

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**Azcapotzalco**

Licenciatura en Ingeniería Mecánica

Modalidad: Proyecto Tecnológico

## “Diseño y construcción de los sistemas para la evolución de un torno convencional a CNC”

Alumno:

208335011 Cornejo Hernández Ernesto

Asesores:

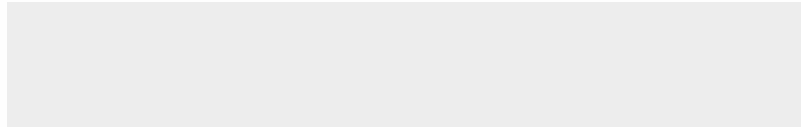
Dr. Jiménez Rabiela Homero

Dr. González Trejo Jesús Isidro

Trimestre 18-P

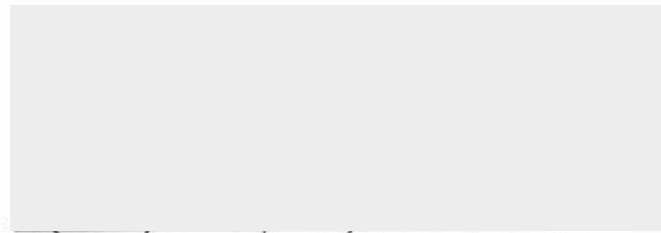
México, Ciudad de México, Julio de 2018

Yo, Jiménez Rabiela Homero, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



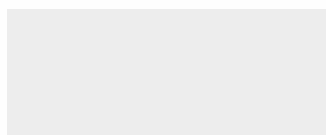
Dr. Jiménez Rabiela Homero  
**Asesor**

Yo, González Trejo Jesús Isidro, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



Dr. González Trejo Jesús Isidro  
**Asesor**

Yo, Cornejo Hernández Ernesto, doy mi autorización a la Coordinación de Servicios de Información de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, para publicar el presente documento en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



---

Cornejo Hernández Ernesto  
**Alumno**

PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta: 2017 OTOÑO

Fecha: 12 / DICIEMBRE / 2017

PI-A-MEC 047/17

DATOS DEL ALUMNO

Nombre: ERNESTO CORNEJO HERNÁNDEZ

Matrícula: 208335011

Correo personal: scuén08@gmail.com

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa: HOMERO JIMENEZ RABIELA

No. económico: 07535

Adscripción/Departamento/Sección: ENERGÍA

Área de investigación: MECÁNICA

Correo institucional: hrj@azc.uam.mx

COASESOR O ASESOR EXTERNO / JEFE O RESPONSABLE LEGAL DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal: JESÚS ISIDRO GONZÁLEZ TREJO

No. económico/Teléfono: 18509

Adscripción/Puesto: PROFESOR INVESTIGADOR

Área de investigación/Departamento: DEPARTAMENTO DE SISTEMAS, UAM-AZCAPOTZALCO

Correo electrónico: gtji@azc.uam.mx

MODALIDAD DEL PROYECTO

Proyecto tecnológico

Proyecto de investigación

Estancia profesional

Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño y construcción de los sistemas para la evolución de un torno convencional a CNC.

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación:  No  Sí

Clave (2):

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir todos los sistemas para la evolución integral de un torno paralelo a un torno CNC.

UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE ASOCIADAS AL PROYECTO DE INTEGRACIÓN

Clave	UEA	UEA Autorizada	Vigencia
1100118	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I	<input type="text" value="SI"/>	Inicio
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II	<input type="text"/>	18-I
			Término
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica	<input type="text"/>	18-P

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

[Firma]

Ing. Romy Pérez Moreno



## Resumen

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco cuenta con distintos departamentos, tal es el caso del Departamento de Sistemas, en donde se encuentra el Laboratorio De Desarrollo De Nuevas Tecnologías. En este laboratorio se realizan investigaciones para desarrollar nuevos sistemas tecnológicos, cuenta con máquinas-herramientas convencionales y a control numérico computarizado (de las cuales un torno y una fresadora han sido modificados dentro del laboratorio en trimestres anteriores).

En este proyecto se realizó la evolución integral del torno para que fuese convertido a control numérico computarizado (CNC) diseñando y construyendo un sistema de refrigeración que se adaptó al torno, así como el diseño y construcción de un banco de trabajo al que se le realizó un análisis estructural para determinar el material más óptimo para su mejor funcionamiento. También se diseñaron y construyeron dispositivos para anclar y proteger los servomotores y controles del torno CNC.

Por otra parte, se tenía programado el diseño y construcción de un sistema de contención y protección para el usuario, sin embargo, por fallos en la entrega del material no se logró concretar su construcción, quedando únicamente en prototipo.

Para un mayor entendimiento del proyecto se anexan fotografías de todo el desarrollo del mismo, así como dibujos de definición de cada pieza que fue construida. Esto con el fin de facilitar las operaciones en caso de que alguien quiera replicar los resultados finales.

# Contenido

<u>ÍNDICE DE FIGURAS.....</u>	<u>4</u>
<u>ÍNDICE DE TABLAS.....</u>	<u>5</u>
<u>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....</u>	<u>6</u>
<u>CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES.....</u>	<u>9</u>
1.1.- INTRODUCCIÓN.....	9
1.2.- ANTECEDENTES.....	9
1.3.- JUSTIFICACIÓN.....	10
1.4.- OBJETIVOS.....	11
1.4.1.- OBJETIVO GENERAL.....	11
1.4.2.- OBJETIVOS PARTICULARES.....	11
<u>CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.....</u>	<u>12</u>
2.1.- HISTORIA DEL TORNO.....	12
2.2.- TIPOS DE TORNOS.....	12
2.3.- PRINCIPALES COMPONENTES DE UN TORNO.....	13
2.4.- MECÁNICA DEL CORTE.....	13
2.5.- SISTEMAS DE REFRIGERANTE.....	14
2.5.1.- ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	14
2.5.2.- PASOS PARA ELEGIR UNA BOMBA.....	15
2.5.3.- LÍQUIDOS PARA CORTE.....	17
2.6.- DISEÑO DE ESTRUCTURAS.....	20
2.6.1.- MATERIALES.....	21
2.6.2.- ANÁLISIS ESFUERZO-DEFORMACIÓN.....	23
2.6.3.- MECÁNICA DEL MEDIO CONTINUO.....	26
2.7.- SEGURIDAD EN MÁQUINAS-HERRAMIENTAS.....	27
<u>CAPÍTULO 3.- DESARROLLO DEL PROYECTO.....</u>	<u>29</u>
3.1.- SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	30
3.2.- DISEÑO DEL BANCO DE TRABAJO.....	34
3.3.- DISEÑO DE ANCLAJE PARA SOPORTE DE CONTROLES Y SERVOMOTORES.....	40
3.4.- SISTEMA DE CONTENCIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL OPERARIO.....	43
<u>CAPÍTULO 4.- RESULTADOS.....</u>	<u>45</u>

<u>CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</u>	<u>49</u>
<u>CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES .....</u>	<u>50</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>51</u>
<u>ANEXO A.- FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.....</u>	<u>53</u>
<u>ANEXO B.- DIBUJOS DE DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUIDOS .....</u>	<u>95</u>

## Índice de figuras

FIGURA 1.- TORNO PARALELO 7X12 AVANCE AUTOMÁTICO, TITANIUM 52-028-001. -----	11
FIGURA 2.- CALOR GENERADO DURANTE EL MAQUINADO. (KALPAKJIAN, 2008)-----	14
FIGURA 3.- DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA) -----	15
FIGURA 4.- CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA BOMBA CENTRIFUGA. (ELABORACIÓN PROPIA) -----	17
FIGURA 5.- FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS FLUIDOS DE CORTE.-----	18
FIGURA 6.- APLICACIÓN APROPIADA DEL FLUIDO DE CORTE POR EL MÉTODO DE INUNDACIÓN PARA: (A) TORNEADO Y (B) FRESADO. (KALPAKJIAN, 2008) -----	18
FIGURA 7.- FASES DEL PROCESO DE DISEÑO. (BUDYNAS & NISBETT, 2012)-----	20
FIGURA 8.- TETRAEDRO DE LA CIENCIA DE MATERIALES. (WIKIPEDIA, 2018)-----	21
FIGURA 9.- EJEMPLO DE MAPA DE ASHBY. (WIKIPEDIA, 2018) -----	22
FIGURA 10.- GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN DE VARIOS GRADOS DE ACERO ESTRUCTURAL. (AHMSA, 2017) ---	24
FIGURA 11.- CONVENCION DE SIGNOS EN LAS VIGAS. (ELABORACIÓN PROPIA)-----	25
FIGURA 12.- EJEMPLO DE DIAGRAMAS DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO. (SLIDESHARE, 2018)-----	26
FIGURA 13.- ESCUDO ADAPTADO A UN TORNO PARA BRINDAR MAYOR PROTECCIÓN AL OPERARIO. (OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, 2001)-----	28
FIGURA 14.- TORNO CON SISTEMA Y POSICIONAMIENTO DE CORTE MODIFICADO A CNC. -----	29
FIGURA 15.- DIAGRAMA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN REALIZADO EN EPANET 2.-----	30
FIGURA 16.- DISEÑO DEL DEPÓSITO PARA EL REFRIGERANTE.-----	32
FIGURA 17.- DISEÑO DEL FILTRO PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN -----	33
FIGURA 18.- CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA CALCULADA POR EPANET 2. -----	34
FIGURA 19.- SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ALUMINIO 6061. -----	35
FIGURA 20.- SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ACERO A36.-----	36
FIGURA 21.- BASE DEL BANCO DE TRABAJO. -----	38
FIGURA 22.- ESTRUCTURA PARA LAS GAVETAS. -----	39
FIGURA 23.- SOPORTE PARA EL TORNO.-----	39
FIGURA 24.- BANCO DE TRABAJO. -----	40
FIGURA 25.- DISPOSITIVO DE ANCLAJE DE 2" x 2".-----	42
FIGURA 26.- DISPOSITIVO DE ANCLAJE DE 4" x 1 3/4".-----	42
FIGURA 27.- DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN PARA LOS CONTROLES.-----	43
FIGURA 28.- DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN Y PROTECCIÓN. -----	44
FIGURA 29.- DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE DEL ACERO A36. -----	45
FIGURA 30.- DIAGRAMA DE MOMENTO DEL ACERO A36. -----	46
FIGURA 31.- SIMULACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO DEL DISPOSITIVO DE 2"x2".-----	47
FIGURA 32.- SIMULACIÓN DEL COEFICIENTE DE SEGURIDAD. -----	47
FIGURA 33.- SIMULACIÓN DE DESPLAZAMIENTO DEL DISPOSITIVO DE 4"x 1 3/4". -----	48
FIGURA 34.-SIMULACIÓN DEL COEFICIENTE DE SEGURIDAD PARA EL DISPOSITIVO DE 4"x1 3/4". -----	48

## Índice de tablas

TABLA 1.- RECOMENDACIONES GENERALES DE FLUIDOS DE CORTE PARA DIVERSOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL MAQUINADO. -----	19
TABLA 2.- CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DEL TORNO PARALELO TITANIUM 52-028-001. [5] -----	29
TABLA 3.- LISTA DE MATERIALES PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. -----	30
TABLA 4.- PROPIEDADES ÓPTICAS Y MECÁNICAS DEL ACRÍLICO Y EL VIDRIO. -----	31
TABLA 5.- PROPIEDADES MECÁNICAS PROMEDIO DE ALGUNOS MATERIALES. -----	35
TABLA 6.- LISTA DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL BANCO DE TRABAJO. -----	36
TABLA 7.- LISTA DE MATERIALES PARA LOS DISPOSITIVOS DE ANCLAJE Y SOPORTE. -----	41
TABLA 9.- DATOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE AUTODESK INVENTOR.-----	45

## Índice de fotografías

FOTOGRAFÍA 1.- INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE DESARROLLO E INCUBACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. ....	54
FOTOGRAFÍA 2.- VISTA LATERAL DEL TORNO TITANIUM. ....	54
FOTOGRAFÍA 3.- ESPACIO SELECCIONADO PARA LA COLOCACIÓN DEL DEPÓSITO DEL REFRIGERANTE. ....	55
FOTOGRAFÍA 4.- SOLDADO DE TUBO DE COBRE DE 3/4" CON VARILLA DE PLATA A LA BASE DEL TORNO.....	55
FOTOGRAFÍA 5.- ACRÍLICO DE 6MM UTILIZADO PARA EL ARMADO DEL DEPÓSITO DEL REFRIGERANTE Y LA CAJA DE CONTROLES. ....	56
FOTOGRAFÍA 6.- DEPOSITO DEL REFRIGERANTE YA CONFORMADO Y LISTO PARA SU COLOCACIÓN. ....	56
FOTOGRAFÍA 7.- CONEXIÓN DE TUERCA UNIÓN Y CONECTOR MACHO DE 3/4". ....	57
FOTOGRAFÍA 8.- TUBO DE ACRÍLICO DE 4" UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DEL FILTRO. ....	57
FOTOGRAFÍA 9.- PLACA DE ACRÍLICO DE 9MM, CORTADA EN LA SIERRA CINTA VERTICAL, PARA APROXIMAR LA CIRCUNFERENCIA DE 4" DE DIÁMETRO, QUE SERVIRÁN COMO LAS TAPAS DEL FILTRO.....	58
FOTOGRAFÍA 10.- ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL FILTRO DE ACRILICO. ....	58
FOTOGRAFÍA 11.- MAQUINADO DE LAS TAPAS DEL FILTRO EN EL TORNO PARALELO. ....	59
FOTOGRAFÍA 12.- ACABADO DEL CILINDRADO CON DIÁMETRO PARA OBTENER UN AJUSTE CON APRIETE. ....	59
FOTOGRAFÍA 13.- ENSAMBLE DEL CILINDRO CON LAS DOS TAPAS YA AJUSTADAS. ....	60
FOTOGRAFÍA 14.- PERFORACIÓN DEL TUBO DE ACRÍLICO CON BROCA DE 3MM EN EL TALADRO DE BANCO.....	60
FOTOGRAFÍA 15.- CILINDRO DE ACRÍLICO MAQUINADO Y PERFORADO, Y FIBRAS UTILIZADAS PARA FILTRAR EL REFRIGERANTE. ....	61
FOTOGRAFÍA 16.- BOMBA SELECCIONADA AQUA-SUB, CON POTENCIA DE 8W, SUFICIENTE PARA ELEVAR 1.2M LA ALTURA DEL REFRIGERANTE. ....	61
FOTOGRAFÍA 17.- INSTALACIÓN DEL DEPÓSITO, BOMBA Y TUBERÍA PARA EL CIRCUITO DEL REFRIGERANTE. ....	62
FOTOGRAFÍA 18.- INSTALACIÓN DEL DEPÓSITO Y DEL FILTRO DENTRO DEL BANCO DE TRABAJO PARA SU PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO. ....	62
FOTOGRAFÍA 19.- TUBO DE COBRE FLEXIBLE DE 1/4" UTILIZADO PARA EL CIRCUITO DEL REFRIGERANTE.....	63
FOTOGRAFÍA 20.- COLOCACIÓN DEL TUBO DE COBRE DE 1/4" EN EL SISTEMA. ....	63
FOTOGRAFÍA 21.- PLACA DE SOPORTE PARA EL TUBO CURVO. ....	64
FOTOGRAFÍA 22.- TUBO DE COBRE DE 1/4" DOBLADO QUE SUMINISTRARA EL LÍQUIDO REFRIGERANTE. ....	64
FOTOGRAFÍA 23.- SOLDADO DE TUBO DE COBRE DE 1/4" A LA BASE DEL TORNO.....	65
FOTOGRAFÍA 24.- POSICIONAMIENTO DEL SISTEMA EN EL TORNO. ....	65
FOTOGRAFÍA 25.- POSICIONAMIENTO DE LA BOMBA E INSTALACIÓN DE MANGUERA FLEXIBLE.....	66
FOTOGRAFÍA 26.- FILTRO TOTALMENTE ENSAMBLADO CON BOCA DE ENTRADA ROSCADA DE 3/4" NPT. ....	66
FOTOGRAFÍA 27.-PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO CERRADO CON AGUA, PARA COMPROBACIÓN DE RESULTADOS Y FUGAS (A 3/4 DE SU CAPACIDAD). ....	67
FOTOGRAFÍA 28.- CONSUMO DE 3 LITROS APROXIMADAMENTE, UTILIZADO HASTA EL MOMENTO DEL RETORNO DEL LÍQUIDO AL DEPÓSITO. ....	67
FOTOGRAFÍA 29. TUBULAR CUADRADO DE 2"x2" CORTADO, LISTO PARA SOLDAR. ....	68
FOTOGRAFÍA 30. PROCESO DE ARMADO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO. ....	68
FOTOGRAFÍA 31.- ESTRUCTURA DEL BANCO CON UN 85% DE AVANCE. ....	69

FOTOGRAFÍA 32.- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA GAVETA. ....	69
FOTOGRAFÍA 33. TRAZADO Y COLOCACIÓN DEL TORNO EN LA MESA DE TRABAJO. ....	70
FOTOGRAFÍA 34.- MATERIAL SOLERA DE ALUMINIO DE 1 PULGADA PARA SUJECCIÓN DE FORRO DE LÁMINA EN EL BANCO DE TRABAJO. ....	70
FOTOGRAFÍA 35.- VISTA LATERAL DERECHA DEL BANCO DE TRABAJO CON 70% DE AVANCE. ....	71
FOTOGRAFÍA 36.- SOLDADO DE LÁMINA DE CAL. 12 QUE SOPORTARA EL DEPÓSITO DE ACRÍLICO. ....	71
FOTOGRAFÍA 37.- COLOCACIÓN Y FIJACIÓN DE LÁMINA CAL 20 Y LAS MOLDURAS DEL BANCO DE TRABAJO. ....	72
FOTOGRAFÍA 38.- COLOCACIÓN DEL TAPÓN DE PLÁSTICO CUADRADO DE 2" X 2" ....	72
FOTOGRAFÍA 39.- SOLDADO DE TAPONES DE LÁMINA CAL. 12. ....	73
FOTOGRAFÍA 40.- VISTA FRONTAL DE LOS ÚLTIMOS DETALLES DE SOLDADURA Y PASADA CON PULIDORA. ....	73
FOTOGRAFÍA 41.- VISTA TRASERA DE LA COLOCACIÓN DE LÁMINA CAL 20, ÁNGULOS Y SOLERAS DE ALUMINIO DE 1" ....	74
FOTOGRAFÍA 42.- TRAZADO DE LA MESA DEL BANCO DE TRABAJO, PARA PROCESO DE BARRENOS Y COLOCACIÓN DEL TORNO. ....	74
FOTOGRAFÍA 43.- GAVETA SUPERIOR ENSAMBLADO DE TRIPLAY DE 12MM Y 18MM. ....	75
FOTOGRAFÍA 44.- COLOCACIÓN DE CORREDERAS DE EXTENSIÓN DE 25CM EN LA PARTE LATERAL DE LOS CAJONES ....	75
FOTOGRAFÍA 45.- HERRAMIENTAS DE TRABAJO DEL TORNO TITANIUM. ....	76
FOTOGRAFÍA 46.- GAVETA DE EN MEDIO, ARMADO CON PIJAS DE 1/4"X3/4". ....	76
FOTOGRAFÍA 47.- ENSAMBLADO DE LA PUERTA ABATIBLE. ....	77
FOTOGRAFÍA 48.- TRAZADO Y COLOCACIÓN DE MANIJAS EN LOS DOS CAJONES Y LA PUERTA ABATIBLE. ....	77
FOTOGRAFÍA 49.- SAQUES REALIZADOS A LA LÁMINA DE CAL 20 PARA OBTENER UNA VISIÓN EN EL INTERIOR DEL BANCO POR LA PARTE DE ATRÁS. ....	78
FOTOGRAFÍA 50.- VISTA DE LA PARTE DE ATRÁS DEL BANCO CON LA COLOCACIÓN DE LA CAJA DE CONTROL Y EL DEPÓSITO DEL REFRIGERANTE. ....	78
FOTOGRAFÍA 51.- FIJACIÓN DEL IMÁN DE 1.25IN CON UNA PIJA DE ¼" X ½" A LA COMPUERTA. ....	79
FOTOGRAFÍA 52.- PREPARACIÓN DEL ESMALTE DE PINTURA COLOR NEGRA. ....	79
FOTOGRAFÍA 53.- APLICACIÓN DEL ESMALTE NEGRO EN LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE TRABAJO. ....	80
FOTOGRAFÍA 54.- VISTA DE LA PARTE DE ATRÁS DEL BANCO ACABADO EN PINTURA NEGRA, APLICADO EN LA CÁMARA DE PINTURA DENTRO DEL LABORATORIO DE DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. ....	80
FOTOGRAFÍA 55.- ACOPLAMIENTO DE LOS DIFERENTES SISTEMAS FABRICADOS PARA EL TORNO TITANIUM. ....	81
FOTOGRAFÍA 56.- PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE LOS DIVERSOS ELEMENTOS E INSTALACIÓN DE ELLOS. ....	81
FOTOGRAFÍA 57.- VISTA TRASERA DE TODOS LOS SISTEMAS PARA EL TORNO TITANIUM. ....	82
FOTOGRAFÍA 58.- TORNO TITANIUM COLOCADO E INSTALADO CON SUS DIFERENTES SISTEMAS DESARROLLADOS E INSTALADOS. ....	82
FOTOGRAFÍA 59. INSTALACIÓN DE SOPORTE PARA SERVOMOTOR PARA EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN. ....	83
FOTOGRAFÍA 60.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN SERVOMOTORES. ....	83
FOTOGRAFÍA 61.- CAJA DE ACRÍLICO DE 6MM PARA PROTEGER LOS CONTROLES. ....	84
FOTOGRAFÍA 62.- SOPORTE DE SERVOMOTOR FABRICADO EN PERFIL CUADRADO DE ALUMINIO DE 2"X2". ....	84
FOTOGRAFÍA 63.- SERVOMOTOR UTILIZADO PARA LA TRANSMISIÓN DE POTENCIA. ....	85
FOTOGRAFÍA 64.- CORTE DE LA SECCIÓN DE PERFIL DE 4"X1 3/4" EN LA SIERRA CINTA HORIZONTAL. ....	85

FOTOGRAFÍA 65.- POSICIONAMIENTO DEL ANCLAJE, PARA SU INSTALACIÓN.....	86
FOTOGRAFÍA 66.- TRAZADO Y BARRENOS PARA LAS CORREDERAS EN EL AJUSTE DE TENSIÓN.....	86
FOTOGRAFÍA 67.- DESBASTADO DE LAS CORREDERAS EN LA FRESADORA CNC.....	87
FOTOGRAFÍA 68.- PRUEBA DE FUNCIONALIDAD DEL RECORRIDO DEL SERVOMOTOR EN LAS CORREDERAS. ....	87
FOTOGRAFÍA 69.- ANCLAJE DEL SERVOMOTOR. ....	88
FOTOGRAFÍA 70.- FABRICACIÓN DE UNA EXTENSIÓN DE EJE PARA LA CORRECTA POSICIÓN DE LA POLEA. ....	88
FOTOGRAFÍA 71.- AUMENTO DE DIÁMETRO DE AGUJERO DE LA POLEA. ....	89
FOTOGRAFÍA 72.- INSTALACIÓN DE LA TRANSMISIÓN PARA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL ANCLAJE. ....	89
FOTOGRAFÍA 73.- INSTALACIÓN DEL PROGRAMA CNC PARA CORREDERAS. ....	90
FOTOGRAFÍA 74.- DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA EL ARMADO DEL CPU. ....	90
FOTOGRAFÍA 75.-TRAZADO DE LOS DIFERENTES BARRENOS PARA LA COLOCACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL. ....	91
FOTOGRAFÍA 76.- ENSAMBLADO DE LA CAJA DE ACRÍLICO PARA LOS DIFERENTES DISPOSITIVOS DE CONTROL...	91
FOTOGRAFÍA 77.- ELABORACIÓN DE LA CUBIERTA PROTOTIPO.....	92
FOTOGRAFÍA 78.- EL PROTOTIPO SE ELABORÓ EN MATERIAL RECICLADO DE CARTÓN.....	92
FOTOGRAFÍA 79.- TOLVA PARA CONTENER EL LÍQUIDO REFRIGERANTE. ....	93
FOTOGRAFÍA 80.- PRUEBA DE FUNCIONALIDAD DEL PROTOTIPO, EL CUAL SE PRETENDÍA REALIZAR CON ACRÍLICO DE 6MM DE ESPESOR.....	93
FOTOGRAFÍA 81.VISTA LATERAL DE LA PROTECCIÓN QUE ENCAJONA EL TORNO PARA PROTEGER DE LAS SALPICADURAS. ....	94

# Capítulo 1.- Generalidades

## 1.1.- Introducción

En este proyecto se realizó el diseño y la fabricación de diferentes sistemas complementarios al torno de la marca Titanium, modelo 52-028-001 que fue adquirido por el LABORATORIO DE DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, debido a que era un torno convencional, se modificó para convertirlo en una máquina CNC. El trabajo en general que se le realizó a esta máquina se dividió en dos partes, la primera es la automatización del torno (la cual no es parte de este reporte); y la segunda fue la implementación de los siguientes aditamentos: el sistema de refrigeración, el sistema de montaje y sujeción (que incluye la fabricación de un banco de trabajo), un sistema de anclaje y un sistema de protección para el operario.

El sistema de montaje y sujeción al banco de trabajo móvil sirve para poder desplazar el torno, con la implementación de unas gavetas para guardar sus herramientas y piezas fabricadas. El sistema de refrigeración tiene como principal finalidad enfriar la pieza de trabajo y a la herramienta de corte, ya que comúnmente en los tornos, se vierte refrigerante de forma directa a la pieza maquinada y a la herramienta de corte para evitar que el calor se concentre en ellos, con un sistema de bombeo se reutilizó el refrigerante en un circuito cerrado. El sistema de anclaje sirve para sujetar los servomotores y con ello realizar maquinados con mayor precisión. El sistema de protección se implementó para contener las virutas, salpicaduras del refrigerante y para que no exista intervención del operario mientras el torno está en funcionamiento.

## 1.2.- Antecedentes

Sistema de refrigeración: En el artículo del ingeniero Mata Cabrera se indica lo importante que es el sistema de lubricación y refrigeración en las máquinas-herramientas, incluso concluye que estos sistemas son parte esencial y que en medida que la tecnología avanza para mejorar los fluidos utilizados, la fiabilidad de las máquinas será mayor. (Mata Cabrera, 2002)

En el artículo “Un sistema de micro pulverización de aceites vegetales en mecanizado por impulsión controlada de la dosificación” escrito por Octavio Pereira adscrito al Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad del País Vasco, desarrolló un sistema de mínima cantidad de lubricación (MQL) para máquinas-herramientas convencionales, modificando el sistema tradicional se logró aumentar hasta en un 33% la vida útil de la herramienta de corte. (Pereira, 2016)

Sistema de montaje y sujeción: Una de las características clave del sistema de bancos de trabajo ITEM es que las mesas son ajustables en altura, con accionamiento eléctrico disponible opcionalmente. Estos bancos de trabajo están basados en el sistema modular de construcción, gracias a ese diseño modular se puede configurar el banco de trabajo en poco tiempo. Resultan flexibles cuando se trata de integrarlos en procesos de producción y en soluciones ya existentes.

Sistema de anclaje: En los tornos convencionales paralelos no existen anclajes para el montaje de motores o servomotores, bandas, poleas y engranes para controlar su avance de forma independiente

al giro del Chuck, ya que los avances de estos tornos están limitados al giro de chuck por medio de la caja Norton lo cual nos impide realizar funciones o maquinados de forma caprichosa o compleja.

Sistema de contención y protección para el operario: En la página web Estrucplan se hace referencia a la importancia de diseñar las máquinas con guardas para seguridad del personal que operará la máquina, en caso de que ésta no cuente con guardas adecuadas, dichas estructuras se pueden adaptar como sistemas complementarios. (Estrucplan, 2011)

Desarrollo y conversión de una máquina convencional a CNC. Dentro del mismo Laboratorio de desarrollo de nuevas tecnologías se logró desarrollar la tecnología y evolución de una máquina-herramienta convencional a CNC, pero solamente el sistema de corte y posicionamiento de corte, por lo cual es necesario evolucionar todos los sistemas complementarios y actualizar los ya desarrollados para el torno paralelo.

### 1.3.- Justificación

Existe la necesidad de integrar varios sistemas a un torno convencional para convertirlo a CNC, y se preguntaran ¿Por qué no se adquirió un torno CNC desde un inicio? Y esto es debido a que en la actualidad los equipos CNC que se encuentran en el mercado nacional tienen los siguientes inconvenientes:

- Son de tecnología extranjera.
- Sus refacciones son de alto costo y por ello son de poco acceso en el mercado nacional.
- Su costo de mantenimiento es alto.

Por lo cual era un sistema de evolución para la máquina-herramienta a CNC a un costo bajo con refacciones relativamente económicas y un mantenimiento accesible.

El desarrollo de evolución de una máquina convencional a CNC, en el laboratorio de desarrollo de nuevas tecnologías, se ha logrado, integrando los sistemas de control con lo cual permite hacer cortes precisos y caprichosos. Sin embargo, los sistemas de refrigeración, montaje y sujeción, anclaje, contención y protección para el operario siguen siendo necesarios; es por ello, por lo que se contribuyó para tener un sistema integral que cumpliera con las necesidades de la industria, docencia, etc.

