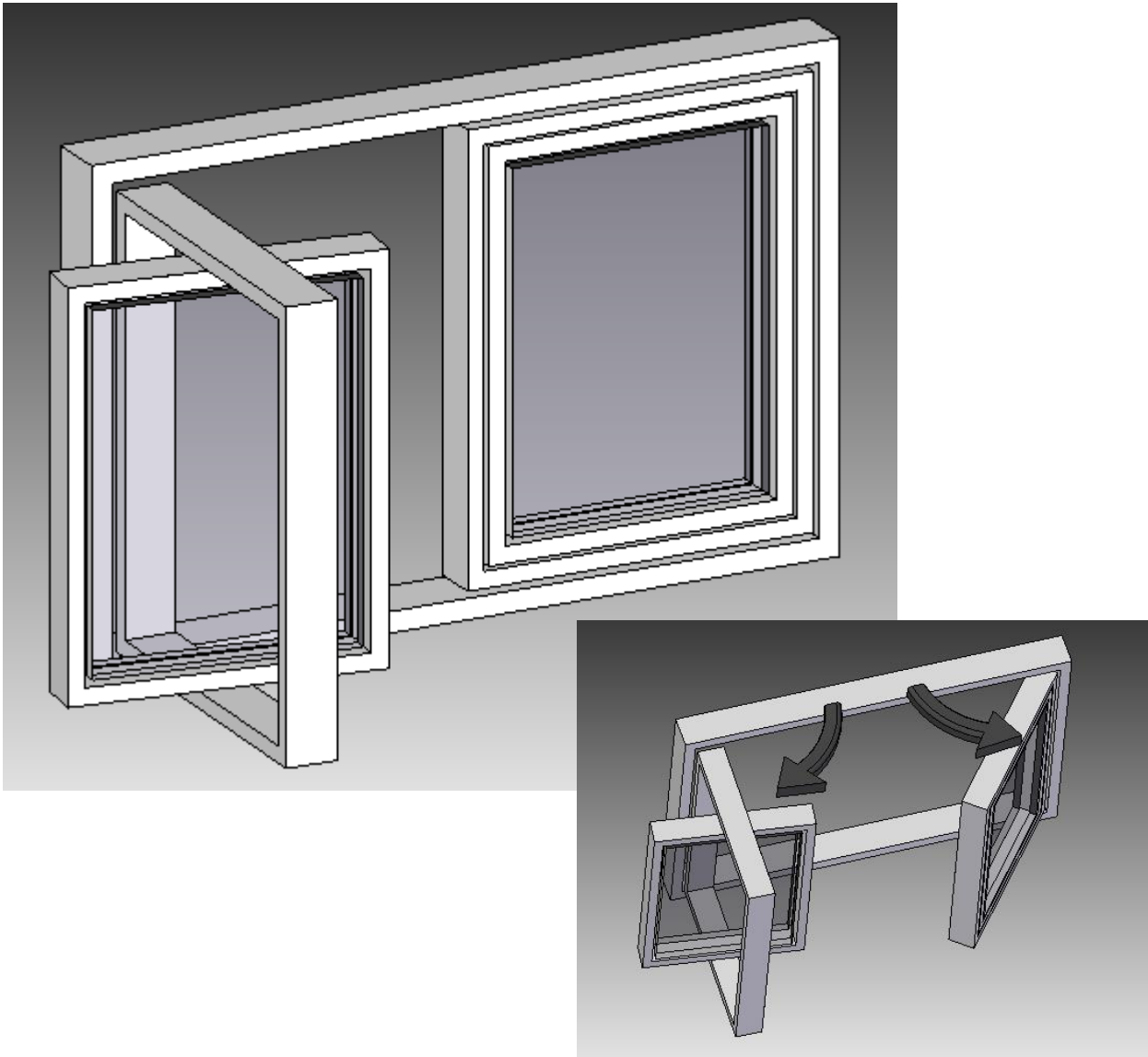


Fig. 6 Propuesta C

Se presenta la propuesta C, la cual se compone de una apertura tradicional como lo muestran las flechas, y en donde los cristales con película de control solar giran en conjunto, sobre su eje central.

Cada una de las propuestas fue presentada en una reunión donde se deliberó y seleccionó a la propuesta C como la mejor para el común de casos que existen dentro de una casa habitación o recinto.

La geometría que se diseñó se planteó para el modelo o propuesta C, puesto que para la implementación del sistema del conjunto ventana, se identificó que la mayoría de las casas y recintos tenían instalados sistemas de protección a base de estructuras metálicas, de lo cual, se descartó como secuencia de estudio y análisis a los restantes modelos, puesto que sería complicada la maniobrabilidad del sistema e impediría la operación de cambio de dirección que se quiere alcanzar.

Sin embargo también son modelos aplicables en circunstancias donde no se presenten las barreras metálicas, como podrían ser en edificios u oficinas, con el uso de elementos y mecanismos más robustos como servomotores.

Con la finalidad de entender mejor los movimientos y detalles de manufactura de la ventana como se sugiere en la propuesta anterior, se desarrolló un prototipo del modelo C. En la sección: resultados, planos, prototipos y programas, se muestra la forma de proceder para su realización y los resultados obtenidos.



Fig. 7 Prototipo de ventana terminado

8.1 DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE LOS CLAROS DE LA VENTANA

Se presenta el cálculo de las dimensiones y claros del prototipo de una ventana de madera de doble vidrio, con marcos hechos de perfiles de sección transversal rectangular con uniones a tope.

Partiendo de las restricciones para el diseño de la ventana definidas por el estudio térmico “Análisis térmico de una ventana de vidrio doble” [25], sobre el uso de películas de control solar adheridas a cristales con características específicas: espesor de 6 mm en c/u de las dos hojas, con una separación entre ellas de 6 cm, se propuso que el grosor de todos los marcos que conforman el conjunto mecánico sea de 84 mm, es decir:

Separación entre cristales	60 mm
+ Espesor x 2 vidrios	12 mm
+ Espesor x 2 baguetas	12 mm
= Grosor (N)	84 mm

Tabla 2. Restricciones del diseño

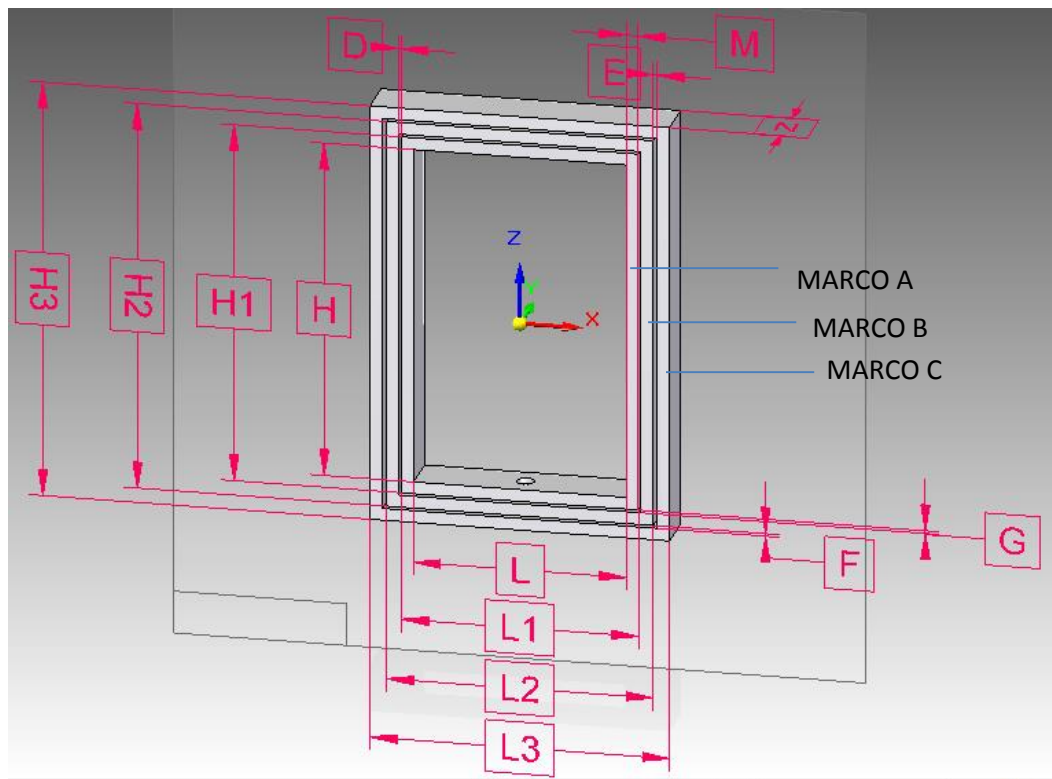


Fig. 8 Dimensiones y claro del prototipo de ventana

Comercialmente se encuentran soleras de 4 in x $\frac{3}{4}$ in (en sección transversal) x 2.5 m de largo. Por lo que se optó por dejar un ancho uniforme en los marcos de $M = \frac{3}{4}$ in ≈ 2 cm.

Se propuso la medida de $L = 35$ cm para la base del cristal con forma de rectángulo áureo, así las dimensiones del prototipo se calcularon cómo sigue:

$$H = L * \varphi = (35)(1.618) = 56.63 \approx 57 \text{ cm}$$

$$L1 = L + 2M = 39 \text{ cm}$$

$$H1 = H + 2M = 61 \text{ cm}$$

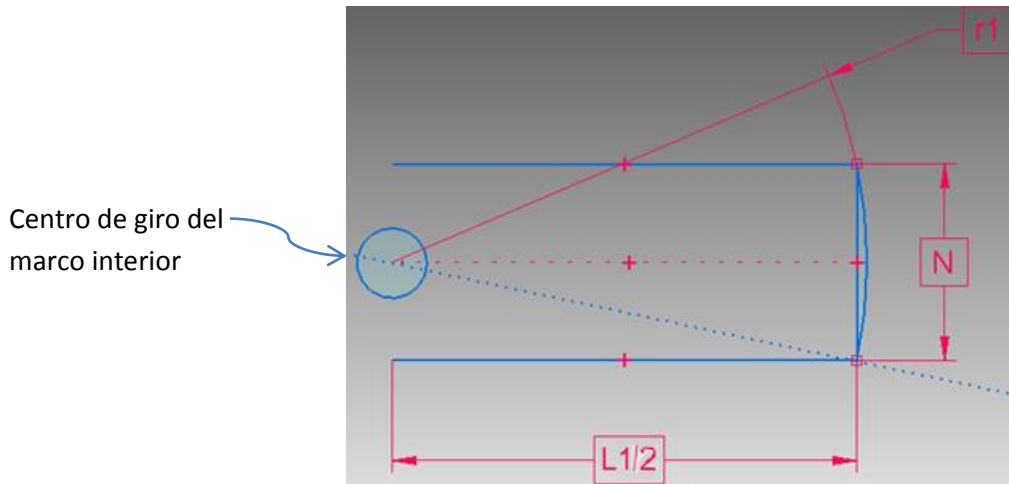


Fig. 9 Vista del marco interior (A)

$$r1 = \frac{1}{2} \sqrt{L1^2 + N^2} = 19.947 \text{ cm}$$

$$\text{CLARO } D = r1 - \frac{L1}{2} = 0.447 \approx 5 \text{ mm}$$

$$L2 = 2(r1 + M) = 43.894 \approx 44 \text{ cm}$$

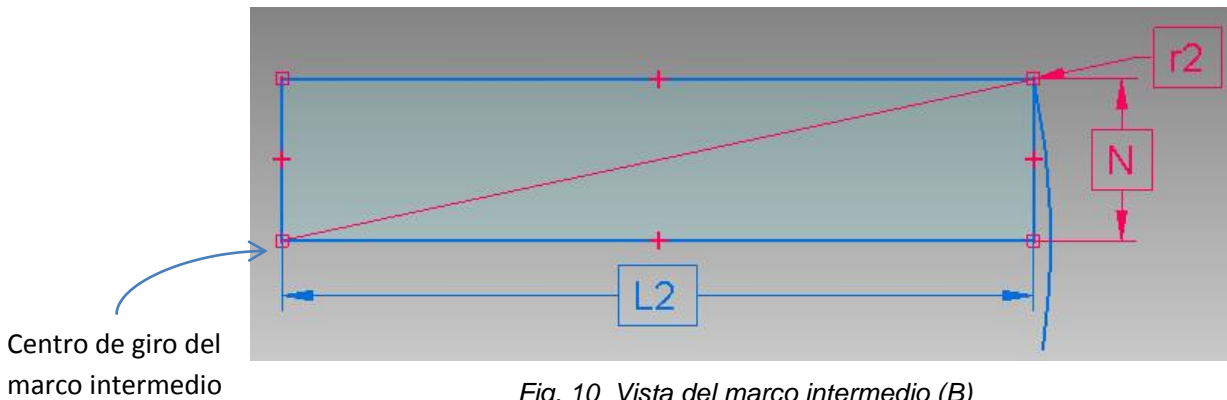


Fig. 10 Vista del marco intermedio (B)

$$r2 = \sqrt{L2^2 + N^2} = 44.69 \text{ cm}$$

$$\text{CLARO } E = r2 - L2 = 0.797 \approx 8 \text{ mm}$$

$$L3 = L2 + 2E + 2M = 49.488 \approx 50 \text{ cm}$$

Los claros verticales no obedecen a razones cinemáticas, más bien se debe dejar espacio a la flexión.

Para los claros verticales F y G se analizó la deflexión máxima de los elementos en los marcos A y B que están sujetos a mayor carga, esto es, los perfiles horizontales inferiores; los cuales serán analizados como vigas prismáticas con cargas flexionantes.

En el caso del prototipo de madera de la ventana, se supuso $D=F=G$

$$H2 = H1 + 2G + 2M = 65.894 \approx 66 \text{ cm}$$

$$H3 = H2 + 2F + 2M = 70.788 \approx 71 \text{ cm}$$

Finalmente, siendo que cada viga tiene 250 cm de largo y se requieren 664 cm por los 12 elementos que conforman los tres marcos de la ventana, se necesitan $2.656 \approx 3$ soleras de 4 in x $\frac{3}{4}$ in x 2.5 m

NOTA: Las fórmulas utilizadas en este cálculo de los claros aplican para el modelo real.

8.2 CÁLCULO DEL MOMENTO FLEXIONANTE, CARGAS Y DEFLEXIONES MÁXIMAS

Se presentan el procedimiento para el cálculo del momento flexionante, cargas y deflexiones máximas que puede soportar un perfil de cualquier forma y dimensiones, con el objeto de evaluar las propiedades de dicho perfil y determinar si es factible de ser usado en el diseño de la ventana.

MOMENTO FLEXIONANTE Y CARGAS MÁXIMAS

1.- Obtener el esfuerzo permisible [26]:

$$\sigma_{per} = \sigma_u / F.S$$

σ_u : Resistencia última del material

$F.S.$: Factor de seguridad designado por el diseñador

2.- Obtener el módulo de la sección [26]:

$$S = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6}Ah \dots \text{para un área transversal rectangular}$$

$$S = I/c \dots \text{para un perfil estructural}$$

Para la obtención del momento de inercia recurrimos a un sencillo programa con el uso de la herramienta de cálculo de Excel, procediendo de la siguiente manera:

- Se define el gráfico de la sección transversal del perfil.
- Se obtienen las coordenadas de cada uno de los puntos que conforman el diagrama.
- Calculamos el área del perfil mediante el método de integración por trapecios [27].

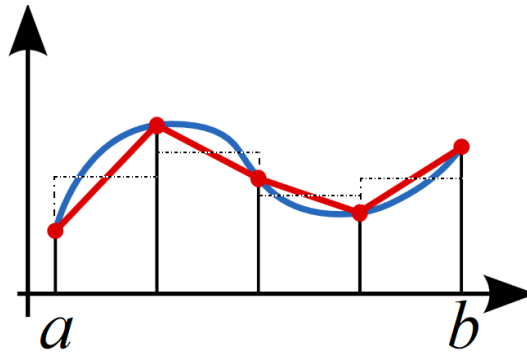


Fig. 11 Cálculo de área mediante el método de integración por trapecios

- Se calcula el primer momento de área considerando el perfil como una figura compuesta, sumando los momentos de área obtenidos del producto de las áreas y distancias x' y y' respecto a los ejes X y Y de cada trapecio que lo conforma [28].
- Encontramos el segundo momento de área o momento de inercia mediante la suma de los momentos de inercia centroidales, por las fórmulas simples para el rectángulo regular, de cada uno de los trapecios que conforman el perfil. Se hizo uso del TEP (Teorema de ejes paralelos) para determinar el momento de inercia respecto a los ejes centroidales del perfil [29].
- La distancia c del centroide del perfil a la fibra más alejada, se determina obteniendo la mayor magnitud de la diferencia absoluta de cada una de las ordenadas de los puntos que definen el perfil menos el valor de la ordenada de su centroide.

NOTA: Tanto las distancias x' y y' del centroide a los ejes, como para los momentos de inercia, se considera por definición del método empleado a cada uno de los trapecios que conforman el perfil como rectángulos regulares.

3.- El momento flexionante máximo es:

$$|M_{\text{máx}}| = S \cdot \sigma_{\text{per}}$$

4.- Para determinar las cargas máximas que pueden ser soportadas por los elementos más críticos de los marcos A y B, se tiene:

MARCO A

Considerando al travesaño inferior del marco A como una viga, se tiene una carga igual al peso de los vidrios dobles, de los perfiles verticales y del travesaño. Es más sencillo suponer cargas concentradas F_1 en los extremos y una carga distribuida w en toda la longitud de la viga empotrada en el centro.

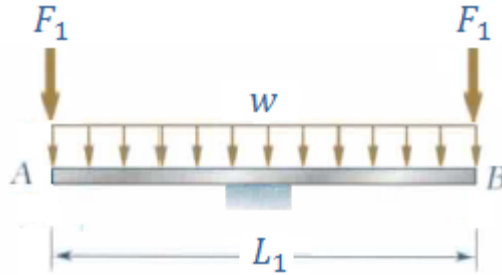


Fig. 12 Cargas para la viga del marco A

Por simetría sólo analizamos la mitad del travesaño inferior del marco A como una viga en voladizo con carga distribuida $w/2$ a lo largo de $L_1/2$ y carga concentrada F_1 en el extremo de la misma, obtenemos que el momento máximo es:

$$|M_{\text{máx}}| = \frac{wL_1^2}{16} + \frac{F_1L_1}{2}$$

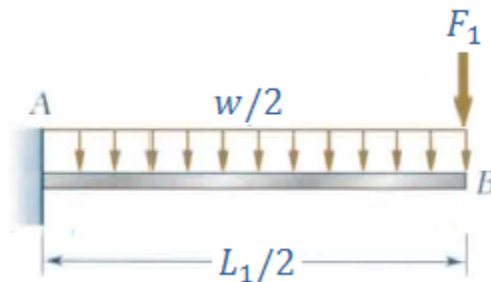


Fig. 13 Viga en voladizo con carga distribuida y carga concentrada en el extremo.

Para la carga w :

$$|M_{\text{máx}}| = \frac{w}{2} \times \frac{L_1}{2} \times \frac{L_1}{4} = \frac{wL_1^2}{16}$$

$$\therefore w = \frac{16|M_{\text{máx}}|}{L_1^2}$$

Para la carga F_1

$$|M_{\text{máx}}| = \frac{F_1 L_1}{2}$$

$$\therefore F_1 = \frac{2|M_{\text{máx}}|}{L_1}$$

MARCO B

Para la viga del marco B se tiene una carga igual al peso del marco A, justo a la mitad de su longitud, más el peso de los perfiles verticales y travesaño.

Considerando el marco B como viga en voladizo con cargas concentradas P al centro y F_2 a los extremos de la misma, tenemos un momento máximo de:

$$|M_{\text{máx}}| = \frac{PL_2}{2} + F_2 L_2$$

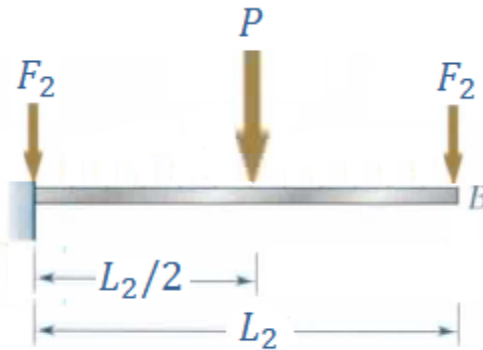


Fig. 14 Viga en voladizo con cargas concentradas al centro y extremos.

Para la carga P :

$$|M_{\text{máx}}| = \frac{PL_2}{2}$$

$$\therefore P = \frac{2|M_{\text{máx}}|}{L_2}$$

Para carga F_2 :

$$|M_{\text{máx}}| = F_2 L_2$$

$$\therefore F_2 = \frac{|M_{\text{máx}}|}{L_2}$$

Analizando los elementos verticales como columnas con un extremo fijo y el otro a carga axial, tenemos que la carga crítica por la extensión de la ecuación de Euler [30] es:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{Le^2}$$

Donde la longitud efectiva $Le = 2L$

Para los marcos A y B se han de tomar $L = H_1$ y $L = H_2$ respectivamente.