Por lo cual el departamento de Sistemas, departamento al cual está adscrito el Laboratorio de nuevas tecnologías, adquirió un torno convencional como base para crear el primer prototipo de evolución integral de un torno paralelo a CNC. El torno es de la marca Titanium, modelo 52-028-001 (figura 1). Este proyecto se realiza para que el Laboratorio cuente con una máquina equipada con diversos sistemas que consisten en la conservación y mejor funcionamiento de la herramienta de corte, la mejor manera de transportar la máquina y para mantener la seguridad del operario.



Figura 1.- Torno paralelo 7x12 avance automático, Titanium 52-028-001. Tomada de (Maquinaria industrial, 2017).

## 1.4.- Objetivos

### 1.4.1.- Objetivo general

Diseñar y construir todos los sistemas para la evolución integral de un torno paralelo a un torno CNC.

### 1.4.2.- Objetivos particulares

Diseñar y construir un sistema de refrigeración, teniendo como caudal normal de trabajo entre 600 y 800 litros por hora, con un sistema de filtrado por mallas y una trampa tipo cespól.

Diseñar y construir un banco de trabajo flexible anclaje-transporte con sistemas poka-yoke y amortiguación para reducir vibraciones al momento del traslado del banco de trabajo.

Diseñar y construir un sistema de anclajes para soportar todos los sistemas de control y potencia de un sistema CNC.

Diseñar y construir el sistema de contención de refrigerante y protección para el operario.

# Capítulo 2.- Marco teórico

## 2.1.- Historia del torno

En la historia del hombre primitivo el proceso de torneado surge de la necesidad de dar forma cilíndrica a diferentes utensilios y herramientas. Se tiene constancia de que los primeros principios de torneado o tornos se iniciaron en el año de 850 a.C. Su funcionamiento era rudimentario, el tornero apoyaba la herramienta en un soporte mientras que otra persona hacía girar la pieza, el corte se realizaba únicamente cuando la pieza giraba en dirección del filo de la herramienta. (Makina erramintaren museo, 2007)

Conforme se tiene mejor manejo de las herramientas de trabajo éstas van evolucionando, es así como en 1250 surgió el torno de pedal y pértiga flexible; a principios del siglo XV se introdujo el sistema de transmisión por correa; después, para 1480 se combinó el pedal con un vástago y una biela, de este modo el operario ya podría tener las manos libres para manipular la pieza trabajada. (Makina erramintaren museo, 2007) Hasta entonces toda la estructura del torno estaba hecha de madera. Para 1500 se comenzó el mecanizado de materiales como latón, bronce y cobre y una vez estallada la revolución industrial se empiezan a producir tornos de mayor potencia y mayores dimensiones.

Otro acontecimiento que aportó muchas ventajas para la industria metalmecánica fue la invención de la computadora, con el CNC la manufactura de las piezas fabricadas tiene precisiones impresionantes. Los comandos de operación que controlan la máquina son ejecutados automáticamente por la computadora.

Actualmente el torno es una de las máquinas-herramientas más usadas en la industria, ya que se pueden realizar diversas operaciones como torneado, careado, contorneado, rimado, roscar en el interior o exterior, achaflanar, moletear y formar conos. Su propósito principal es maquinado de piezas de revolución. El funcionamiento sigue siendo el mismo sólo que más sofisticado, ahora se sostiene la pieza para hacerla girar sobre su eje mientras una herramienta de corte avanza para realizar los cortes requeridos en cuestión de minutos.

## 2.2.- Tipos de tornos

Torno de banco: suelen colocarse en un banco de trabajo o mesa, en este tipo de torno se mecanizan piezas pequeñas ya que su potencia es baja.

Torno copiador: son capaces de torneado partes con varios contornos, se utilizan plantillas de contorno para que la herramienta de corte siga la trayectoria. (Kalpakjian, 2008) Se utilizan comúnmente para darle forma a madera y mármol y en piezas que se mecanizan por serie o lotes.

Torno de torreta o revólver: puede trabajar simultáneamente varias herramientas, cuenta con una torreta giratoria en la que se montan las diferentes herramientas que se van a utilizar para mecanizar la pieza.

Torno vertical: su eje es vertical y se utiliza principalmente para maquinar piezas grandes que no pueden ser fácilmente manejables en el torno horizontal ya que usualmente para manipular estas piezas de trabajo se utilizan polipastos o grúas. (Wikipedia, 2018)

Torno automático: en este tipo de torno el avance de la herramienta de corte y el retiro de la pieza mecanizada se hacen automáticamente, suelen tener un husillo vertical u horizontal y se utilizan comúnmente en la producción de lotes de alto volumen.

Torno CNC: está controlado por la computadora, suelen tener una o más torretas. En este tipo de máquinas se realizan piezas con velocidades y precisiones que difícilmente se lograrían con máquinas-herramientas convencionales como las descritas anteriormente. Las máquinas CNC no requieren tanta intervención de los operadores. (Kalpakjian, 2008)

### **2.3.- Principales componentes de un torno**

Bancada: está hecha para soportar los principales componentes del torno, cuenta con guías por donde se desplazan el contrapunto y el carro longitudinal.

Cabezal: contiene el motor, el husillo, el selector de avance, el sentido del avance, el selector de velocidades, en esta parte del torno es donde gira la pieza de trabajo.

Carro longitudinal: se utiliza para mover la herramienta de corte a lo largo de la bancada, lo componen el portaherramientas, el tablero y una corredera transversal que controla la posición radial de la herramienta de corte.

Contrapunto: sirve como apoyo, puede moverse a lo largo de la bancada y es útil cuando se quiere torneear entre puntos. Además, con ciertos accesorios, se pueden montar brocas o rimas para taladrar la pieza axialmente.

### **2.4.- Mecánica del corte**

Existen factores que influyen en el proceso de corte de los materiales, los principales son: velocidad y profundidad de corte; fluidos de corte; tipos de viruta; elevación de la temperatura. Dichos factores influyen en el costo de maquinado, es por ello que se ha decidido investigar más sobre el tema.

Velocidad y profundidad de corte: estos parámetros son los que más afectan la vida útil de la herramienta de corte, por ejemplo, si se aumenta la velocidad de corte en 50% respecto al valor recomendado para el material a cortar, se reduce en un 90% la vida de la herramienta (Krar, Gill, & Peter, 2009); al incrementar la profundidad de corte en 50% se reduce en un 15% la vida de la herramienta.

Fluidos de corte: los líquidos para corte tienen como principales funciones disminuir el desgaste de la herramienta de corte, aminorar la fricción entre la herramienta de corte y la pieza maquinada y finalmente, reducir la temperatura en la acción de corte. Los tipos de fluidos para corte se dividen en tres categorías: aceites para corte, aceites emulsificables y líquidos sintéticos.

Tipos de viruta: los tipos de viruta que se generan en el maquinado son continuas, de borde acumulado, discontinuo y aserrado. En el proceso de corte se busca que la viruta no intervenga entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte ya que puede llegar a desgastar la herramienta.

Elevación de la temperatura: la temperatura excesiva reduce la dureza, la resistencia al desgaste de la herramienta de corte, al igual que puede producir deformación plástica. Además, produce cambios dimensionales en las piezas maquinadas.

## 2.5.- Sistemas de refrigerante

El sistema de refrigeración es importante dentro del diseño de una máquina-herramienta ya que de ello dependerá, en gran medida, que la pieza de trabajo no sufra deformaciones al ser maquinada y la duración de la vida útil de la herramienta de corte.

El calor que se genera entre la viruta y la herramienta debe ser transmitido a uno de los tres objetos que están interactuando a la hora del maquinado: la pieza de trabajo, la viruta o la herramienta de corte. Lo ideal sería que la mayor parte del calor generado durante el maquinado sea disipada en la viruta (figura 2), debido a que si la pieza de trabajo recibe demasiado calor su tamaño cambia, por otro lado, si la herramienta de corte recibe demasiado calor el filo se romperá con facilidad y mermara su vida útil. (Krar, Gill, & Peter, 2009) El uso apropiado de un sistema de refrigerante puede disipar al menos 50% del calor creado durante el maquinado.

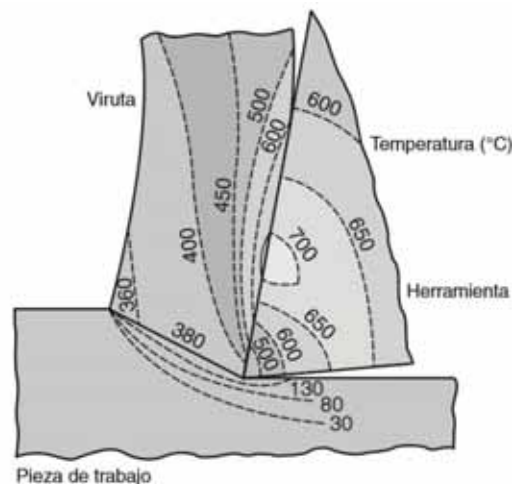


Figura 2.- Calor generado durante el maquinado. Tomado de (Kalpakjian, 2008)

### 2.5.1.- Elementos principales de un sistema de refrigeración

En un sistema de refrigeración intervienen varios elementos, de los cuales los principales son: depósito, bombas, tubería y filtro. Dichos elementos pueden disponerse de diversas formas dependiendo de los requerimientos de cada máquina-herramienta. En la figura 3 se puede observar un ejemplo común de un sistema de refrigeración.

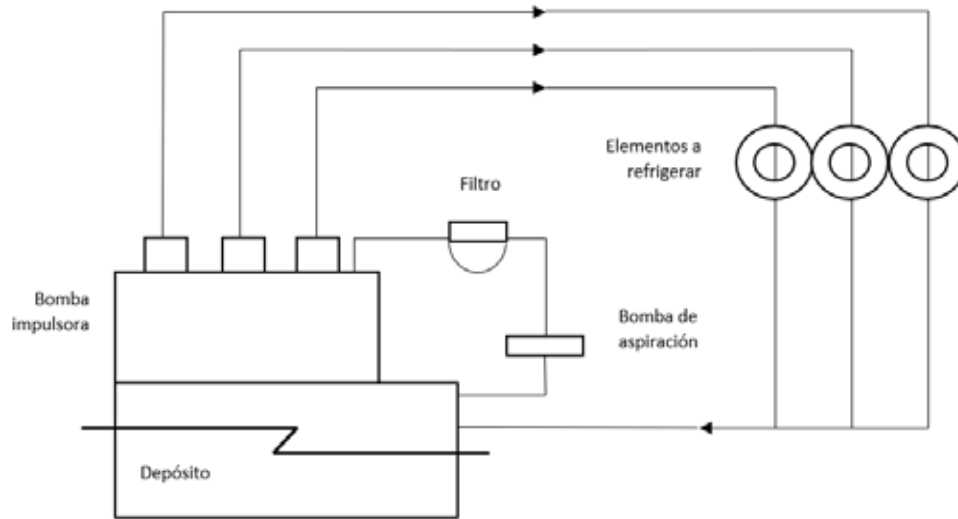


Figura 3.- Diagrama de un sistema de refrigeración.

### 2.5.2.- Pasos para elegir una bomba

Para elegir cualquier tipo de bomba se pueden seguir los siguientes pasos elementales:

- Elaborar un diagrama de la disposición de tubería y bomba.
- Determinar cuánto caudal se va a bombear.
- Calcular la altura manométrica total.
- Estudiar qué condiciones tiene el líquido que se va a bombear.
- Elegir la clase y tipo de bomba.

**Caudal:** el caudal o flujo volumétrico  $Q$  es el volumen de líquido elevado por la bomba en la unidad de tiempo, es variable al bombear líquidos más viscosos que el agua e independiente del peso específico. Este flujo se calcula de la siguiente forma:

$$Q = Av$$

donde

$A$ = área de la sección

$v$ = velocidad promedio del flujo. (Mott, 2006)

**Altura manométrica total:** la altura manométrica total  $H_{man}$  es la altura total que ha de vencer la bomba para que fluya el líquido. Se representa de la siguiente manera:

$$H_{man} = H_g + Z + \frac{P_2 - P_1}{\gamma}$$

donde

$H_g$ = altura geométrica total

y está dada por la altura de aspiración ( $H_a$ ) más la altura de impulsión ( $H_i$ )

$$H_g = H_a + H_i$$

$Z$ = pérdida de carga

$P_2$ = presión en el depósito de impulsión

$P_1$ = presión en el depósito de aspiración

$\gamma$ = peso específico del líquido. (-, S.n.)

$$\gamma = \text{densidad} \times \text{gravedad}$$

Rendimiento y potencia: el rendimiento de una bomba se mide en base al caudal que se descarga contra una altura dada y con un rendimiento determinado. La potencia útil  $N_u$  se mide en caballos de vapor (C.V) y se expresa de la siguiente forma:

$$N_u = \frac{Q_u H_{man}}{75} \gamma$$

donde

$Q_u$ = caudal útil

$H_{man}$ = altura manométrica total

$\gamma$ = peso específico del líquido.

El rendimiento de la bomba  $\eta$  está relacionado de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{N_u}{N}$$

donde

$N$ = potencia absorbida

Relacionando el rendimiento de la bomba y la potencia útil se puede deducir la siguiente fórmula para la potencia absorbida:

$$N = \frac{Q H_{man} \gamma}{75 \eta}$$

Curva característica de la bomba: la curva característica de una bomba centrífuga está representada por una serie de curvas en un gráfico de coordenadas caudal vs altura  $Q$ - $H_{man}$ , caudal vs potencia  $Q$ - $N$  y caudal vs rendimiento  $Q$ - $\eta$ .

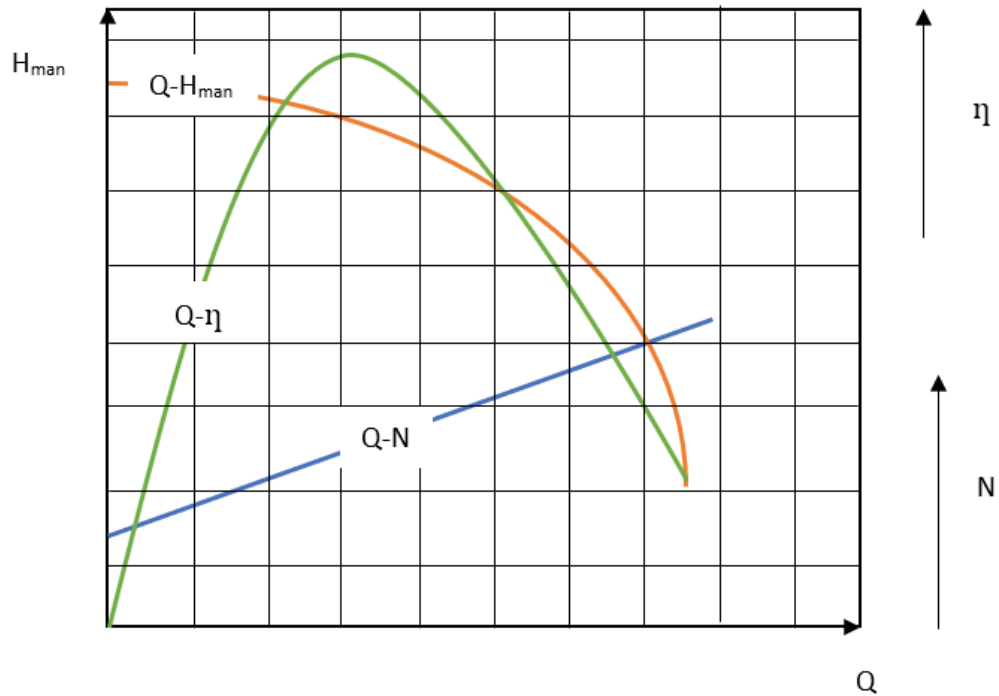


Figura 4.- Curvas características de una bomba centrífuga.

Se puede observar en la figura 4 que en las bombas centrífugas el rendimiento va aumentando con el caudal hasta llegar a un punto máximo, después de ahí va decreciendo. La potencia es proporcional con el caudal, a mayor caudal brindado mayor es la potencia absorbida. Por otra parte, a mayor caudal menor es la altura manométrica a vencer.

### 2.5.3.- Líquidos para corte

La necesidad de utilizar un fluido de corte dependerá de la operación a realizar, la mayoría de los maquinados en el torno se realizan de mejor manera con un líquido para corte. Las funciones principales que desempeña un líquido de corte son enfriamiento y lubricación, con lo cual ayuda a reducir el desgaste de la herramienta de corte, la fricción que se produce entre la herramienta y la pieza maquinada; así como las fuerzas de corte y el consumo de la energía (figura 5).

Los métodos de aplicación de los fluidos de corte básicos son 4:

- Inundación: es el método más común, el consumo del líquido comúnmente es de 10 L/min para herramientas de un solo punto (figura 6a) hasta 225L/min para cortadores con dientes múltiples (figura 6b).
- Niebla: este sistema es similar a una lata de aerosol, necesita presiones de aire de 70 a 600 kPa; requiere ventilación para que el operario no inhale partículas del solvente.
- Sistema de alta presión: se utilizan en centros de maquinado de alta velocidad, para disipar más rápido el calor generado, las presiones utilizadas para la salida del fluido de corte van desde 5.5 hasta 35 MPa. La filtración del fluido es importante para conservar la calidad del maquinado.

- Sistema de la herramienta de corte: este sistema busca enfriar la herramienta de corte y la pieza maquinada desde la misma herramienta o el portaherramientas, realizando pequeños pasajes para suministrar el fluido a alta presión. Un ejemplo sería el taladro de cañones, el cual tiene un pequeño orificio a lo largo de la broca.

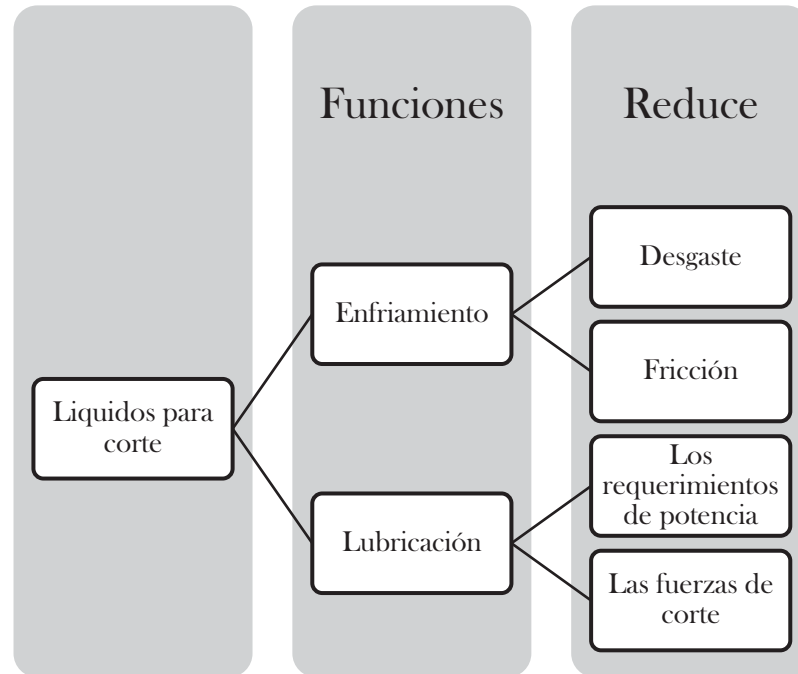


Figura 5.- Funciones principales de los fluidos de corte.

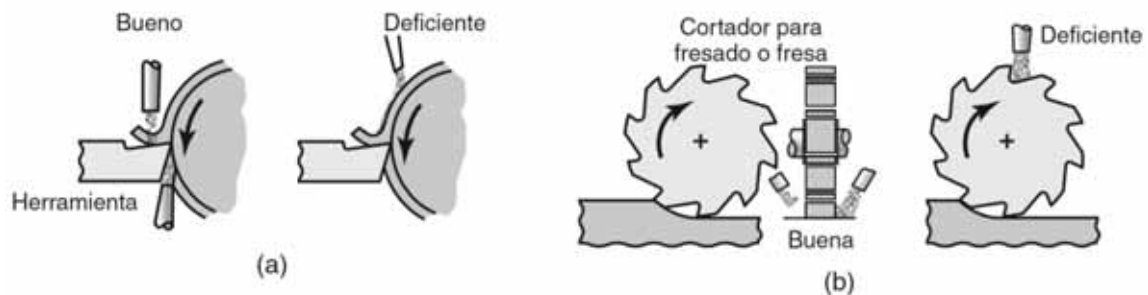


Figura 6.- Aplicación apropiada del fluido de corte por el método de inundación para: (a) torneado y (b) fresado. Tomada de (Kalpakjian, 2008)

Los tipos de fluidos que comúnmente se utilizan en las operaciones de maquinado son:

- Aceites: se utilizan en operaciones de baja velocidad donde la elevación de la temperatura no es significativa. Se incluyen los aceites minerales, animales, vegetales, compuestos y sintéticos.
- Emulsiones: son una mezcla de aceites, agua y aditivos, se utiliza en operaciones de alta velocidad.
- Semisintéticos: son una mezcla de aceite mineral diluido en agua y aditivos, permitiendo más altas velocidades y avances.

- Sintéticos: son productos químicos que forman soluciones con agua, por lo general se utilizan para rectificado de desbaste.

En la tabla 1 se puede observar los tipos de líquidos de corte para los diversos materiales que comúnmente se utilizan en las operaciones de maquinado.

**Tabla 1.- Recomendaciones generales de fluidos de corte para diversos materiales utilizados en el maquinado.**

<b>Recomendaciones generales de fluidos de corte para maquinado</b>	
<b>Material</b>	<b>Tipo de fluido</b>
Aluminio	Seco Aceite mineral Emulsión Químicos y sintéticos
Berilio	Emulsión Químicos y sintéticos
Cobre	Seco Emulsión Químicos y sintéticos
Magnesio	Seco Aceite mineral
Níquel	Emulsión Químicos y sintéticos
Metales refractarios	Emulsión Presión extrema
Aceros	
al carbono y baja	Seco Aceite mineral Emulsión Químicos y sintéticos
aleaciones inoxidables	Seco Aceite mineral Emulsión Químicos y sintéticos Presión extrema
Titanio	Químicos y sintéticos Presión extrema Aceite mineral
Zinc	Emulsión Químicos y sintéticos
Zirconio	Seco Emulsión Químicos y sintéticos

Datos tomados de (Kalpakjian, 2008)

## 2.6.- Diseño de estructuras

Una parte importante de la ingeniería mecánica es el diseño mecánico que sirve para administrar, diseñar, implementar, adecuar y evaluar herramientas, máquinas, productos y componentes mecánicos con base en criterios estructurales y de seguridad que permitan la transformación y empleo de la energía de manera racional, sustentable y eficiente en los ámbitos del diseño y la manufactura.

El proceso de diseño generalmente comienza con la identificación de una necesidad que se desea satisfacer, una vez identificada hay que definir el problema para ser más específicos, reuniendo todos los datos se necesita sintetizar la información que nos ayudará a realizar el diseño para después efectuar un análisis específico y optimizar el diseño a fin de evaluarlo y obtener el que mejor se adapte a la necesidad identificada, una vez terminado solo queda presentar el diseño. Este algoritmo se puede observar en la figura 7.

El diseño de estructuras se realiza a partir de las funciones de los materiales, es decir, en base a sus características específicas, capacidades mecánicas y su costo. Para un diseño adecuado se deben tener en cuenta las combinaciones de cargas y en general cualquier situación a la cual se pueda ver sometida la estructura diseñada. (Budynas & Nisbett, 2012)

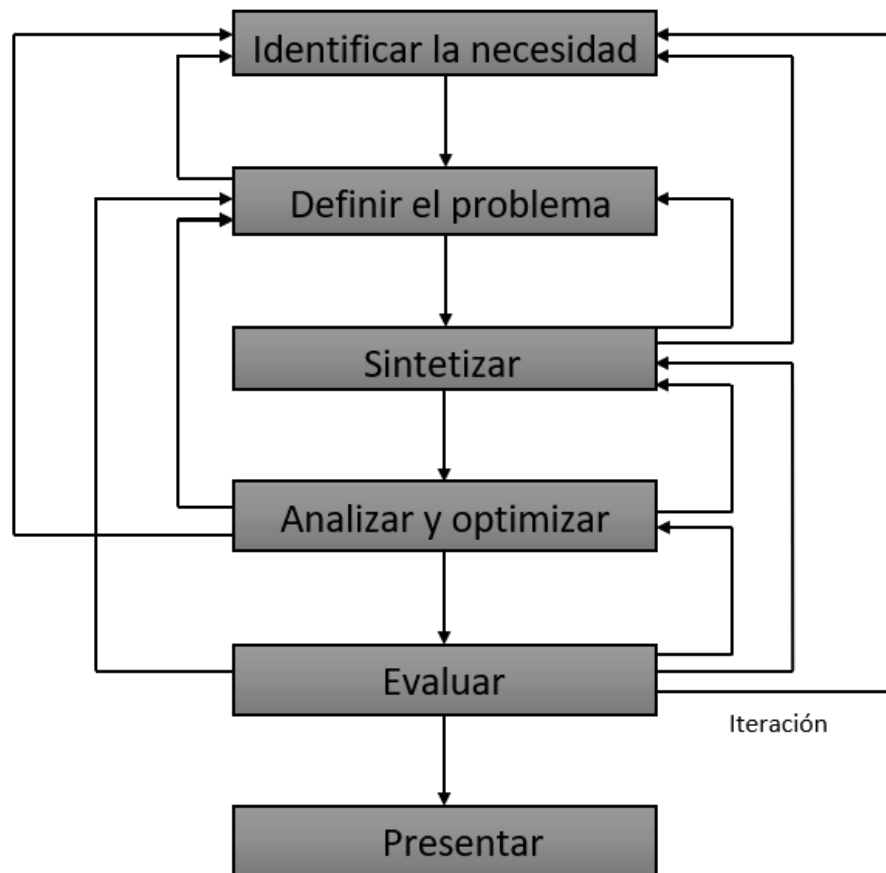


Figura 7.- Fases del proceso de diseño. Tomada de (Budynas & Nisbett, 2012)

### 2.6.1.- Materiales

Desde la edad primitiva se tiene conocimiento de algunos materiales (piedra, cuero, madera, etc.) que servían para producir artículos que satisfacían ciertas necesidades, conforme el humano fue evolucionando se produjeron más materiales como los metales, los polímeros, las cerámicas y otros materiales compuestos (conductores, semiconductores, magnéticos, ópticos, etc.); hasta ahora se podría decir que esta es una clasificación de los materiales en primera instancia.

Lo que caracteriza a un material es la relación entre su estructura, propiedades, procesamiento y funcionamiento como se muestra en la figura 8.

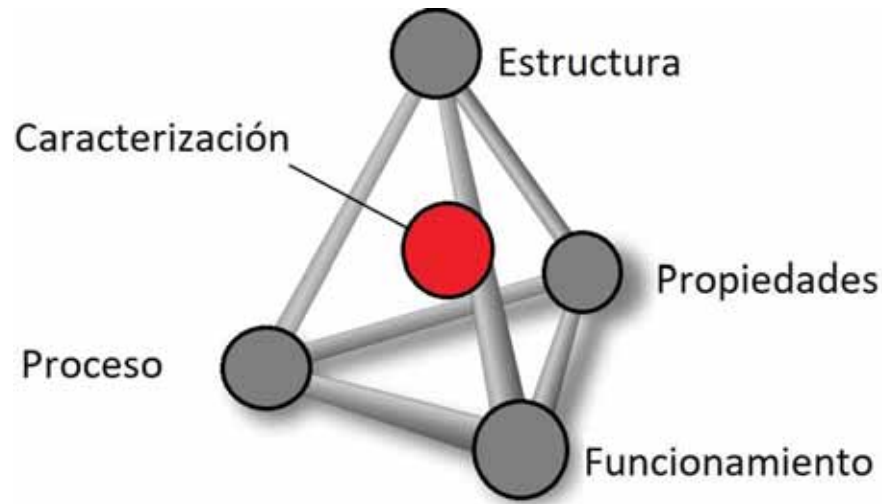


Figura 8.- Tetraedro de la ciencia de materiales. Tomada de (Wikipedia, 2018)

La selección del material para las distintas piezas o componentes de un conjunto mecánico es una de las decisiones centrales del proceso de diseño de una máquina. A continuación, se establecen diversos criterios generales de selección:

➤ Ciclo de vida

El material elegido debe responder a las exigencias de la función de la pieza o componente. Este aspecto está íntimamente relacionado con sus características físicas (densidad, propiedades ópticas, térmicas y eléctricas) y mecánicas (resistencia mecánica, rigidez, propiedades deslizantes).

➤ Conformación y fabricación

La selección del material no puede desligarse del método de conformado y del proceso de fabricación de la pieza o componente. En efecto, aunque un material posea las propiedades requeridas para realizar una función, debe prestarse al método de elaboración deseado (o disponible) con un costo razonable.

➤ Costo y suministro

Entre materiales candidatos equivalentes, el costo y las condiciones de suministro (productos semielaborados, regularidad en las propiedades, disponibilidad, lotes mínimos) son determinantes en la selección del material.

➤ Relación con el usuario

Aspecto que cada día adquiere mayor importancia en la selección del material: facilidad para dar formas, colores y texturas atractivas, tacto amigable, sensación de solidez o de ligereza. En todo esto deben considerarse los costos asociados a las operaciones de acabado.

Una forma gráfica de comparar materiales de acuerdo a diferentes propiedades son los mapas de Ashby que se observan en la figura 9, al graficar se logra una preselección que da paso a la selección definitiva teniendo en cuenta otros criterios de selección como los antes mencionados.

Existe otro enfoque que se basa en la utilización de bases de datos de propiedades de materiales de ingeniería. Entre ellas, existe una gran variedad disponible en textos e Internet, como resultado de investigaciones con ensayos de materiales. Una base de datos que ha obtenido gran reconocimiento gracias a la cantidad de datos y variedad de materiales que maneja, puede consultarse en [www.matwweb.com](http://www.matwweb.com)

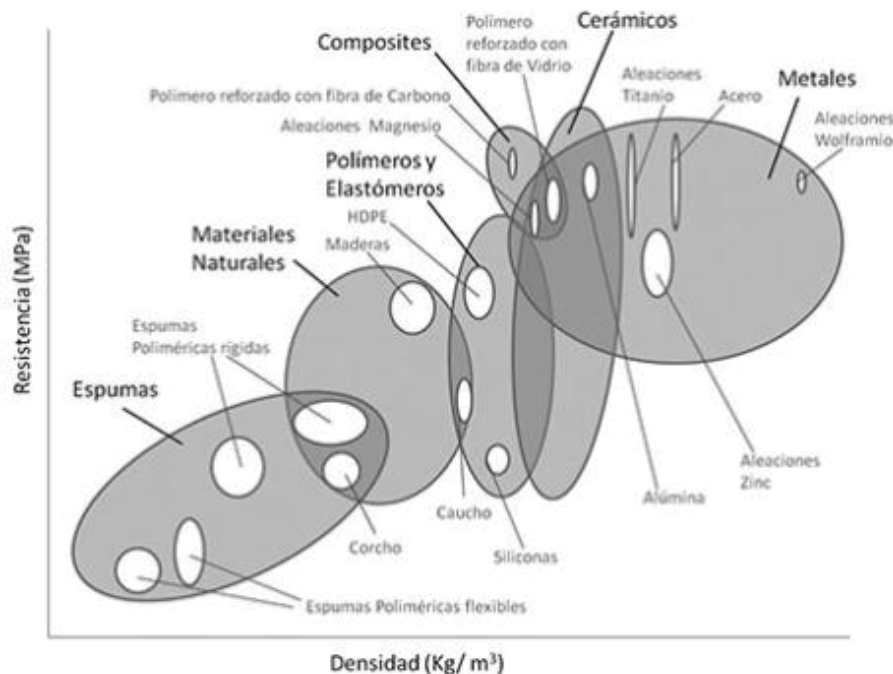


Figura 9.- Ejemplo de mapa de Ashby. Tomada de (Wikipedia, 2018)

Propiedades de los materiales

Cuando los materiales son sometidos a estímulos externos reaccionan de diferentes maneras, es así como se caracterizan y definen sus comportamientos; y se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Propiedades físicas:
  - ▲ Propiedades eléctricas

- ▲ Propiedades mecánicas
- ▲ Propiedades térmicas
- ▲ Propiedades magnéticas
- ▲ Propiedades ópticas y/o estéticas
- ▲ Propiedades acústicas
- Propiedades químicas.
- Propiedades tecnológicas.
- Propiedades económicas.
- Propiedades ecológicas.

Por fines prácticos en este documento sólo revisaremos las *propiedades mecánicas*, las más importantes son:

- Elasticidad, es la capacidad que tiene un material para recuperar su forma original una vez que ha sido cesada la fuerza exterior que originó su deformación.
- Plasticidad, es la capacidad que tiene un material para adquirir deformaciones permanentes sin llegar a romperse.
- Maleabilidad, es la capacidad que tiene un material para adoptar una forma diferente a la original sin romperse; para los metales es la capacidad de extenderse y formar láminas.
- Ductilidad, es la capacidad que tiene un material para deformarse fácilmente; para los metales alude a la capacidad de extenderse y formar así hilos o cables.
- Fragilidad, es la propiedad de romperse con facilidad cuando es golpeado.
- Tenacidad, es la resistencia a la ruptura que opone un material cuando es golpeado.
- Resistencia, es la capacidad que tiene un material para soportar un determinado esfuerzo exterior.
- Dureza, es la capacidad que tiene un material para resistir el rayón de otro. (Callister Jr., 2002)

### 2.6.2.- Análisis esfuerzo-deformación

Diagrama esfuerzo-deformación. Cuando se aplica una fuerza externa a un material, ésta causa una deformación. Para la fuerza de tensión el material se alarga en el sentido de aplicación de la fuerza, y se acorta en la dirección transversal a la fuerza aplicada. La deformación ( $\epsilon$ ) del material se define como el cambio en la longitud a lo largo de la línea de aplicación de la fuerza. El esfuerzo ( $\sigma$ ) es la reacción de los materiales a las fuerzas externas que se les aplican.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Si se grafica la deformación que va presentando el material en el eje  $x$  y el esfuerzo al que se somete el material en el eje  $y$ , tenemos el diagrama esfuerzo-deformación (Hibbeler, 2011) que nos brinda los siguientes resultados sobre las propiedades del material:

- Resistencia a la fluencia ( $\sigma_y$ ): es el valor del esfuerzo que debe aplicarse sobre el material para iniciar su deformación permanente.
- Módulo de elasticidad (E): es la pendiente de la línea recta que se forma en la zona elástica de la curva. El material es más rígido entre mayor sea su módulo de elasticidad.
- Módulo de resiliencia ( $u_r$ ): es el valor numérico del área bajo la curva en la zona elástica.
- Resistencia a la tensión ( $\sigma_u$ ): o esfuerzo último es el valor del esfuerzo máximo que se puede aplicar sobre el material.
- Ductilidad: es una medida de la cantidad de deformación plástica que puede darse en un material antes de que se rompa.
- Módulo de tenacidad ( $u_t$ ): es el valor numérico de toda el área bajo la curva de esfuerzo-deformación, indica la densidad de la energía de deformación del material antes de la fractura.

En la figura 10 se puede observar el diagrama de esfuerzo-deformación para varios grados de acero estructural. (Ahmsa, 2017)

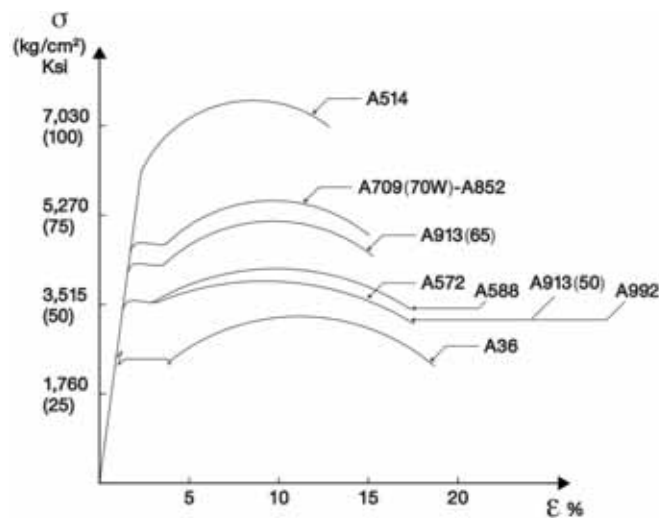


Figura 10.- Gráfica esfuerzo-deformación de varios grados de acero estructural. Tomada de (Ahmsa, 2017)

## Mecánica de materiales.

Es una rama de la mecánica que estudia los efectos internos del esfuerzo y la deformación en un cuerpo sólido que está sometido a una carga externa. Como ya se mencionó anteriormente, el esfuerzo se encuentra asociado con la resistencia del material del que está hecho el cuerpo, mientras que la deformación es una medida de elongación (cambio en tamaño y forma) que experimenta éste.

Cargas externas. Un cuerpo puede estar sometido a dos tipos de cargas externas, es decir, las *fuerzas de superficie* o las fuerzas de cuerpo.

Las *fuerzas de superficies* son causadas por el contacto directo de un cuerpo con la superficie de otro. En todos los casos esas fuerzas están distribuidas sobre el área de contacto entre los cuerpos. Si esta área es pequeña en comparación con el área de la superficie total del cuerpo, entonces la fuerza de superficie puede idealizarse como una sola fuerza concentrada, que se aplica a un punto sobre el cuerpo. Para este proyecto aplicaremos este tipo de carga externa, ya que las fuerzas de cuerpo se

desarrollan cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro cuerpo sin contacto físico directo entre estos.

### **Flexión.**

Las vigas y los ejes son elementos estructurales y mecánicos importantes en la ingeniería. Para determinar el esfuerzo que produce la flexión en estos elementos, comenzaremos con un análisis de cómo se establecen los diagramas de esfuerzo cortante y momento para una viga o eje. Al igual que los diagramas de fuerza normal y de par de torsión, los diagramas de fuerza cortante y de momento proporcionan un medio útil para determinar la fuerza cortante y el momento máximo de esfuerzo, ya que se ha determinado el momento interno en una sección se puede calcular el esfuerzo flexionante.

Fuerza normal,  $N$ . Esta fuerza actúa perpendicularmente al área. Se desarrolla siempre que las cargas externas tienden a empujar o jalar sobre los dos segmentos del cuerpo.

Esfuerzo cortante,  $V$ . Se encuentra en el plano del área y se desarrolla cuando las cargas externas tienden a ocasionar que los dos segmentos del cuerpo se deslicen uno sobre el otro.

Momento flexionante,  $M$ . Es causado por las cargas externas que tienden a flexionar el cuerpo respecto a un eje que se encuentra dentro del plano.

Convención de signos para las vigas. La elección de signos es arbitraria, pero la más empleada con mayor frecuencia son las de la figura 11. Las direcciones positivas son: la fuerza cortante interna ocasiona un giro en sentido horario del segmento de viga sobre el que actúa, y el momento interno causa compresión en las fibras superiores del segmento de modo que éste se dobla como para retener agua.

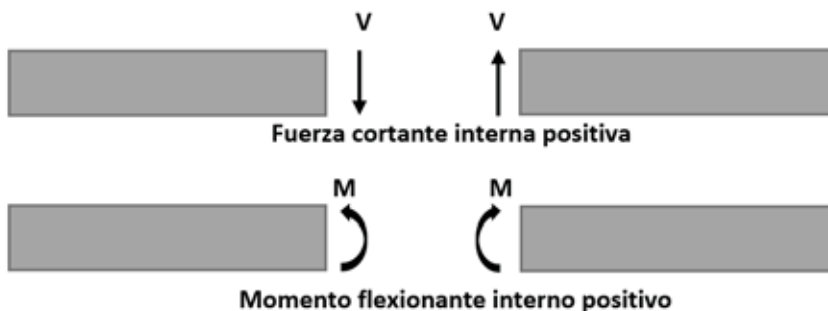


Figura 11.- Convención de signos en las vigas.

Diagramas de fuerza cortante y momento. En este tipo de diagramas se pueden determinar la fuerza cortante interna y el momento flexionante interno en las diferentes secciones de la viga; y se puede encontrar el punto crítico de la viga mediante el diagrama de momentos. Se pueden construir mediante el siguiente procedimiento:

#### *Reacciones en los apoyos.*

- Determinar todas las fuerzas reactivas y los momentos que actúan sobre la viga, después descomponer todas las fuerzas en componentes que actúen de forma perpendicular y paralela al eje de la viga.

### Funciones de fuerza cortante y de momento.

- Especificar por separado las coordenadas  $x$  que tienen un origen en el extremo izquierdo de la viga y se extienden a las regiones de ésta ubicadas entre fuerzas y momentos concentrados, o bien donde no haya discontinuidad de la carga distribuida.
- Seccionar la viga a cada distancia  $x$  y dibujar el diagrama de cuerpo libre de cada uno de los segmentos.
- La fuerza cortante se obtiene si se suman las fuerzas perpendiculares al eje de la viga.
- Para eliminar la fuerza cortante, el momento se obtiene de manera directa al sumar los momentos alrededor del extremo seleccionado del segmento.

### Diagramas de fuerza cortante y momento.

- Graficar el diagrama de fuerza cortante ( $V$  y  $x$ ) y el diagrama de momento ( $M$  y  $x$ ). Si los valores numéricos de las funciones que describen las fuerzas y momentos son positivos se dibujaran por encima del eje, si son negativos por debajo de él.
- Es conveniente mostrar los diagramas de fuerza cortante y de momento por debajo del diagrama de cuerpo libre de la viga. (Hibbeler, 2011) Como lo ilustra la figura 12.

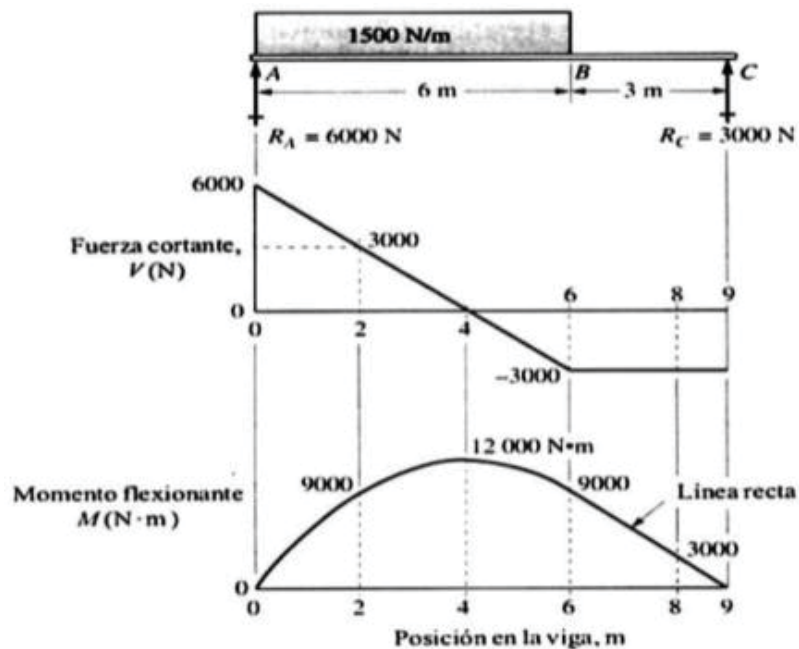


Figura 12.- Ejemplo de diagramas de fuerza cortante y momento. Tomada de (SlideShare, 2018)

### 2.6.3.- Mecánica del medio continuo

La mecánica del medio continuo tiene como finalidad estudiar los esfuerzos que se manifiestan en el interior de los sólidos, líquidos y gases, así como las deformaciones o los flujos de dichos materiales y descubrir las relaciones mutuas entre los esfuerzos, por un lado, y las deformaciones o fluencias, por el otro. En este caso se analizará las deformaciones producidas por los esfuerzos en los materiales utilizados.

Normalmente se acepta, que los medios continuos son isotropos. La isotropía supone que la microestructura del material consiste en elementos orientados al azar, y excluye, por consiguiente, la existencia de direcciones para sus propiedades mecánicas. Por tanto, la isotropía implica que el efecto de deformación producido en el material por determinado sistema de fuerzas no depende de la orientación de material; en otras palabras, si sujetamos a determinados esfuerzos, por ejemplo, un cubo de cierta substancia sólida, la deformación resultante no dependerá de la dirección según la cual el cubo ha si extraído de una sección más grande. (Sanchez Bribiesca, 1970)

Estas ideas se justifican debido a que actualmente ofrecen el camino más viable para un enfoque para resolver los problemas de deformaciones en sólidos y fluidos.

Para aclarar las ideas, supongamos que sobre un material cristalino (por ejemplo, un metal) actúan determinado número de fuerzas que tienden a deformarlo. Esto significa que los cristales tenderán a desplazarse, relativamente unos a otros, y cambiar de posición. Sin embargo, si las fuerzas no son de gran magnitud y se aplican durante un tiempo corto, es probable que, al eliminarse tales fuerzas, los granos, que deben haberse movido poco con respecto a su posición original, vuelvan a recuperarla porque ésta constituye el acomodo más compacto y estable. Pero si las fuerzas son de gran relevancia para el área aplicada, y es probable que, al cesar dichas fuerzas, el material se encuentre deformado de manera permanente. En la primera situación, nos enfrentamos a un comportamiento elástico, y, en el segundo caso, a un flujo. Así que el hecho de que un mismo material se comporte o no elásticamente, depende de la magnitud de los esfuerzos a los que son sometidos dichos materiales. Se llama punto de fluencia la condición en la cual un material deja de comportarse de una manera y empieza a comportarse en otra debido a un desarreglo importante en la frontera de los granos.

La mecánica del medio continuo propone el material por medio de un modelo matemático que, sin tener en cuenta explícita su estructura de manera macroscópica, sino considerando a una escala mucho más pequeña, las acciones entre moléculas, permite, en la mayoría de los casos, predecir su comportamiento, con exactitud suficiente para la práctica. Sin embargo, si los esfuerzos a que se somete el material aumentan excesivamente, terminaría produciéndose agrietamientos microscópicos, los cuales progresivamente podrían aumentar hasta producirse en verdaderas fracturas. Una grieta, por pequeña que sea, impide la transmisión isotrópica de los esfuerzos. (Caballero Arroyo, 1982)

## **2.7.- Seguridad en máquinas-herramientas.**

Generalmente al hacer uso de máquinas-herramientas se presentan ciertos riesgos de seguridad en los lugares de trabajo, es por ello que los diseñadores, fabricantes y proveedores de maquinaria deben cumplir con los requisitos necesarios en materia de seguridad. Existen riesgos potenciales al estar en contacto con máquinas como los tornos, uno de ellos es el riesgo de pérdida de estabilidad y otro es el riesgo a los materiales proyectados.

Riesgo de pérdida de estabilidad. La máquina-herramienta debe estar suficientemente estable durante su uso y transporte para evitar vuelcos o caídas, (Oficina Internacional del Trabajo, 2013) si se trata de maquinaria adaptada a un banco de trabajo, ésta debe estar adecuadamente anclada para evitar este tipo de riesgo.

Riesgo a los materiales proyectados. Virutas, refrigerante o incluso la pieza de trabajo pueden ser proyectados al estar en uso la máquina y causar daño al operador, particularmente en la cara. (Estrucplan, 2011) Cuando la maquinaria no cuente con un dispositivo de seguridad, éste debe ser diseñado y adaptado ya sea con barreras de sensibilización o guardas. (Oficina Internacional del Trabajo, 2013) Se debe tener mayor cuidado a estas dos áreas: punto de operación y pieza en movimiento.

Las guardas son barreras físicas diseñadas como parte de la máquina o agregadas a las máquinas, pueden ser guardas envolventes (fijas o móviles), cubiertas, escudos o compuertas. Éstas deben:

- Proteger a la pieza de trabajo para que no introducir objetos en esa área.
- Ser seguras.
- No crear otro peligro nuevo, es decir, no deben tener bordes o superficies puntiagudas o bordes que corten.
- Prevenir el contacto del operador con piezas en movimiento.

Los *escudos* o pantallas se utilizan como protección contra partículas proyectadas y salpicaduras de refrigerantes o líquidos de corte empleados en el maquinado de metales, en la figura 13 se muestra un ejemplo de un escudo adaptado a un torno. (Oficina Internacional del Trabajo, 2001)



Torno

Figura 13.- Escudo adaptado a un torno para brindar mayor protección al operario. Tomada de (Oficina Internacional del Trabajo, 2001)

## Capítulo 3.- Desarrollo del proyecto

Para el diseño de los sistemas que se acoplaron, se consideraron las siguientes características del torno:

**Tabla 2.- Características y especificaciones del torno paralelo Titanium 52-028-001.**

Especificación o característica	Unidad de medida	Valor
Cono del cabezal		MT3
Cono del contrapunto		MT2
Velocidad	Revoluciones por minuto [RPM]	0 – 2,500 variable
Motor	Caballos de fuerza [HP]	0.5 1 fase
Altura al centro	Pulgada [in]	3 – 0.5
Distancia entre centros	Pulgada [in]	12
Cono del husillo	Pulgada [in]	0.75
Volteo sobre el carro	Pulgada [in]	4
Viaje del contrapunto	Pulgada[in]	2
Rango de hilos métricos	Milímetros [mm]	0.25 – 1.5
Rango de hilos imperiales	Hilos por pulgada	12 – 52
Peso neto	Kilogramos	35
Dimensiones (largo x ancho x alto)	Pulgada [in]	28 x 10 x 10

*Datos tomados de (Maquinaria Industrial, 2017)*

En la figura 14 se observa el torno paralelo con el sistema de corte y posicionamiento que fue ya modificado a control numérico computarizado de manera integral; obteniendo un torno CNC.



*Figura 14.- Torno con sistema y posicionamiento de corte modificado a CNC.*

### 3.1.- Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración se realizó con materiales resistentes, fácil de conseguir y económicos, se adecuo a los objetivos especificados obteniendo resultados aceptables. En la figura 15 se muestra el diagrama del circuito del sistema de refrigeración realizado con el software Epanet 2® y en la tabla 3 se enlistan los materiales utilizados en el sistema, así como sus costos cotizados al mes de mayo de 2018. Posteriormente se describirá cada elemento del sistema, mencionando el material y herramienta que se utilizó, en los casos donde fue necesario. En el anexo A se puede visualizar las fotografías de cada componente del sistema y el sistema completo ya ensamblado en el torno y el banco de trabajo.

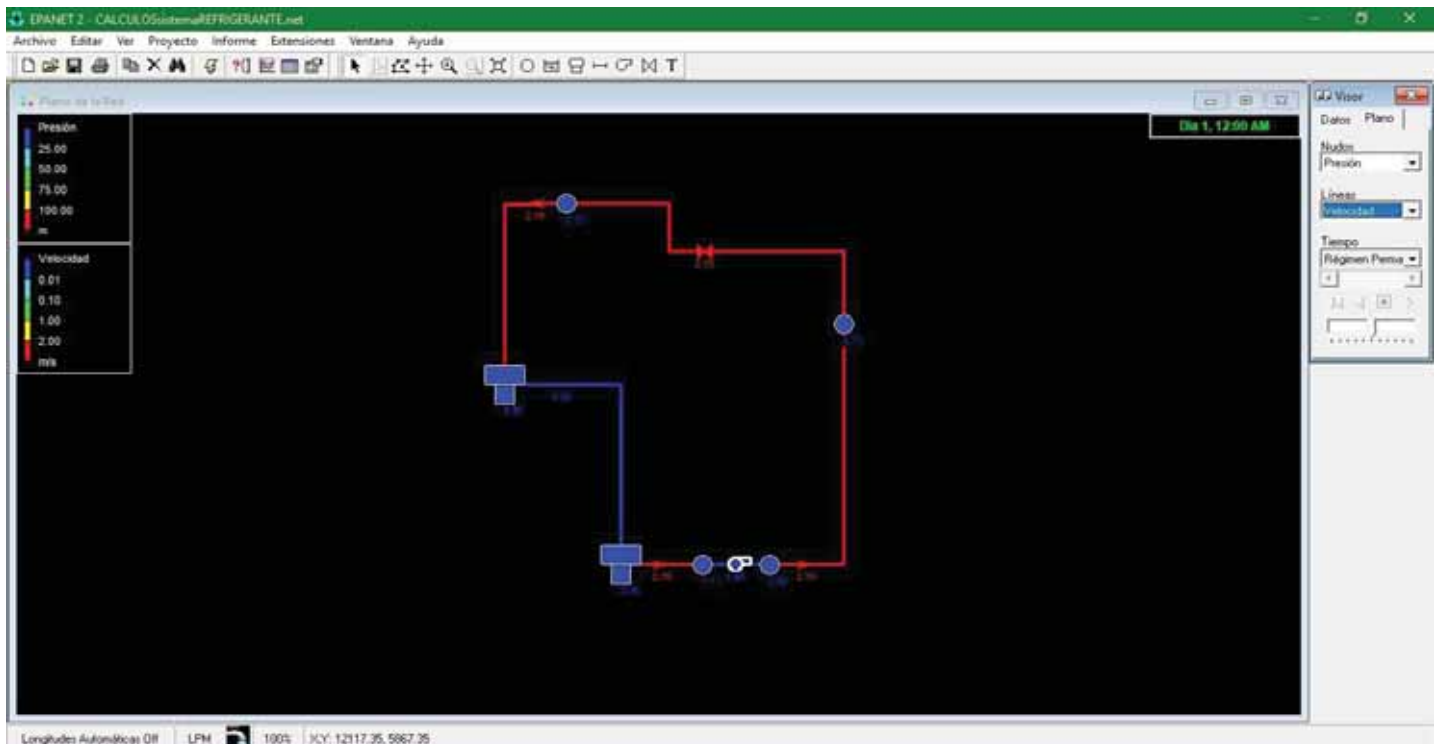


Figura 15.- Diagrama del sistema de refrigeración realizado en Epanet 2.

Tabla 3.- Lista de materiales para el sistema de refrigeración.

Cantidad	Material	Costo
2222 cm <sup>2</sup>	Acrílico de 6 mm de espesor	\$ 204,65
15 cm	Tubo de acrílico de Ø4" y 4 mm de espesor	\$ 99,08
286 cm <sup>2</sup>	Acrílico de 9 mm de espesor	\$ 43,70
80 ml	Pegamento para acrílico Adcryl extra®	\$ 18,00
1 pza	Bomba sumergible Aqua sub®	\$ 140,00
1 pza	Conector macho de ¾ de cobre	\$ 21,30
10 cm	Tubo de cobre de ¾	\$ 13,78
1 pza	Tuerca unión de ¾ de cobre	\$ 64,40
50 cm	Tubo flexible de ¼ de cobre	\$ 17,00

60 cm	Manguera de nivel de ¼	\$ 132.00
	Tramo de lámina de acero A36, calibre 12 (89 mm x 38 mm)	
1 pza	Tornillo de 3/16 con rondana plana y de presión, cuerda fina	\$ 3.50
10 gr	Fundente para varilla de plata	\$ 8.50
2 pzs	Varilla de plata para soldar cobre	\$ 70.00
6 pzs	Fibra para cocina	\$ 72.00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 916.91</b>

Para el depósito se utilizó acrílico, ya que este material es comúnmente utilizado en la protección de equipos eléctricos, ya que en el depósito se meterá una bomba sumergible, además de que es más resistente que el vidrio (ver tabla 4); si se llega a romper el acrílico, no se astilla y eso evita el riesgo de lesiones del operario, también tiene propiedades ópticas muy buenas. Para su maquinado se pueden utilizar diversas herramientas de corte desde un cúter, sierras, fresadora o incluso láser. Resiste la mayoría de productos químicos: bases, ácidos, hidrocarburos alifáticos (hexano, nafta y octanos) y amoníaco (no muy concentrado). La figura 16 muestra el diseño del depósito creado con el software Autodesk Inventor 2017® con dimensiones de 0.25 x 0.25 x 0.15 metros; para pegar las láminas de acrílico se utilizó pegamento para acrílico.

**Tabla 4.- Propiedades ópticas y mecánicas del acrílico y el vidrio.**

Propiedades	Acrílico	Vidrio
Índice de refracción	1.49	1.52
Transmisión de luz	92 %	92 %
Densidad	1190 kg/m <sup>3</sup>	2600 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión	124 MPa	248 MPa
Resistencia a la tracción	72.4 MPa	19.3 – 28.4 MPa
Módulo de elasticidad (E)	3.1 GPa	71.7 GPa
Dureza	50 unidades Barcol	4.5 – 6.0 escala MOHS

Datos tomados de (Manoplas, 2018) y (Auto Euroglas, 2018)

Las herramientas y materiales que se utilizaron para realizar el depósito fueron:

- Acrílico de 6 mm de espesor.
- Pegamento para acrílico Adcryl extra®.
- Sierra de mesa de 10”.
- Disco para sierra de 10” con 36 dientes para madera.
- Flexómetro.

Para realizar el filtro se utilizó tubo de acrílico porque se tiene una visión más real de lo que ocurre dentro de él, debido a que es indispensable que ninguna rebaba entre a la bomba para su mejor funcionamiento, también porque es resistente a la corrosión y es un buen aislante eléctrico además de su facilidad para maquinarlo. Se realizaron 56 perforaciones en el tubo con agujeros de 3mm de diámetros, dispersos sobre la superficie del tubo, también se realizaron dos tapas de acrílico de 4” de diámetro para sellar el filtro, dentro del tubo se le pusieron 6 fibras de cocina alrededor de las paredes para que atrapen las virutas y otros materiales que llegue a tener el refrigerante. La figura 17 muestra

el diseño del filtro en Autodesk Inventor 2017® con dimensiones de 4" de diámetro y 0.15 metros de alto.