CARGAS REALES

En el cálculo de las cargas reales que actúan en los marcos A y B se tiene que:

Marco A

Para la carga distribuida w se ha considerado el peso de ambos vidrios con dimensiones $H \times L \times 6$ mm de espesor c/u , a lo largo de L_1 :

$$w = \frac{m_v g}{L_1} = \frac{\rho_v g V_v}{L_1}$$

$$w = 2 \times 0.006 \times H L \rho_v g / L_1$$

donde:

$\rho_v =$ densidad del vidrio, 2500 kg/m^3 a 25°C

$g =$ aceleración de la gravedad, 9.806 m/s^2

$V_v =$ volumen de ambos vidrios (m^3)

$L_1 =$ Longitud del travesaño en marco A

Para la carga F_1 se ha considerado el peso de un poste y mitad de un travesaño

$$F_1 = (H_1 + L_1/2)A\rho_m g$$

$H_1 =$ Longitud del poste en marco A (m)

$A =$ Área transversal del perfil (m^2)

$\rho_m =$ densidad del material (kg/m^3)

Marco B

La carga P es equivalente al peso del marco A con los vidrios dobles.

$$P = g(\rho_v V_v + 2\rho_m A(H_1 + L_1))$$

Para la carga F_2 se ha considerado el peso de un poste y mitad de un travesaño

$$F_1 = (H_2 + L_2/2)A\rho_m g$$

$H_2 =$ Longitud del poste en marco B (m)

$L_2 =$ Longitud del travesaño en marco B (m)

DEFLEXIONES

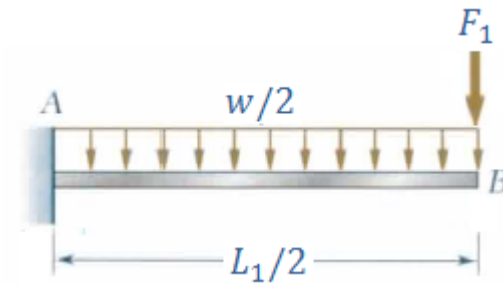


Fig. 15 Cargas para la viga del marco A

Sabemos que [31]:

Viga y carga	Curva elástica	Deflexión máxima
<p>1</p>		$-\frac{PL^3}{3EI}$
<p>2</p>		$-\frac{wL^4}{8EI}$

Fig. 16 Deflexiones máximas de vigas

Usando el principio de superposición [32] tenemos que la deflexión máxima para la viga del marco A es:

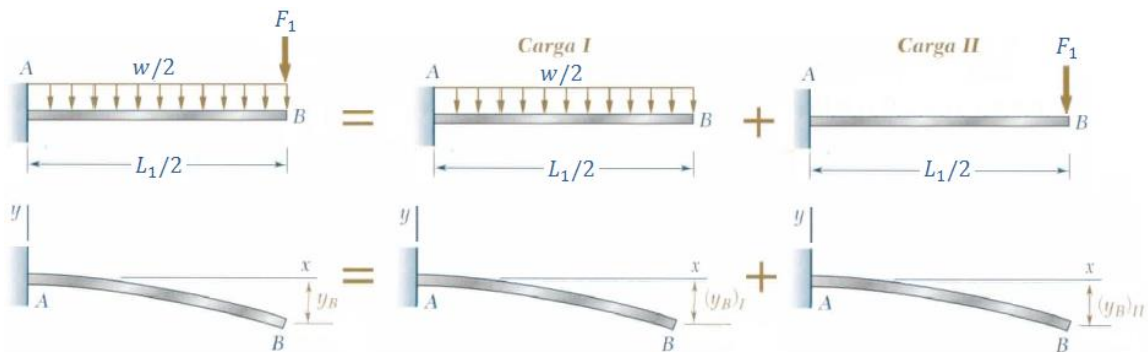


Fig. 17 Deflexión por superposición para la viga del marco A

Aplicando las ecuaciones para la deflexión máxima del cuadro anterior:

$$(y_B)_I = \frac{(w/2)(L_1/2)^4}{8 EI} = \frac{wL_1^4}{256 EI}$$

$$(y_B)_{II} = \frac{F_1 L_1^3}{3 EI}$$

$$y_{1 \text{ máx}} = y_B = (y_B)_I + (y_B)_{II} = \frac{wL_1^4}{256 EI} + \frac{F_1 L_1^3}{3 EI}$$

$$y_{1 \text{ máx}} = \frac{(3wL_1 + 256F_1) L_1^3}{768 EI} = CLARO_{\text{mín}} G$$

Para la viga del marco B se ha despreciado la carga F2 debido a que no hay deflexión en el empotramiento, nuestro sistema se reduce a una viga en voladizo con una carga en el centro y otra en el extremo.

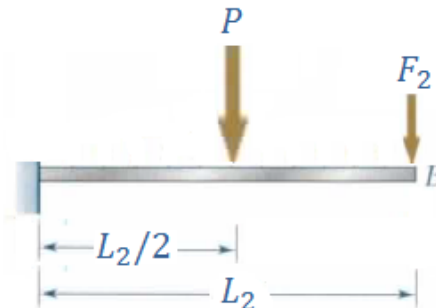


Fig. 18 Cargas para la viga del marco B

Además sabemos que:

Viga y carga	Curva elástica	Deflexión máxima
		$-\frac{Px^2(3L-x)}{6EI}$

Fig. 19 Deflexiones máximas de vigas

Usando superposición la deflexión máxima en la viga es:

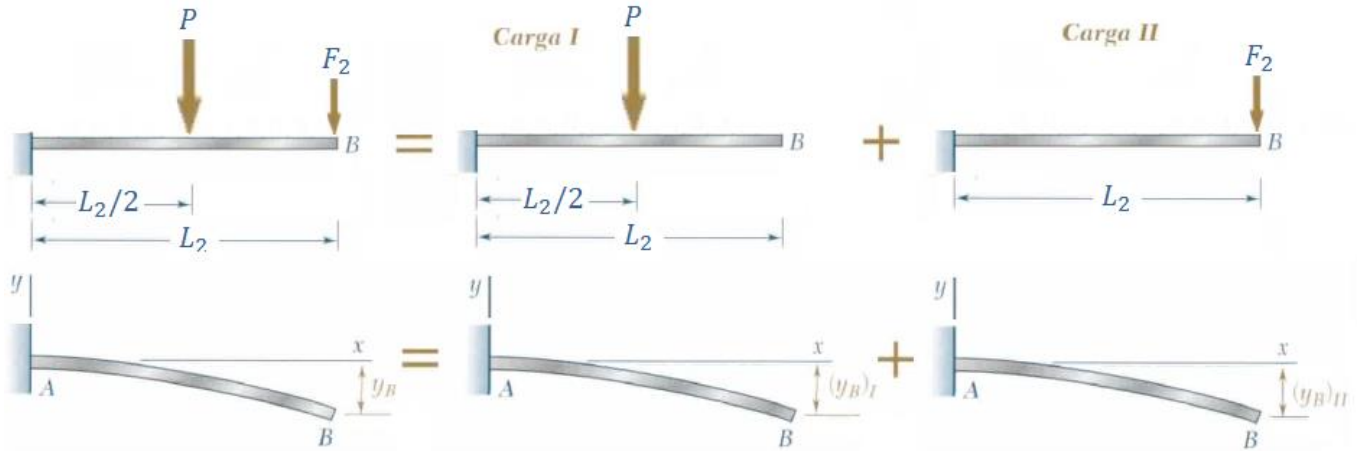


Fig. 20 Deflexión por superposición para la viga del marco B

$$\therefore (y_B)_I = \frac{P(L_2/2)^2(3L_2 - L_2/2)}{6EI}$$

$$(y_B)_I = \frac{5PL_2^3}{48EI}$$

$$(y_B)_{II} = \frac{F_2L_2^3}{3EI}$$

$$(y_B) = (y_B)_{II} + (y_B)_I = \frac{5PL_2^3}{48EI} + \frac{F_2L_2^3}{3EI}$$

$$y_{2 \text{ máx}} = \frac{L_2^3}{3EI} \left(\frac{5}{16}P + F_2 \right) = \text{CLARO } F$$

NOTA: Para cada una de las propiedades (resistencia última σ_U , densidad ρ , módulo de young E) usadas en las fórmulas anteriores se realizó una base de datos con los materiales usados comúnmente en ingeniería para la construcción [33].

8.3 SELECCIÓN Y GEOMETRÍA DE LOS PERFILES

Posterior a las actividades anteriores se llevó a cabo la selección de material de construcción y el diseño geométrico del perfil para cada uno de los elementos que componen la ventana, puesto que se requiere por separado un diseño diferente del tipo de perfil.

En un principio, se sugirió como uso de material para construcción el aluminio por presentar características particulares por su ligereza, resistencia estructural (ya en conjunto) y durabilidad.

Se investigó en catálogos de fabricantes de común venta [34], para determinar la geometría correcta de los marcos y sus perfiles; se han de retomar algunas geometrías ya existentes, pero modificando y adaptando medidas a las requeridas para el proyecto.

Para un mejor análisis y comprensión de las geometrías que se presentan en seguida, se indican los nombres técnicos de los elementos principales que componen el mecanismo de ventana:

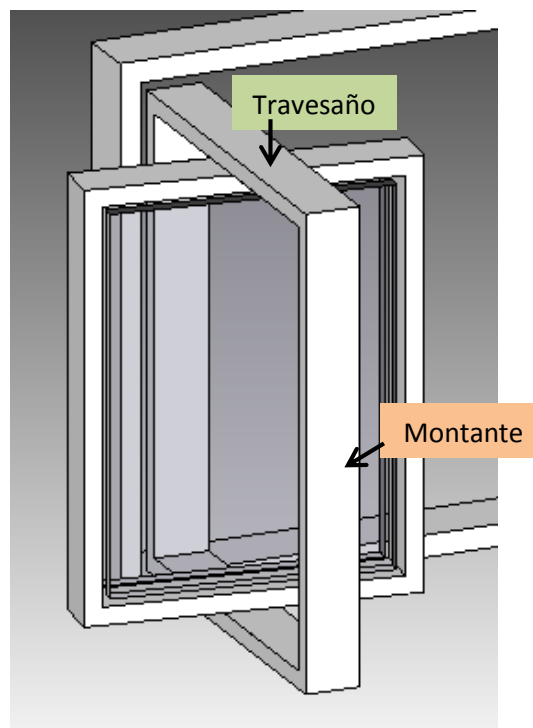


Fig. 21 Elementos principales que conforman el mecanismo

A continuación se muestran las geometrías de los perfiles de los distintos marcos que conforman la ventana.

8.3.1 Geometría marco empotrado (marco C).

Para los travesaños superior e inferior se desarrolló la siguiente geometría:

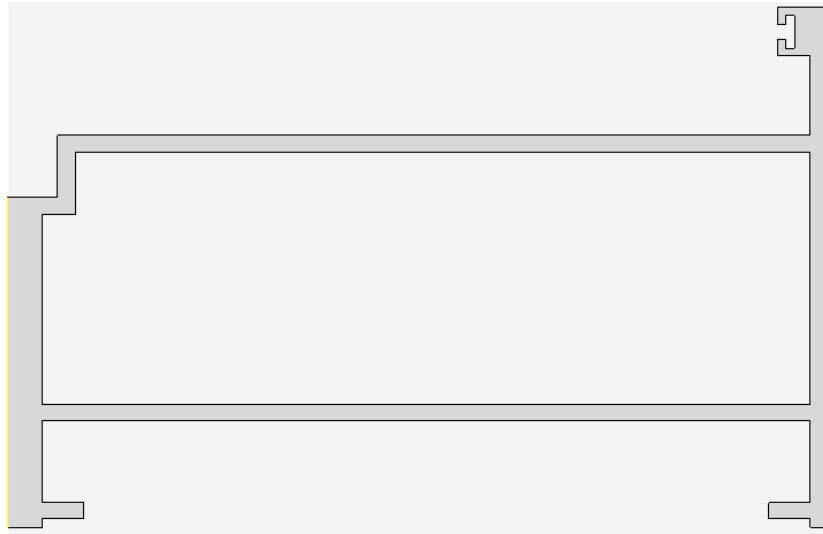


Fig. 22 Geometría del perfil en travesaños del marco C

Y para los montantes izquierdo y derecho como se muestra:

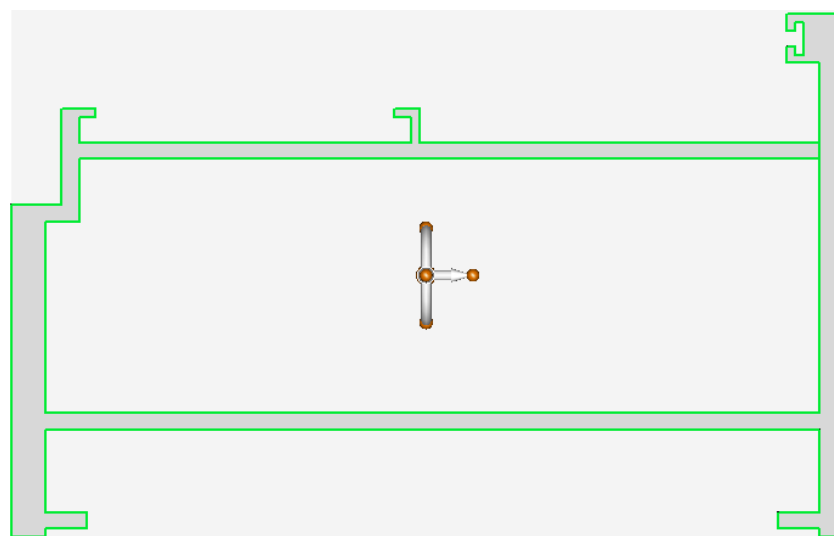


Fig. 23 Geometría del perfil en montantes del marco C

8.3.2 Corte seccional del marco empotrado.

Se puede observar la geometría de cada elemento en solido extruido, mostrando la ubicación para la instalación de las bisagras y ranura para el empaque aislante del exterior.

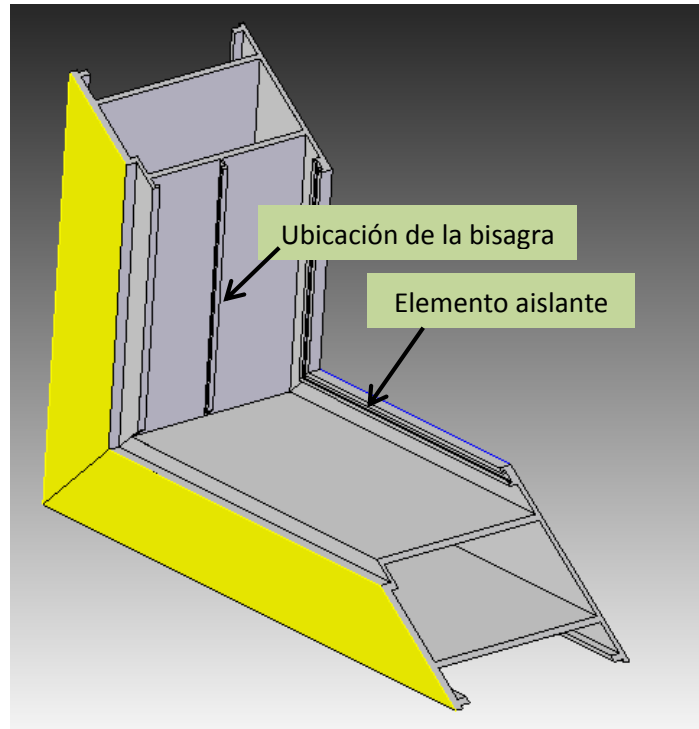


Fig. 24 Corte seccional ensamble marco C

8.3.3 Geometría marco abatible (marco B).

Para los travesaños superior e inferior se desarrolló la siguiente geometría:

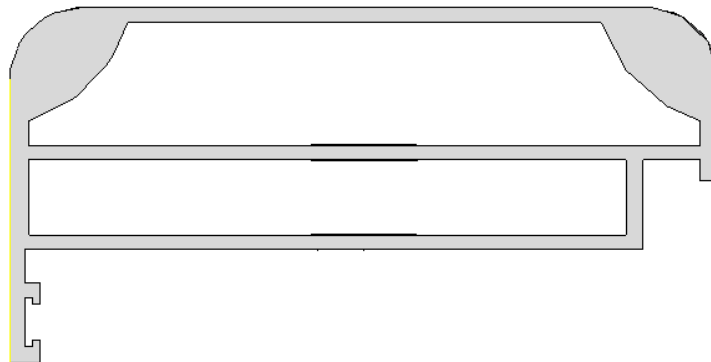


Fig. 25 Geometría del perfil en travesaños del marco B

Y para los montantes izquierdo y derecho:

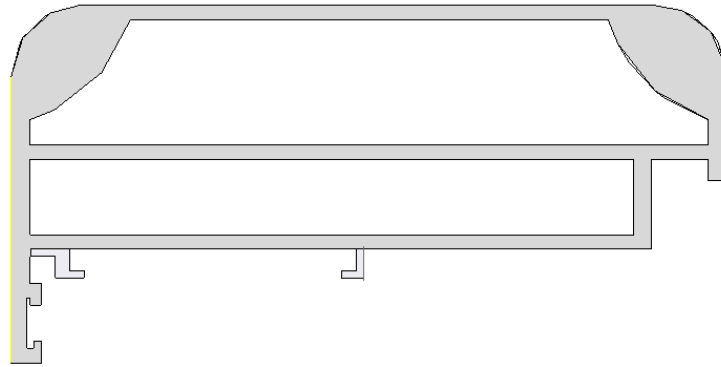


Fig.26 Geometría del perfil en montantes del marco B

8.3.4 Corte seccional del marco abatible.

Se puede observar la geometría de cada elemento en solido extruido. Se redondearon las esquinas interiores para evitar choque por contacto entre este conjunto y el conjunto cristales.

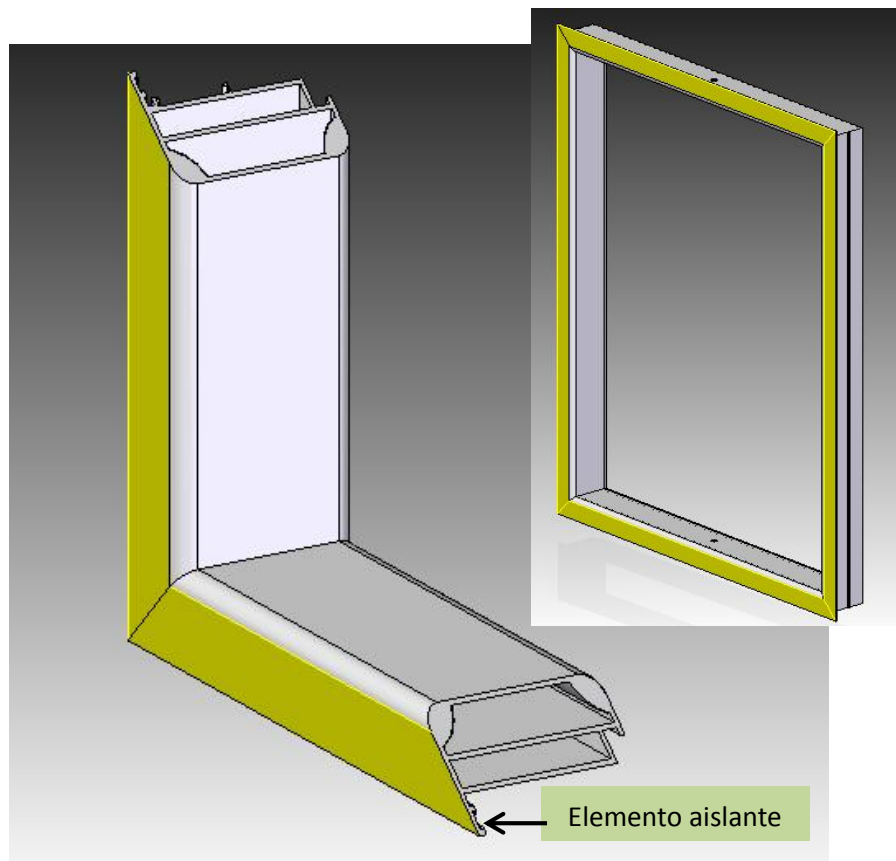


Fig. 26 Corte seccional ensamble marco B

8.3.5 Geometría Conjunto Cristales (marco A)

En este caso se diseñó, debido a los requerimientos del sistema, todo el modelo del perfil.

Para los travesaños superior e inferior se desarrolló la siguiente geometría:

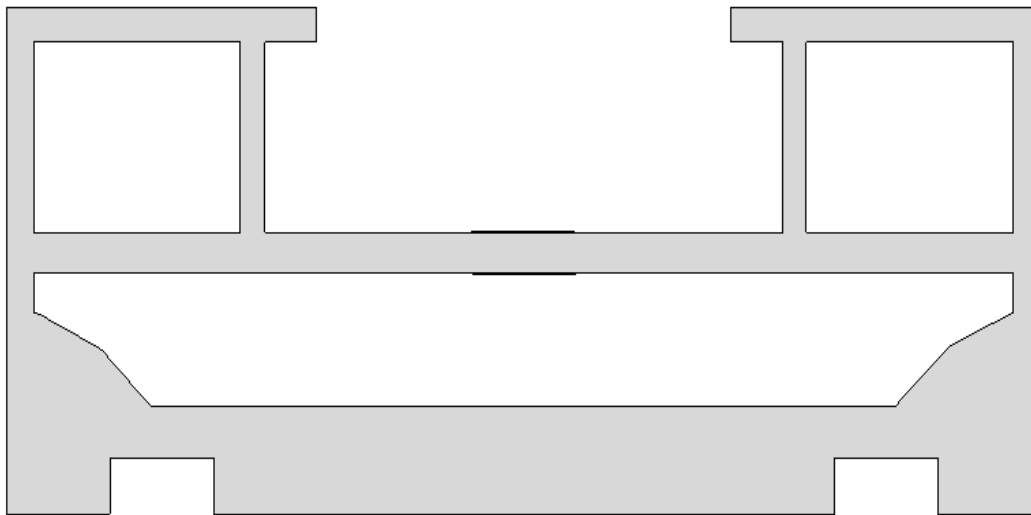


Fig. 27 Geometría del perfil en travesaños del marco A

Y para los montantes izquierdo y derecho:

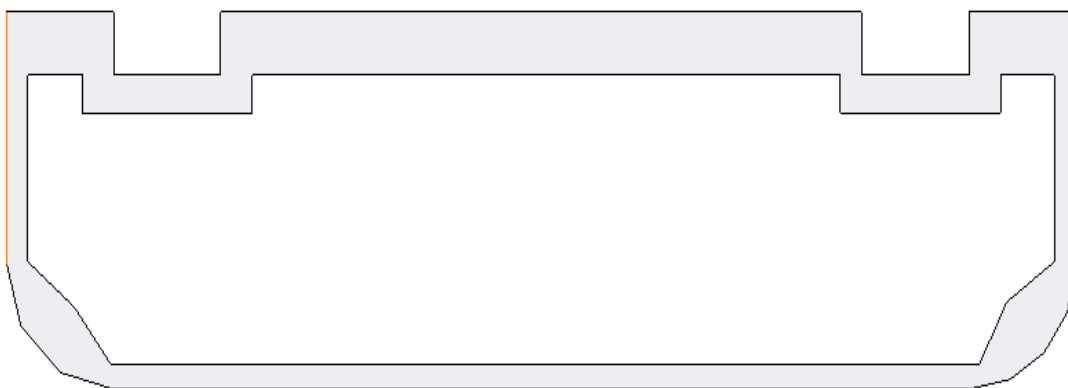


Fig.28 Geometría del perfil en montantes del marco A

8.3.6 Corte seccional del conjunto de cristales

Se puede observar la geometría de cada elemento en solido extruido. Se incluyeron los espacios donde se instalarán los cristales (6mm espesor).