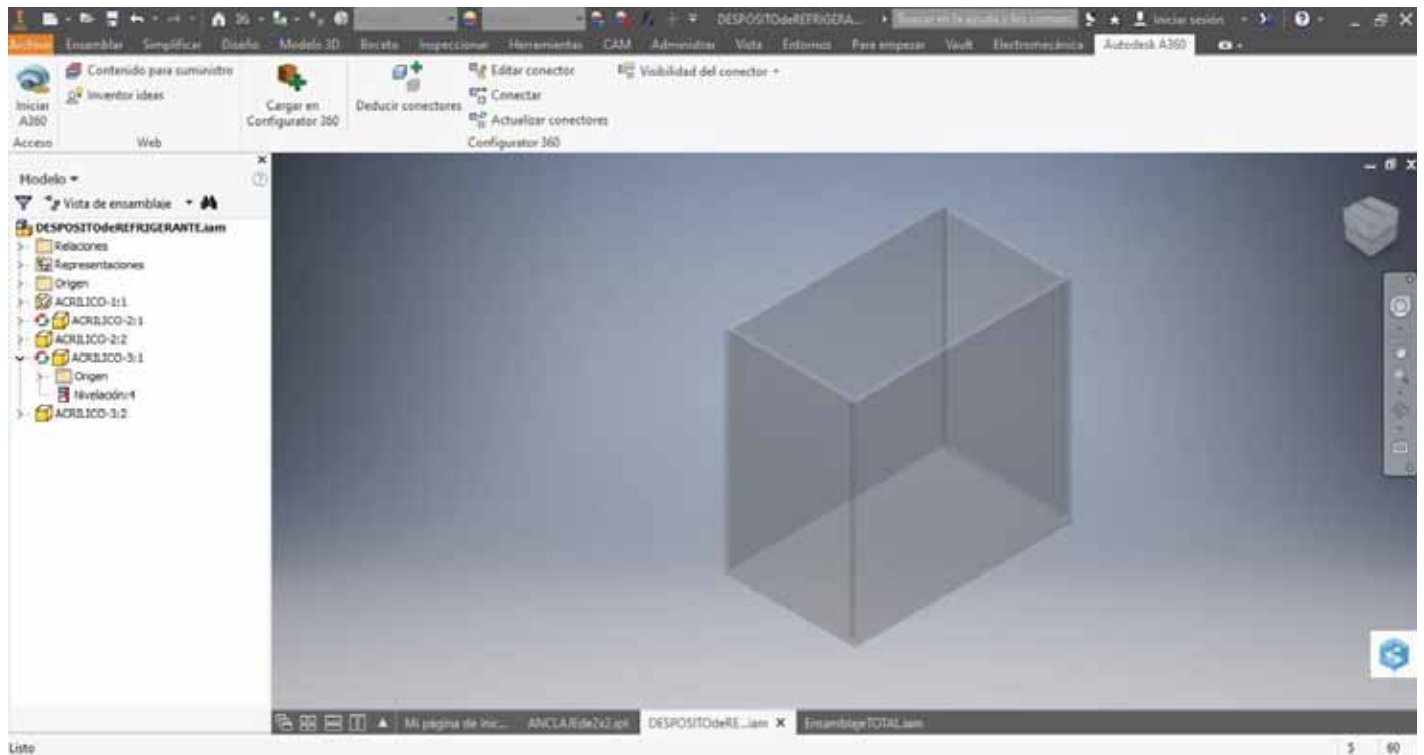


Figura 16.- Diseño del depósito para el refrigerante.

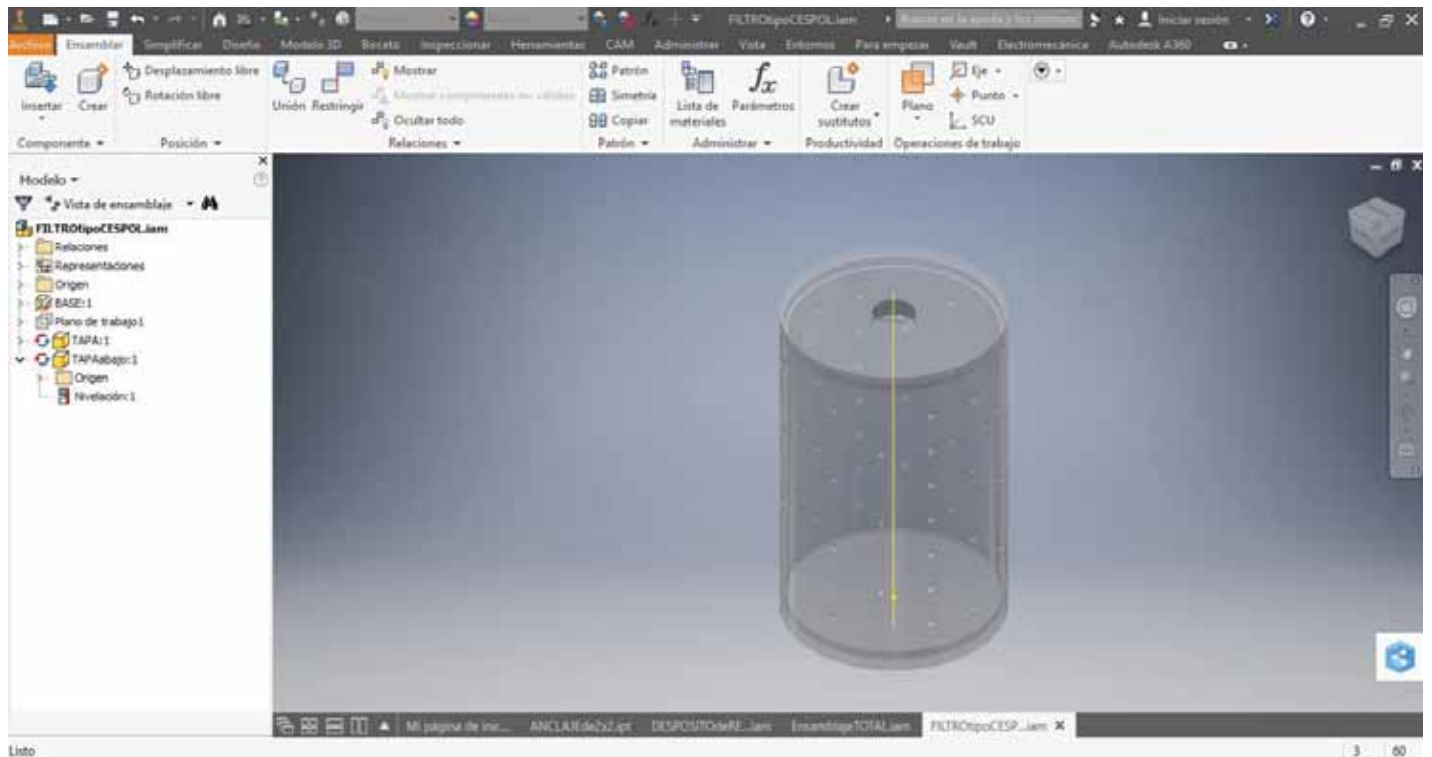


Figura 17.- Diseño del filtro para el sistema de refrigeración

Las herramientas y materiales que se utilizaron para realizar el filtro fueron:

- Acrílico de 4 mm de espesor para las tapas.
- Tubo de acrílico de 4" de diámetro y 4 mm de espesor.
- Sierra cinta vertical de 3/8".
- Torno paralelo.
- Butil para acero
- Taladro de banco.
- Broca de 1/8" para metal.
- Calibrador vernier de 6".
- Pegamento para acrílico.
- Broca de 3/8" para metal.
- Broca de 23/32" para metal.
- Machuelo cónico de 3/4" de 14 NPT.
- Maneral para machuelo.

Para seleccionar la **bomba** se utilizó el software Epanet 2®, el cual nos brinda la curva característica de la bomba, la velocidad del fluido y la presión. La altura geométrica del circuito es de 0.7 metros; se decidió por una bomba cuyo caudal fuera de 600 L/hora y que aparte fuera sumergible para ahorrar espacio en el banco de trabajo y conexiones para su instalación. Se compró una bomba sumergible de la marca Aqua Sub® que tiene como caudal 600 L/hora y una altura máxima de 1.2 metros. Haciendo la simulación del circuito se tiene la curva característica de la figura 18.

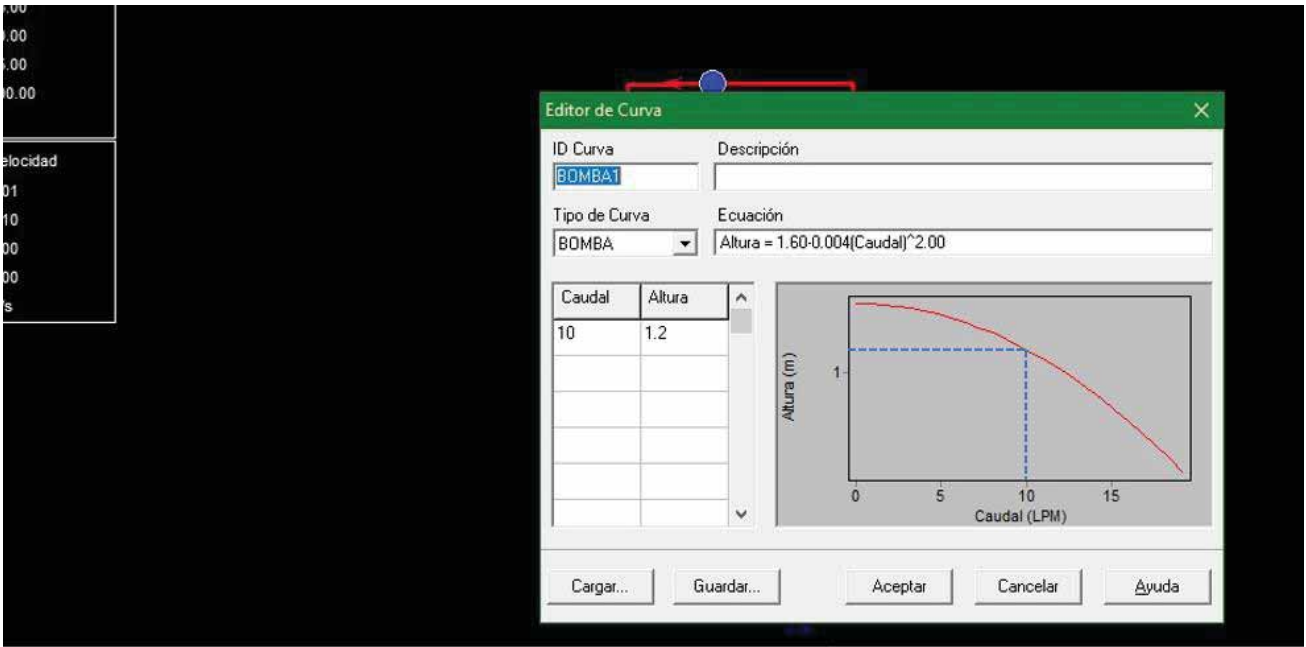


Figura 18.- Curva característica de la bomba calculada por Epanet 2.

Para la **tubería** se utilizó manguera de nivel desde la bomba, la cual está dentro del depósito, hasta el tubo de cobre flexible de  $\frac{1}{4}$  que se unió a presión; después el tubo de cobre paso por el triplay y se soldó a la base del torno; posteriormente se unió otro tramo de manguera de nivel al tubo de cobre que suministra el chorro de refrigerante, este tubo de cobre fue soldado a un pedazo de lámina calibre 12 la cual fue fijada al carro longitudinal del torno para realizar el mismo recorrido. El refrigerante utilizado se acumula en el contenedor de acrílico, que es parte de la protección del torno, para bajar a la base del torno y por medio de la fuerza de gravedad bajar por el orificio creado y conectado a un tubo rígido de cobre de  $\frac{3}{4}$  al cual se le soldó una tuerca unión de  $\frac{3}{4}$  para facilitar el mantenimiento del sistema, después se ensambló el conector macho de  $\frac{3}{4}$  que sirve para conectar con el filtro y llegar nuevamente al depósito de donde salió el refrigerante. Como herramienta se utilizó una dobladora de tubo.

### 3.2.- Diseño del banco de trabajo

El banco de trabajo se realizó con materiales resistentes, de proceso accesible y económico. En la tabla 5 se muestran algunas propiedades mecánicas de 3 materiales propuestos para el diseño del banco de trabajo: aluminio 6061, acero A36 y madera estructural. De los tres materiales claramente el aluminio es el menos denso, pero el más costoso; por otra parte, revisando el módulo de elasticidad tenemos que el A36 es el material más rígido, y también es el que tiene mayor resistencia a la fractura. La madera es el material más barato, pero es el más difícil de procesar y sus propiedades mecánicas son las más bajas de los tres. Realizando el análisis estructural con el software Autodesk Inventor®, únicamente para perfiles de aluminio y acero de 2" x 2" y de 2" x 1" calibre 18, tenemos

que el material que soporta mejor las cargas distribuidas en el banco de trabajo es el acero, en las figuras 19 y 20 se pueden observar las simulaciones realizadas.

**Tabla 5.- Propiedades mecánicas promedio de algunos materiales.**

Material	Peso específico $\rho$ (Mg/m <sup>3</sup> )	Módulo de elasticidad E (Gpa)	Módulo de rigidez G (Gpa)	Resistencia a la cedencia $\sigma_y$ (Mpa)			Resistencia última $\sigma_u$ (Mpa)			% de elongación en probeta de 50 mm	Razón de Poisson $\nu$	Costo \$/Kg
				Tensión	Compresión	Cortante	Tensión	Compresión	Cortante			
Aluminio 6061-T6	2.71	68.90	26	255	255	131	290	290	186	12	0.35	55
Acero A36	7.85	200	75	250	250	-	400	400	-	30	0.32	14
Madera (Abeto blanco)	3.60	9.65	-	-	-	-	2.50	36	6.70	-	0.31	6.63 \$/m <sup>2</sup>

Datos tomados de (Hibbeler, 2011)

Conociendo el material que menor desplazamiento tenía sumado a las propiedades mecánicas vistas y al costo, se optó por acero A36 para realizar la estructura del banco de trabajo. En la tabla 6 se enlistan los materiales utilizados en el banco de trabajo, así como sus costos cotizados al mes de junio de 2018. La construcción de la estructura se dividió en tres secciones: la base del banco, la estructura para las gavetas y el soporte para el torno, a continuación, se describirá como se realizó cada sección, mencionando el material y herramientas que se utilizó. En el anexo A se pueden visualizar las fotografías del proceso y el producto final. Los dibujos de definición se pueden visualizar aparte en el anexo B.

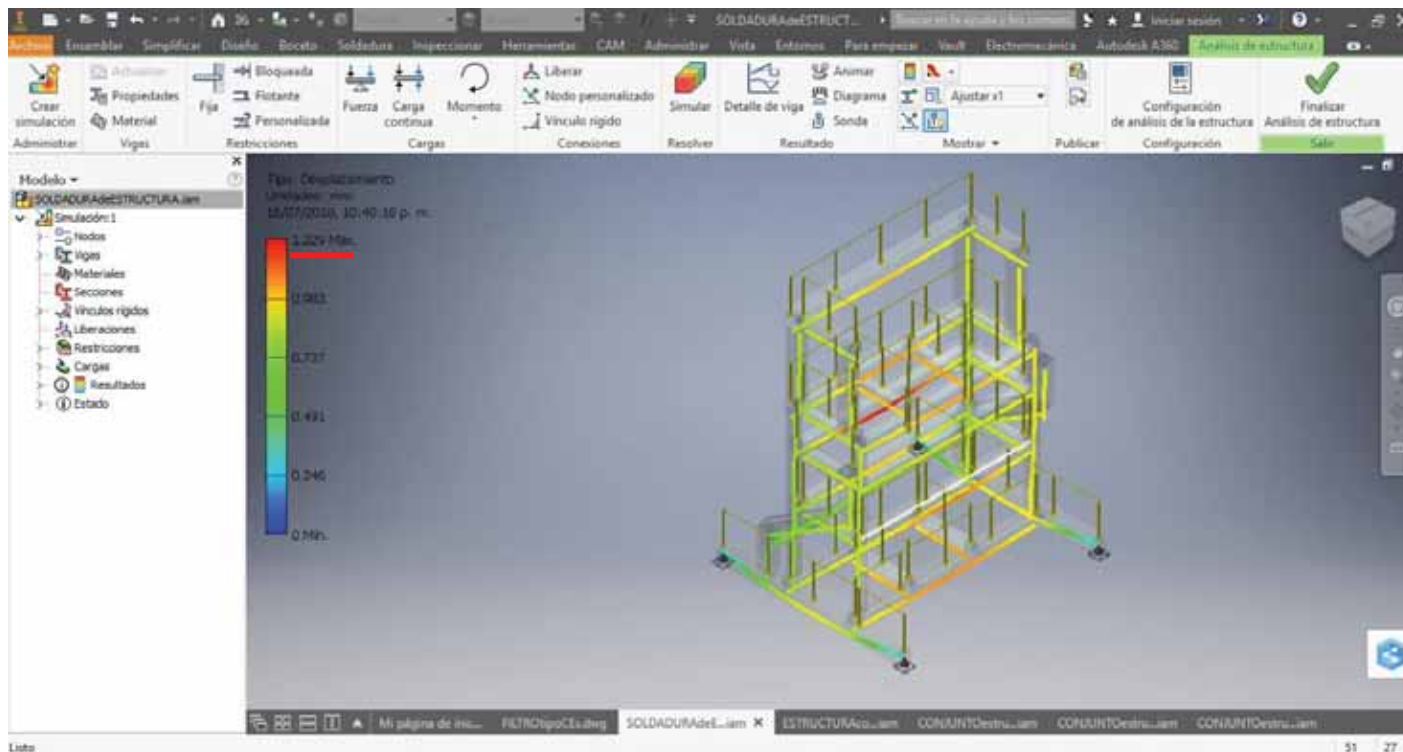


Figura 19.- Simulación de la estructura de aluminio 6061.

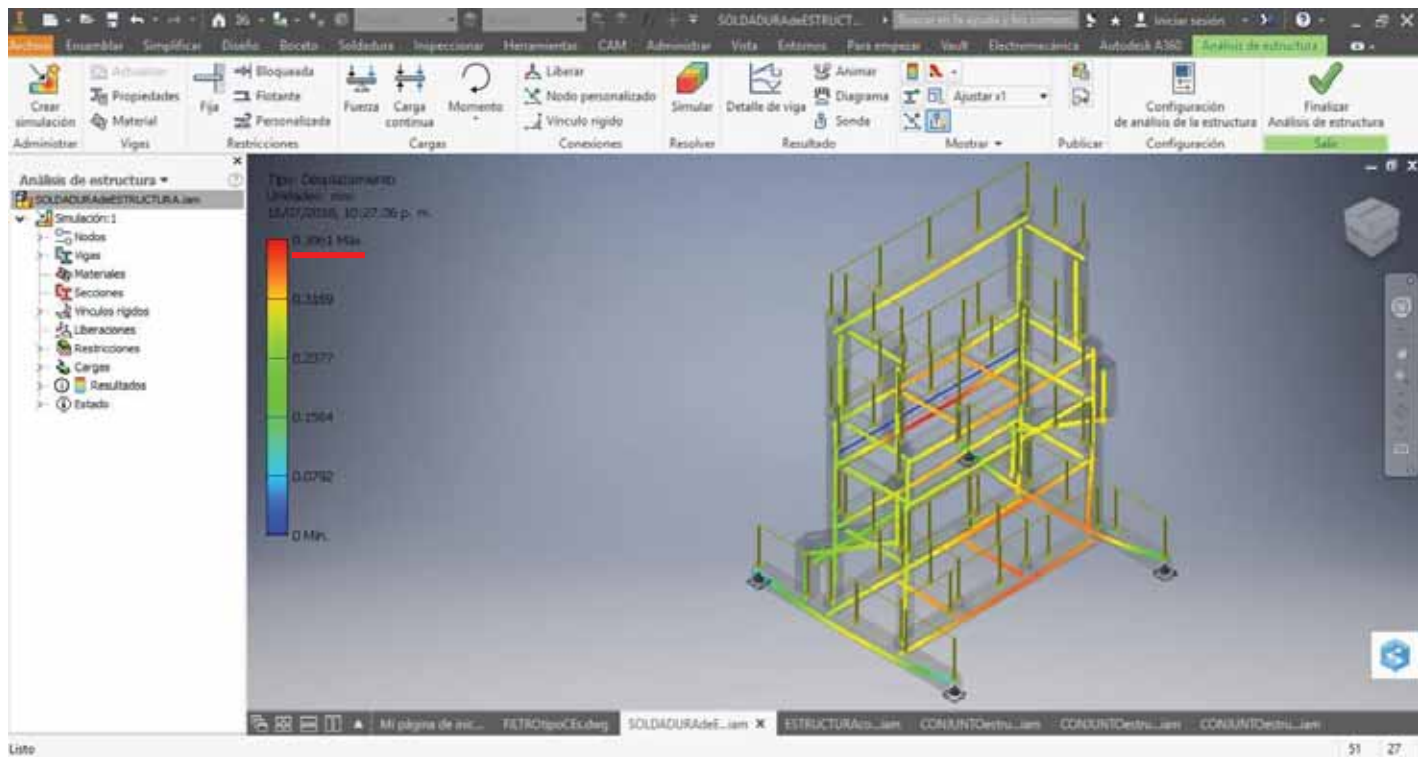


Figura 20.- Simulación de la estructura de acero A36.

Tabla 6.- Lista de materiales utilizados en el banco de trabajo.

Cantidad	Material	Costo
6.91 mts	PTR de acero A36 de 2" x 2" calibre 18	\$ 212.92
7.47 mts	PTR de acero A36 de 2" x 1" calibre 18	\$ 182.27
7949.12 cm <sup>2</sup>	Triplay de 12 mm de espesor	\$ 130.75
7675.17 cm <sup>2</sup>	Triplay de 18 mm de espesor	\$ 172.72
3 pzs	Manijas para gavetas	\$ 120.00
3.26 mts	Ángulo de aluminio de 1" x 1/16"	\$ 84.76
6 pzs	Tapón de plástico	\$ 240.00
2 kg	Electrodo para soldar 6013 de 1/8"	\$ 90.00
2.49 mts	Solera de aluminio de 1" x 1/16"	\$ 32.37
570.15 cm <sup>2</sup>	Lámina de acero A36 calibre 12	\$ 31.64
2 jgo	Corredera extensión de 25 cm	\$ 100.00
60 cm	Bisagra de piano calibre 23	\$ 42.11
2024.4 cm <sup>2</sup>	Triplay de 15 mm de espesor	\$ 38.75
15 pzs	Pijas de 1/4" x 1"	\$ 9.00
45 pzs	Pijas de 1/4" x 1/2"	\$ 17.55
60 pzs	Remaches ala corta 1/8" x 1/4" x 1/8"	\$ 33.00
10304.76 cm <sup>2</sup>	Lámina de acero A36 calibre 20	\$ 196.10

<b>4 pzs</b>	Tornillo M8 1 x 35 cuerda fina	\$ 20.20
<b>4 pzs</b>	Pija punta broca #8 x 1 1/2"	\$ 5.28
<b>500 ml</b>	Esmalte Premium secado extra rápido Comex negro	\$ 162.00
<b>1 L</b>	Thinner estándar Comex	\$ 29.50
<b>500 gr</b>	Estopa	\$ 21.32
<b>1.5 mts</b>	Protector de puerta	\$ 30.00
<b>1 pza</b>	Imán de cerámica de 1.25" de diámetro	\$ 8.50
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2,010.74</b>

Para la **base del banco** se utilizaron 4 barras de perfil cuadrado de 70 cm de longitud y 2 barras de perfil rectangular de 20 cm de longitud, acomodadas como lo indica la figura 21. Para los soportes laterales se utilizó perfil cuadrado, cortándolos con un ángulo sesgado de 29°. Todo se unió con electrodo para soldar 6013. Todos los dibujos de definición se encuentran en el anexo B. Las herramientas que se utilizaron para toda la estructura del banco de trabajo fueron:

- Sierra cinta horizontal
- Disco de corte para acero de 4 ½"
- Disco de desbaste de 4 ½"
- Soldadora de arco de 150 Amperes
- Careta electrónica
- Pulidora
- Flexómetro de 5 mts
- Taladro de mano
- Broca de 1/8"
- Broca de 3/16"
- Pinzas de presión
- Pinzas de presión en C
- Estuche de dados
- Desarmadores: cruz y plano
- Estuche de llaves españolas
- Estuche de llaves mixtas
- Aspiradora
- Compresora de 4 Hp
- Sierra de mesa de 10"
- Pistola de gravedad de 40 psi
- Calibrador vernier de 6"
- Sacabocados para taladro de 1 3/4"

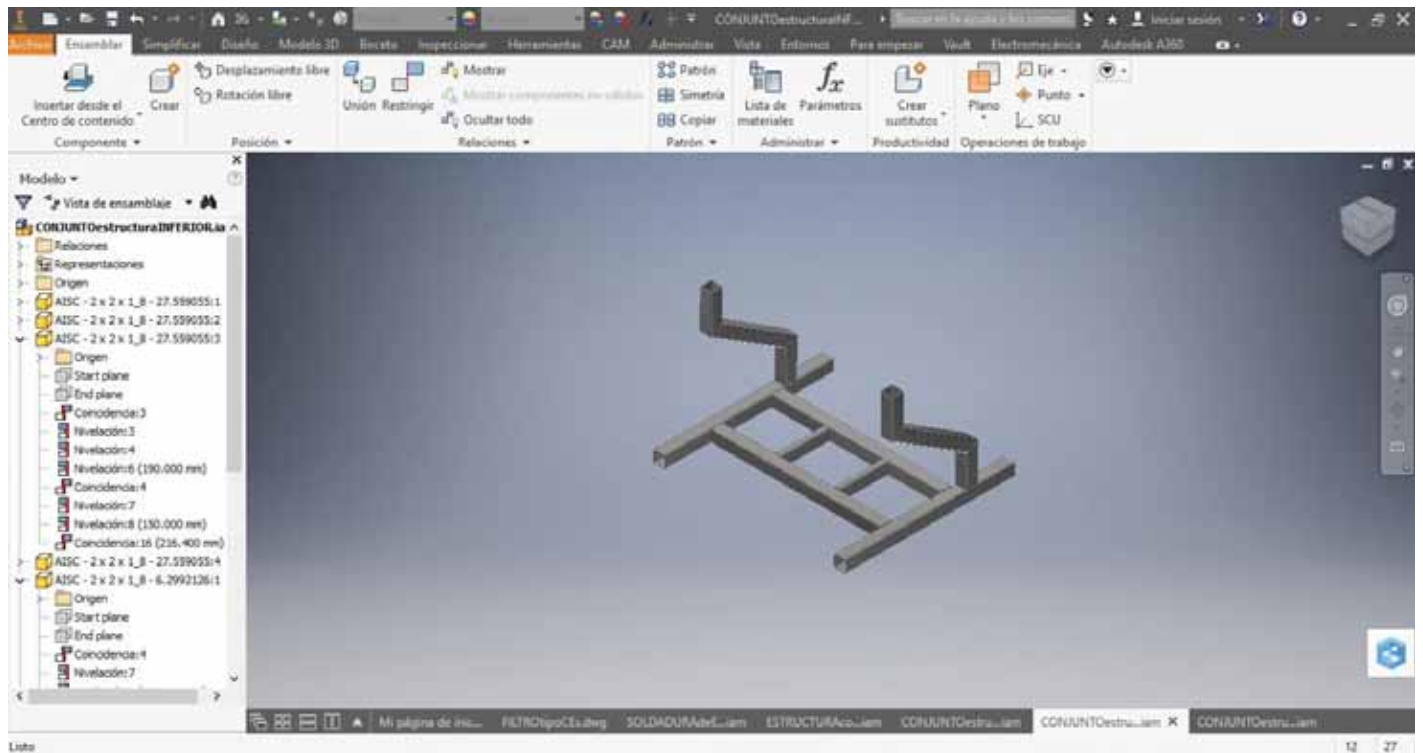


Figura 21.- Base del banco de trabajo.

Para la **estructura de las gavetas** se utilizaron 2 tramos de 58 cm como patas delanteras, 2 de 55.5 cm como patas traseras, 5 de 65 cm utilizadas como entrepaños, 1 de 70 cm colocado arriba de las patas traseras y 8 de 20 cm; todos del perfil rectangular de 2" x 1". En la figura 22 se puede observar el ensamble de la estructura de las gavetas. Todo se unió soldando.

Para el **soporte del torno** se utilizaron 4 tramos de 25 cm como patas, 2 de 20cm para los costados y 1 de 70 cm colocado arriba de las patas traseras; todos del perfil cuadrangular de 2" x 2". En la figura 23 se puede observar el ensamble del soporte del torno. Aquí también todo se unió soldando.