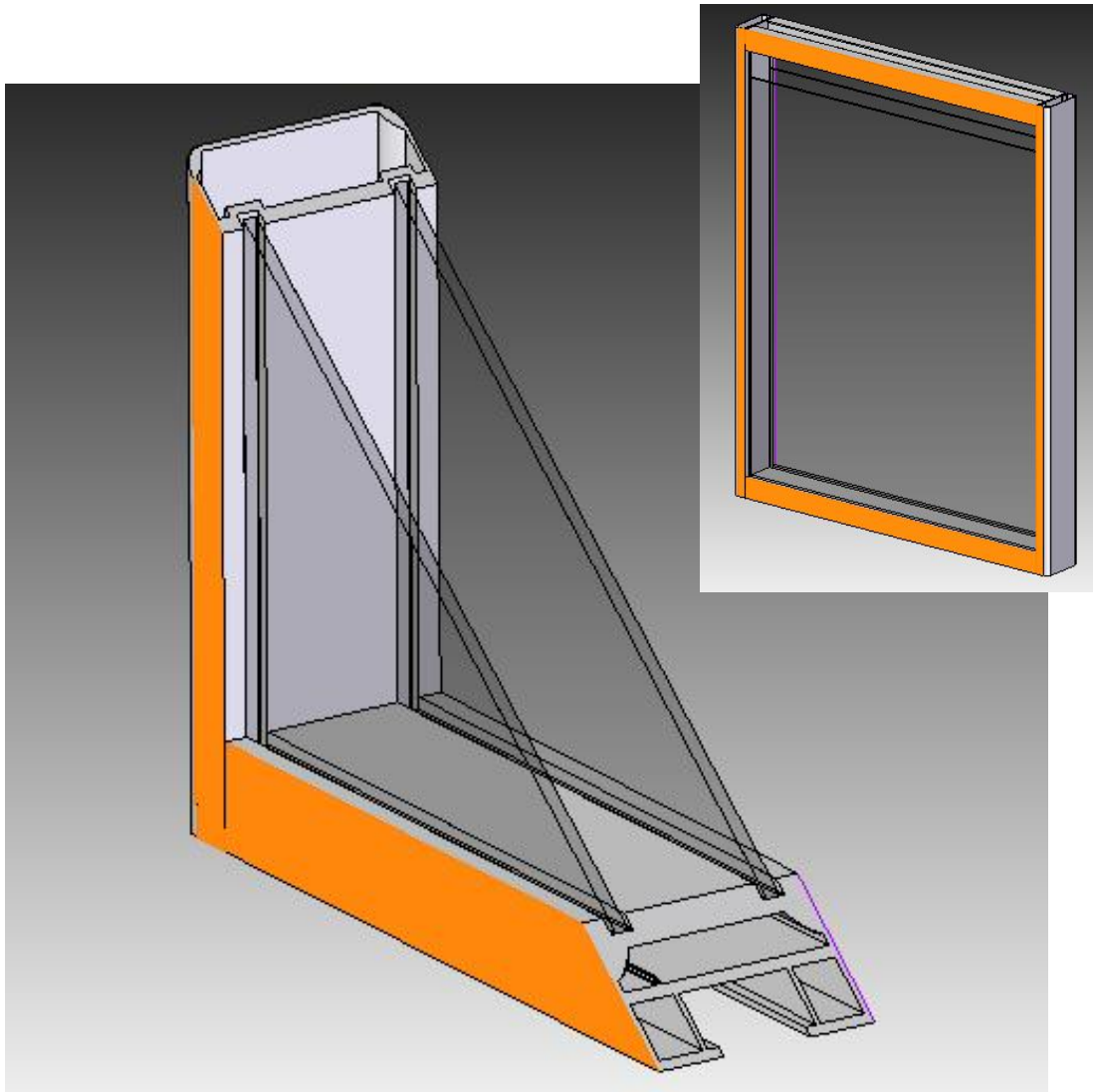


Fig. 29 Corte seccional ensamble marco A

El funcionamiento sin choques del sistema sugerido y versatilidad del mismo, hacen del mecanismo en conjunto, competitivo con los ya existentes en el mercado debido a sus características de seguridad, calidad y estética.

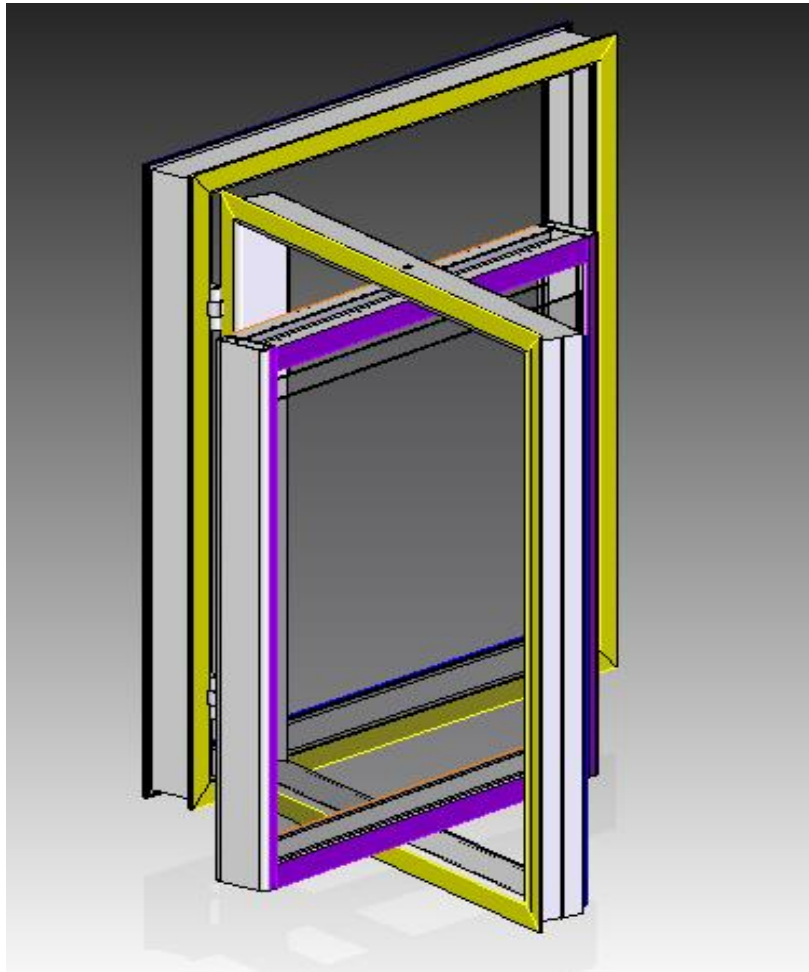


Fig. 30 Vista en 3D de la propuesta C con las geometrías anteriores y todos sus elementos en aluminio.

Sin embargo, una de las limitantes de manufactura en el uso del aluminio como material de construcción es que por ser en esencia un diseño particular con requerimientos y medidas particulares, para su elaboración se tendría que hacer un pedido especial y por políticas de fabricación de las extrusoras sólo es posible en lotes de millares.

Una posible solución al problema es un patrocinio o inversión de parte de cualquier marca perfiladora de aluminio, entregando como resultados los esperados dentro del estudio de investigación Térmico y Mecánico realizados.

Debido a lo anterior, se replanteó el material de fabricación de los perfiles, así como la geometría de éstos, por ser complicada de realizar cuando se trata de otros materiales de construcción comunes tales como la madera y el acero.

Se propuso usar madera terciada (triplay) para la elaboración del marco A, por ser el más ligero; acero estructural en el caso del marco B, pues se busca que sea resistente para soportar sin problemas el conjunto definido por el marco A, los cristales y posibles accesorios; y finalmente se determinó que el marco C se hiciera de madera, ya que no precisa cumplir mayores especificaciones como los marcos anteriores, recordando que por ser el marco que estará empotrado es suficiente con que se encuentre perfectamente rígido.

De forma similar, se investigó en catálogos de fabricantes y distribuidores de acero del país para conocer los perfiles de acero que están a la venta [35]. Después de analizar los diversos perfiles de acero existentes en el mercado, se indicó que el más pertinente para lo que nos compete es un perfil con forma de ángulo de lados iguales, por presentar una estructura sencilla, sólida y ligera.

Por tanto, las geometrías de los perfiles quedan como sigue:

Marco A

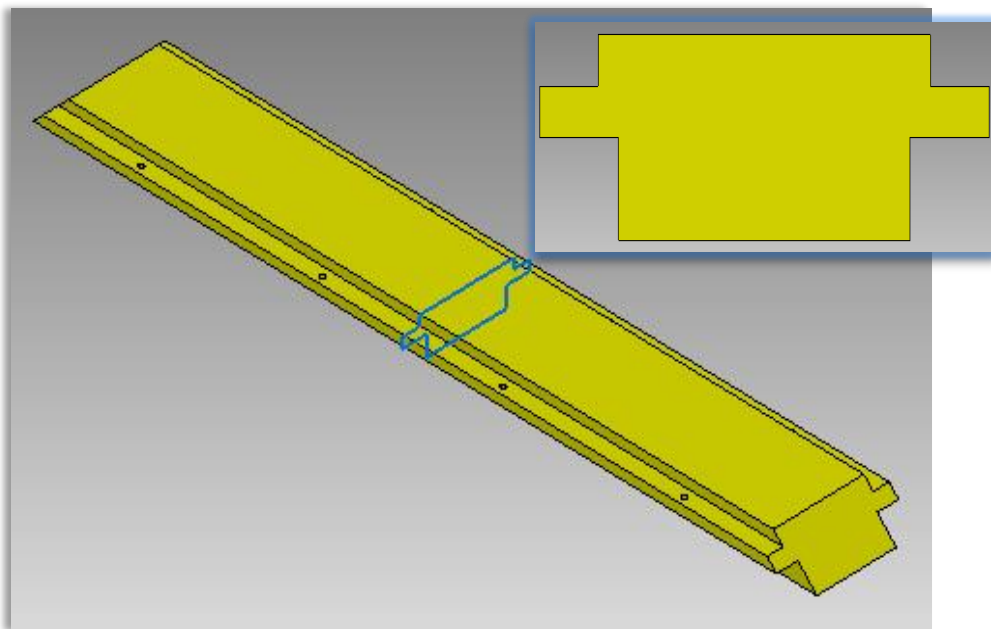


Fig. 31 Geometría del perfil en travesaños y montantes del marco A

Marco B

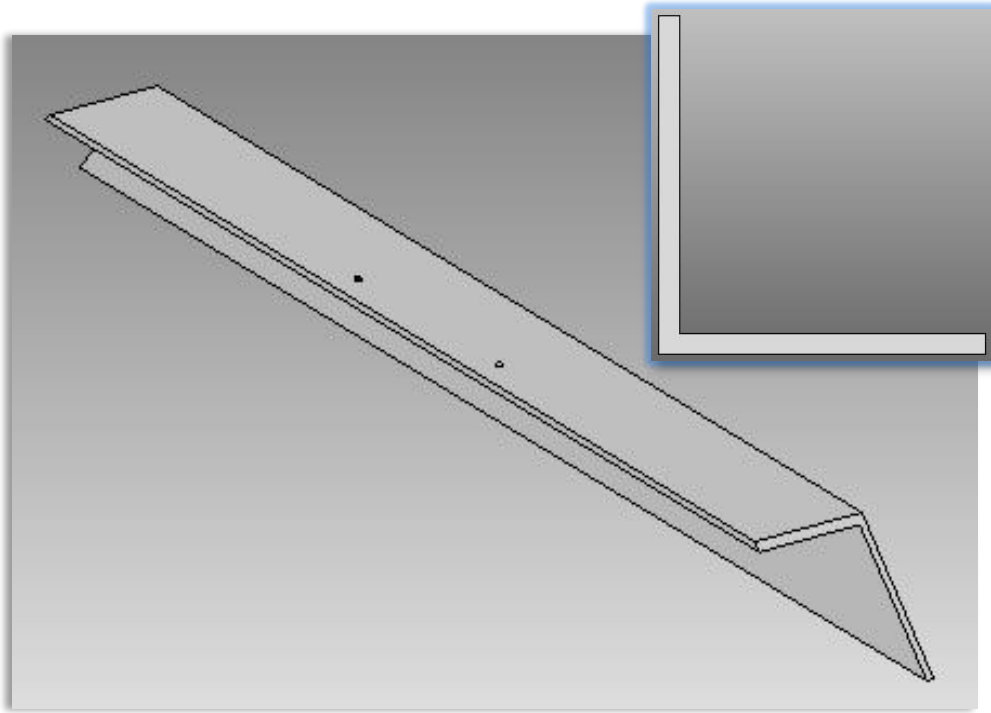


Fig. 32 Geometría del perfil en travesaños y montantes del marco B

Marco C

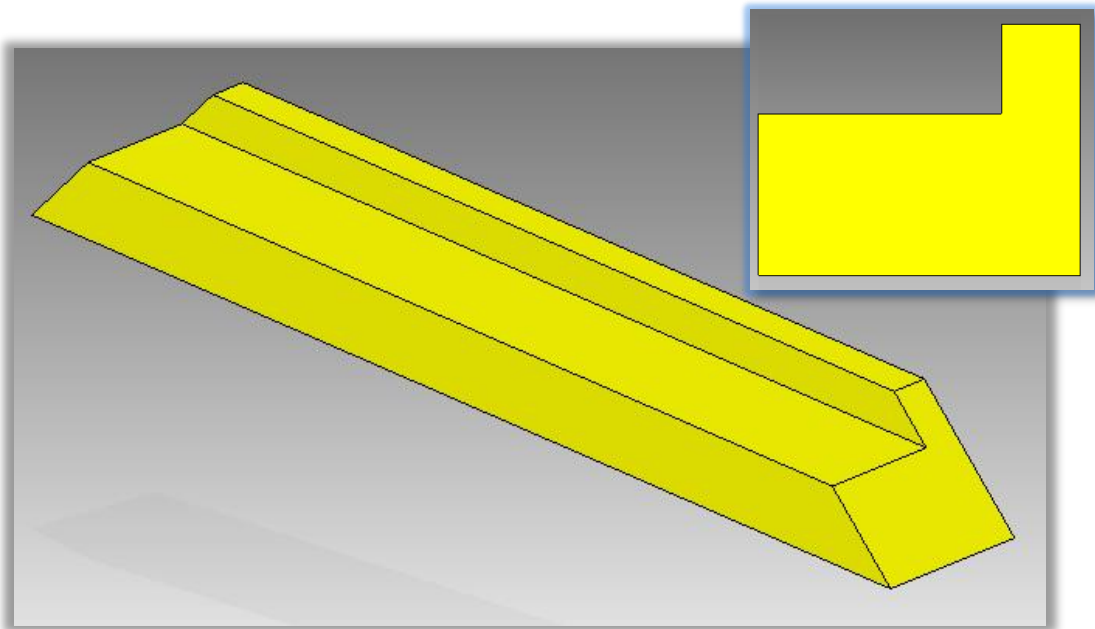


Fig. 33 Geometría del perfil en travesaños y montantes del marco C

Para poder realizar el ensamble de las piezas en cada uno de los niveles de ensamblaje, es decir desde los elementos primarios como lo son los perfiles de los travesaños, montantes y canales para los vidrios, accesorios y herrajes: tornillos, bisagras, remaches, pijas, sellos, pivotes, pasadores, manijas, etc.; ensambles: marcos A, B, C; hasta el conjunto final de la ventana con los cristales y todos los accesorios, se necesitaba conocer y dominar cada una de la relaciones que el Solid Edge ST3 ofrece cuando se trabaja el software de diseño en la opción de CONJUNTO.ISO

Para tal propósito se practicó mediante algunos ejercicios de ensambles que en seguida se presentan, con la asesoría del M.C Eladio Martínez Rayón.

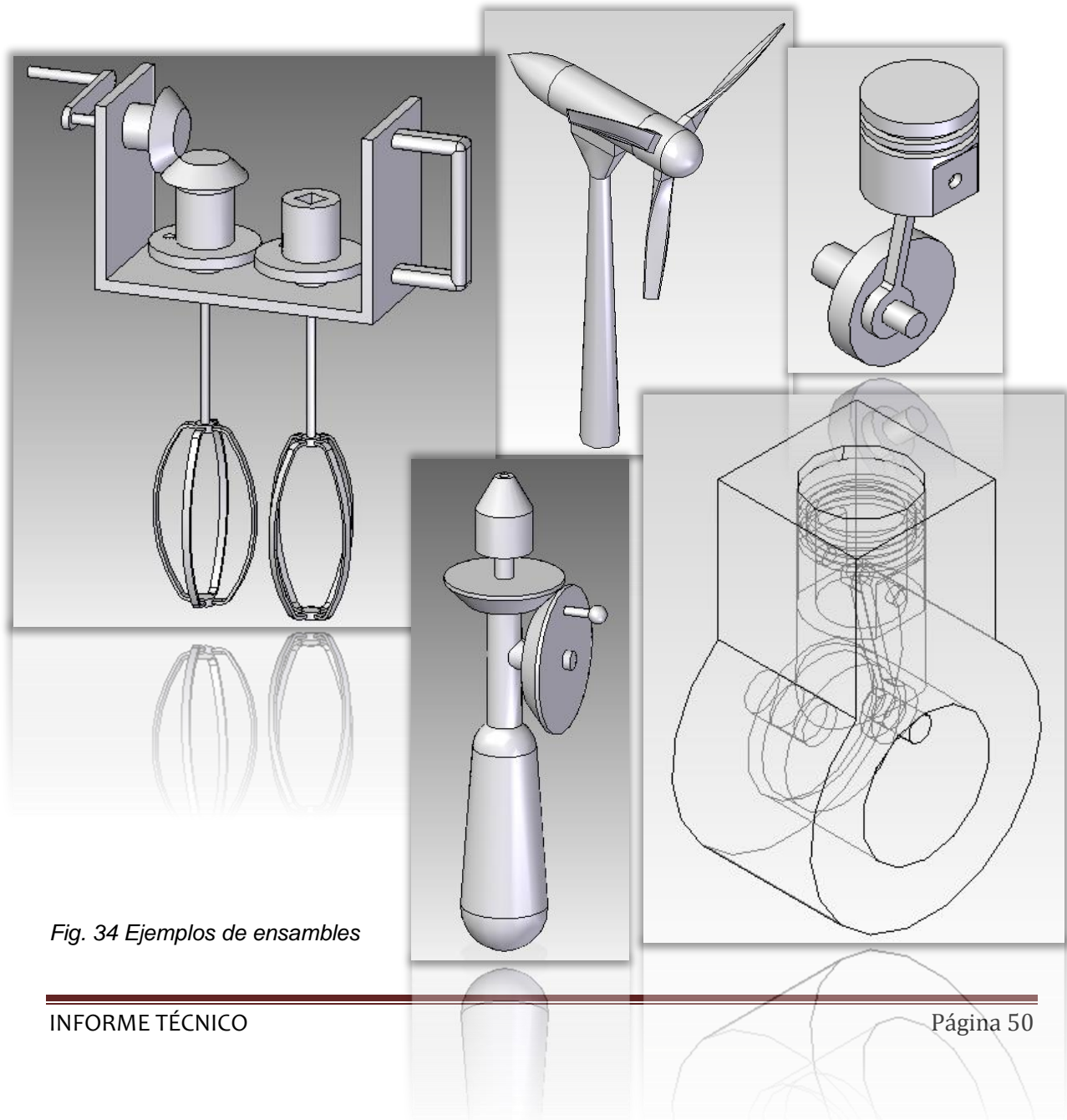


Fig. 34 Ejemplos de ensambles

Una vez que se logró un mejor manejo de las relaciones en los ensambles, se aplicaron los conocimientos y habilidades adquiridos para elaborar cada uno de los ensambles que constituyen el conjunto de la ventana. Obteniendo los siguientes resultados:

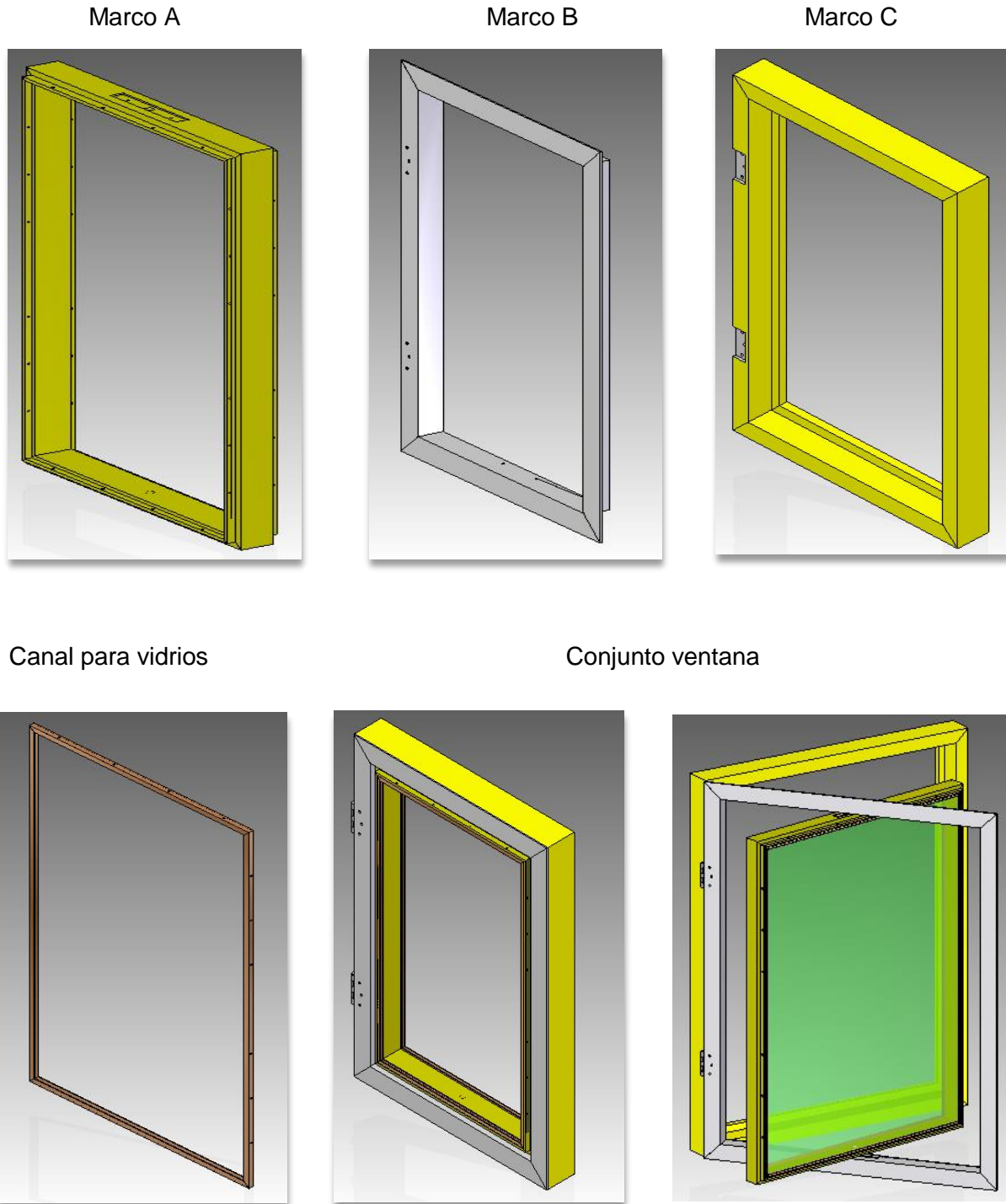


Fig. 35 Ensamblados de los marcos, canales y ventana

8.4 DESCRIPCIÓN DE LA HOJA DE CÁLCULO EXCEL: ESPECIFICACIONES DEL MODELO.XLS Y CONEXIÓN CON SOLID EDGE

Para el cálculo de las dimensiones de la ventana, se procedió a usar como herramienta de cálculo la Hoja de Excel: “Especificaciones del modelo.xls”, de forma similar al caso anterior, con la diferencia de que por tratarse de perfiles específicos las operaciones para la determinación de áreas y momentos de inercia se han simplificado.