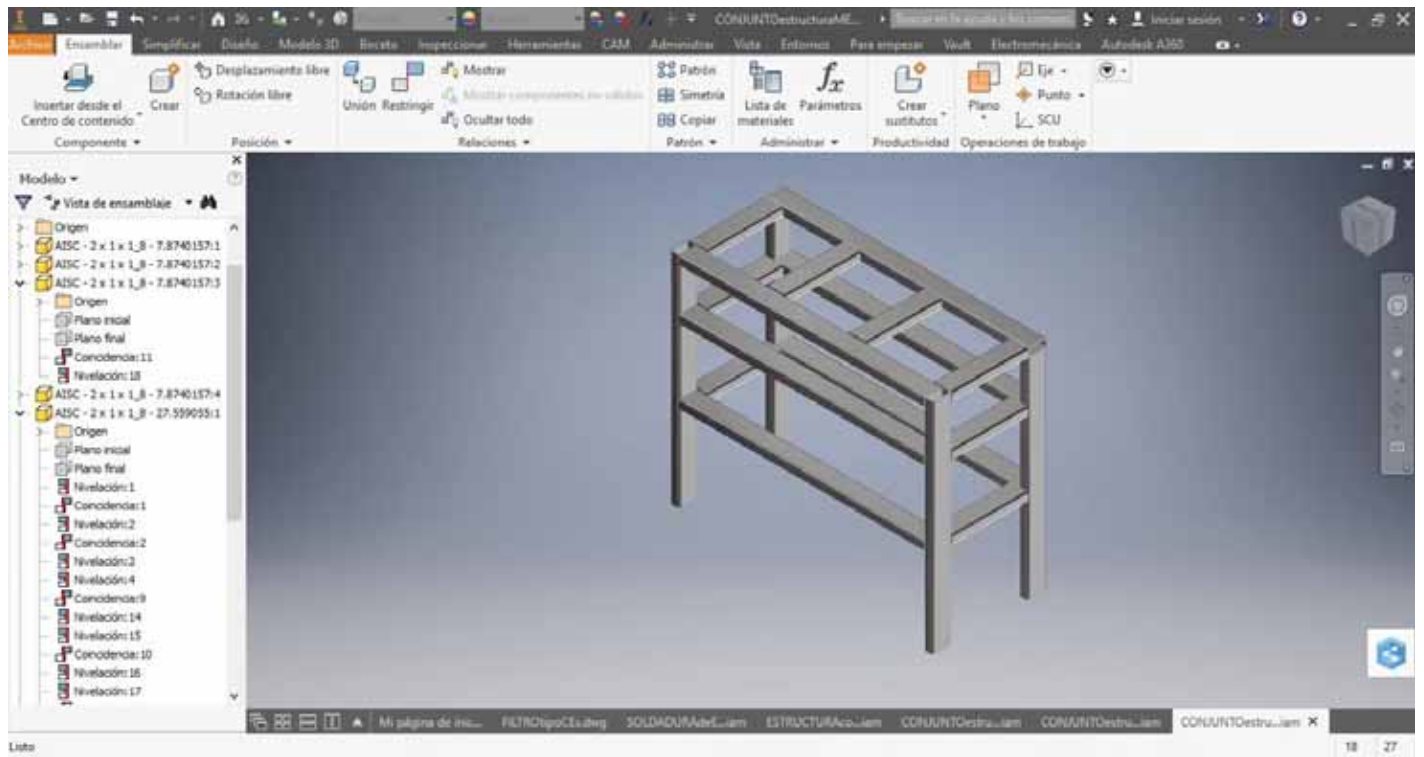


Figura 22.- Estructura para las gavetas.

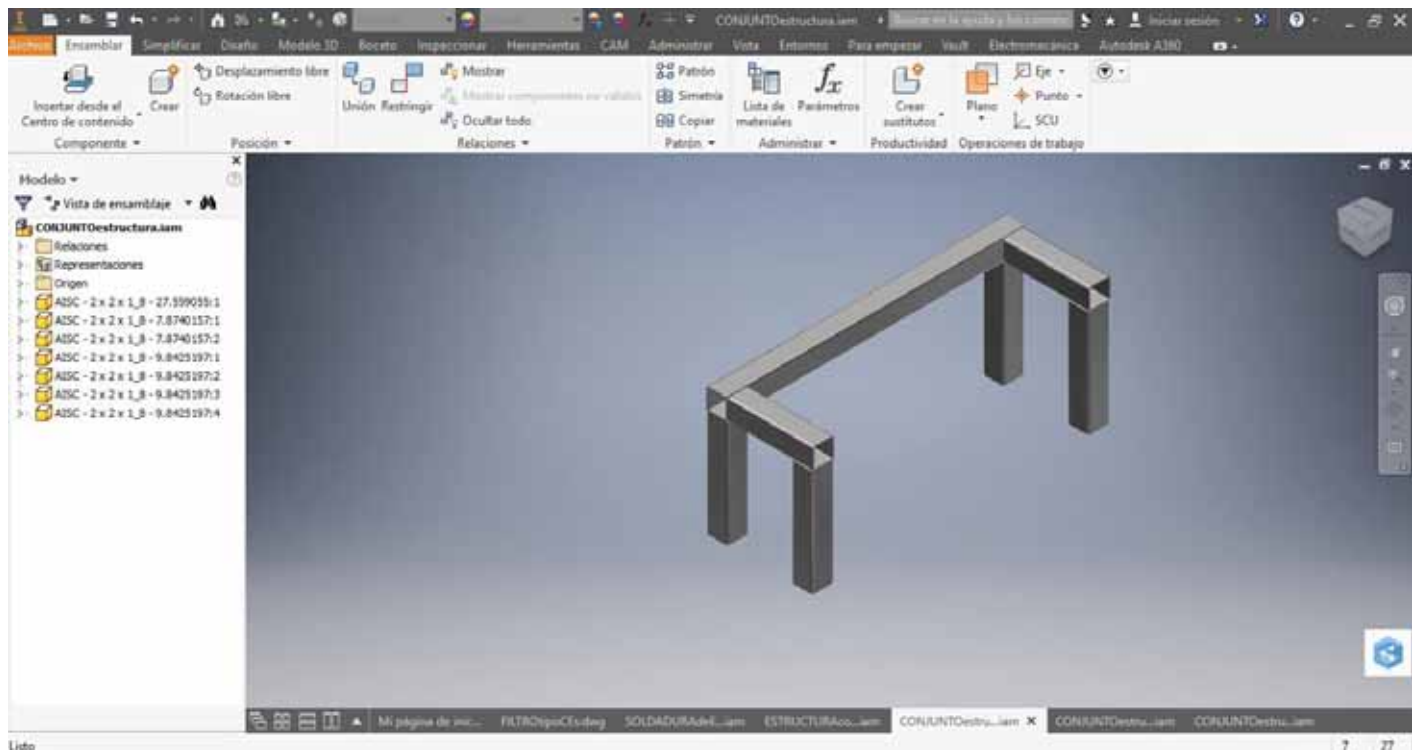


Figura 23.- Soporte para el torno.

Para las **gavetas de madera** se utilizó triplay de 12 mm de espesor para armar el cajón y triplay de 18 mm para la parte de enfrente, todo se unió con pijas, la gaveta de arriba tiene dimensiones más grandes que las de la gaveta de en medio, también se utilizaron las correderas extensión y las manijas. Las dimensiones se pueden observar en los dibujos de definición en el anexo B.

Para la parte inferior del banco de trabajo se creó una **puerta abatible**, se utilizó triplay de 18 mm de espesor, la bisagra de piano, una manija y un imán para poder cerrarla. En la base de la estructura se utilizó triplay de 15 mm.

Para cubrir el respaldo y los laterales de la estructura se utilizó lámina de acero calibre 20, para la parte superior se utilizó triplay de 18 mm. Los tapones se pusieron en los soportes laterales y en los perfiles de la base para evitar riesgos de lesiones al operario. El ángulo de aluminio y las soleras se utilizaron como molduras para sujetar la lámina de acero. El protector de carro se utilizó para cubrir los saques que se le hicieron al respaldo del banco de trabajo. Como resultado final se obtuvo el banco de trabajo de la figura 24.

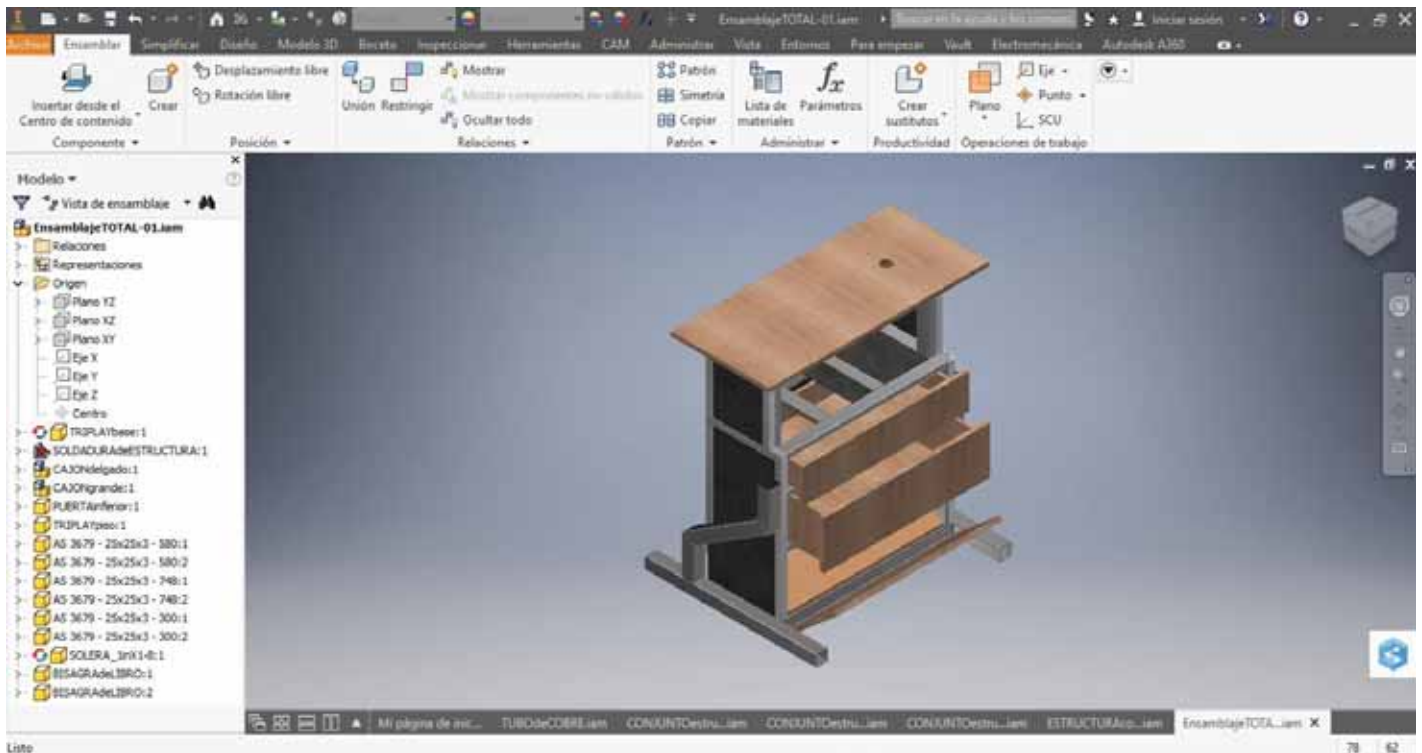


Figura 24.- Banco de trabajo.

### 3.3.- Diseño de anclaje para soporte de controles y servomotores

Se crearon dos dispositivos para anclar los servomotores al torno con el fin de crear estabilidad y calibrarlo de mejor manera a la hora de maquinar las piezas de trabajo. Para hacerlo se utilizaron los materiales de la tabla 7, los costos se cotizaron en el mes de junio de 2018. También se creó una caja

de acrílico para proteger los dispositivos de control que conforman el CPU que dará funcionamiento al torno CNC. Las herramientas que se utilizaron para crearlos son las siguientes:

- Sierra de cinta horizontal
- Taladro de banco
- Broca de 3mm
- Fresadora
- Cortador de diámetro de 4mm
- Broca escalonada de 3-25mm
- Broca de 9mm
- Taladro de mano
- Broca de 8mm
- Broca de 11mm
- Broca de 19mm
- Calibrador vernier 6"
- Flexómetro
- Lima media caña bastarda
- Sierra de mesa de disco de 10"
- Aspiradora
- Router de mesa
- Machuelo de M3
- Maneral
- Desarmadores: cruz y plano
- Estuche de llaves allen
- Perico de 6

Las figuras 25, 26 y 27 muestran los diseños de los dispositivos de anclaje y de la protección para los controles.

**Tabla 7.- Lista de materiales para los dispositivos de anclaje y soporte.**

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Costo</b>
<b>0.071 mts</b>	Perfil rectangular de aluminio de 4" x 1 3/4"	\$ 14.83
<b>0.05 mts</b>	Perfil cuadrado de aluminio de 2" x 2"	\$ 6.52
<b>3260 cm<sup>2</sup></b>	Acrílico de 6 mm de espesor	\$ 310.03
<b>12 pzs</b>	Tornillos 4-40 x 1/2"	\$ 21.24
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 352.62</b>

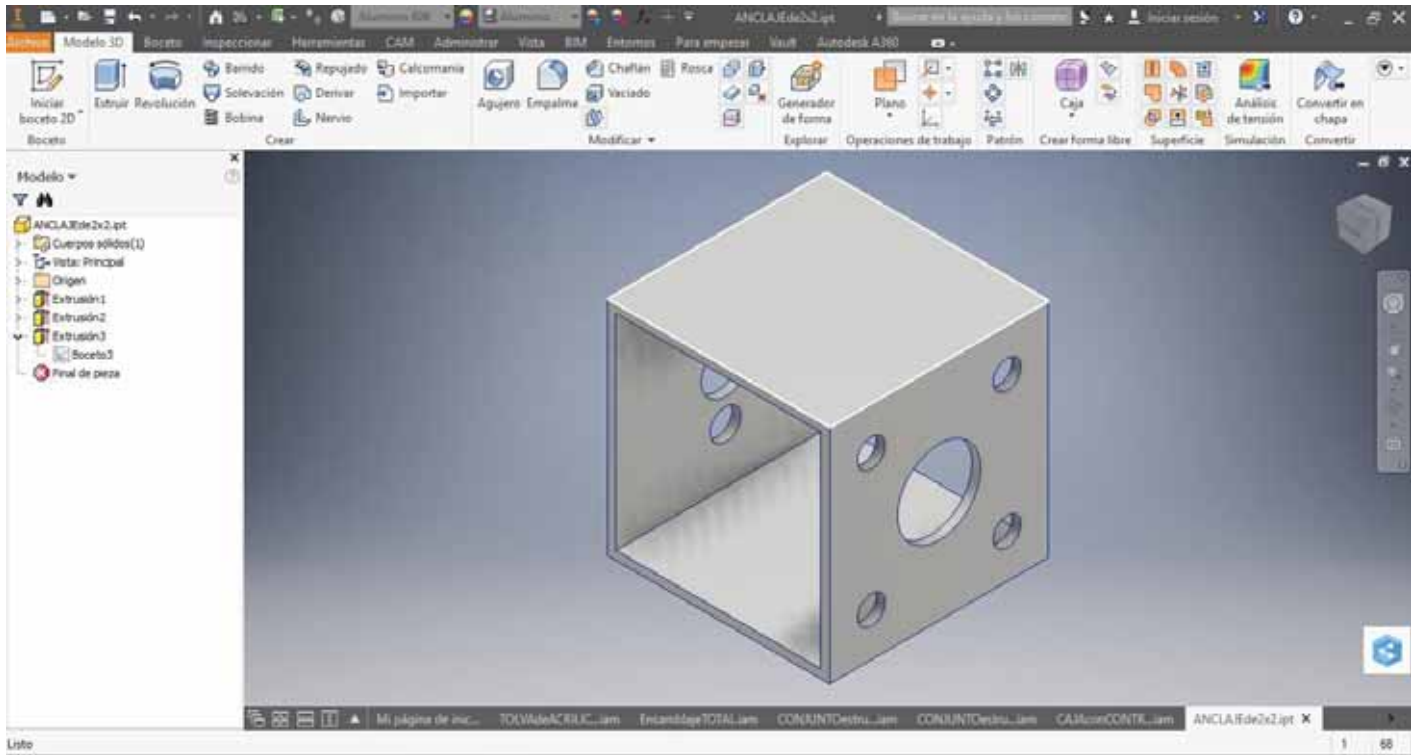


Figura 25.- Dispositivo de anclaje de 2" x 2".

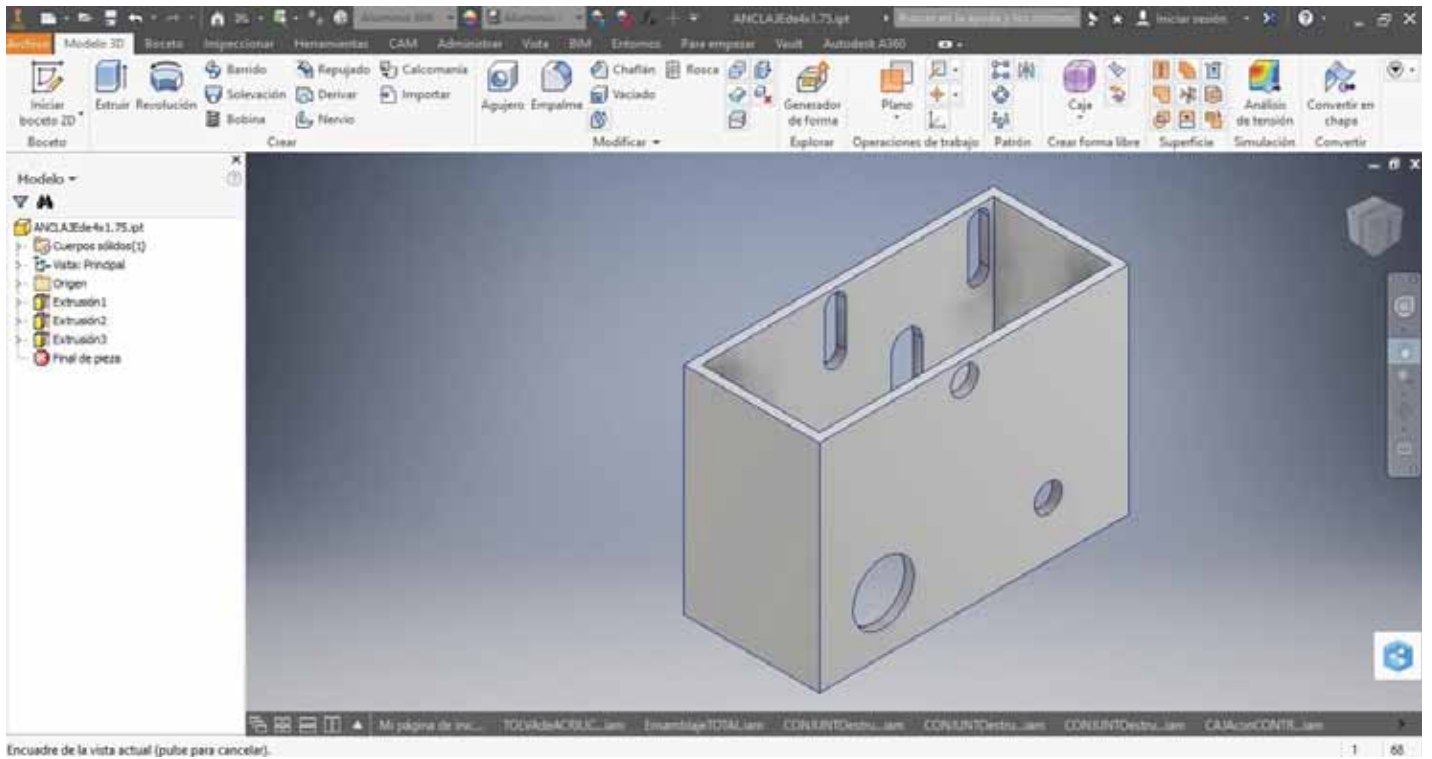


Figura 26.- Dispositivo de anclaje de 4" x 1 3/4".

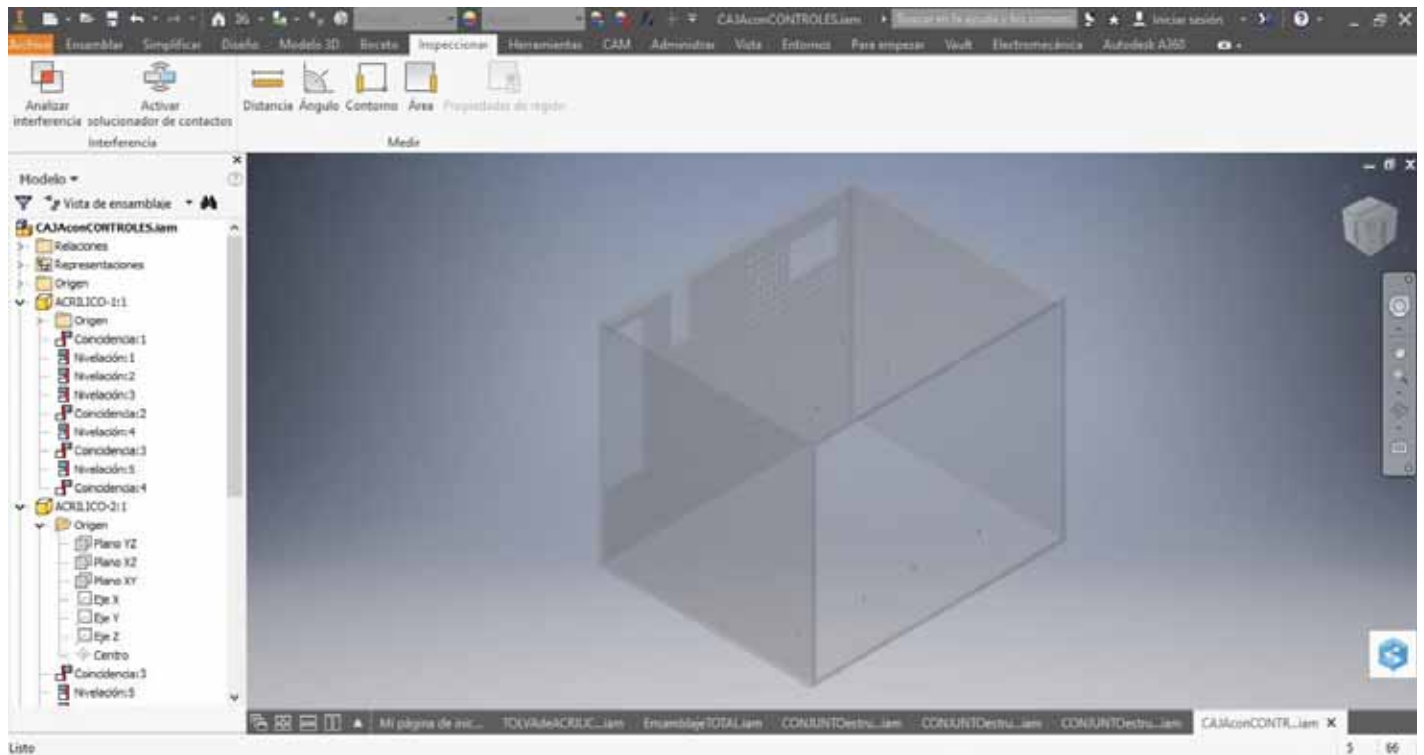


Figura 27.- Dispositivo de protección para los controles.

### 3.4.- Sistema de contención y protección para el operario

Para el **sistema de contención y protección** se quedó sólo en diseño en este proyecto ya que por falta de tiempo no se logró construir el sistema, sin embargo, si en algún futuro alguien quisiera retomar esta parte del proyecto se podría basar en la estructura propuesta en el anexo fotográfico, en los dibujos de definición y en el prototipo realizado con cartón reciclado. El material que se había elegido para realizar el trabajo es acrílico de 6 mm, pero como no llegó a tiempo ya no se realizó. En la figura 28 se muestra el diseño propuesto.

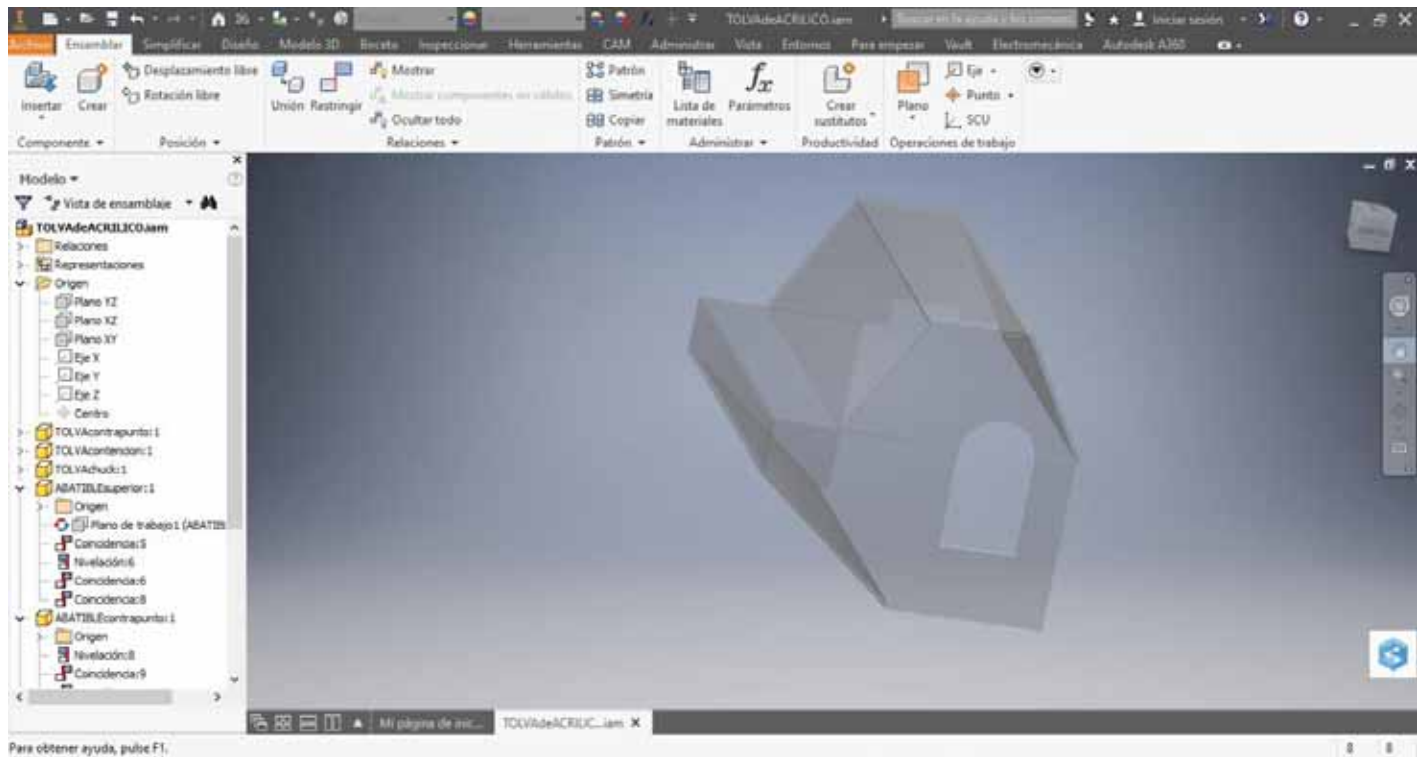


Figura 28.- Diseño del sistema de contención y protección.

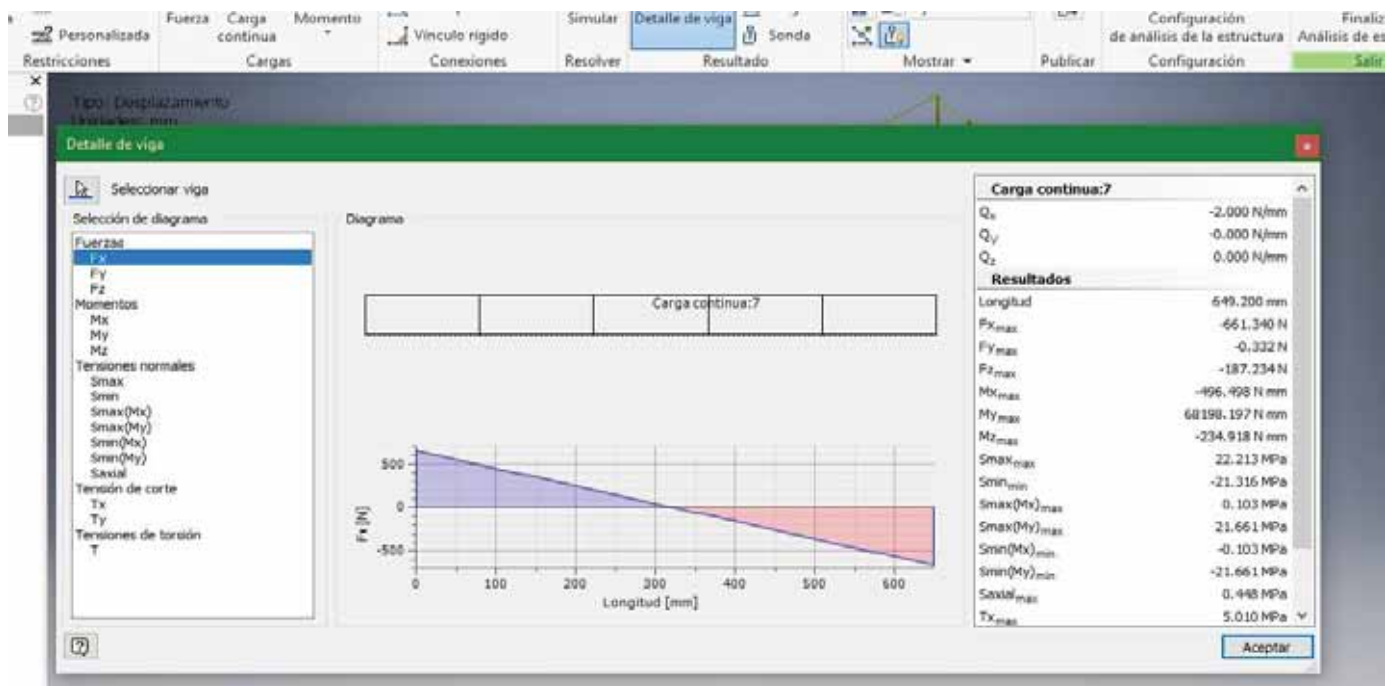
# Capítulo 4.- Resultados

Se realizó una prueba de funcionamiento al sistema de refrigerante, poniendo el depósito a  $\frac{3}{4}$  de su capacidad total que es 8 litros, durante 5 minutos estuvo funcionando el sistema sin interrupción, logrando comprobar su funcionalidad. Dentro de la misma prueba se logró obtener el caudal real que impulsa la bomba el cual fue de 8.5 L/min; esto debido a las pérdidas de carga de cada vuelta en curva que tiene el sistema.

Para el banco de trabajo los resultados que obtuvimos del análisis estructural, aplicándole una carga uniformemente distribuida de 1.5 N/mm en promedio a cada viga, fueron los mostrados en la tabla 9 para la comparación entre el aluminio 6061 y el acero A36; las simulaciones se pueden visualizar en las figuras 19 y 20. Se obtuvieron el diagrama de cuerpo libre de la viga que mayor desplazamiento tiene y los diagramas de fuerza cortante y de momento, los cuales se pueden observar en la figura 29 y 30.

**Tabla 8.- Datos obtenidos del análisis estructural de Autodesk Inventor.**

Material	Desplazamiento máx. (mm)	Momento (mm)	Esfuerzo máx. (MPa)
Aluminio 6061	1.229	67468.44	21.969
Acero A36	0.3961	68198.20	22.213



**Figura 29.- Diagrama de fuerza cortante del acero A36.**

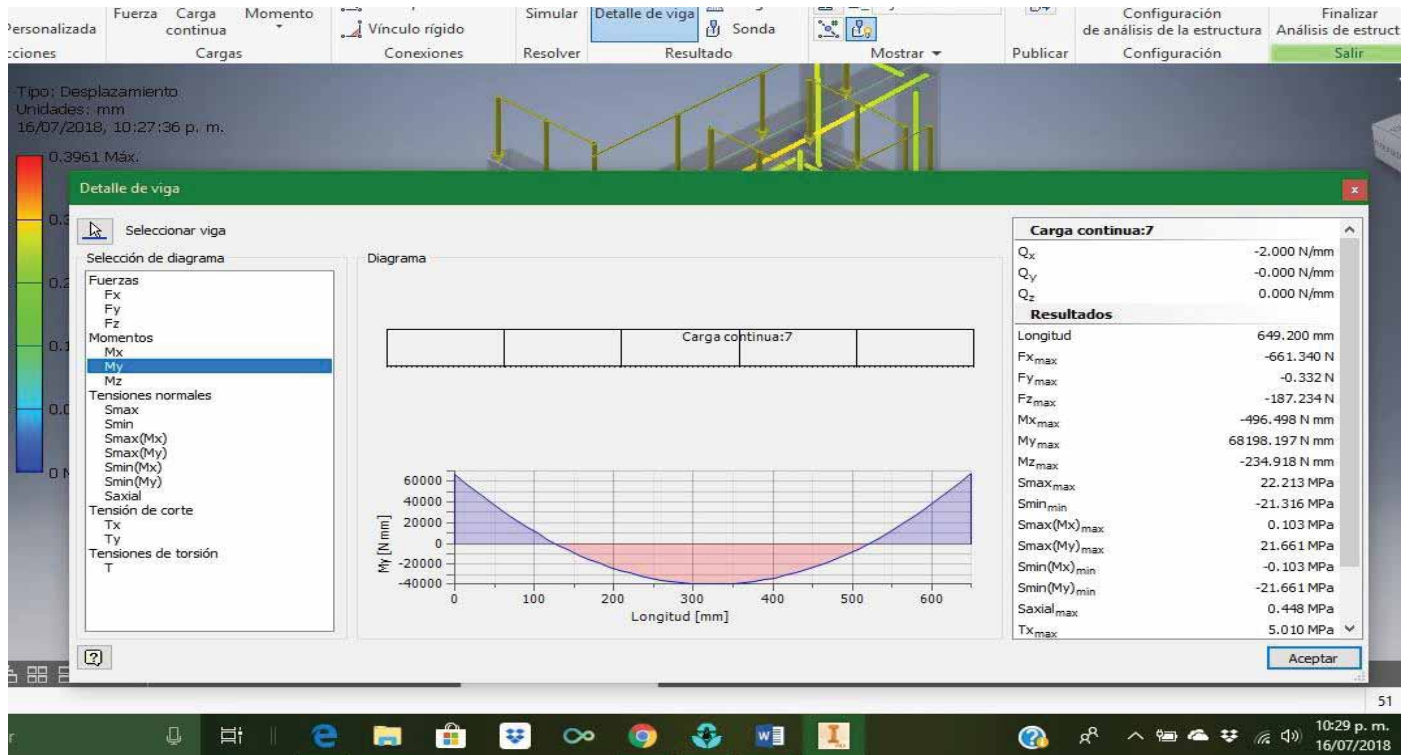


Figura 30.- Diagrama de momento del acero A36.

Para el dispositivo de anclaje en material de aluminio de 2"x2" se realizó un análisis de esfuerzo con el software Autodesk Inventor®, en el cual se aplicó un momento de 3000 Nmm y una fuerza de 2.95 N para simular el torque y el peso del servomotor; en donde obtuvimos los siguientes datos: el desplazamiento máximo es de 0.2129 mm y un coeficiente de seguridad mínimo de 2.99; el esfuerzo máximo es de 75.36 MPa. Las figuras 31 y 32 muestran la simulación.

Para el otro dispositivo de anclaje en material de aluminio de 4"x1 3/4" se realizó de igual forma un análisis de tensión, en el cual se aplicó un momento de 6000 Nmm y una fuerza de 10 N para simular el torque y el peso del servomotor; en donde obtuvimos los siguientes datos: el desplazamiento máximo es de 0.1046 mm y un coeficiente de seguridad mínimo de 8.1; el esfuerzo máximo es de 30.50 MPa. Las figuras 33 y 34 muestran la simulación.

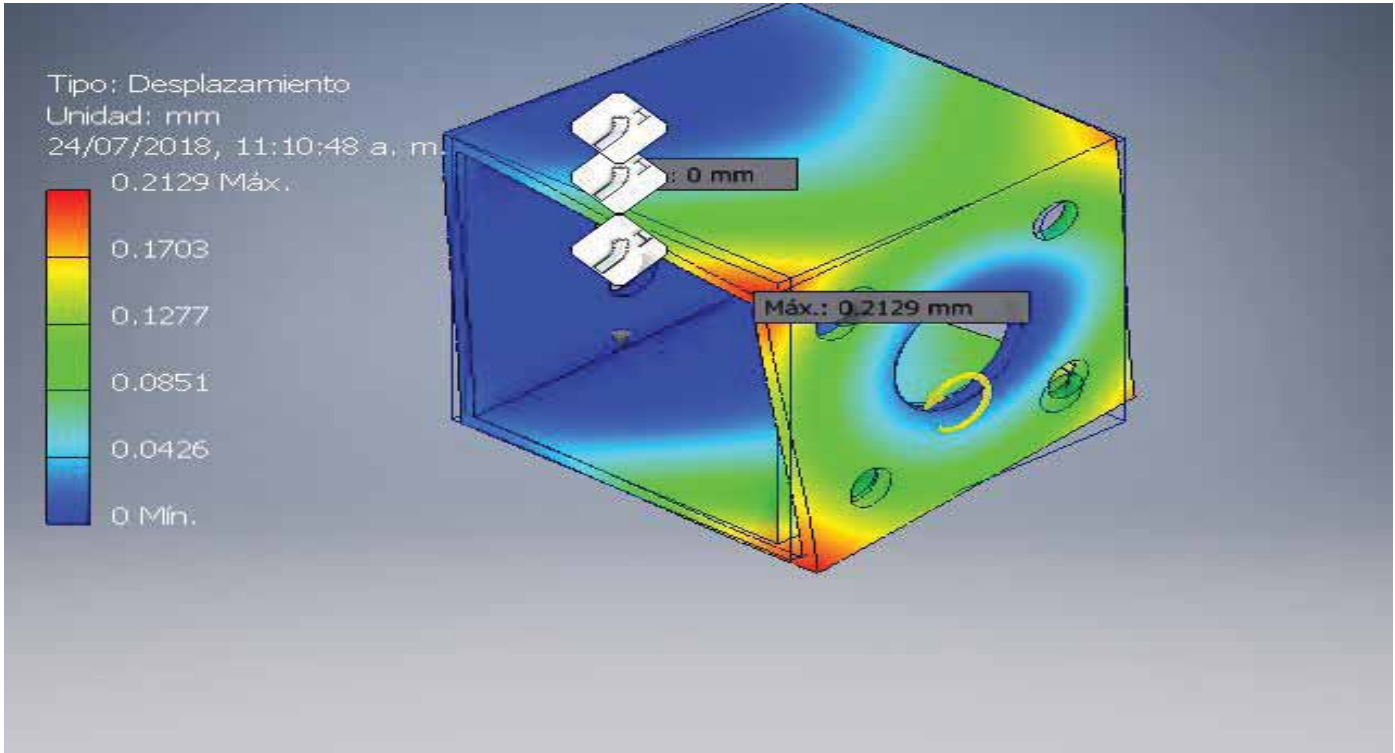


Figura 31.- Simulación del desplazamiento del dispositivo de 2"x2".

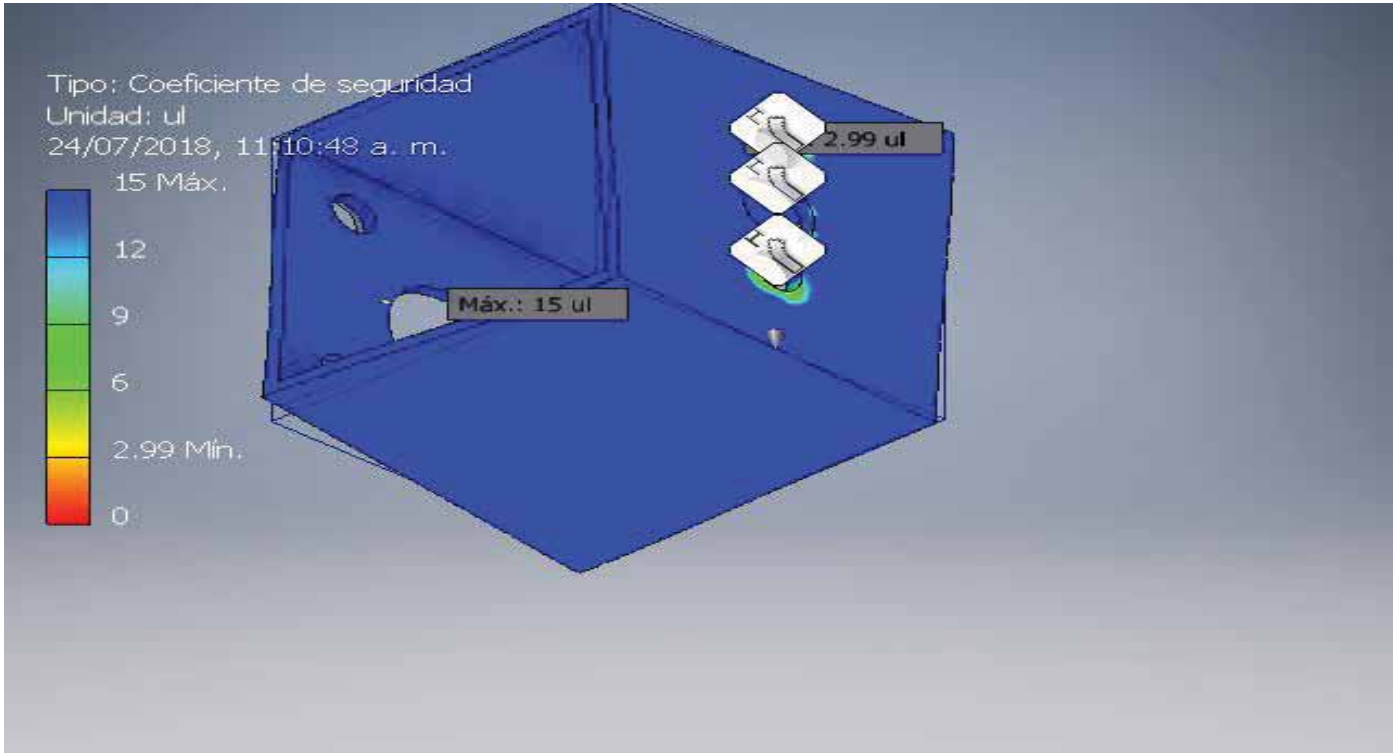


Figura 32.- Simulación del coeficiente de seguridad.

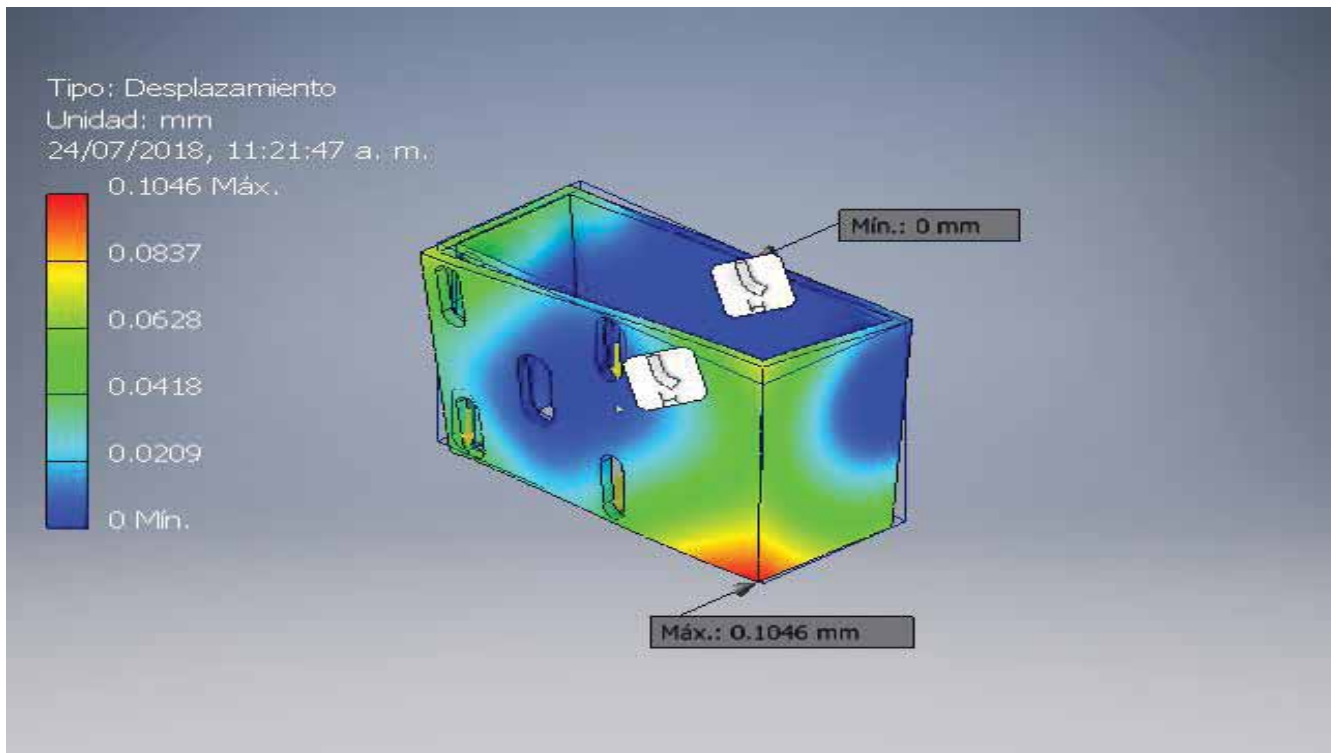


Figura 33.- Simulación de desplazamiento del dispositivo de 4"x 1 3/4".

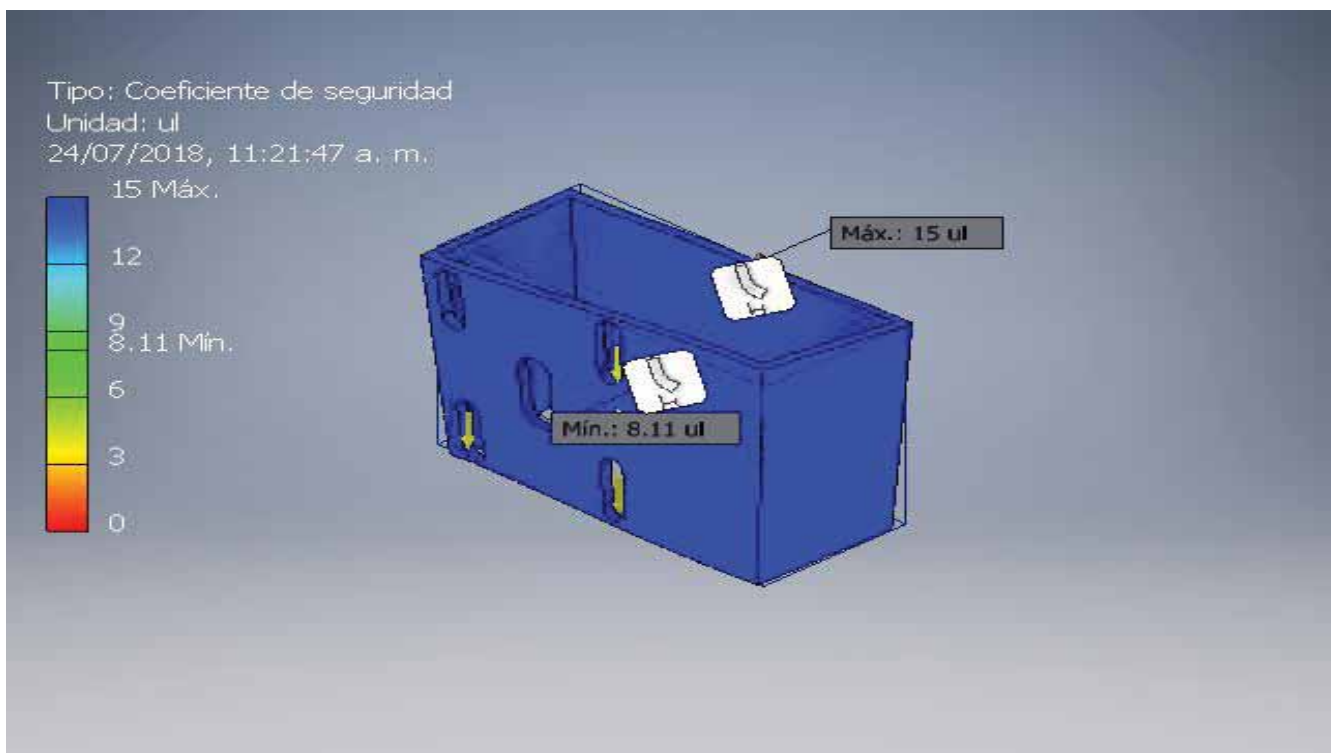


Figura 34.- Simulación del coeficiente de seguridad para el dispositivo de 4"x1 3/4".

## Capítulo 5.- Análisis de resultados

El caudal obtenido en el sistema de refrigeración es considerablemente aceptable ya que con los 8.5 L/min permite el adecuado enfriamiento de la pieza maquinada y la herramienta de corte, de igual manera en las pruebas realizadas se le permitió el flujo con la intención de que partículas y virutas se introdujeran hacia dentro del filtro para comprobar su funcionamiento, en donde se pudo observar que las fibras cumplieron con el objetivo de filtrar el líquido, beneficiando el funcionamiento del sistema.

Para la simulación de la estructura del banco de trabajo, al comparar el desplazamiento máximo en la viga de 700mm de longitud en la cual se observa, que el aluminio tiene un 310% más desplazamiento que el acero A36; por esta razón se eligió el acero. También se puede observar que el esfuerzo máximo que tiene el acero en esta estructura es de 22.213 MPa el cual queda dentro del rango de la resistencia a la cedencia del A36 que es  $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$ , lo que nos indica que el material no sufrirá deformación plástica.

Para los dispositivos de anclaje de aluminio no se tiene un desplazamiento considerable, ya que el esfuerzo máximo que se tiene en cada uno de ellos es de 75.36 MPa y 30.50 MPa, para el de 2"x2" y el de 4"x 1 3/4" respectivamente, y estos datos están dentro del rango del límite elástico del aluminio que es de  $\sigma_y = 255 \text{ MPa}$  lo cual indica que el material es apto para los anclajes. Además, observando el coeficiente de seguridad mínimo de ambos tenemos que los dos pueden soportar más esfuerzo del que se les está aplicando sin temor a que fallen.

La protección para seguridad del operario tiene la función de proteger, no solamente conteniendo el líquido, las virutas y partículas que salen expulsadas por el giro del chuck, ya que cuando la cubierta superior se encuentra abierta el torno no encenderá, lo que garantiza un adecuado funcionamiento del torno.

## Capítulo 6.- Conclusiones

El proyecto que se realizó en este reporte contribuirá al desarrollo de nuevos dispositivos y piezas, que podrán ser fabricadas en el torno Titanium CNC, donde se podrá trabajar de manera controlada y segura por el operario del laboratorio o cualquier académico de la universidad.

De los objetivos planteados, podemos indicar que se cumplieron la mayoría de ellos. Dentro de los objetivos realizados, está el sistema de refrigeración de circuito cerrado, que sirve para enfriar la herramienta de corte que incrementa la utilización de éstas, y de igual forma se obtuvo un mejor acabado en el maquinado de las piezas. Con el retorno del refrigerante, éste sirvió para reutilizarlo ya que se acumula en el depósito, que previamente es filtrado y así ayuda a tener un sistema más limpio y eficiente. El trabajo de la bomba resulta normal y adecuado para el sistema.

Otro punto importante realizado en este proyecto es el del banco de trabajo donde teniendo las dimensiones del torno se optó por diseñar una estructura compacta y rígida para garantizar la estabilidad del banco, de hecho podemos hablar que el diseño del banco puede cargar hasta cuatro tornos Titanium, manteniendo la suficiente estabilidad para seguir trabajando, también se aprovecharon los espacios para la elaboración de las gavetas y un compartimento, siendo estos suficientemente amplios para guardar herramientas y piezas fabricadas.

Por otra parte, se realizó el sistema del anclaje, donde se adaptó a los requerimientos y especificaciones indicados, y se diseñó un soporte estático y ligero para los servomotores que fueron instalados y de igual forma para los dispositivos de control, cumpliendo con la funcionalidad de los sistemas de potencia y control para el CPU.

Finalmente, para el objetivo del sistema de protección, este se quedó sólo en el diseño y prototipo, el cual resultó ser en la práctica funcional. Por otra parte, se dejaron los dibujos de definición, para su futura fabricación por parte de algún compañero o académico de la universidad.

# Bibliografía

- . (S.n.). *Bombas Ideal*. Obtenido de Datos técnicos de hidráulica. Bombas.:  
[http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/catalogos/25-LIBRO%20HIDRAULICA%20\[D-020714\].pdf](http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/catalogos/25-LIBRO%20HIDRAULICA%20[D-020714].pdf)
- Aceros consolidada*. (Junio de 2018). Obtenido de [consolidada.com.mx/](http://consolidada.com.mx/)
- Ahmsa. (2017). *Manual de Diseño para la construcción con acero*. Obtenido de  
[http://www.ahmsa.com/wp-content/uploads/2017/10/Capitulo\\_1.pdf](http://www.ahmsa.com/wp-content/uploads/2017/10/Capitulo_1.pdf)
- Auto Euroglas*. (2018). Obtenido de  
<http://auto.euroglas.net/sites/auto.euroglas.net/files/descargas/fichaTEMPLADO3.pdf>
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: Mc Graw Hill.
- Caballero Arroyo, J. (1982). *Mecánica del medio continuo*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Callister Jr., W. D. (2002). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Barcelona: Reverté S.A.
- Comex*. (Junio de 2018). Obtenido de [www.comex.com.mx/](http://www.comex.com.mx/)
- CostoNet*. (Junio de 2018). Obtenido de [www.costonet.com.mx/](http://www.costonet.com.mx/)
- El rey del tornillo*. (Junio de 2018). Obtenido de <http://elreydeltornillo.com/>
- Estrucplan*. (2011). Obtenido de Guardas de seguridad en máquinas:  
<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=2807>
- Ferremas*. (Junio de 2018). Obtenido de <https://www.ferremas.com/>
- Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de materiales*. México: Pearson .
- Homedepot*. (Junio de 2018). Obtenido de [www.homedepot.com.mx/](http://www.homedepot.com.mx/)
- ITEM*. (2017). Obtenido de El sistema de banco de trabajo ergonómico:  
[http://media.item24.com/pdf/APS-Gesamtkatalog2\\_2011\\_ES.pdf](http://media.item24.com/pdf/APS-Gesamtkatalog2_2011_ES.pdf)
- Kalpakjian, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson.
- Krar, S. F., Gill, A. R., & Peter, S. (2009). *Tecnología de las Máquinas Herramienta*. México: Alfaomega.
- Maderería La Huerta*. (Junio de 2018). Obtenido de [www.madererialahuerta.com/](http://www.madererialahuerta.com/)
- Magnetica Saiffe*. (Junio de 2018). Obtenido de [www.imanes.com.mx/](http://www.imanes.com.mx/)
- Makina erramintaren museao*. (2007). Obtenido de  
<https://web.archive.org/web/20101112110926/http://www.museo-maquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/Tornuak>

*Manoplas*. (2018). Obtenido de <http://manoplas.com.co/site/wp-content/uploads/2015/12/FICHA-TECNICA-DE-LAMINA-ACRILICA.pdf>

*Maquinaria Industrial*. (Noviembre de 2017). Obtenido de Main casa: <https://www.maincasa.com.mx/herramienta/maquinaria/mini-tornos-y-tornos-varios/52-028-001>

*Maquinaria industrial*. (S.n). Obtenido de <https://www.maincasa.com.mx/detalles/52-028-001>

Mata Cabrera, F. (2002). *Caracterización de los sistemas de lubricación y refrigeración de maquinaria industrial*. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/3/40/a40.pdf>

*MOCAP*. (Junio de 2018). Obtenido de <https://store.mocap.com/>

Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearson.

Oficina Internacional del Trabajo. (2001). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Vol. II). Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Obtenido de <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=a981ceffc39a5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>

Oficina Internacional del Trabajo. (2013). *Seguridad y salud en la utilización de la maquinaria. Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.

Pereira, P. R.-A. (2016). Un sistema de micro pulverización de aceites vegetales en mecanizado por impulsión controlada de la dosificación. *XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*, (págs. pp 550-555.). Obtenido de <http://innovacionumh.es/editorial/XXI%20Congreso%20Nacional%20Ingenieria%20Mecanica.pdf>

*Pytsa Aceros*. (Junio de 2018). Obtenido de <http://www.pytsa.mx>

Sanchez Bribiesca, J. L. (1970). *Mecánica del medio continuo*. México: UNAM.

*Tornillería Toledo*. (Junio de 2018). Obtenido de <http://www.toledo.com.mx/Tornilleria.html>

*Wikipedia*. (16 de Junio de 2018). Obtenido de Torno: <https://es.wikipedia.org/wiki/Torno>

# Anexo A.- Fotografías del desarrollo del proyecto



*Fotografía 1.- Instalaciones del laboratorio de desarrollo e incubación de nuevas tecnologías.*



*Fotografía 2.- Vista lateral del torno Titanium.*



*Fotografía 3.- Espacio seleccionado para la colocación del depósito del refrigerante.*



*Fotografía 4.- Soldado de tubo de cobre de 3/4" con varilla de plata a la base del torno.*



*Fotografía 5.- Acrílico de 6mm utilizado para el armado del depósito del refrigerante y la caja de controles.*



*Fotografía 6.- Deposito del refrigerante ya conformado y listo para su colocación.*



*Fotografía 7.- Conexión de tuerca unión y conector macho de 3/4".*



*Fotografía 8.- Tubo de acrílico de 4" utilizado para la elaboración del filtro.*



*Fotografía 9.- Placa de acrílico de 9mm, cortada en la sierra cinta vertical, para aproximar la circunferencia de 4" de diámetro, que servirán como las tapas del filtro.*



*Fotografía 10.- Elementos que conforman el filtro de acrílico.*



*Fotografía 11.- Maquinado de las tapas del filtro en el torno paralelo.*



*Fotografía 12.- Acabado del cilindrado con diámetro para obtener un ajuste con apriete.*



*Fotografía 13.- Ensamble del cilindro con las dos tapas ya ajustadas.*



*Fotografía 14.- Perforación del tubo de acrílico con broca de 3mm en el taladro de banco.*



Fotografía 15.- Cilindro de acrílico maquinado y perforado, y fibras utilizadas para filtrar el refrigerante.



Fotografía 16.- Bomba seleccionada aqua-sub, con potencia de 8W, suficiente para elevar 1.2m la altura del refrigerante.



*Fotografía 17.- Instalación del depósito, bomba y tubería para el circuito del refrigerante.*



*Fotografía 18.- Instalación del depósito y del filtro dentro del banco de trabajo para su prueba de funcionamiento.*



*Fotografía 19.- Tubo de cobre flexible de 1/4" utilizado para el circuito del refrigerante.*



*Fotografía 20.- Colocación del tubo de cobre de 1/4" en el sistema.*



Fotografía 21.- Placa de soporte para el tubo curvo.