De igual forma la metodología y los cálculos realizados en la obtención de cargas, momentos, esfuerzos y deformaciones serán los mismos, teniendo en cuenta las propiedades (módulo de Young, densidad, resistencia última) de los distintos materiales usados.

Para apreciar en detalle cada una de las partes que constituyen el mecanismo de ventana, en la hoja 1 de dicho documento se presenta en una “lista de partes” en donde se señala el nivel de ensamble, nombre y número de parte, nombre y número de dibujo o plano en 2D (se han anexado los planos de las piezas y ensambles), revisión, cantidad y otras especificaciones tales como: material, descripción (marca modelo, tamaño), costo y peso. Al final de la lista se presenta el costo y peso totales con la finalidad de proporcionar fácilmente una estimación del costo unitario de todo el conjunto. Como ejemplo se presenta la lista de partes para un modelo con medidas 90x120 cm.

Para lograr proporcionar tales especificaciones se ha realizado una amplia búsqueda y cuidadosa selección de proveedores [38] de los materiales, herrajes y accesorios que se requieren, y después de hacer las cotizaciones necesarias se han elegido los más convenientes y sugerido en la lista de partes de acuerdo al presupuesto asignado para este proyecto.

A continuación se muestra la memoria de cálculo y especificaciones para cada uno de los marcos, permitiendo al usuario elegir únicamente el tamaño: largo (H) y alto (V) de la ventana que necesita, así como las dimensiones del perfil, si así lo requiere, señaladas en los gráficos.

Por default se han establecido ciertas dimensiones para cada uno de los perfiles, sin embargo como ya se ha mencionado éstos pueden cambiar según las necesidades del cliente. Para hacer esto posible se ha realizado una guía al usuario, intermedio entre el diseñador y el cliente (consumidor final), quien hará uso de hoja de cálculo.

Es importante mencionar que para la realización de la memoria de cálculo, además de emplear las ecuaciones que se han desarrollado anteriormente, se ha hecho uso de las herramientas y funciones propias de Excel. Un ejemplo de ello es la herramienta de datos denominada “Análisis Y si” que forma parte de las operaciones grabadas en la macro: “Dimensiones” en el editor de Visual Basic.

Esta herramienta nos permite encontrar un valor deseado en una celda objetivo a partir de un valor de entrada. Fue de esta manera como se ayuda a obtener las dimensiones que deben tener los cristales (objetivo), realizando cierto número de iteraciones, a partir de las medidas exteriores de la ventana (valor de entrada) ingresadas por el usuario.

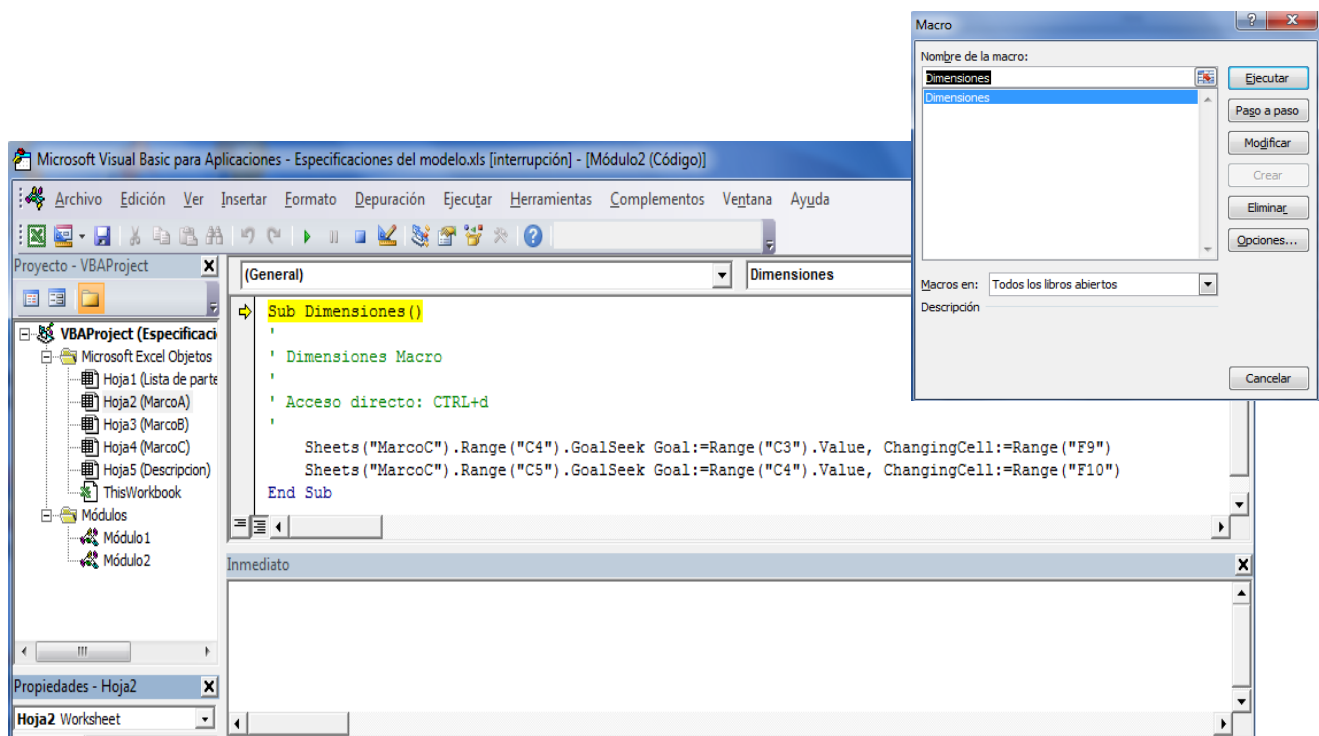


Fig. 36 Macro “Dimensiones” en el Editor de Microsoft Visual Basic

Una vez indicadas estas dimensiones, el programa determina las medidas en los marcos, las propiedades del perfil, las cargas reales a soportar contra las cargas máximas o críticas para dado factor de seguridad, y los claros horizontales y verticales mínimos.

Todo esto, para evaluar si es factible usar tales dimensiones en los perfiles y a la vez garantizar que los elementos del mecanismo soportarán sin problemas los esfuerzos a los que están siendo sometidos; y por consiguiente si conviene la construcción de una ventana con ciertas características.

A continuación, lo que sigue es visualizar el modelo en 3D mediante Solid Edge.

Para que esto fuese posible, el programa de diseño debía reconocer los datos arrojados en la hoja de cálculo y efectuar el dimensionamiento correcto en el sólido, así como las actualizaciones correspondientes a los cambios en las medidas ingresadas desde Excel.

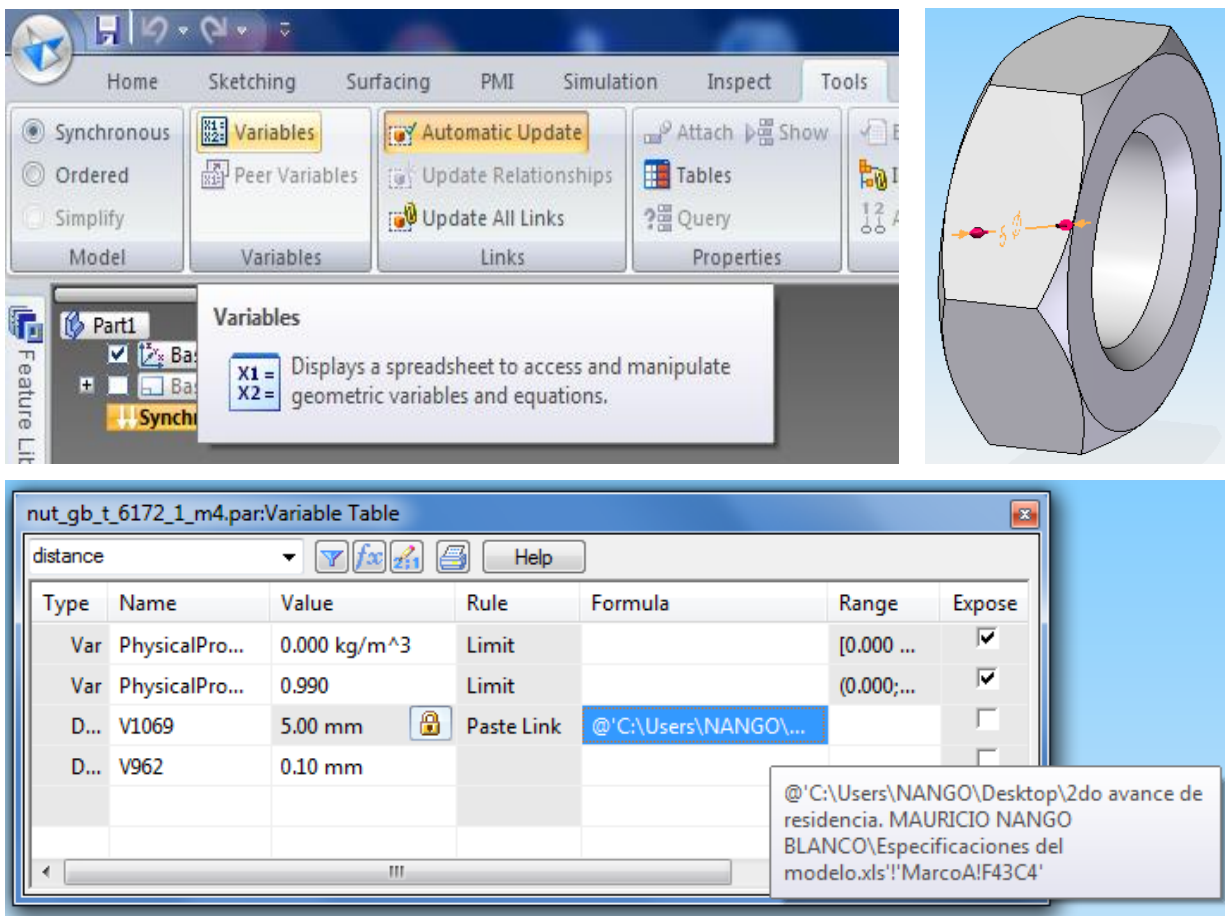
Lo anterior se solucionó al crear vínculos entre los valores contenidos en las celdas de la hoja de cálculo y las cotas de los elementos que integran el modelo CAD.

Para ello se procedió de la siguiente manera:

- Se colocaron cotas visibles y ocultas en las piezas (.par) que conforman los ensambles. Existen 3 tipos de cotas que difieren en el color. Una cota roja indica una dimensión aún no definida, una azul es una medida totalmente definida, mientras que una morada es una cota dependiente.
- En el menú herramientas, elegimos variables. De inmediato se abre un cuadro donde se encuentran cada una de las variables utilizadas en nuestro diseño, es decir, los valores de las cotas que se han creado. El cuadro de variables muestra entre otras cosas: el nombre de la cota, su estado (bloqueado o desbloqueado), su valor momentáneo y fórmula (si la hay).

- En un principio todas las cotas aparecen como desbloqueadas, es decir aún no están definidas, excepto cuando se tiene una cota dependiente de otra la cual está por default definida. Lo que hacemos entonces es bloquear aquellas cotas en las que queremos agregar un vínculo, esto es damos clic sobre el candado que se encuentra abierto a un lado del valor de la variable para conseguir cerrarlo.
- Al instante se activa la casilla correspondiente a fórmula. Una vez activa, damos clic derecho y se abre un menú en el que buscamos la opción pegar vínculo. Seleccionamos, y en seguida aparece el link con la dirección de la celda de Excel deseada que debimos haber copiado con anterioridad.

Para apreciar un cambio, hay que activar el modelo y actualizar todos los vínculos tal y cómo lo señala la guía del usuario.



The image shows a CAD software interface with a ribbon menu and a 3D model of a nut. The ribbon menu includes tabs for Home, Sketching, Surfacing, PMI, Simulation, Inspect, and Tools. The Tools tab is active, showing options like Synchronous, Ordered, Simplify, Variables, Automatic Update, Attach, Show, Tables, Query, and Properties. The Variables panel is open, displaying a spreadsheet to access and manipulate geometric variables and equations. The Variable Table window is also open, showing a table of variables and their values.

Type	Name	Value	Rule	Formula	Range	Expose
Var	PhysicalPro...	0.000 kg/m ³	Limit		[0.000 ...	<input checked="" type="checkbox"/>
Var	PhysicalPro...	0.990	Limit		(0.000;...	<input checked="" type="checkbox"/>
D...	V1069	5.00 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Paste Link	@'C:\Users\NANGO\...	<input type="checkbox"/>
D...	V962	0.10 mm				<input type="checkbox"/>

@'C:\Users\NANGO\Desktop\2do avance de residencia. MAURICIO NANGO BLANCO\Especificaciones del modelo.xls!'MarcoA!F43C4'

Fig. 37 Tabla de variables

8.5 PRUEBAS DE CALIDAD

Dando continuidad al tema de la calidad, en cuanto a los requisitos que se necesitan satisfacer para lograr la competitividad de nuestro producto con los modelos existentes en el mercado actual, se encuentran las pruebas de calidad de recubrimientos y medios de protección superficial, tales como las cámaras de corrosión por niebla salina y cámaras de radiación solar UV, entre otras más, para poder determinar el grado de resistencia a la corrosión de los metales y sus recubrimientos ante los efectos del ambiente.

A continuación se explican en forma breve, en que consisten cada una de las pruebas mencionas arriba:




8.5.1 Cámaras ensayos de corrosión por niebla salina

Se define como cámara salina, o cámara de corrosión por niebla salina, a un sistema capaz de reproducir las condiciones corrosivas existentes en ambientes climáticos químicamente activos, tales como la niebla salina marina, la contaminación urbana o la contaminación industrial.

El término “cámara salina” es comúnmente utilizado en el argot de laboratorios de calidad, para definir a las cámaras de ensayos de corrosión por niebla salina.

La misión de la cámara de niebla salina es la simulación controlada de la climatología marina para aplicarla a la realización de ensayos de corrosión acelerada en el laboratorio, y con ello poder determinar el grado de resistencia a la corrosión de los metales y sus recubrimientos de protección cuando están expuestos a las adversidades atmosféricas marítimas.

Aplicaciones:

-  Determinación del grado de resistencia a la corrosión de los metales.
-  Pruebas de calidad de recubrimientos y medios de protección superficial.
-  Investigación de nuevos productos.

Características:

- ✓ Homogeneidad de la densidad de niebla producida.
- ✓ Programación automática de caudal de solución salina.
- ✓ Mantenimiento de la tolerancia de pluviometría media.
- ✓ Composición química y pH controlados.

Las cámaras para ensayos de corrosión por niebla salina CCI pueden ser catalogadas como de universales, dada su característica "multinorma", cumpliendo rigurosamente con la norma *ASTM B-117* y todas sus homólogas.

Por tal motivo, todo equipo CCI de esta serie permite reproducir a escala de laboratorio, de forma artificial y acelerada, cualquier atmósfera corrosiva salina que pueda existir en cualquier parte del universo (proximidad al mar, explotaciones salinas, atmósferas industriales particulares, etc.).

Dado que los materiales de origen metálico, por su características electroquímicas (fenómenos redox: oxidación-reducción) pueden sufrir importantes deterioros cuando están sometidos a estas condiciones, es por lo que han sido formuladas multitud de normas, muchas veces de obligado cumplimiento y que se circunscriben tanto a diversos tipos de materiales y sectores industriales, como a criterios de los organismos y de los países que las han elaborado.

Lo que se pretende con ello es conseguir unos criterios de calidad coherentes que permitan lograr unos resultados de equivalencia a nivel sectorial, cuestión que ha alcanzado gran relevancia con el fenómeno multinacional.

Podemos decir en resumen que, hoy día, es inadmisibile excluir esta prueba de laboratorio, no sólo para garantizar la permanencia en un determinado sector industrial, sino para conocer en profundidad el grado de calidad y resistencia de los materiales a los efectos corrosivos mencionados.

Los criterios de fabricación de las cámaras para corrosión acelerada CCI, dado el fin a que se destinan, son construidas en materiales absolutamente inoxidables, haciendo mención expresa a sus partes metálicas.

En efecto y teniendo en cuenta los derramamientos de solución salina que se producen por los bordes y partes exteriores de estos equipos, el acabado externo no se pinta, cuestión que suele ocultar aceros de mala calidad.

La construcción exterior y todos los materiales metálicos, incluyendo tornillería, son absolutamente en acero inoxidable AISI 316 L. El interior está construido por nueva tecnología, reforzado con estructura de silicio de alta calidad según la nueva tecnología empleada en los sectores aeronáutico y naval, además, por razones estéticas, se dota de un recubrimiento color naranja, ofreciendo al usuario una garantía máxima frente al deterioro corrosivo y el cumplimiento de las más recientes normas de seguridad CE y de protección de riesgos laborales. (Los materiales plásticos no son aconsejables). [37]



Características principales

Construcción exterior total acero inoxidable AISI 316 L.	
Volumen interior (litros):	140
	400
	1000
	1500
	2000
	Tamaños superiores: Construcción modular
Rango temperatura (°C):	Ambiente ... +55.
Número atomizadores:	1, 2 ... n
Rango de presión por atomizador (bar):	0,5 ... 2,5
Cuadro de programación con puerta transparente y cerradura a llave.	

Fig. 38 Cámara de ensayo por corrosión por niebla salina

8.5.2 Cámaras de radiación solar UV

Cuando los materiales están expuestos a la intemperie o a los efectos de las radiaciones solares, sufren considerables deterioros, tales como: Pérdida de brillo, pérdida de color (tanto en intensidad, como en tonalidad), erosión, etc., y en general una pérdida importante de su aspecto y sus propiedades originales.

Las causas de este deterioro son, fundamentalmente, las radiaciones solares (aunque también influyen la fatiga térmica frío/calor, la humedad, la lluvia, el viento y los contaminantes).

Para simular dichas condiciones y realizar ensayos de forma acelerada, es necesario disponer de cámaras climáticas y de ensayos capaces de reproducir, no solo cualquier condición en latitud/longitud que pueda darse sobre la Tierra, sino también desarrollar cualquiera de los ensayos normalizados existentes en la actualidad.

Una cámara de degradación solar a un sistema capaz de reproducir con total exactitud y de forma fiel el espectro de radiación ultravioleta emitido por el Sol, responsable del deterioro fotoquímico.

Aplicaciones:

- ✚ Investigación de la resistencia de los materiales frente a la exposición solar.
- ✚ Ensayos de la estabilidad frente a las radiaciones ultravioleta.
- ✚ Determinación de la solidez del color de pigmentos, tintas, pinturas, plásticos, cartonajes, textiles, etc.
- ✚ Fotoestabilidad de productos.

Características exigibles:

- ✓ Variación de potencia lumínica.
- ✓ Programación automática de la energía radiante emitida por las lámparas de xenón.

- ✓ Mantenimiento de las tolerancias y control automático de vida de lámpara.
- ✓ Control espectrorradiométrico de la radiación.
- ✓ Filtros de absorción seleccionables.
- ✓ Certificado de calibración de cada pico espectral.
- ✓ Disponibilidad de patrones de color.
- ✓ Opción de inundación alternativa.

Las potencias instaladas pueden estar comprendidas entre 80W y 12000W, y la longitud de onda de radiación espectral es seleccionada mediante filtros selectivos, en función de los requerimientos de cada norma específica.



Fig. 39 Cámara de radiación solar UV

8.6 MANUAL DE USO DEL DOCUMENTO DE EXCEL Y SOLID EDGE

El archivo de Excel llamado “Especificaciones del modelo”, proporciona los datos necesarios para el análisis mecánico del modelo de ventana, además la conexión que existe entre éste y los distintos archivos de Solid Edge ST3 permite la manipulación de las medidas del conjunto, visualizando dichos cambios en 3D y generando sus correspondientes planos con las acotaciones en las dimensiones de cada una de las partes que lo conforman. Lea los siguientes puntos:

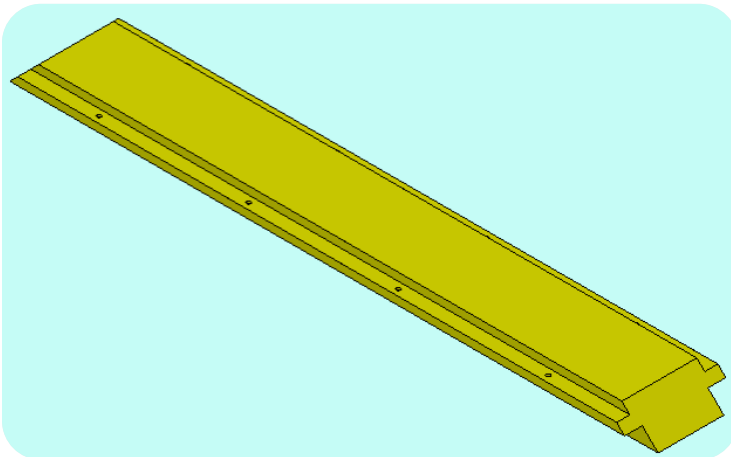
1.- En el archivo de Excel en la hoja “Lista de partes” se especifican cada una de las partes que integran el diseño de la ventana, ésta lista sirve como guía para cuantificar tamaños, pesos, costos, etc.

2.- Los tipos de archivos que se emplean además de la hoja de cálculo de Excel son:

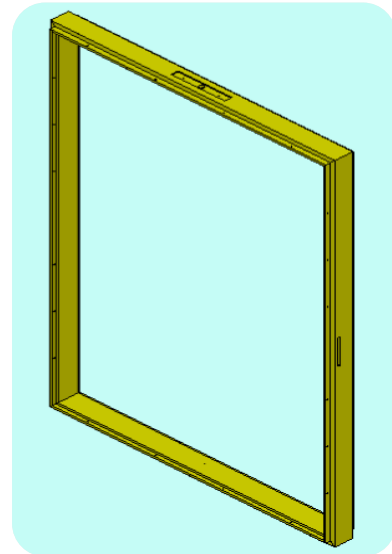


Iconos de los tipos de archivos generados por Solid

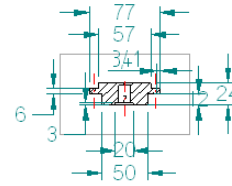
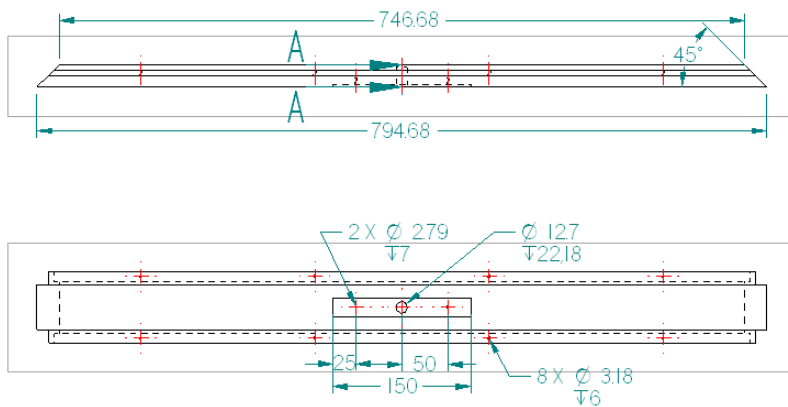
Nota: los archivos .par se encuentran vinculados al archivo de Excel, los archivos .asm a los .par y los .dft tanto a los .par como a los .asm.