Fotografía 22.- Tubo de cobre de 1/4" doblado que suministrara el líquido refrigerante.



Fotografía 23.- Soldado de tubo de cobre de 1/4" a la base del torno.



Fotografía 24.- Posicionamiento del sistema en el torno.



*Fotografía 25.- Posicionamiento de la bomba e instalación de manguera flexible.*



*Fotografía 26.- Filtro totalmente ensamblado con boca de entrada roscada de 3/4" NPT.*



*Fotografía 27.-Pruebas de funcionamiento del circuito cerrado con agua, para comprobación de resultados y fugas (a  $\frac{3}{4}$  de su capacidad).*



*Fotografía 28.- Consumo de 3 litros aproximadamente, utilizado hasta el momento del retorno del líquido al depósito.*



*Fotografía 29. Tubular cuadrado de 2"x2" cortado, listo para soldar.*



*Fotografía 30. Proceso de armado de la estructura del banco.*



*Fotografía 31.- Estructura del banco con un 85% de avance.*



*Fotografía 32.- Prueba de funcionamiento de la gaveta.*



*Fotografía 33. Trazado y colocación del torno en la mesa de trabajo.*



*Fotografía 34.- Material solera de aluminio de 1 pulgada para sujeción de forro de lámina en el banco de trabajo.*



*Fotografía 35.- Vista lateral derecha del banco de trabajo con 70% de avance.*



*Fotografía 36.- Soldado de lámina de cal. 12 que soportara el depósito de acrílico.*



*Fotografía 37.- Colocación y fijación de lámina cal 20 y las molduras del banco de trabajo.*



*Fotografía 38.- Colocación del tapón de plástico cuadrado de 2" x 2".*



*Fotografía 39.- Soldado de tapones de lámina cal. 12.*



*Fotografía 40.- Vista frontal de los últimos detalles de soldadura y pasada con pulidora.*



*Fotografía 41.- Vista trasera de la colocación de lámina cal 20, ángulos y soleras de aluminio de 1".*



*Fotografía 42.- Trazado de la mesa del banco de trabajo, para proceso de barrenos y colocación del torno.*



*Fotografía 43.- Gaveta superior ensamblado de triplay de 12mm y 18mm.*



*Fotografía 44.- Colocación de correderas de extensión de 25cm en la parte lateral de los cajones*



Fotografía 45.- Herramientas de trabajo del torno Titanium.



Fotografía 46.- Gaveta de en medio, armado con pijas de 1/4"x3/4".



*Fotografía 47.- Ensamblado de la puerta abatible.*



*Fotografía 48.- Trazado y colocación de manijas en los dos cajones y la puerta abatible.*



*Fotografía 49.- Saques realizados a la lámina de cal 20 para obtener una visión en el interior del banco por la parte de atrás.*



*Fotografía 50.- Vista de la parte de atrás del banco con la colocación de la caja de control y el depósito del refrigerante.*



*Fotografía 51.- Fijación del imán de 1.25in con una pija de ¼" x ½" a la compuerta.*



*Fotografía 52.- Preparación del esmalte de pintura color negra.*



*Fotografía 53.- Aplicación del esmalte negro en la estructura del banco de trabajo.*



*Fotografía 54.- Vista de la parte de atrás del banco acabado en pintura negra, aplicado en la cámara de pintura dentro del laboratorio de desarrollo de nuevas tecnologías.*



*Fotografía 55.- Acoplamiento de los diferentes sistemas fabricados para el torno Titanium.*



*Fotografía 56.- Pruebas de funcionalidad de los diversos elementos e instalación de ellos.*



*Fotografía 57.- Vista trasera de todos los sistemas para el torno Titanium.*



*Fotografía 58.- Torno Titanium colocado e instalado con sus diferentes sistemas desarrollados e instalados.*



*Fotografía 59. Instalación de soporte para servomotor para el sistema de transmisión.*



*Fotografía 60.- Pruebas de funcionamiento en servomotores.*



*Fotografía 61.- Caja de acrílico de 6mm para proteger los controles.*



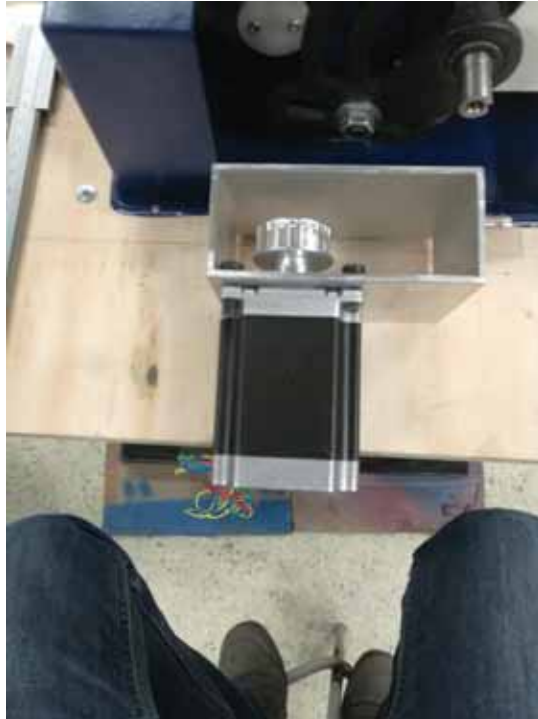
*Fotografía 62.- Soporte de servomotor fabricado en perfil cuadrado de aluminio de 2"x2".*



*Fotografía 63.- Servomotor utilizado para la transmisión de potencia.*



*Fotografía 64.- Corte de la sección de perfil de 4"x1 3/4" en la sierra cinta horizontal.*



*Fotografía 65.- Posicionamiento del anclaje, para su instalación.*



*Fotografía 66.- Trazado y barrenos para las correderas en el ajuste de tensión.*



*Fotografía 67.- Desbastado de las correderas en la fresadora CNC.*



*Fotografía 68.- Prueba de funcionalidad del recorrido del servomotor en las correderas.*



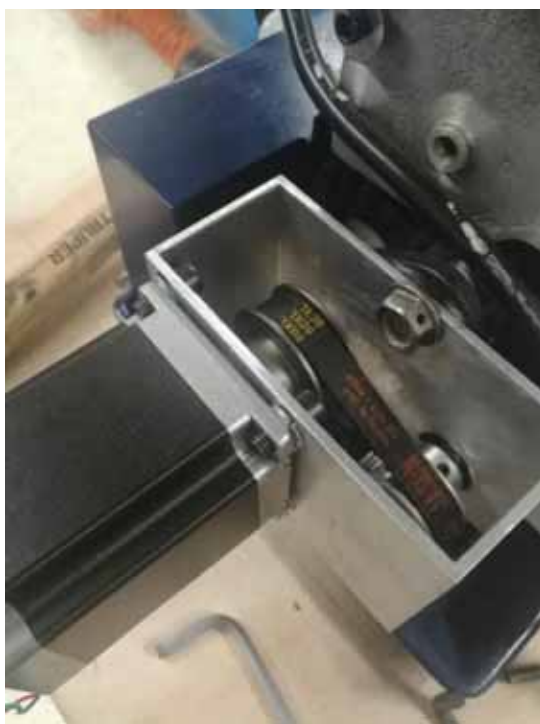
*Fotografía 69.- Anclaje del servomotor.*



*Fotografía 70.- Fabricación de una extensión de eje para la correcta posición de la polea.*



*Fotografía 71.- Aumento de diámetro de agujero de la polea.*



*Fotografía 72.- Instalación de la transmisión para prueba de funcionamiento del anclaje.*



*Fotografía 73.- Instalación del programa CNC para correderas.*



*Fotografía 74.- Dispositivos de control para el armado del CPU.*



*Fotografía 75.-Trazado de los diferentes barrenos para la colocación de los dispositivos de control.*



*Fotografía 76.- Ensamblado de la caja de acrílico para los diferentes dispositivos de control.*



*Fotografía 77.- Elaboración de la cubierta prototipo.*



*Fotografía 78.- El prototipo se elaboró en material reciclado de cartón.*



*Fotografía 79.- Tolda para contener el líquido refrigerante.*

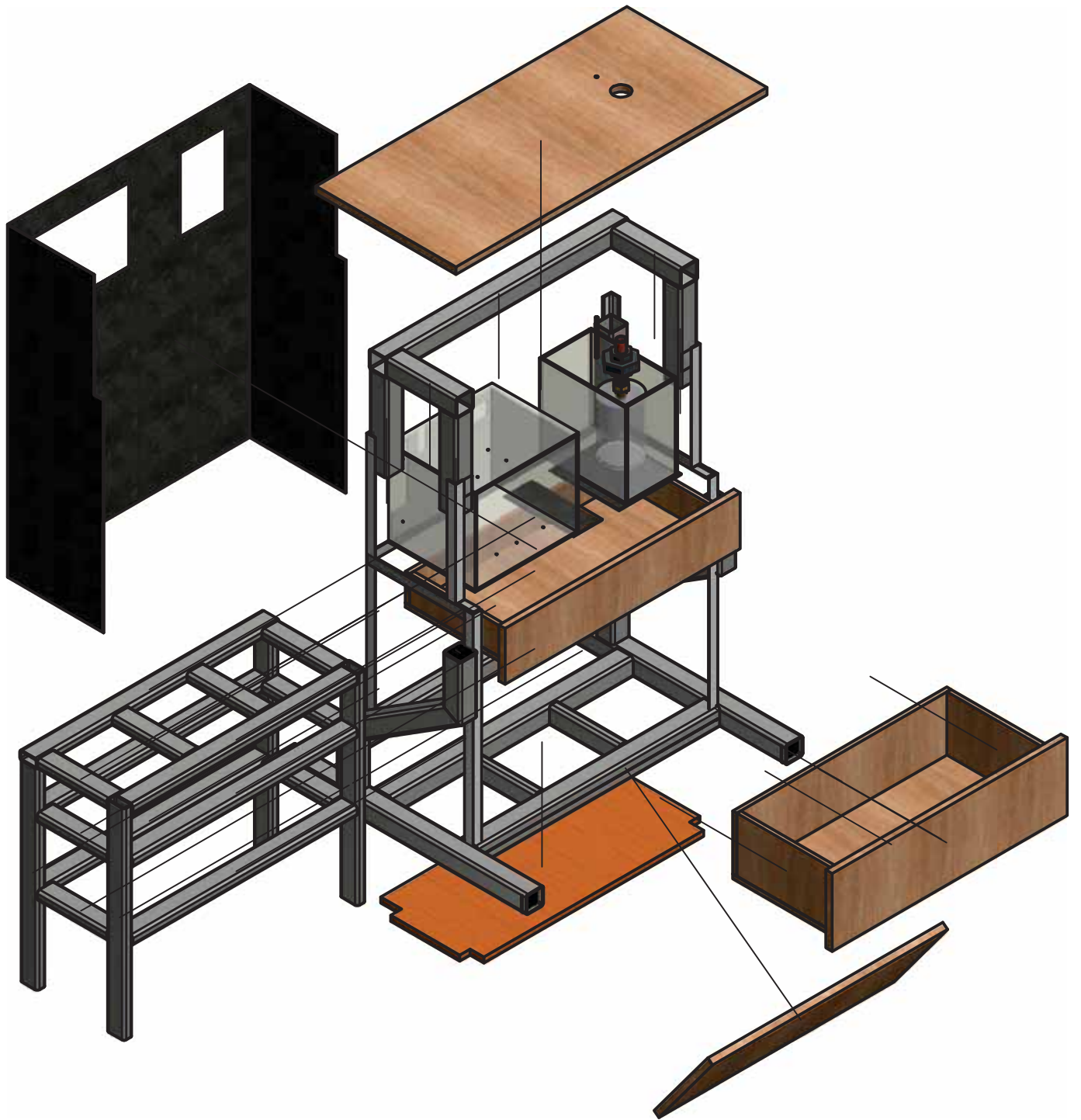


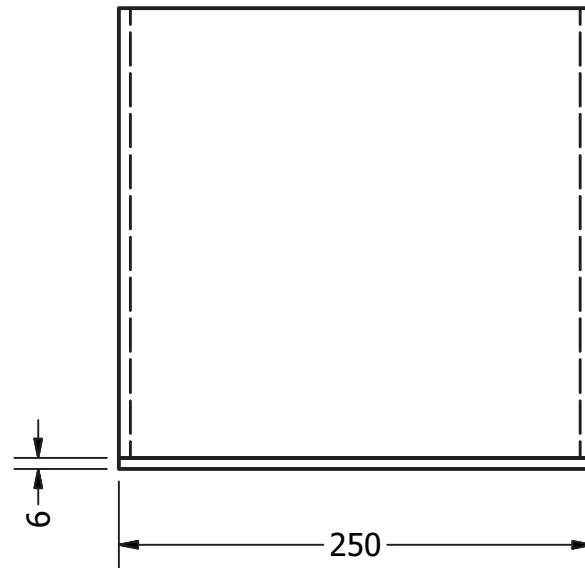
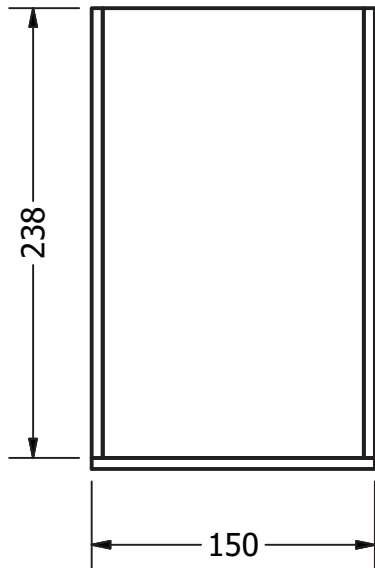
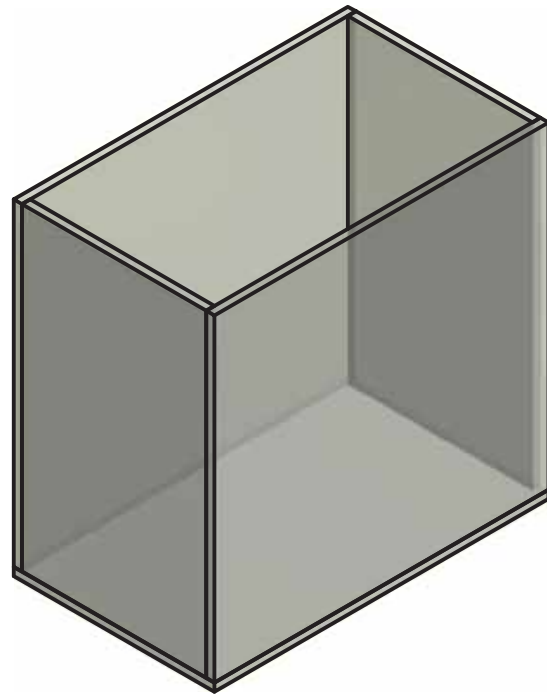
*Fotografía 80.- Prueba de funcionalidad del prototipo, el cual se pretendía realizar con acrílico de 6mm de espesor.*




*Fotografía 81. Vista lateral de la protección que encajona el torno para proteger de las salpicaduras.*

# Anexo B.- Dibujos de definición de los sistemas construidos

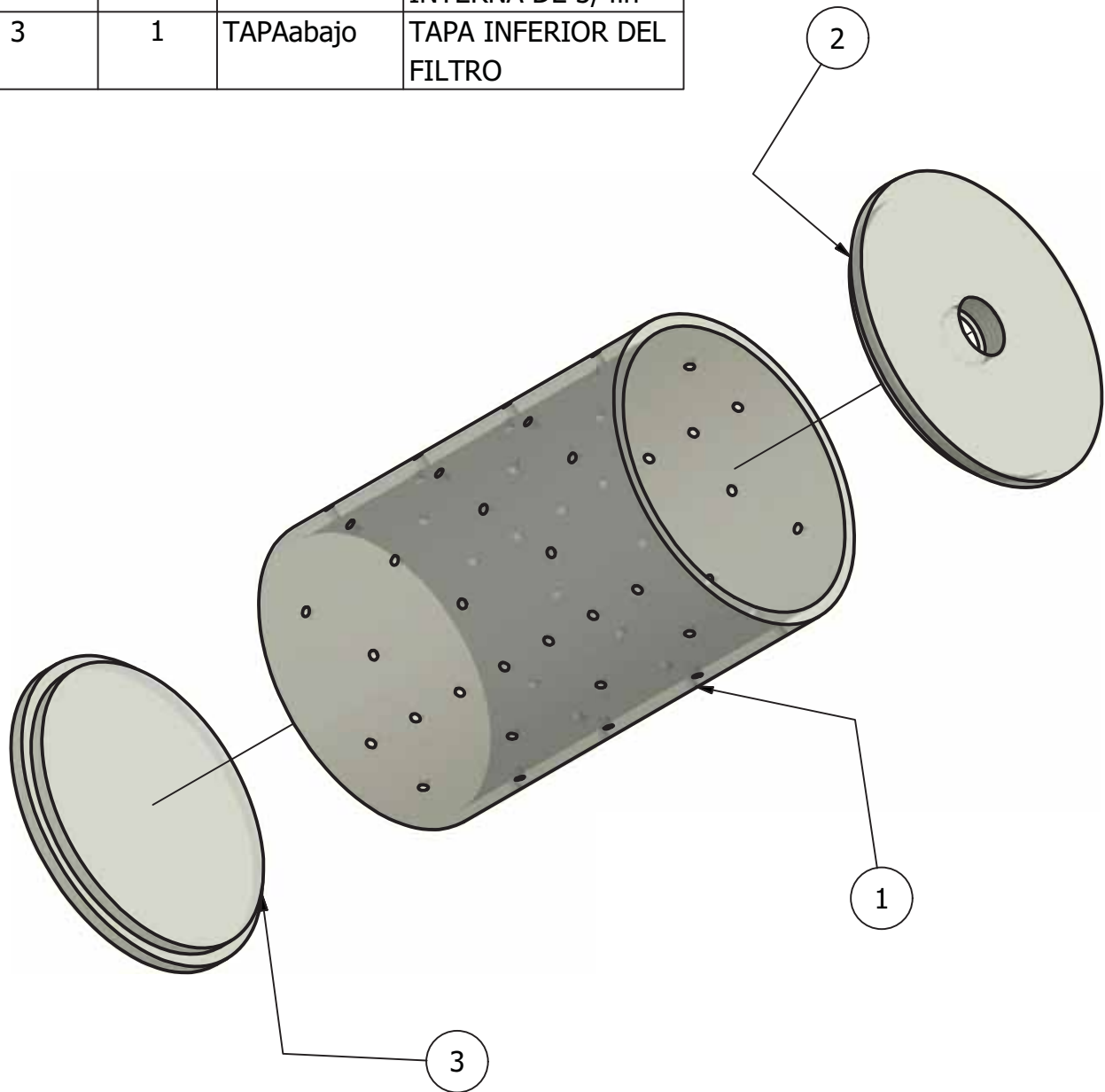




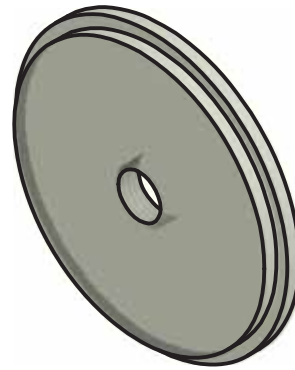
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 01-Marzo-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		Depósito para el refrigerante	
		Acotación mm	Escala 1:4	Hoja 1 / 1	

LISTA DE PIEZAS

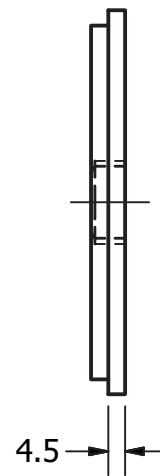
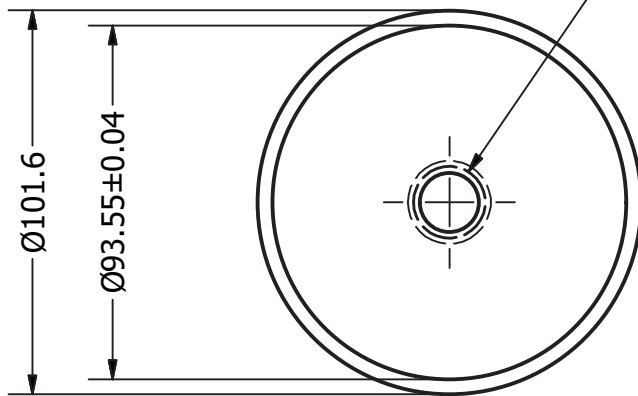
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	BASE	TUBO DE ACRÍLICO PERFORADO
2	1	TAPA	TAPA SUPERIOR CON ROSCA INTERNA DE 3/4in
3	1	TAPAabajo	TAPA INFERIOR DEL FILTRO


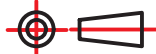


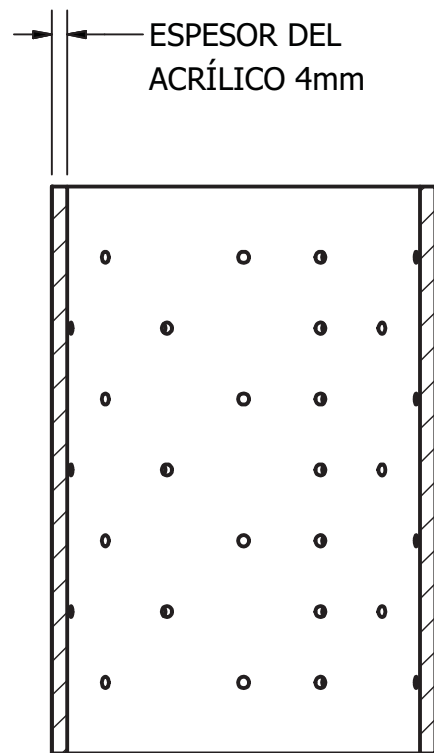
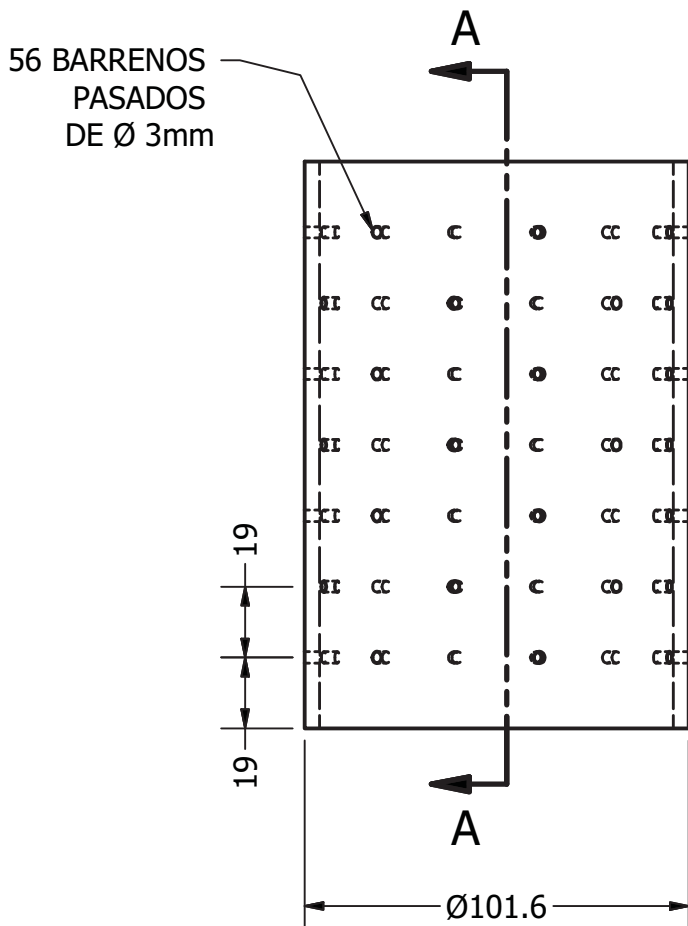
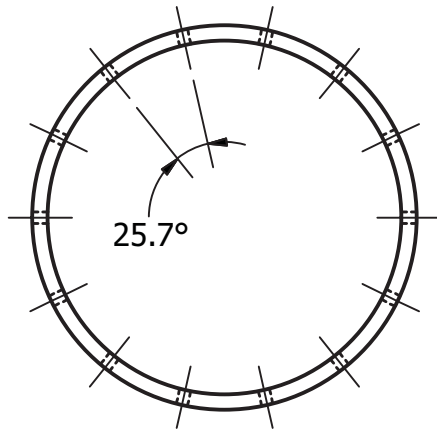
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material	Fecha	
		<b>ENSAMBLE DE FILTRO</b>			
Casa abierta al tiempo				Acotación mm	Escala Hoja 1 / 1



3/4-14NPT-1L

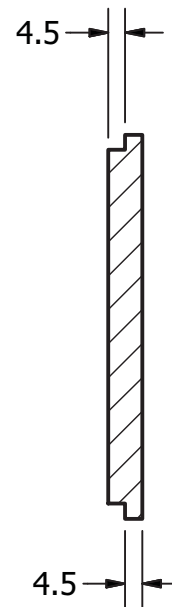
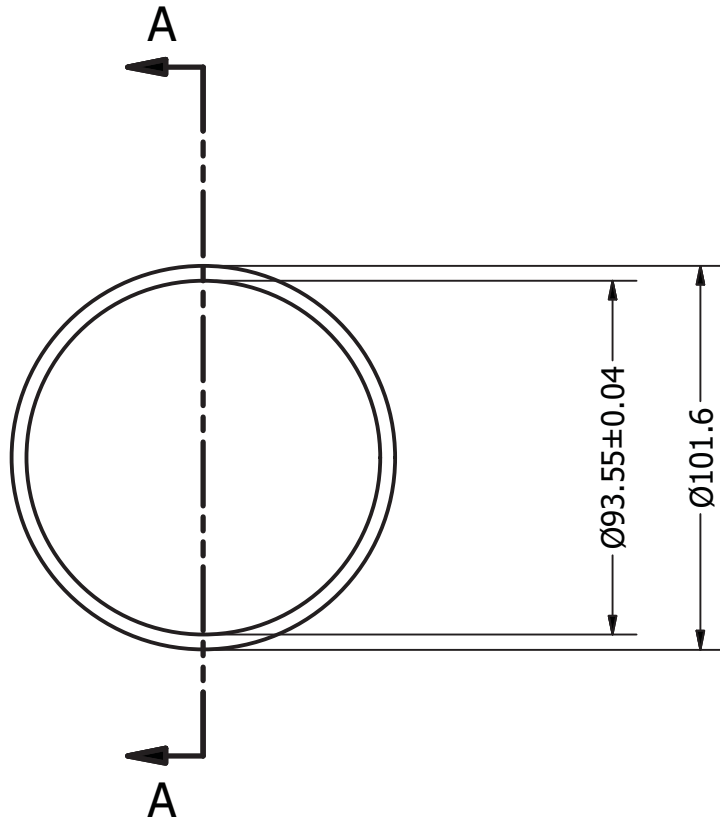
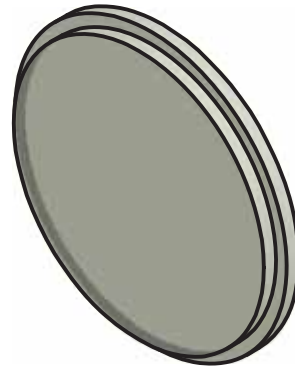


Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material ACRÍLICO	Fecha 06-MARZO-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		<b>TAPA SUPERIOR DEL FILTRO</b>	
		Acotación mm	Escala 1:2	Hoja 1 / 1	

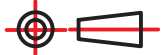


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 2

Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material ACRÍLICO	Fecha 05-Marzo-2018	
		<p>TUBO PARA FILTRO</p>			
<p>Casa abierta al tiempo</p>				<p>Acotación mm</p>	<p>Escala 1:2</p>
<p>Universidad Autónoma Metropolitana</p>				<p>Hoja 1 / 1</p>	