Ejemplo de archivo .par es una parte de un subconjunto o parte de un conjunto.



Ejemplo de archivo .asm es un conjunto o subconjunto



CORTE A-A

Ejemplo de archivo .dft, en éste se pueden visualizar las vistas y dimensiones de una pieza o conjunto.

Dimensiones de la ventana

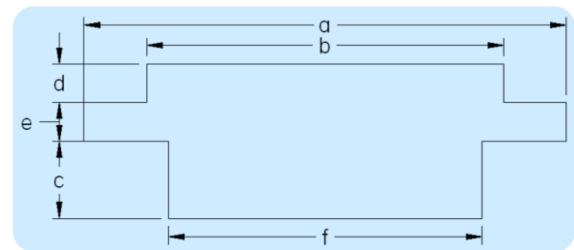
H 60 cm
V 90 cm

Aceptar

H = horizontal o ancho
V = vertical o largo

3.- Para correr el programa, es necesario ingresar el ancho y largo de la ventana requerida por el usuario, tales datos deberán ser introducidos en las celdas que se indican y luego dar click a "Aceptar".

4.- La hoja "Marco A", proporciona los datos para el marco A, la figura de la derecha muestra la forma que tiene el perfil de dicho marco:



Hoja de calculo y especificaciones del marco A

Medidas del vidrio

Hv 45.3416 cm } Ancho y Largo para el vidrio.
Vv 75.34 cm }

Medidas Marco A

Ha 49.2416 cm } Ancho y largo para el marco A.
Va 79.24 cm }

Perfil

a 77 mm } Dimensiones del perfil
b 57 mm }
c 50 mm }
d 6 mm }
e 6 mm }
f 12 mm }

Grosor del canal 1.5 mm

Propiedades

Perfil

Su 5.5E+07 N/m² } Resistencia última del material
Syp 5.5E+07 N/m² } Resistencia a la fluencia
rho 415 kg/m³ } Densidad
E 9E+09 N/m² } Módulo de elasticidad o de Young
S 5E-06 m³ } Módulo de la sección
A 0.0014 m² } Área de sección transversal
I 6.3E-08 m⁴ } Momento de inercia centroidal del area compuesta
c 0.01262 m } Distancia del centroide a la fibra mas alejada
Mmáx 272.66 Nm } Momento flexionante máximo

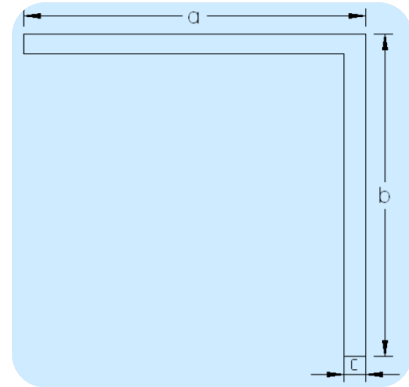
Vidrio

rho 2500 kg/m³
Volumen 0.0041 m³

Claros		
Claro horizontal	0.2992 cm	Distancias que deben haber entre el marco B y el C.
Claro vertical	0.3599 cm	
F.S.	1 sin	Factor de seguridad.

Cargas	
Vidrio (w) carga máxima a soportar	204.165 N/m 17991.9 N/m
Carga concentrada por el perfil (F1) carga máxima a soportar	5.93657 N 1107.44 N
Carga crítica por columna	2211.84 N

5.- La hoja "Marco B" proporciona los datos para el marco B, la figura de la derecha muestra la forma que tiene el perfil de dicho marco:



Hoja de calculo y especificaciones del marco B		
Medidas Máximas		
Hb	60 cm	Ancho y largo para el marco B.
Vb	90 cm	
Perfil		
a	50.8 mm	Valores (fijos) para las variables de la figura de la derecha.
b	50.8 mm	
c	3.175 mm	

Cargas	
Carga del marco A (P) carga máxima a soportar	378.716 N 2855.55 N
Carga concentrada por el perfil (F2) carga máxima a soportar	28.9149 N 1427.77 N
Carga crítica por columna	48175.2 N

Propiedades		
Perfil		
Su	4E+08 N/m ²	Resistencia última del material
Syp	4E+08 N/m ²	Resistencia a la fluencia
rho	7860 kg/m ³	Densidad
E	2E+11 N/m ²	Módulo de elasticidad o de Young
S	2.1E-06 m ³	Módulo de la sección
A	0.00031 m ²	Área de sección transversal
I	7.9E-08 m ⁴	Momento de inercia centroidal del area compuesta
c	0.03692 m	Distancia del centroide a la fibra mas alejada
Mmáx	856.665 Nm	Momento flexionante máximo

Claros		
Claro horizontal	0.49207 cm	Distancias que deben haber entre el marco B y el C.
Claro vertical	0.06704 cm	
F.S.	1 sin	Factor de seguridad.

6.- La hoja “Marco C” proporciona los datos para el marco C, la figura de abajo muestra la forma que tiene el perfil de dicho marco:

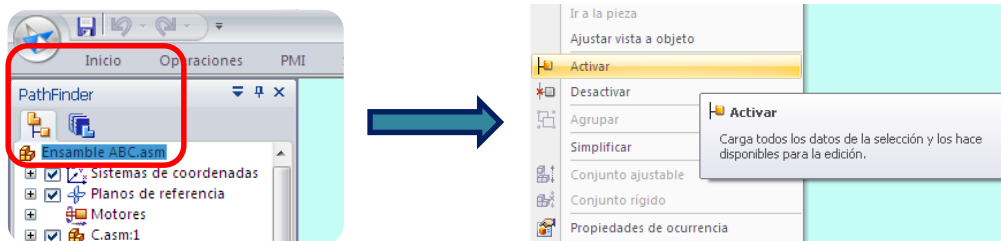
Perfil		
Su	5,5E+07 N/m ²	Resistencia última del material
Syp	5,5E+07 N/m ²	Resistencia a la fluencia
rho	415 kg/m ³	Densidad
E	9E+09 N/m ²	Módulo de elasticidad o de Young
S	3,2E-05 m ³	Módulo de la sección
A	0,00418 m ²	Área de sección transversal
I	1,4E-06 m ⁴	Momento de inercia centroidal del area compuesta
c	0,04246 m	Distancia del centroide a la fibra mas alejada
Mmáx	1774,38 Nm	Momento flexionante máximo
F.S.	1 sin	Factor de seguridad

Medidas Maximias			
Hc	60	cm	Ancho y largo para el marco B.
Vc	90	cm	

Medidas del Perfil			
a	82	mm	Valores (fijos) para las variables de la figura de la derecha.
b	30	mm	
c	70	mm	
d	30	mm	

7.- Si se desea visualizar en el diseño de Solid Edge los cambios en las dimensiones es importante recordar que “primero se debe abrir el archivo de Excel y posteriormente el conjunto Ventana ABC o cualquiera de las partes que componen el ensamble”.

8.- Después de abrir el archivo en Solid Edge, éste debe ser activado, para ello ubique el nombre de archivo en la esquina superior izquierda del panel “PathFinder”, después de clic derecho y en la barra de menús seleccione “Activar”.



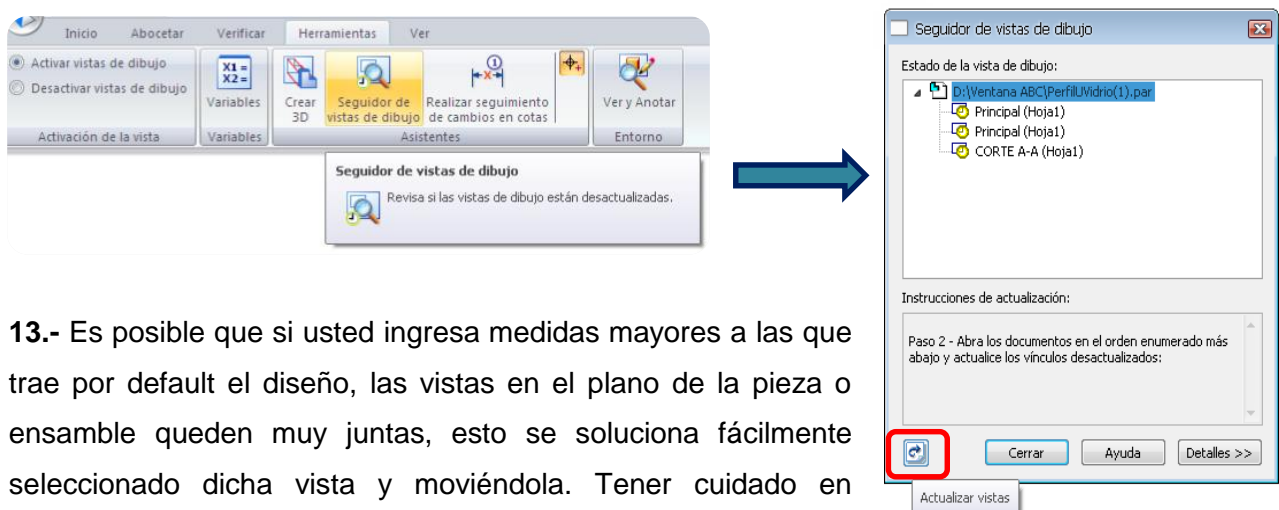
9.- Por último se deben actualizar los vínculos del ensamble y para ello es necesario dirigirse al menú *herramientas* y ahí seleccionar “*Actualizar todos los vínculos*”.

10.- Con lo anterior, podrá visualizar las modificaciones que se generan en cualquiera de los archivos de *Solid Edge* al variar las dimensiones de la ventana, las cuales determinará el usuario. El tiempo de respuesta al reconocimiento de los vínculos puede variar, según la capacidad del ordenador.



11.- Para abrir los planos correspondientes a cada una de las piezas que conforman el diseño de la ventana es necesario dirigirse a la carpeta “Planos”. Cada archivo *.dft* se encuentra vinculado con su respectivo *archivo .par o asm.*, y tiene el mismo nombre, por lo tanto deberá tener abierto el archivo “*.par o .asm*” al momento de visualizar su plano correspondiente.

12.- Se han generado vistas principales, auxiliares, cortes y detalles necesarios para cada una de las piezas del conjunto, así como el correcto dimensionamiento y acotación, basta con actualizar los cambios, para ello es necesario ir al menú “*Herramientas*”, elegir “*Seguidor de vistas de dibujo*” y seleccionar el icono “*Actualizar vistas*”.



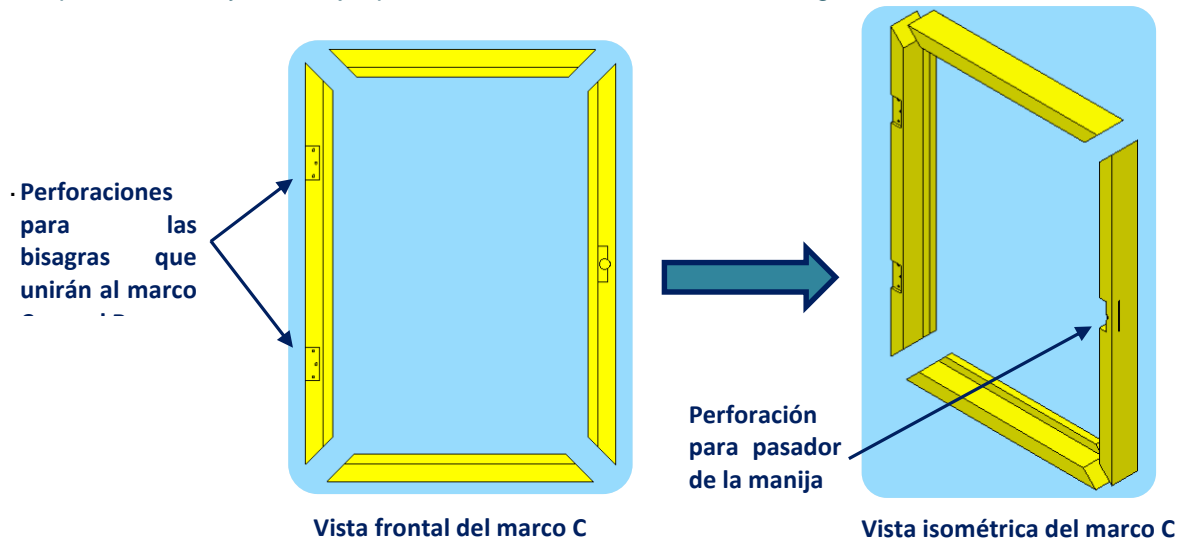
13.- Es posible que si usted ingresa medidas mayores a las que trae por default el diseño, las vistas en el plano de la pieza o ensamble queden muy juntas, esto se soluciona fácilmente seleccionado dicha vista y moviéndola. Tener cuidado en seleccionar la vista requerida y no una cota.

8.7 MANUAL DE ENSAMBLE DE LA VENTANA

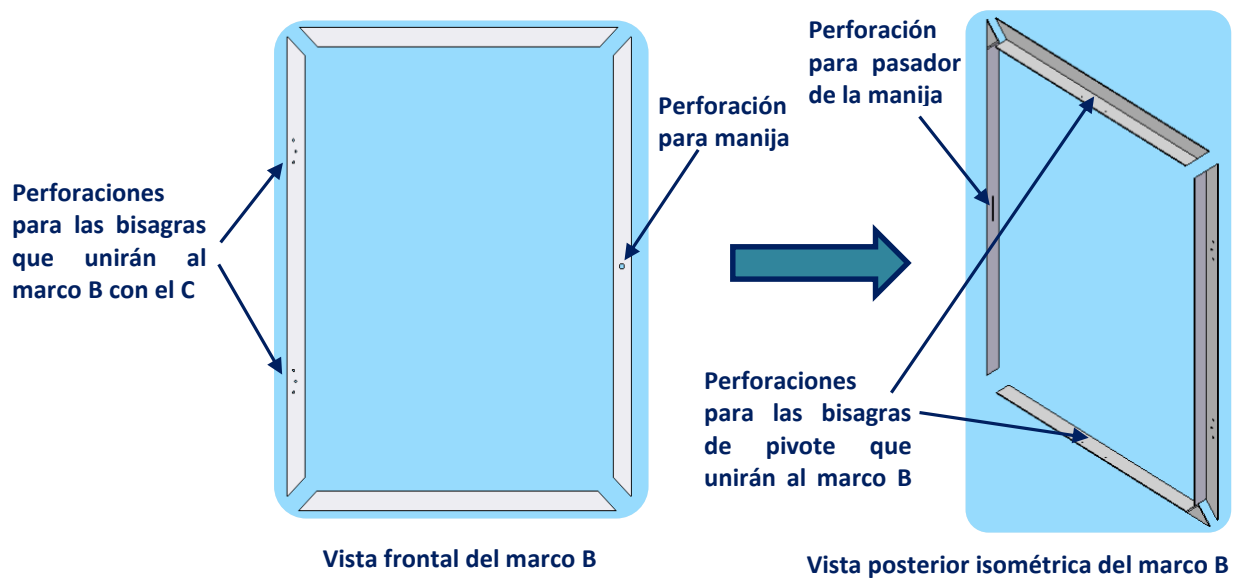
Para ensamblar correctamente, siga las sencillas instrucciones:

1.- Iniciar ensamblando el marco C como se muestra en la siguiente figura:

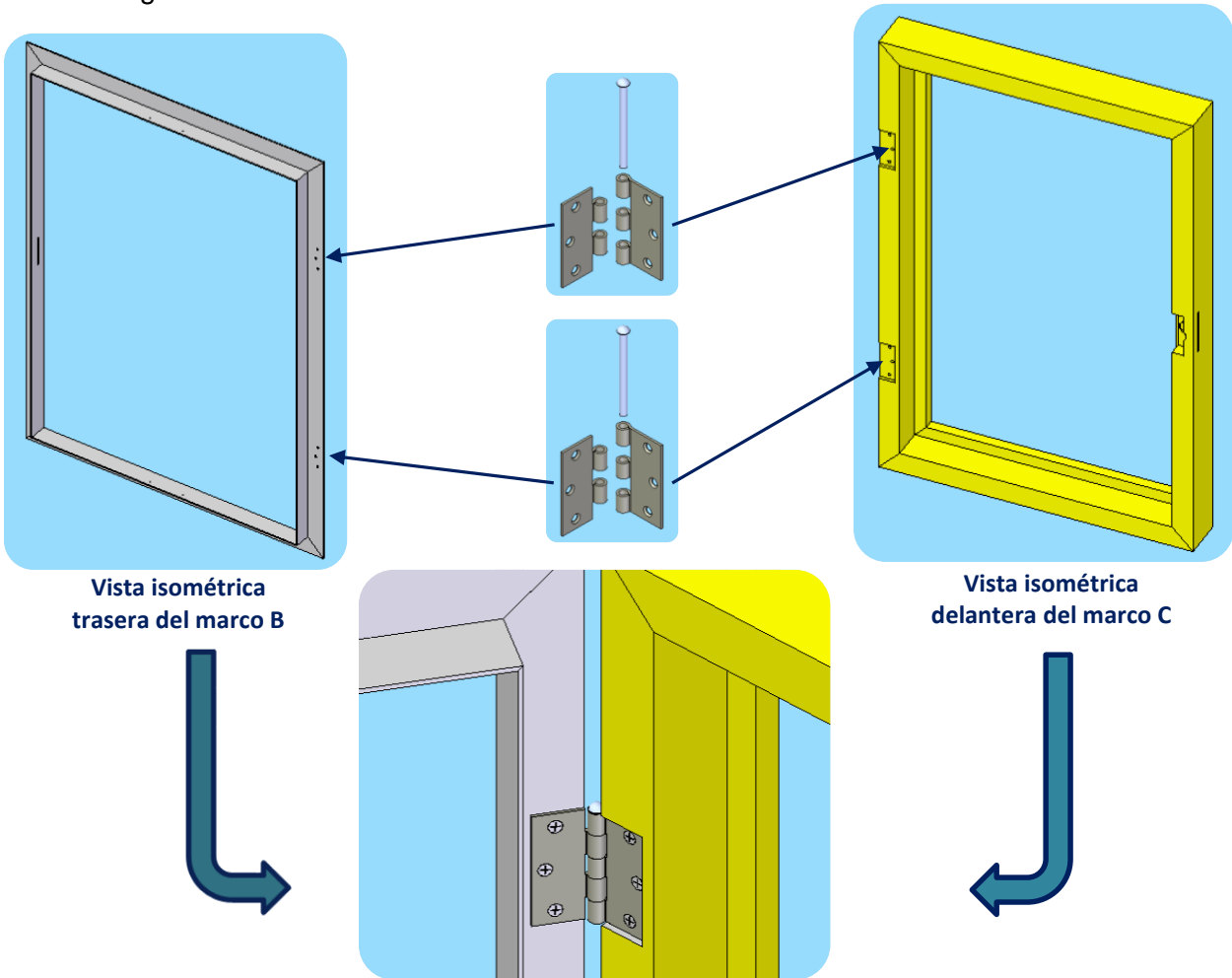
Nota: obsérvese que las uniones entre los travesaños y los montantes del marco C tienen un ángulo de 45°, este es el mismo caso para los marcos A y B, además el montante izquierdo cuenta con perforaciones y un rebaje que será donde irán ubicadas las bisagras.



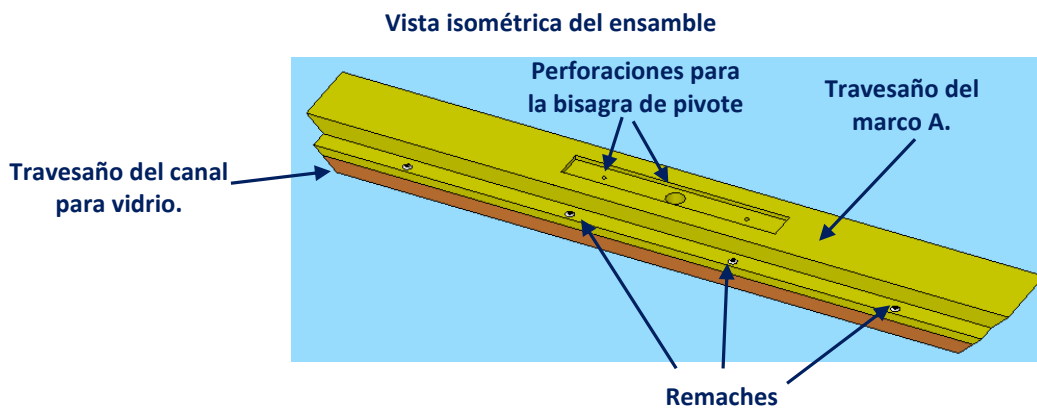
2.- Se procede a ensamblar el marco B de la misma manera que el marco anterior con la diferencia que éste por ser de metal las uniones serán mediante soldadura.



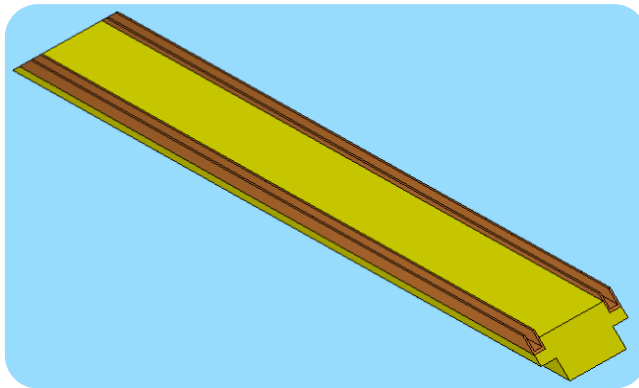
3.- Se ensamblan las dos bisagras y se procede al montaje del marco B sobre el C, asegurándose de que se coloquen correctamente ambas bisagras así como se muestra en la imagen.



4.- Los travesaños y los montantes para ambos canales de aluminio se unen al marco A, a su respectivo travesaño o montante como se observa en la siguiente figura:



Vista isométrica del ensamble
(travesaño inferior)

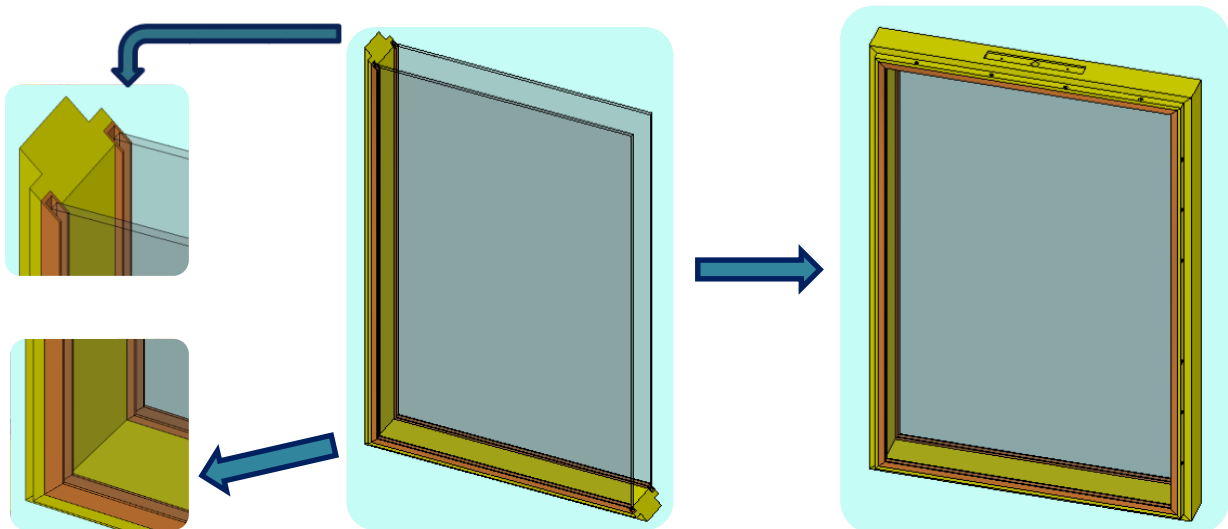


Vista lateral

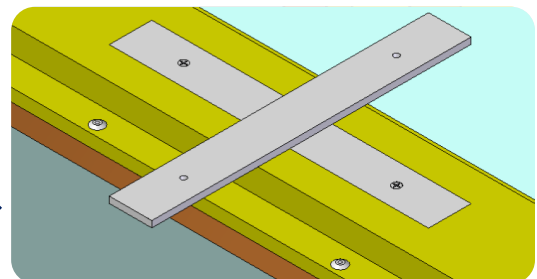
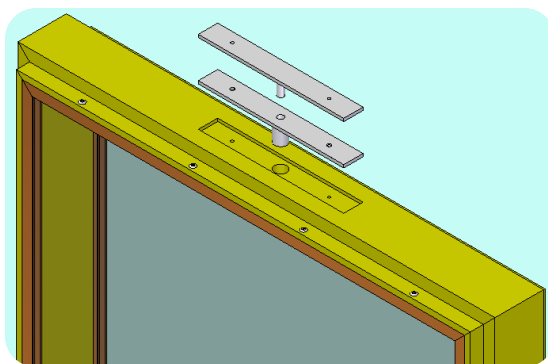


Nota: Se ha de rellenar el canal con sellador a base de silicón formando una junta hasta una altura igual a la cabeza del remache para homogenizar el área de contacto con el vidrio

5. - Se procede a colocar ambos vidrios y a completar el conjunto como se muestra en seguida:

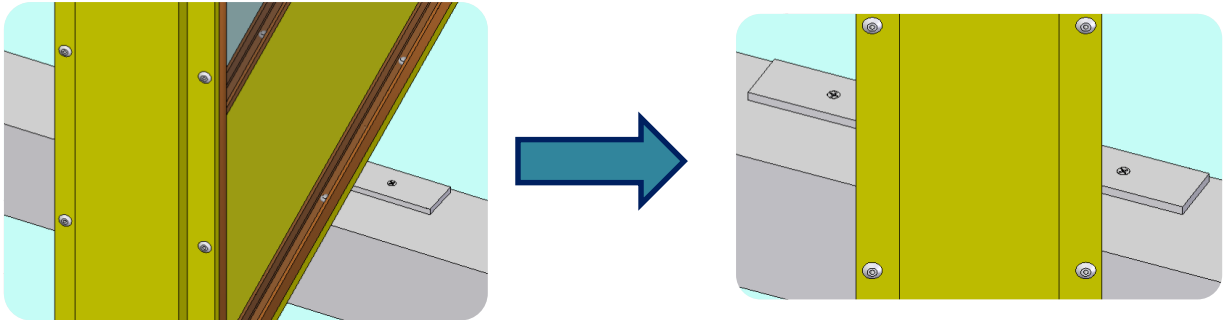


6.- Al ensamble anterior se le colocan ambos pares de bisagras de pivote en la parte superior e inferior como se indica.

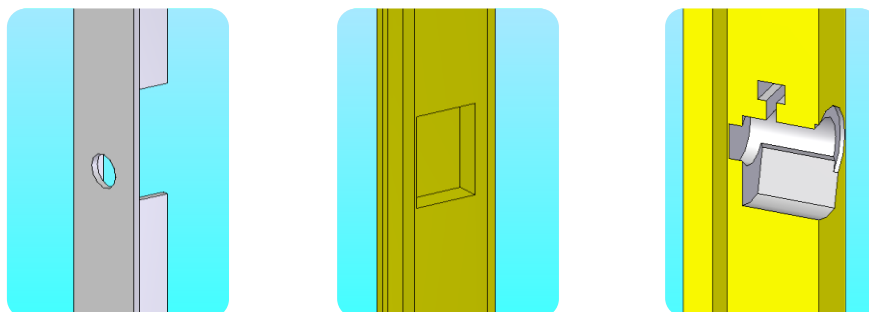
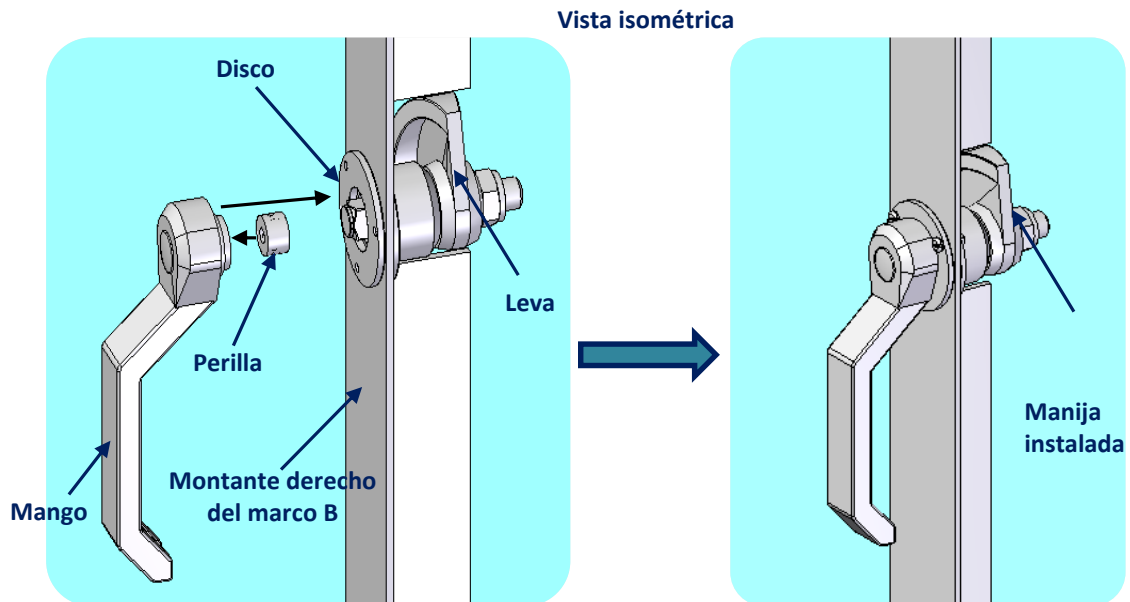


Nota: La pieza de la bisagra pivoteada que se muestra girada sólo se deja sobre puesta encima de la otra, tanto arriba como abajo del marco A para poder introducir el conjunto en el marco B.

7.- Al atornillar las piezas de ambos pares de bisagras pivotadas correspondientes al marco B, el marco A quedará sostenido por el marco anterior y su movimiento restringido a un grado de libertad mediante los pivotes, permitiendo de esta forma el cambio de orientación de la película de control solar al rotarlo.

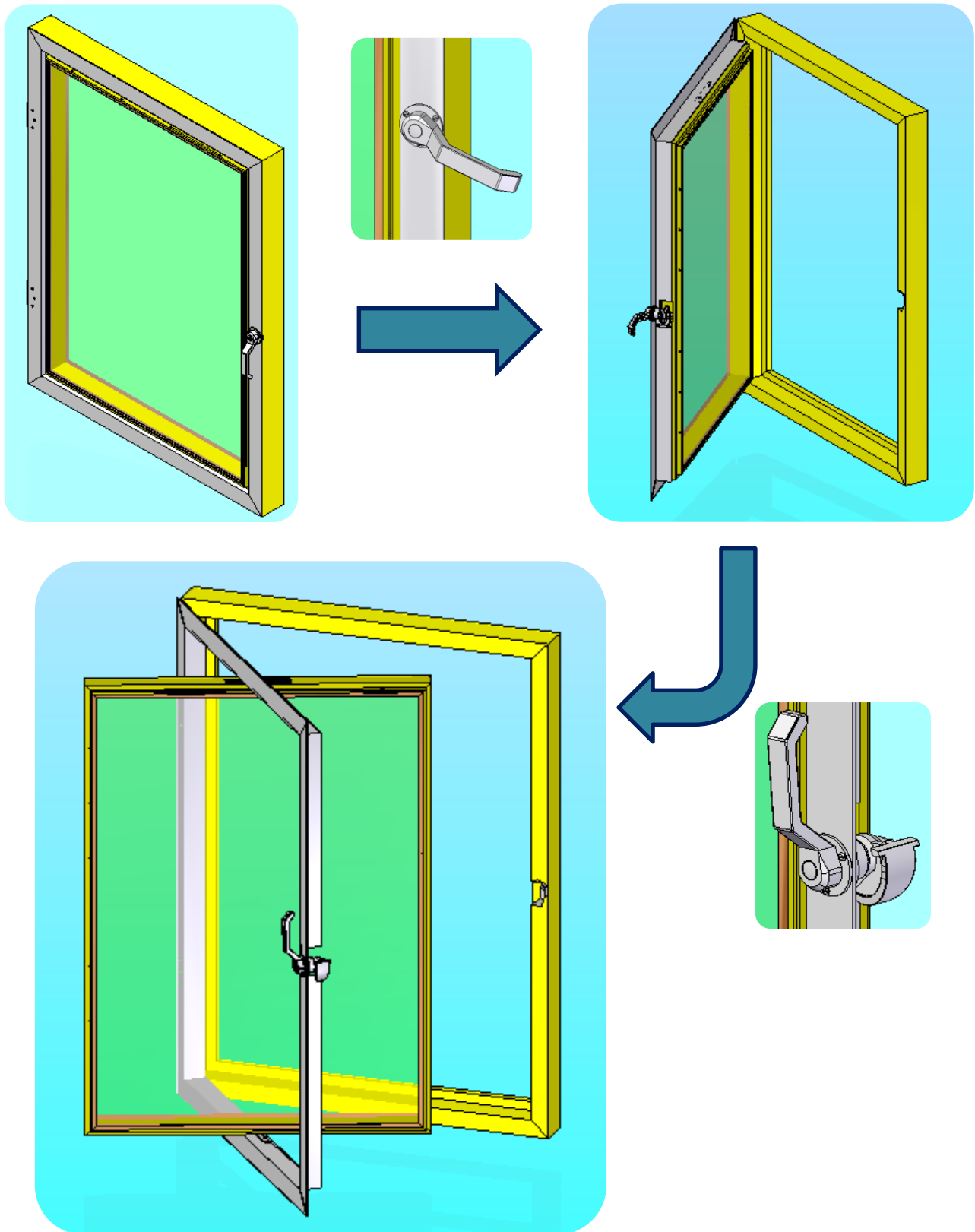


8.- Para ensamblar la manija a la ventana se debe proceder como se indica:



Se indican los rebajes realizados en los montantes izquierdos de cada uno de los marcos que permiten la adecuada maniobrabilidad de la manija.

9.- El ensamble final queda como se muestra a continuación:



IX. RESULTADOS, PLANOS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS

9.1 RESULTADOS

Todas las piezas y ensambles realizados se encuentran en el disco como archivos tipo: Solid Edge Part Document (.par) y Assembly Document (.asm) y se encuentran localizados en las siguientes carpetas:

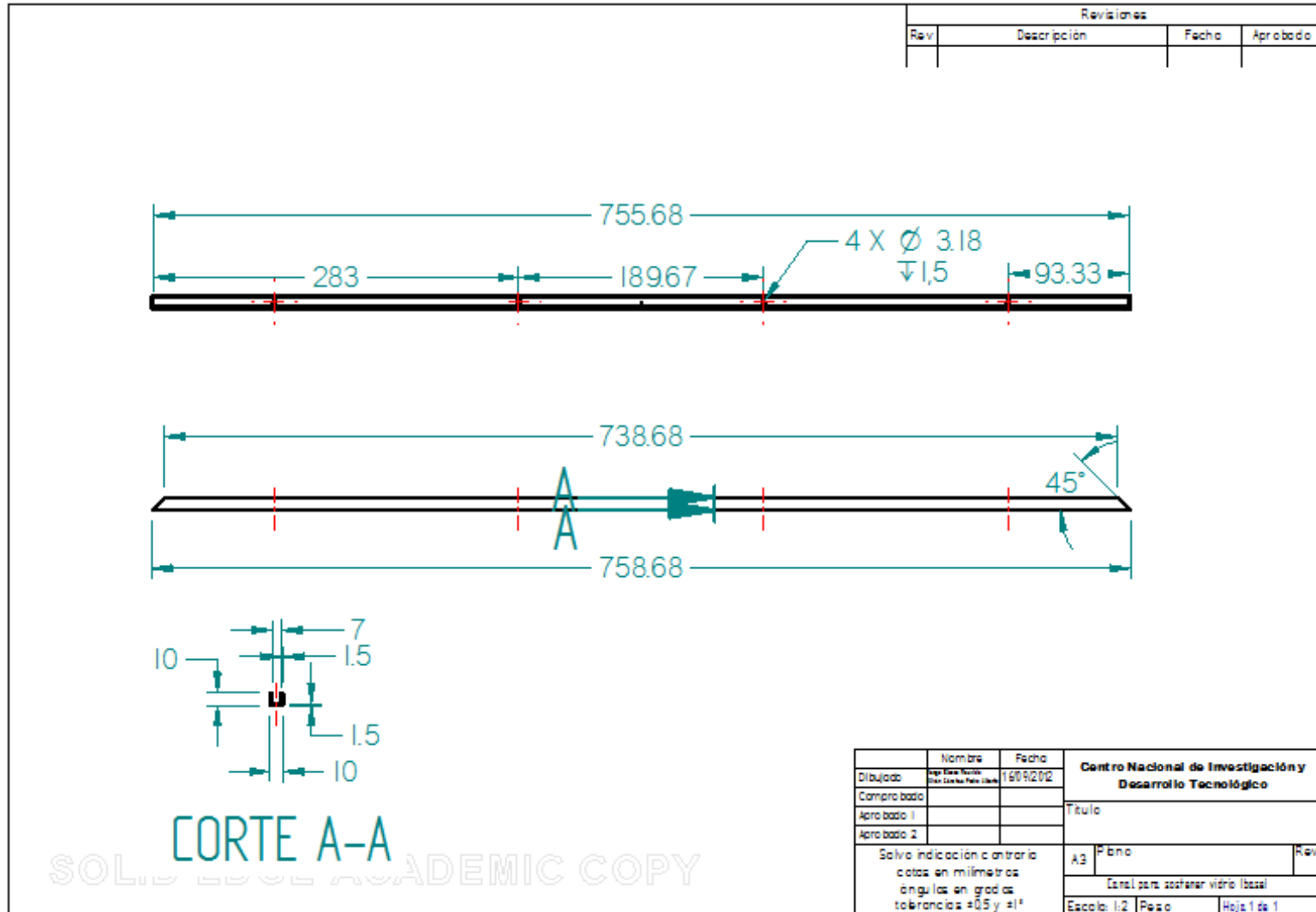
- ✓ 1ra propuesta (ventana de aluminio).
- ✓ Ejercicios de ensamble.
- ✓ Piezas y ensambles de la ventana.

9.2 PLANOS

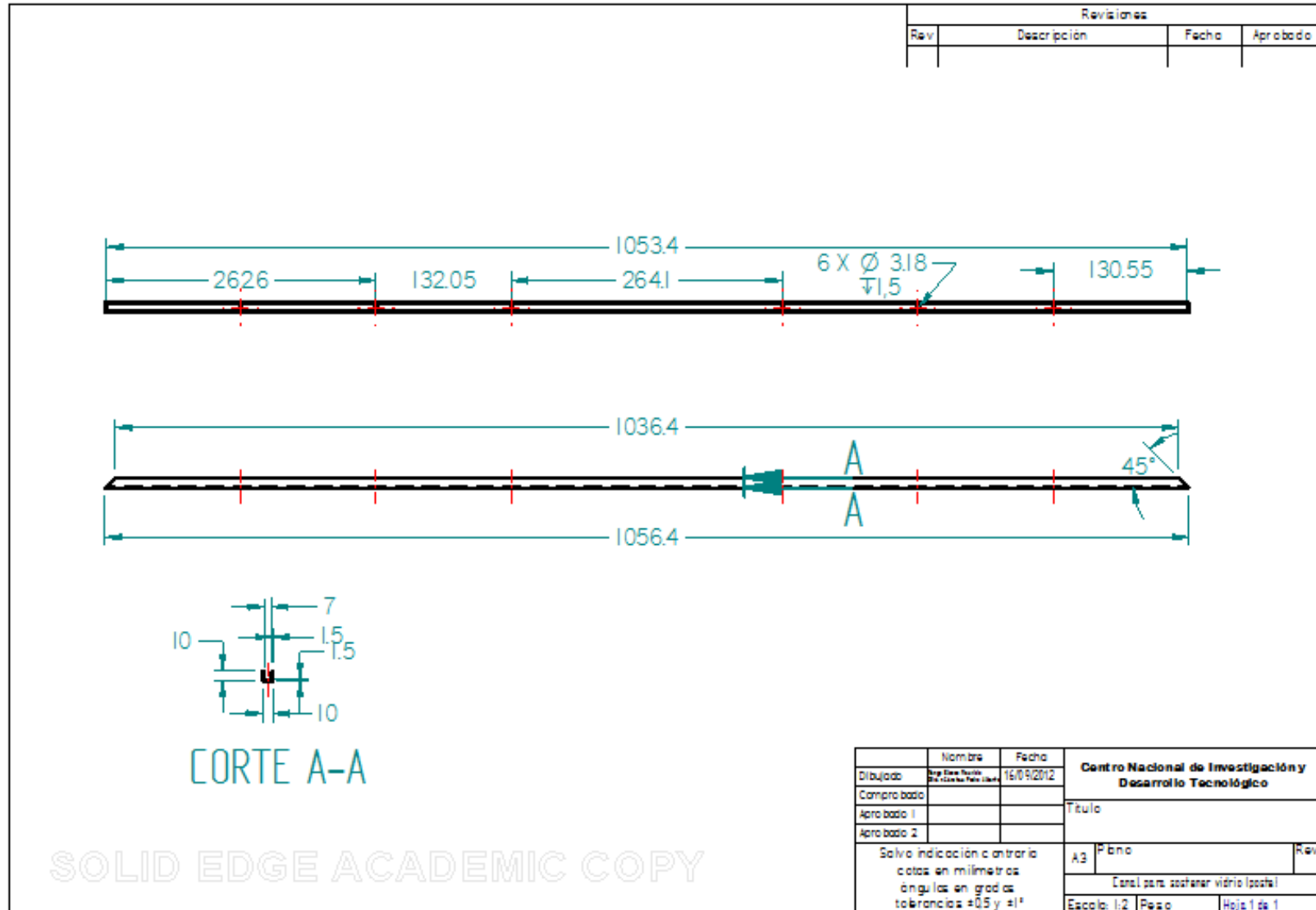
Los planos de las piezas y ensambles, con sus notas y acotación necesaria [38], se han anexado en el disco como archivos tipo: Solid Edge Draft Document (.dft). Su ubicación se encuentra en la carpeta:

- ✓ Planos

➤ Canal U

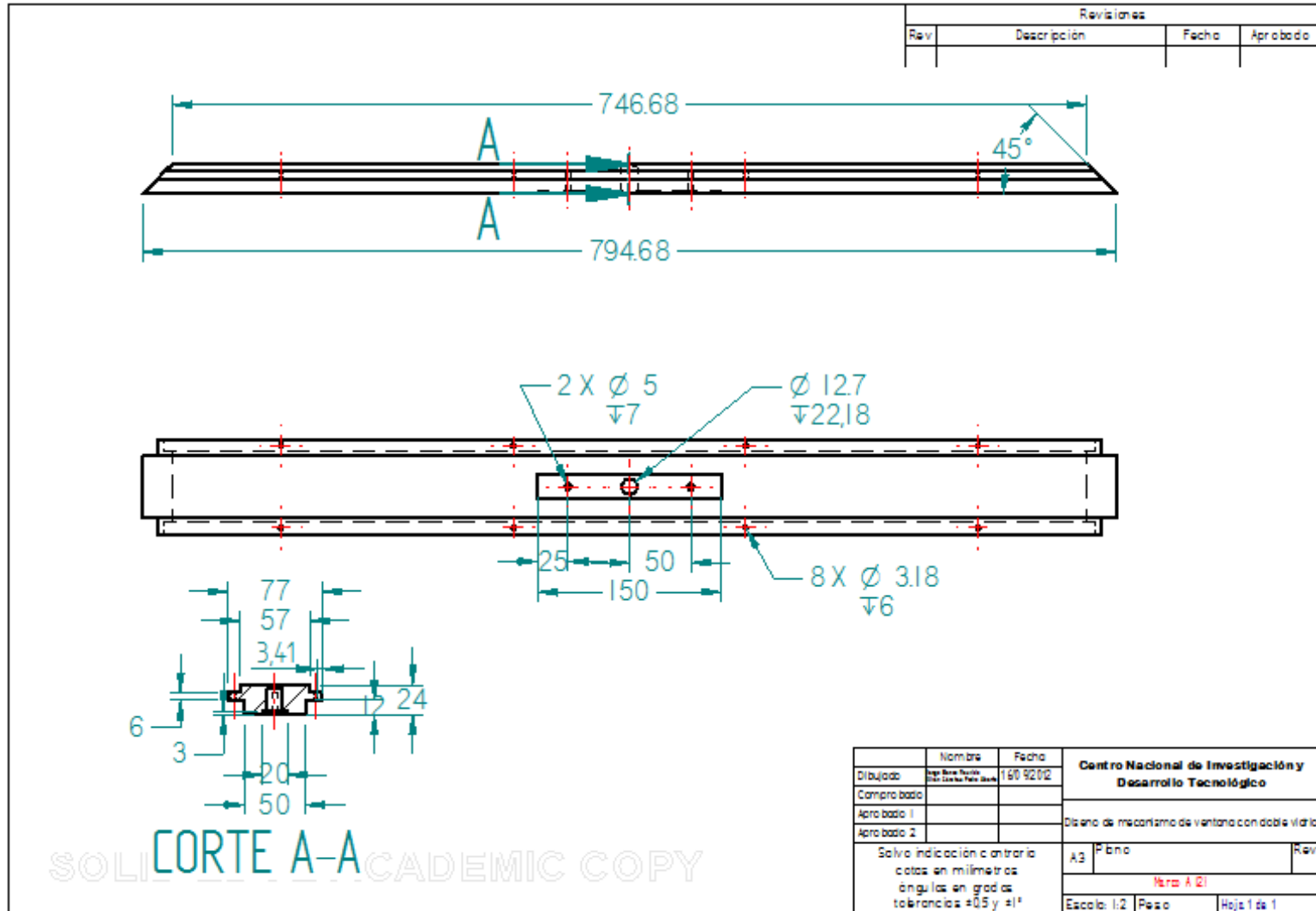


Travesaño U

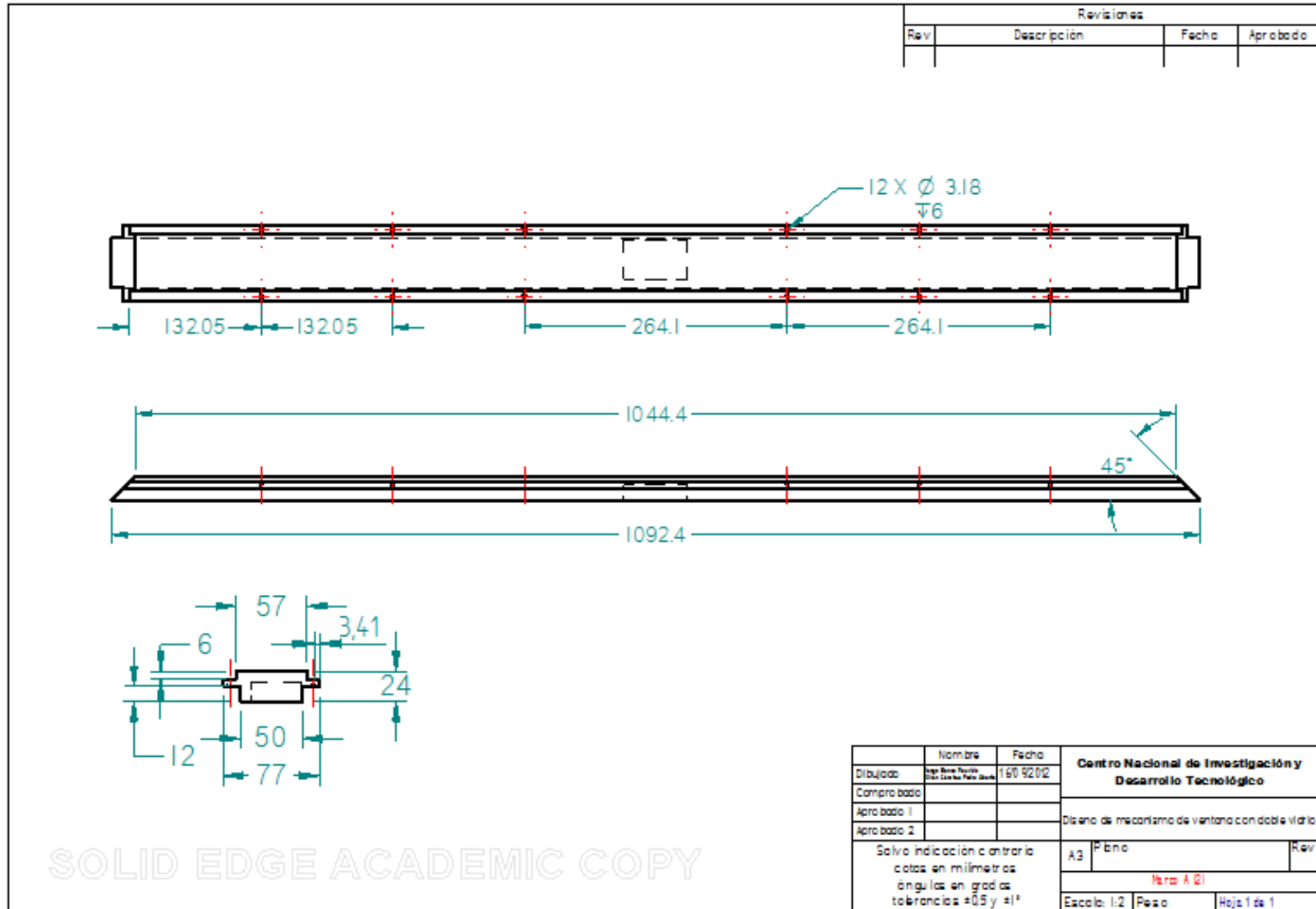


Montante U

Marco A

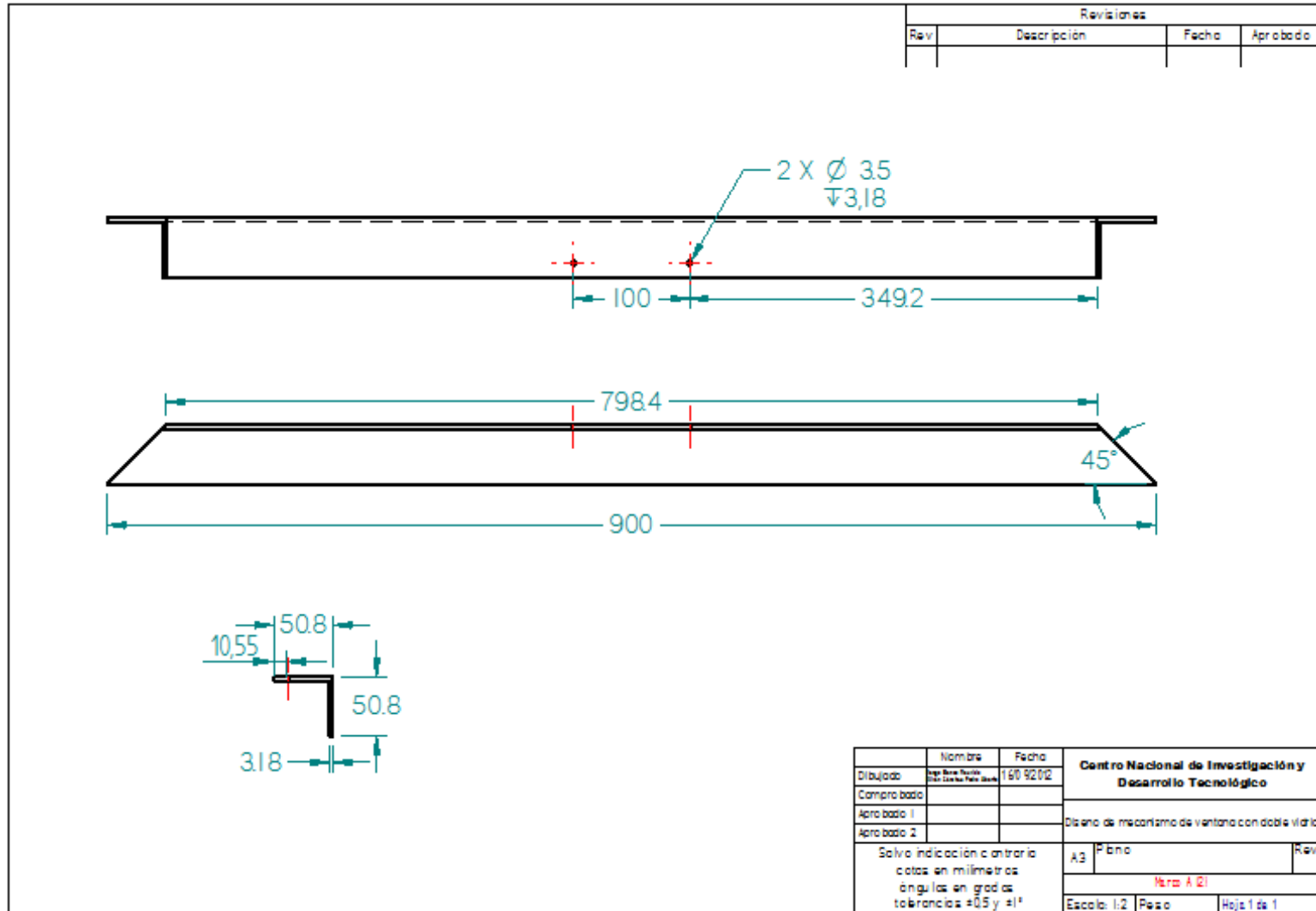


Travesaño A

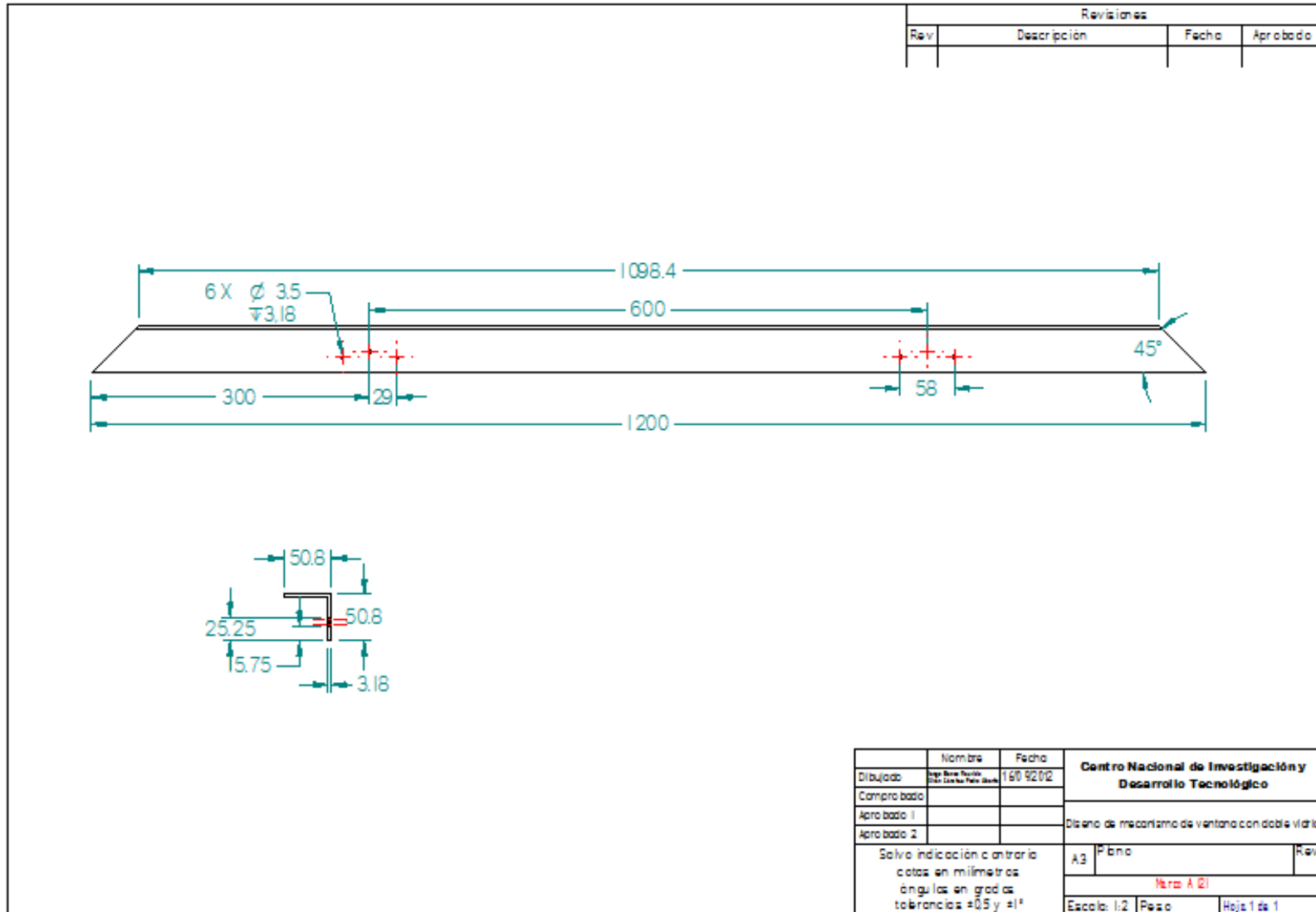


Montante A

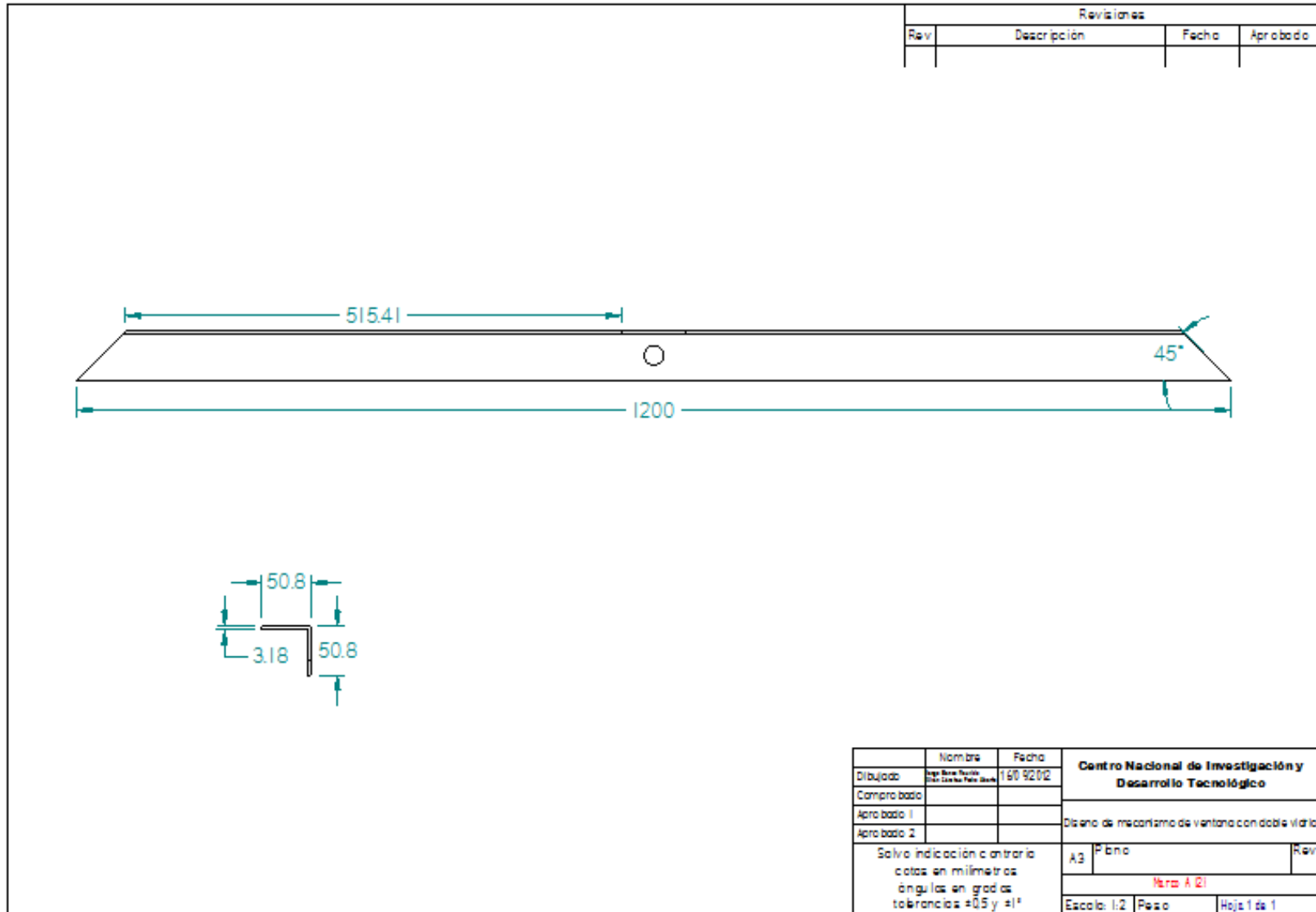
Marco B



Travesaño B

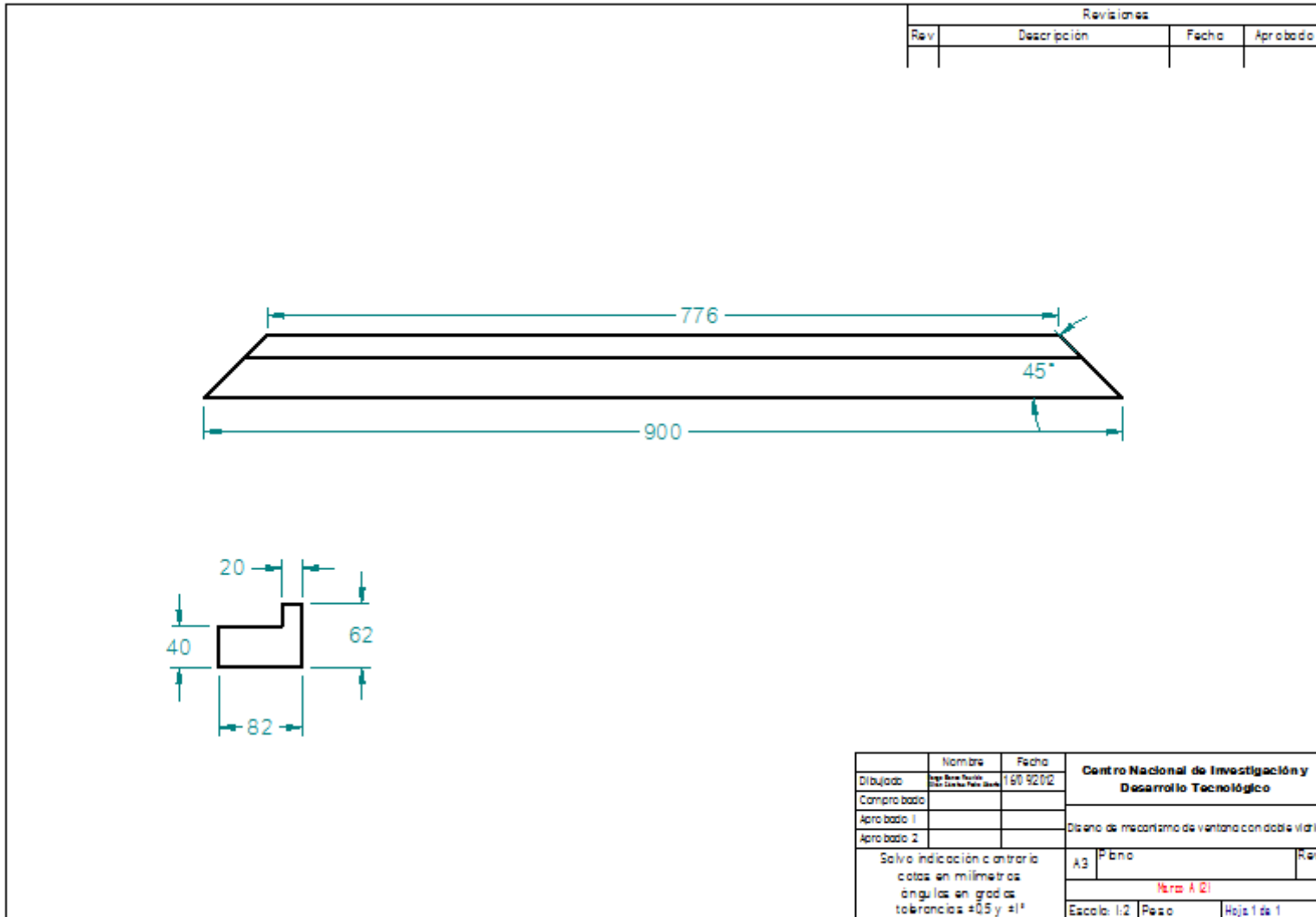


Montante derecho B

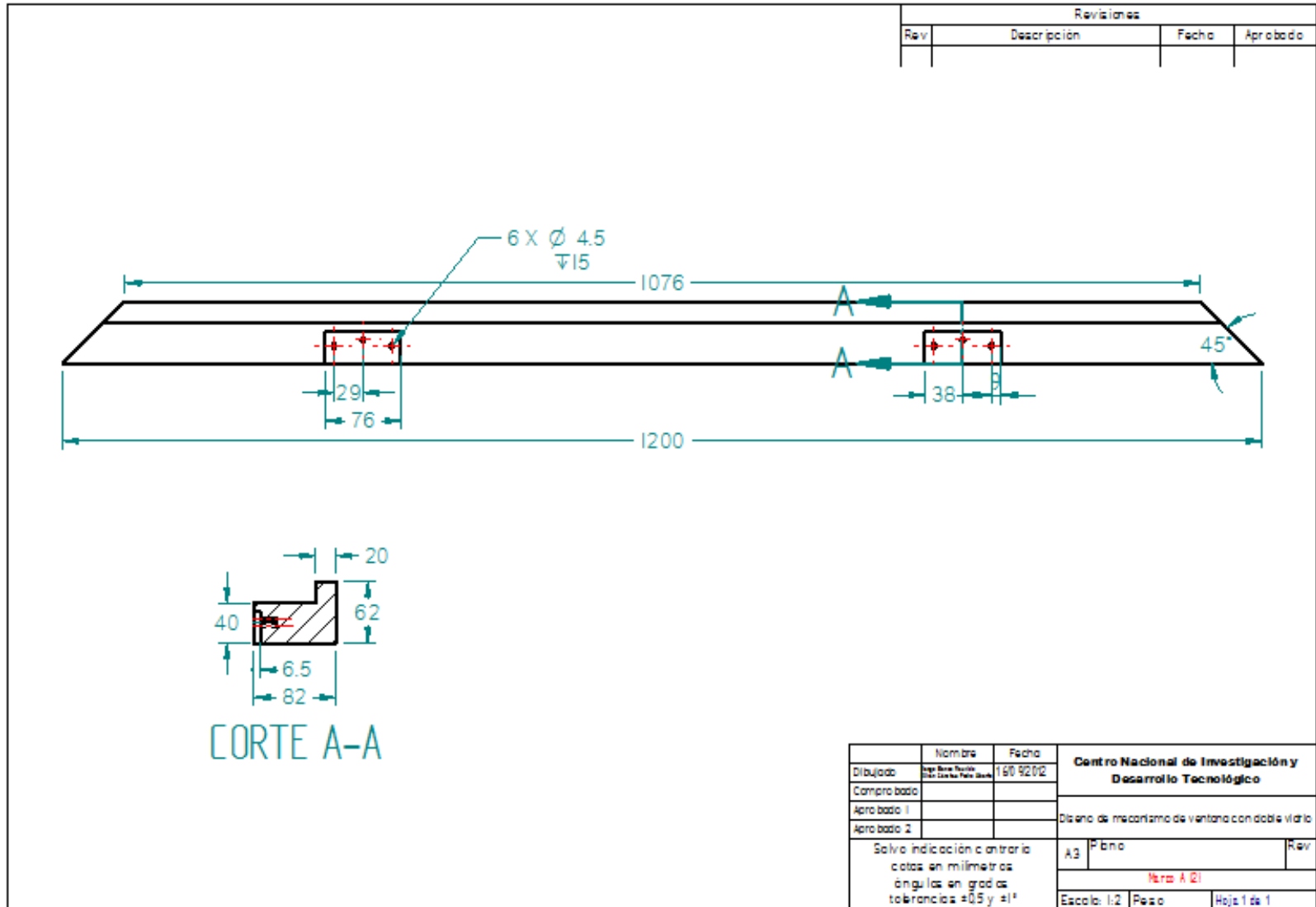


Montante izquierdo B

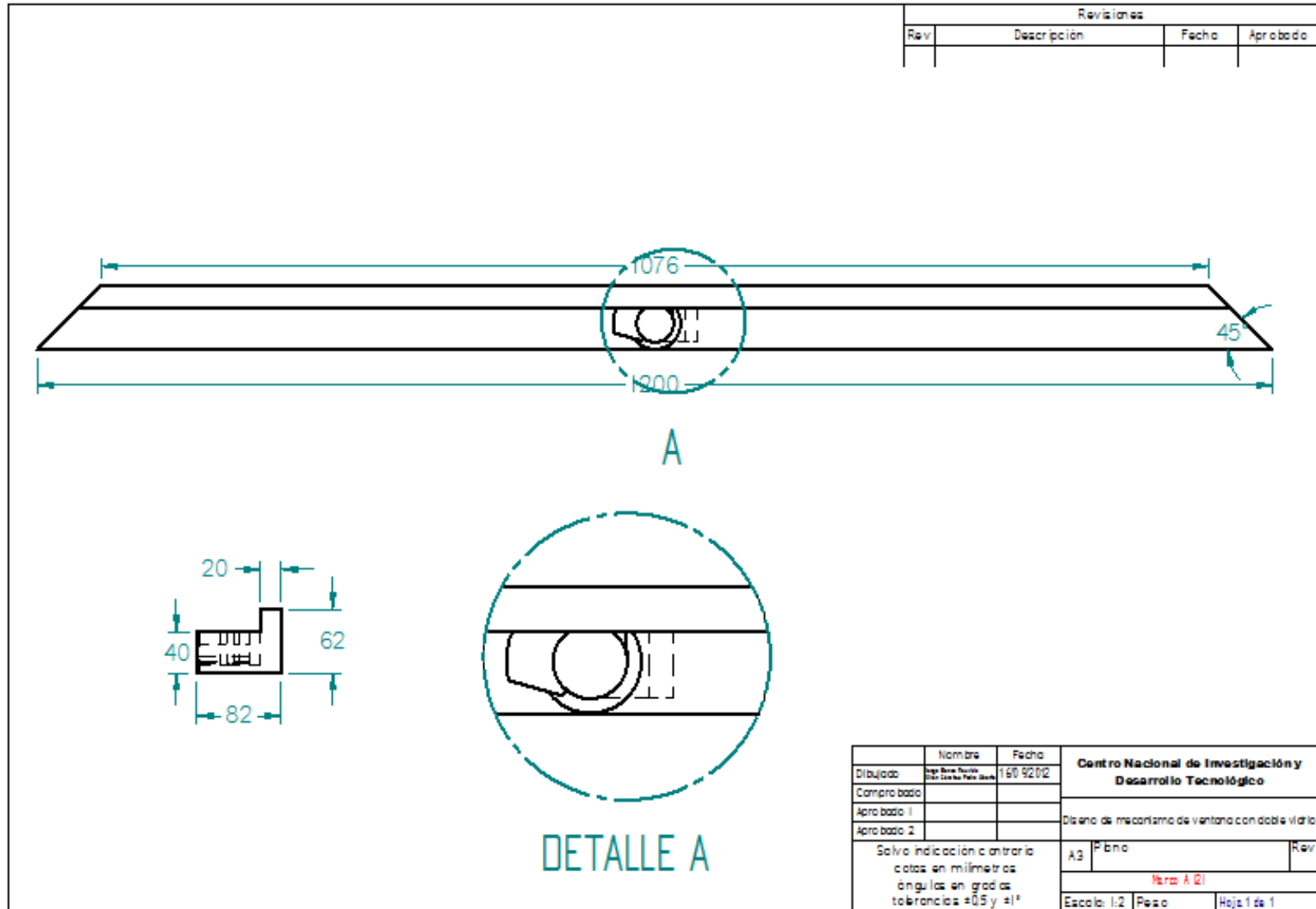
Marco C



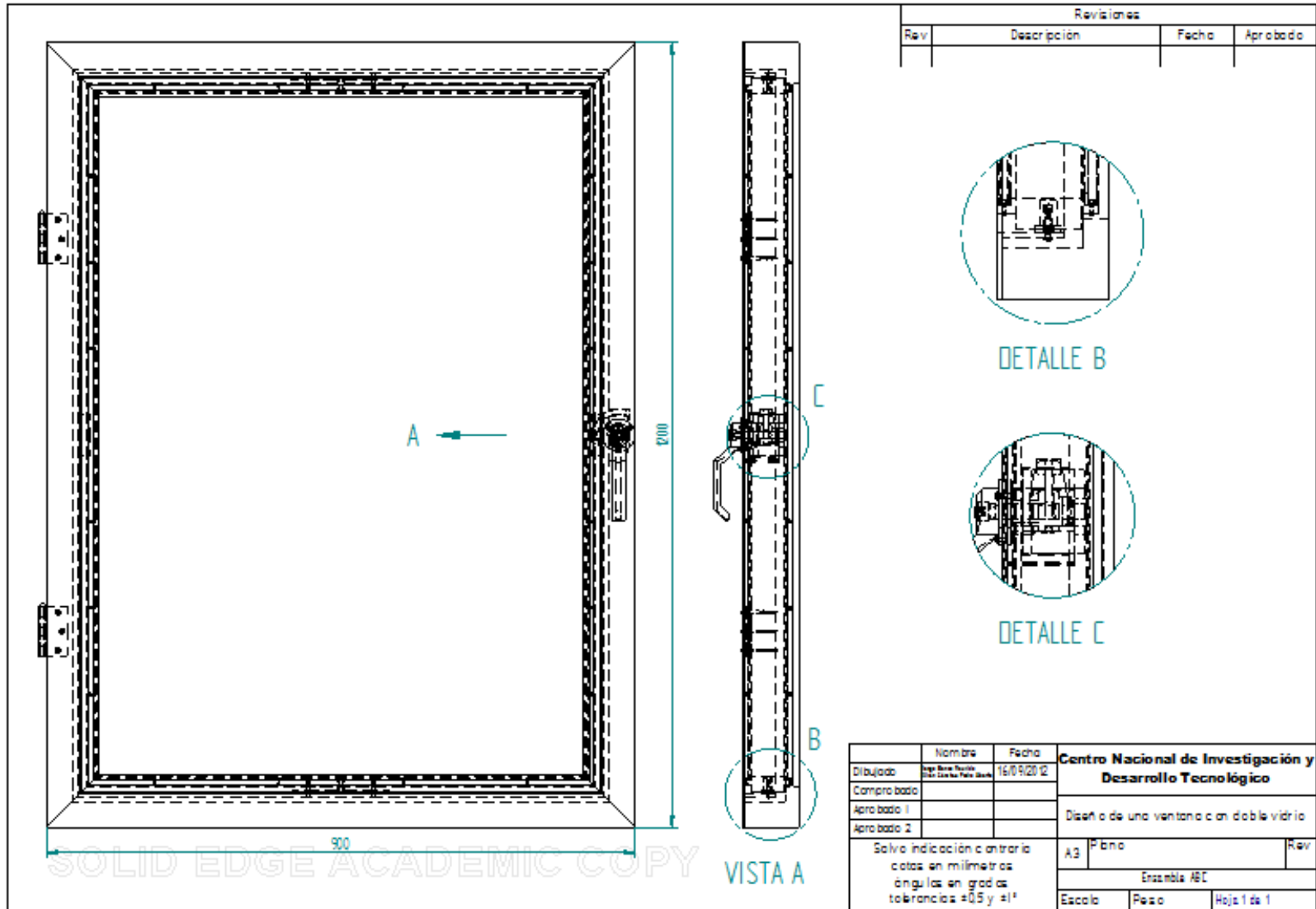
Travesaño C



Montante derecho C



Montante izquierdo C



Ventana

9.3 PROTOTIPOS

A continuación se describe la elaboración de un prototipo de la ventana de doble vidrio, hecha de madera con uniones a tope, así como los resultados obtenidos de su estudio.

MECANISMO DE VENTANA DE DOBLE VIDRIO

PLAN DE TRABAJO

a) Objetivo: Realizar el prototipo del diseño de un mecanismo de ventana de doble vidrio con fines de estudio de los movimientos del sistema.

b) Materiales/herramientas:

- 3 soleras de madera de 4 in x $\frac{3}{4}$ in x 2.5 m
- 2 Bisagras
- 2 hojas de vidrio de 35 x 57 cm
- 2 Tornillos cabeza plana de 5/16 in
- Arandelas
- 12 Pijas de 1 $\frac{1}{2}$ in
- 24 pijas de $\frac{1}{2}$ in
- Triplay
- Taladro
- Brocas
- Pegamento para madera
- Sujetadores en escuadra
- Sierra eléctrica
- Desarmador de cruz
- Sierra Caladora
- Escuadra
- Lijadora
- Martillo
- Mototul

c) Actividades:

- 1) Hacer los cálculos respectivos para las dimensiones de los marcos y los claros.
- 2) Comprar los materiales.
- 3) Hacer las mediciones y cortes necesarios para obtener los postes y travesaños de los marcos.
- 4) Unir cada uno de los elementos anteriores para formar los marcos.
- 5) Dar acabado en las superficies de cada elemento que conforma la estructura.
- 6) Hacer las baguetas (6x30 cm) del marco interior con las tiras de madera sobrantes.
- 7) Fijar las baguetas internas en los postes y travesaños del marco interior.
- 8) Hacer los orificios superior e inferior del marco interno en el centro de cada elemento. Cuidar que queden exactamente alineados.
- 9) Ensamblar los marcos interno e intermedio mediante las bisagras.
- 10) Ensamblar el marco interno al conjunto mediante los tornillos de cabeza plana y arandelas.
- 11) Hacer los soportes de la ventana.
- 12) Realizar el enmarcado de triplay para sellar el lado posterior del conjunto.
- 13) Atornillar los ángulos en las esquinas del marco intermedio para rigidizarlo
- 14) Colocar los cristales en el marco interno.

d) Periodo de tiempo: 7 días

e) Limitaciones: No obtener la precisión deseada en los claros y movimientos de los marcos del ensamble.

f) Alternativas: Usar rodamientos de carga axial para la rotación del marco interno. La desventaja está en el tiempo de entrega de los rodamientos y encarecimiento del modelo, debido a que lo que se pretende es realizar un prototipo de la manera más sencilla y costeable posible.

Resultados del estudio:

Haber realizado el prototipo de la ventana, ha sido de gran ayuda pues ha permitido identificar algunos detalles que de lo contrario habrían sido más difíciles detectar:

- Se observó que la ventana gira perfectamente con los claros calculados, sin embargo, por efecto de la gravedad, al cerrar el marco intermedio se presenta un leve rozamiento con el marco exterior puesto que éste último no se encuentra totalmente rígido por no estar aún empotrado y por las uniones a tope realizadas, dificultando también la rotación del marco interno. Esto es fácil de solucionar realizando uniones a 45°, elaborando el marco intermedio con un material más rígido y aligerando el peso del marco interno.
- Es necesario un cierre perfectamente hermético y un sellamiento adecuado para evitar el ingreso de polvo, lluvia y otros elementos indeseados al sistema.
- Se debe encontrar la manera más adecuada de ensamblar el conjunto.
- Se sugiere el uso de la madera por las propiedades que presenta como aislante térmico, bajo peso, resistencia, facilidad para ser trabajada, etc., sin embargo se trata de un material flexible susceptible a pandearse por condiciones climáticas.
- Se requiere evitar el mayor rozamiento posible en los elementos que permiten el movimiento de los marcos.

9.4 PROGRAMAS

Los programas a continuación mencionados también se han incluido en el disco como archivos tipo: Hoja de cálculo de Microsoft Excel 97-2003 (.xls)

- ✓ Perfil.xls
- ✓ Especificaciones del modelo.xls

X. CONCLUSIONES

Desde el mismo inicio del presente proyecto de residencia y durante su desarrollo se ha implementado y evaluado el procedimiento de diseño en un mecanismo de ventana de vidrios dobles.

Una vez planteada la necesidad de mantener el confort térmico en invierno y en verano en las viviendas y espacios de trabajo, mediante los beneficios del aislamiento térmico y acústico aportados por el doble acristalamiento en ventanas aunado al uso de películas de control solar, se procedió a realizar el diseño de un mecanismo de ventana que permitiera alternar la posición del vidrio interno a externo para el logro de tal fin, tomando en cuenta las dimensiones estándar de las ventanas que se encuentra en el mercado actual y las formas de apertura convencionales en nuestro país.

Obtenido un diseño particular, se establecieron los materiales y geometría de los perfiles que constituyen cada uno de los marcos de la ventana, y se realizó el modelado de todas las piezas y ensambles del conjunto.

Se realizó un prototipo de la ventana hecho de madera con la finalidad de estudiar los movimientos relativos entre los marcos, y se elaboró el cálculo de los claros mínimos mediante el análisis cinemático y por el efecto a carga flexionante. El estudio mecánico que comprende la determinación de esfuerzos y deformaciones máximas en los elementos críticos, así como las cargas permisibles que éstos pueden soportar fue realizado de manera analítica y automatizado mediante la elaboración de una memoria de cálculo con la herramienta de Microsoft Excel.

Se consiguió la conexión de los cálculos anteriores con las variables que definen las dimensiones de las piezas y ensambles modelados con el software de diseño Solid Edge ST3, permitiendo apreciar cómo afecta al conjunto de ventana cualquier modificación en las medidas y propiedades en los materiales de los perfiles.

Se elaboraron también los planos técnicos de las piezas con su respectiva acotación y una “lista de partes” de los elementos y accesorios que conforman el modelo de ventana con especificaciones tales como: material de construcción, modelo, marca, peso, costo, etc., con el fin de inventariar la materia prima y dar una estimación de su costo total. Se realizó además una guía al usuario sobre el uso de la memoria de cálculo y activación al modelo de la ventana en 3D para el reconocimiento de las actualizaciones hechas a las piezas y ensambles.

Por último, se anexa el manual de ensamble del conjunto y la descripción de las pruebas de acabado superficial tales como las cámaras ensayos de corrosión por niebla salina y cámaras de radiación solar UV, para garantizar la calidad del producto de acuerdo a las normas vigentes.

Al final de este proyecto de residencia se concluye el potente alcance que tiene la aplicación de esta distribución SIEMENS SOLID EDGE ST13 para la elaboración, simulación y presentación de proyectos creativos e inventivos para la solución de problemas y necesidades reales que se presenten.

La fusión de importancia de combinar los conocimientos de mecanismos y diseño con la herramienta CAD y software de cálculo numérico o programación para el alcance de éste, hacen necesaria, como se ha mostrado en este proyecto, la aplicación de una metodología de diseño.

Después de comparar el modelo desarrollado en este proyecto, con los ya existentes en el mercado, se puede establecer que dicho conjunto de ventana será competitivo debido al funcionamiento sin choques del sistema sugerido y versatilidad del mismo, así como por sus características de seguridad, calidad y costo.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] López Cózar José Manuel, “Energía solar térmica”, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2006.
- [2] ASHRAE, “Handbook of fundamentals”, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, New York, 2005.
- [3] Gueymard Christian A. y Dupont William C., “Spectral effects on the transmittance, solar heat gain, and performance rating of glazing systems”, Solar Energy, vol. 83, pág. 940-953, 2009.
- [4] Flores J.J., Alvarez G., Xamán J., “Thermal performance of a cubic cavity with a solar control coating deposited to a vertical semitransparent wall”, Solar Energy, vol. 82 , págs. 588–601, 2008.
- [5] Xamán J., Alvarez G., Hinojosa J., Flores J., “Conjugate turbulent heat transfer in a square cavity with a solar control coating deposited to a vertical semitransparent wall”, International Journal of Heat and Fluid Flow, vol. 30, pág. 237-248, 2009.
- [6] Alvarez G., Flores J. J. y Estrada C. A., “The thermal response of laminated glass with solar control coating”, Appl. Phys., vol. 31, págs. 3057-3065, 1998.
- [7] Erell E., Etzion Y., Carlstrom N., Sandberg M., Molina J., Maestre I., Maldonado E., Leal V., Gutschker O., “Solvent: Development of a reversible solar –screen glazing system”, Energy and Buildings, vol. 36, pág. 467-480, 2004.
- [8] Ismail K. y Henríquez J., “Two-dimensional model for the double glass naturally ventilated window”, Int. J. Heat and Mass Transfer, vol. 48, pág. 461-475, 2005.
- [9] Pérez-Grande I., Meseguer J. Alonso G., “Influence of glass properties on the performance of double-glazed facades”, Applied Thermal Engineering, vol. 25, pág.3163-3175, 2005.

[10] Chow T.T., Lin Z., He W., Chan A.L.S., Fong K.F., "Use of ventilated solar screen window in warm climate", Applied Thermal Engineering, vol. 26, pág. 1910-1918, 2006.

[11] Ismail K. y Henríquez J., "Simplified model for a ventilated glass window under forced air flow conditions", Applied Thermal Engineering, vol. 26, pág 295-302, 2006.

[12] Chow T., Lin Z., Fong K., Chan A., He W., "Thermal performance of natural airflow window in subtropical and temperate climate zones- a comparative study", Energy Conversion and Management, vol. 50, pág. 1884-1890, 2009.

[13] Noh-Pat F., Xamán J., Álvarez G., Chávez y., Arce J., "Thermal analysis for a double glazing unit with and without a solar control film (sns-cuxs) for using in hot climates", Energy and Building, 2011.

[14] Weir G. y Muneer T., "Energy and environmental impact analysis of double-glazed windows", Energy Conversion and Management, vol. 39, pág. 243-256, 1998.

[15] Álvarez G., Flores J. J. y Cortina C. A., "Heat transfer through a duovent glass with chemically deposited solar control coating", Ises Solar World Congress, vol. II, págs. 199-204, 1999.

[16] Aydin O., "Determination of optimum air-layer thickness in double pane windows", Energy and Building, vol. 32, pág. 303-308, 2000.

[17] Aydin O., "Conjugate heat transfer analysis of double pane windows, building and environment", vol. 41, pág. 109-116, 2006.

[18] Ismail K. y Salinas C., "Non-gray radiative convective conductive modeling of a double glass window with a cavity filled with a mixture of absorbing gases", International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.49, pág. 2972-2983, 2006.

[19] Ismail K., Salinas C. y Henríquez J., "a comparative study of naturally ventilated and gas filled windows for hot climates", Energy Conversion and Management, vol. 50, pág 1691-1703, 2009.

[20] Pal S., Roy B., Neogi S., “Heat transfer modeling on windows and glazing under the exposure of solar radiation”, Energy and Buildings, vol. 41, págs. 654-661, 2009.

[21] Nair M. T. S., Nair P. K., “Sns-cuxs thin-film combination: a desirable solar control coating for architectural and automobile glazings”, Journal Physical, vol. 24, págs.450-453, 1991.

[22] Estrada-Gasca C. A., Álvarez-García G., Nair P. K., “Thermal performance of an architectural window with chemically deposited sns-cuxs solar control coating”, Renewable Energy, vol 3, pág. 683-690, 1993.

[23] Álvarez G. y Estrada C. A., “Transient heat conduction in a glass with chemically deposited sns-cuxs solar control coating”, Renewable Energy, vol. 6, págs. 1023-1027, 1995.

[24] Manual de Solid Edge ST3: “NET Programmer’s Guide - Solid Edge with Synchronous Technology”. PDF

[25] Pérez Nucamendi, Cintli Mayari, “Análisis térmico de una ventana de doble vidrio”, Tesis para obtener el grado de maestría, pág. 18, 2012.

[26] Ferdinand P. Beer/ E. Russell Johnston, Jr. John T. Dewolf/ David F. Mazurek. Mecánica de materiales. Mc Graw Hill. 5ta edición. Pag. 332 y 333.

[27] Asociación Nacional de Estudiantes de Matemática (A.N.E.MAT.) “Integración numérica por el método de los trapecios”, Conferencia presentada por Raúl Enrique Dutari Dutari, Universidad de Panamá Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Escuela de Matemáticas, Centro Regional Universitario de Veraguas, 1994.

[28] Ferdinand P. Beer/ E. Russell Johnston, Jr. John T. Dewolf/ David F. Mazurek. Mecánica de materiales. Mc Graw Hill. 5ta edición. Pág. 738-740.

[29] Ferdinand P. Beer/ E. Russell Johnston, Jr. John T. Dewolf/ David F. Mazurek. Mecánica de materiales. Mc Graw Hill. 5ta edición. Pág. 744, 745.

[30] Ferdinand P. Beer/ E. Russell Johnston, Jr. John T. Dewolf/ David F. Mazurek. Mecánica de materiales. Mc Graw Hill. 5ta edición. Pág. 614-617.

[31] Ferdinand P. Beer/ E. Russell Johnston, Jr. John T. Dewolf/ David F. Mazurek. Mecánica de materiales. Mc Graw Hill. 5ta edición. Pág. 558, 559.

[32] Ferdinand P. Beer/ E. Russell Johnston, Jr. John T. Dewolf/ David F. Mazurek. Mecánica de materiales. Mc Graw Hill. 5ta edición. Pág. 762.

[33] Ferdinand P. Beer/ E. Russell Johnston, Jr. John T. Dewolf/ David F. Mazurek. Mecánica de materiales. Mc Graw Hill. 5ta edición. Pág. 746-749.

[34] Catálogos de diseño de puertas de aluminio:

“Cuprum. ec_batiente_europea_serie35”. PDF

“Cuprum. p_batiente_1750”. PDF

[35] Catálogos de distribuidores de acero:

“Aceromex. Ángulos y soleras”. PDF

“Ahmsa. Perfiles estructurales”. PDF

“Gerdau aza. Manual de diseño ángulos estructurales I-aza”. PDF

<http://www.acerosdepot.com/>

[36] Proveedores:

Arauco: <http://www.msd.cl/informacion2.asp?Submenu=2159&cat=2163&fin=2168>

Becsa: <http://cuernavaca.infored.com.mx/19796/Becsa-Bodega-De-Espejos-Y-Cristales.html>

Bruken: <http://www.bruken.com.mx>

Jako: <http://www.jako.mx/>

Veker: <http://www.homedepot.com.mx/webapp/wcs/stores/servlet/CategoryDisplayView?categoryId=22021&storeId=10765>

“Aceromex. Ángulos y soleras”. PDF

“Cuprum. Canales esquina cuadrada”. PDF

“Dirak. Polyamide Heavy Duty Latch”. PDF

“Sikasil-AC. Sellador elástico con base de silicón”. PDF

[37] www.cci-calidad.com

[38] Robert I. Norton. Diseño de maquinaria. Mc Graw-Hill. 2007