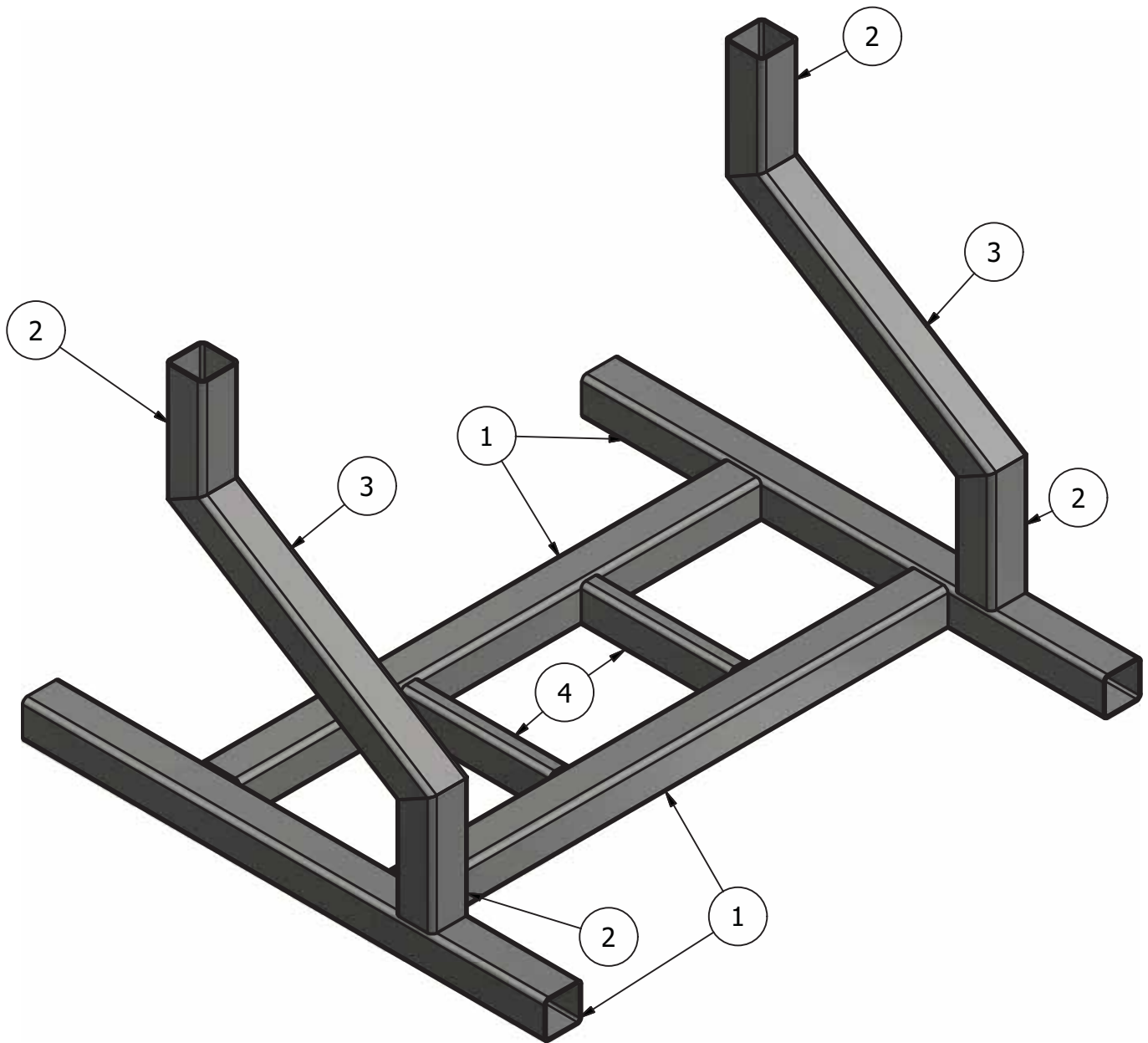


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 2


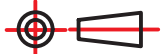
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material ACRÍLICO	Fecha 05-Marzo-2018	
 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana	<b>TAPA BASE DEL FILTRO</b>			
		Acotación mm	Escala 1:2	Hoja 1 / 1	

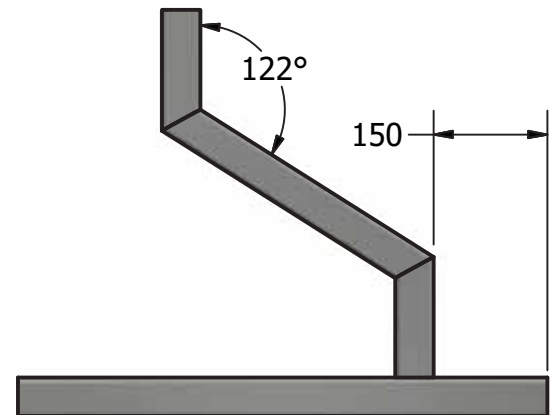
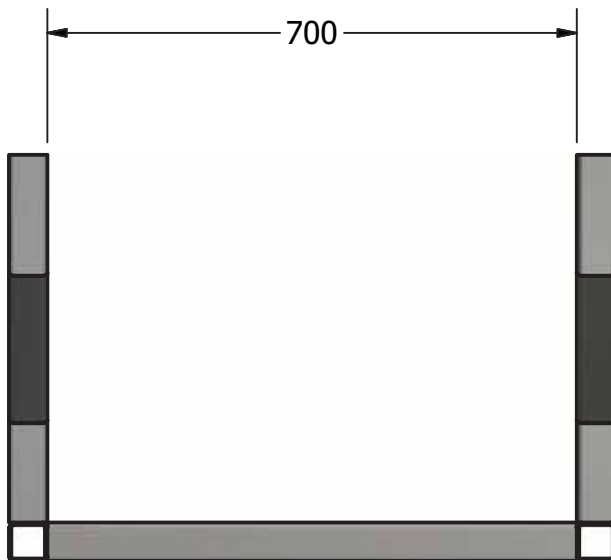
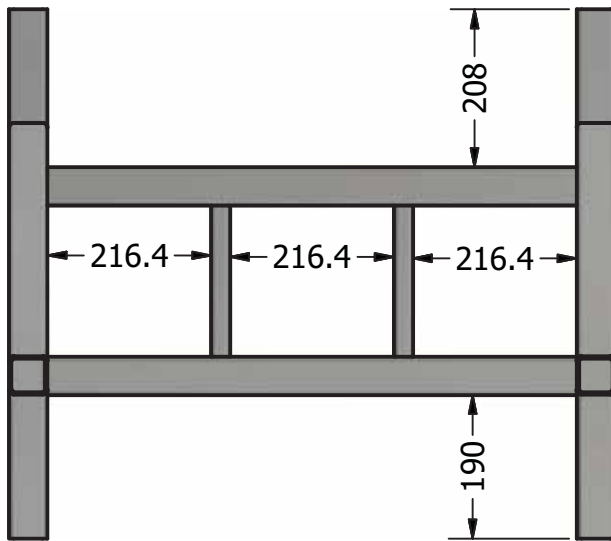
LISTA DE PIEZAS


ELEMENTO	CTDAD	LONGITUD (cm)	DESCRIPCIÓN
1	4	70	TUBULAR CUADRADO DE 2"x2" CAL. 18
2	4	15.9	TUBULAR RECTANGULAR DE 2"x1" CAL. 18, CORTE DE UN EXTREMO A 29°
3	2	36.5	TUBULAR CUADRADO DE 2"x2" CAL. 18, CORTE DE AMBOS EXTEREMOS A 29° INVERTIDO.
4	2	20	TUBULAR CUADRADO DE 2"x2" CAL. 18



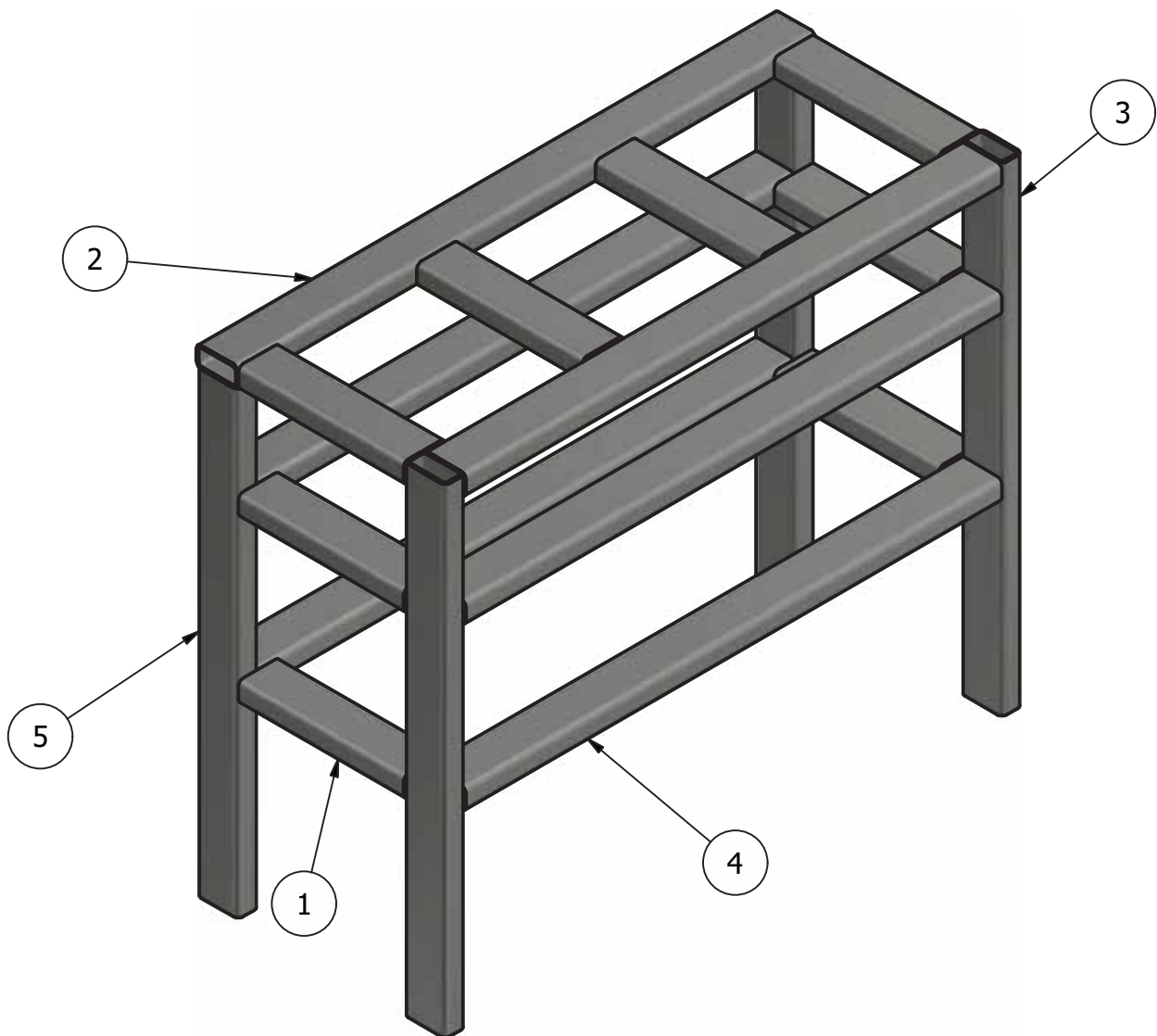
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acero A-36	Fecha 04-Abril-2018	
--	-----------------------------	------------------------------------	------------------------	------------------------	--

 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana	ENSAMBLE DE LA BASE DEL BANCO DE TRABAJO		
			Acotación mm	Escala 1:6

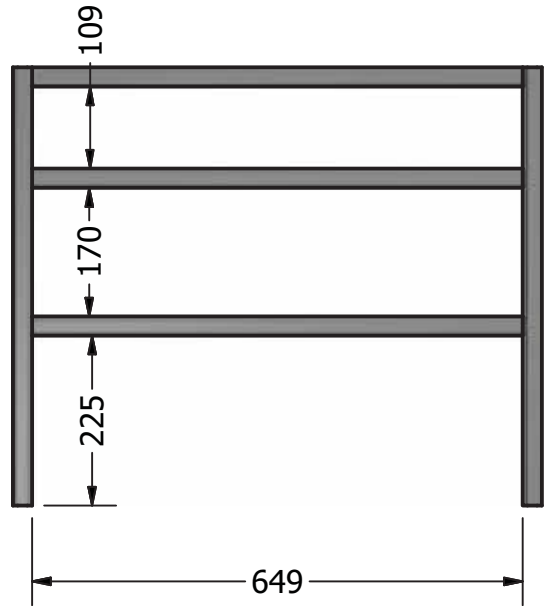
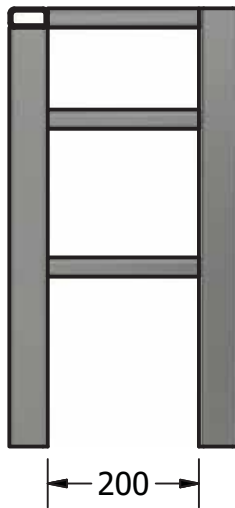
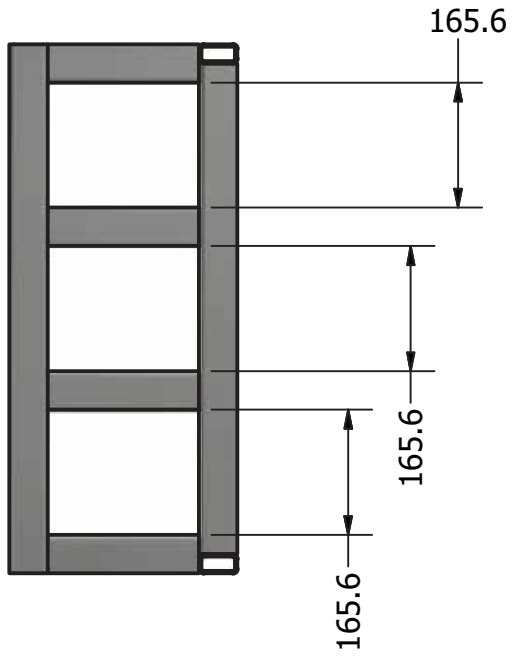


Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acero A-36	Fecha 04-Abril-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		ENSAMBLE DE LA BASE DEL BANCO DE TRABAJO	
		Acotación mm	Escala 1:10	Hoja 1 / 1	

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	LONGITUD (cm)	DESCRIPCIÓN
1	8	20	TUBULAR RECTANGULAR DE 2"x1" CAL. 18
2	1	70	TUBULAR RECTANGULAR DE 2"x1" CAL. 18
3	2	58	TUBULAR RECTANGULAR DE 2"x1" CAL. 18
4	5	65	TUBULAR RECTANGULAR DE 2"x1" CAL. 18
5	2	55.5	TUBULAR RECTANGULAR DE 2"x1" CAL. 18

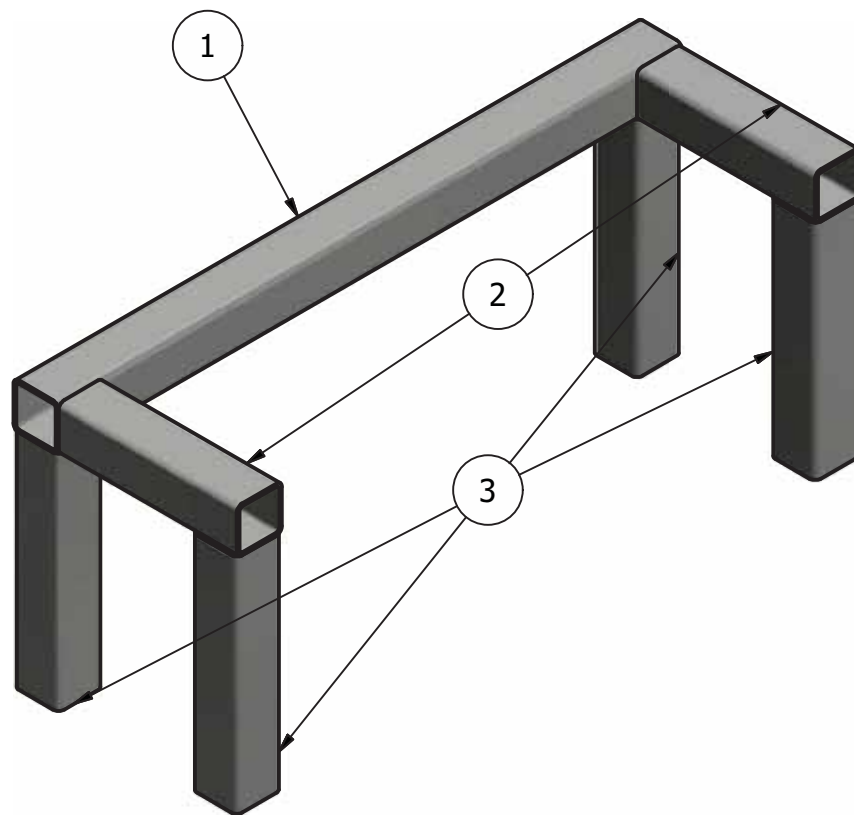



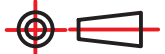
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acero A-36	Fecha 02-Abril-2018	
		<b>ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA DE LAS GAVETAS</b>			
<b>Casa abierta al tiempo</b>				Acotación mm	Escala 1:6
<b>Universidad Autónoma Metropolitana</b>				Hoja 1 / 1	

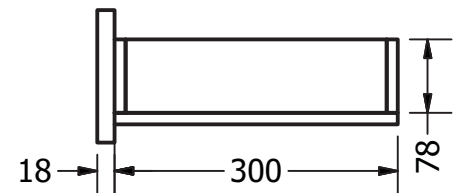
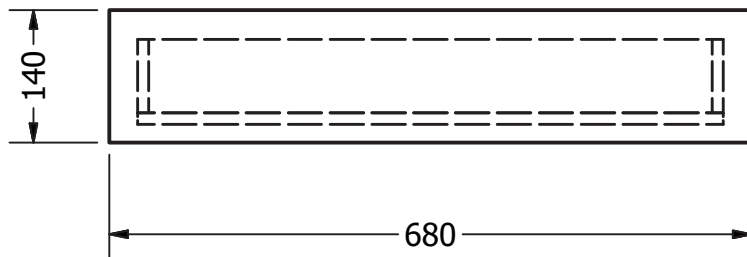
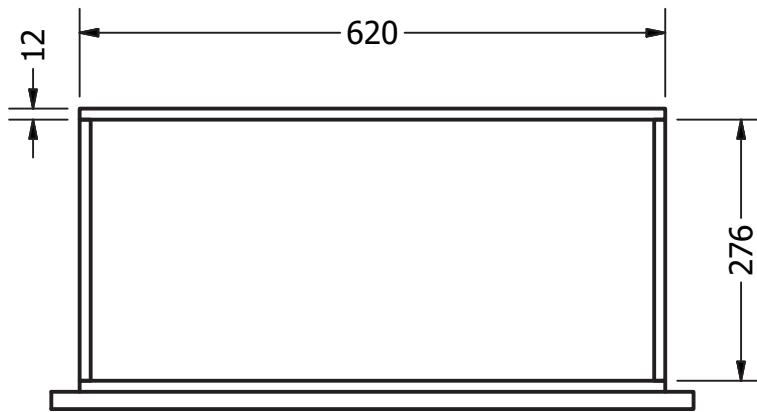



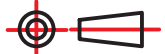
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acero A-36	Fecha 02-Abril-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA DE LAS GAVETAS	
		Acotación mm	Escala 1:10	Hoja 1 / 1	

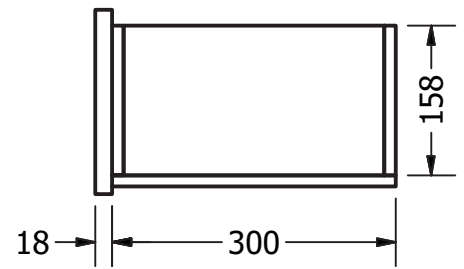
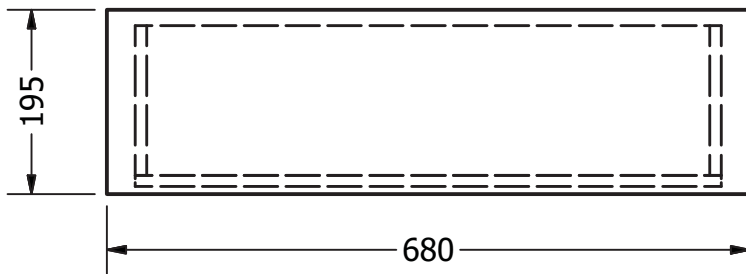
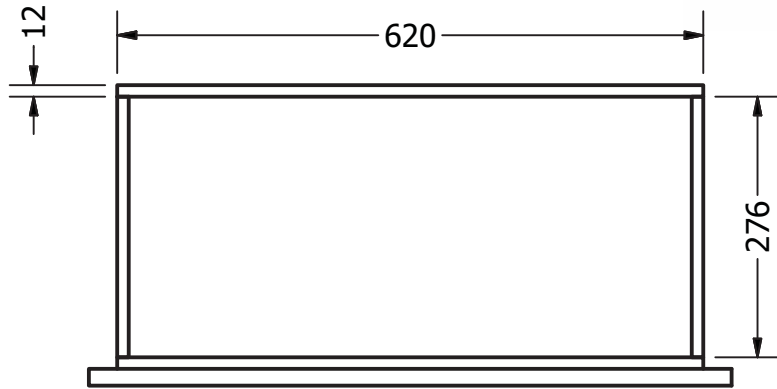
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	LONGITUD (cm)	DESCRIPCIÓN
1	1	70	TUBULAR CUADRADO 2"x2" CAL. 18
2	2	20	TUBULAR CUADRADO 2"x2" CAL. 18
3	2	25	TUBULAR CUADRADO 2"x2" CAL. 18



Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acero A-36	Fecha 04-Abril-2018	
 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana		ENSAMBLE DEL SOPORTE PARA EL TORNO		
				Acotación mm	Escala 1:6



Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Triplay	Fecha 14-MARZO-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		<b>CAJÓN DE TRIPLAY DE 680x140mm</b>	
		Acotación mm	Escala 1:8	Hoja 1 / 1	



Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Triplay	Fecha 16-Marzo-2018	
--	-----------------------------	------------------------------------	---------------------	------------------------	--



Universidad  
Autónoma  
Metropolitana

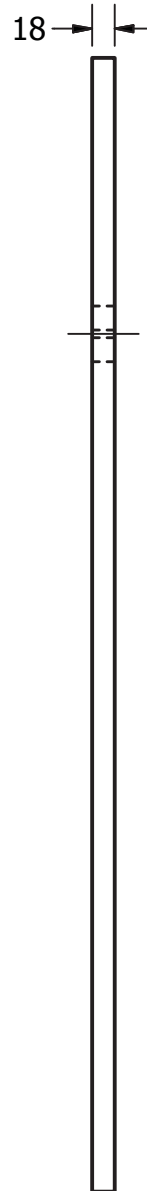
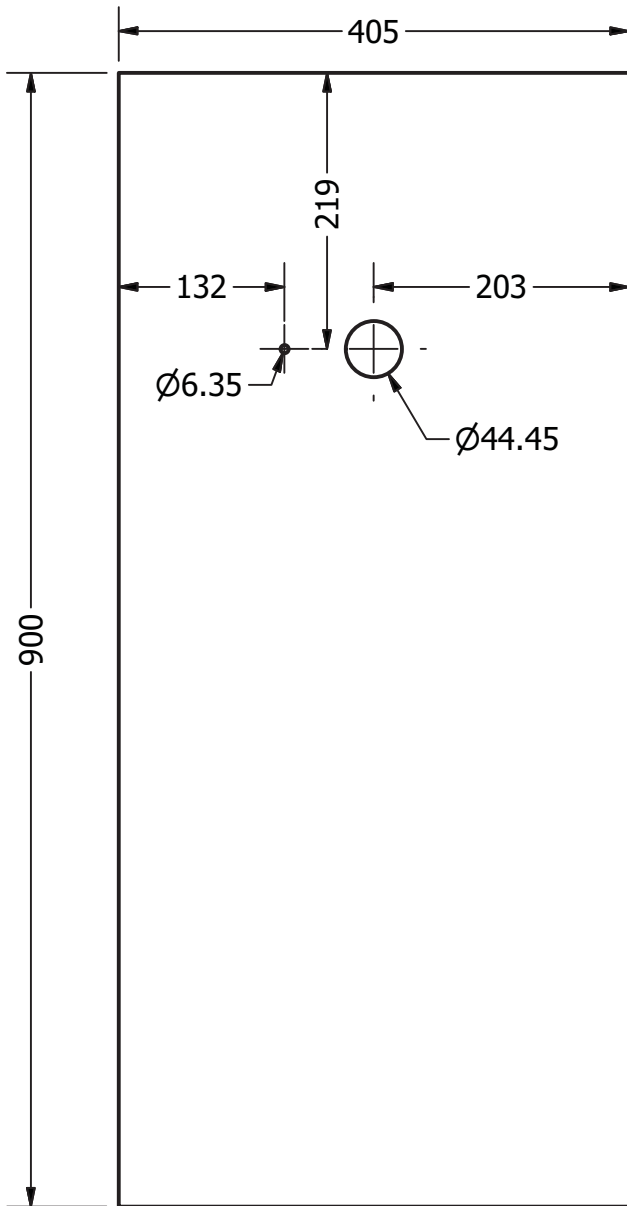
CAJÓN DE TRIPLAY DE 680x195mm





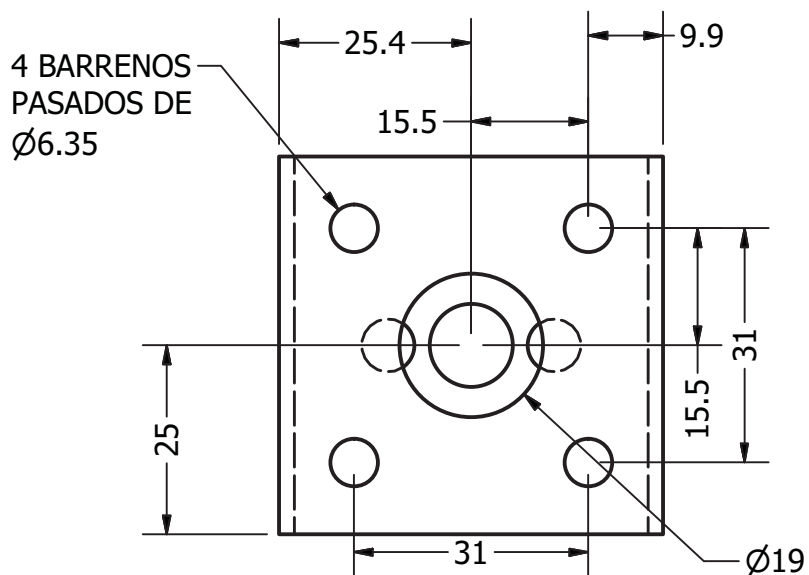
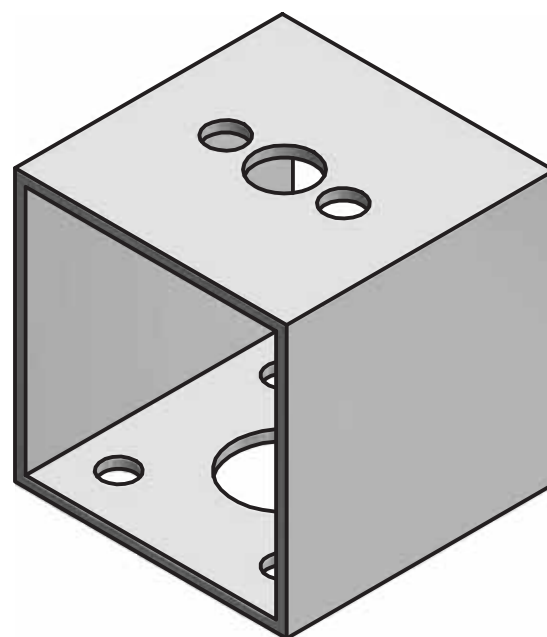
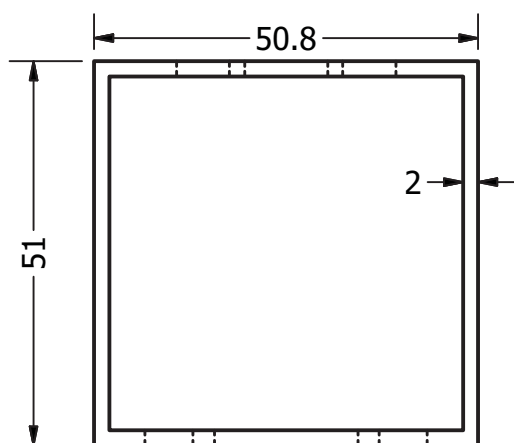
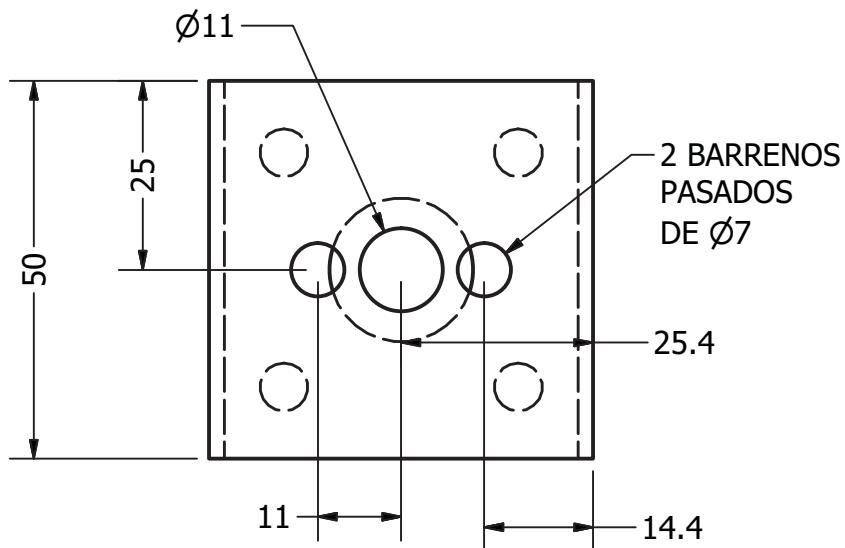
Acotación  
mm

Escala  
1:8

Hoja  
1 / 1



Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Triplay	Fecha 04-Abril-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		BASE DE TRIPLAY	
		Acotación mm	Escala 1:6	Hoja 1 / 1	

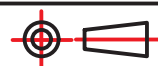


Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Aluminio	Fecha 25-Mayo-2018	
--	-----------------------------	------------------------------------	----------------------	-----------------------	--



Universidad  
 Autónoma  
 Metropolitana

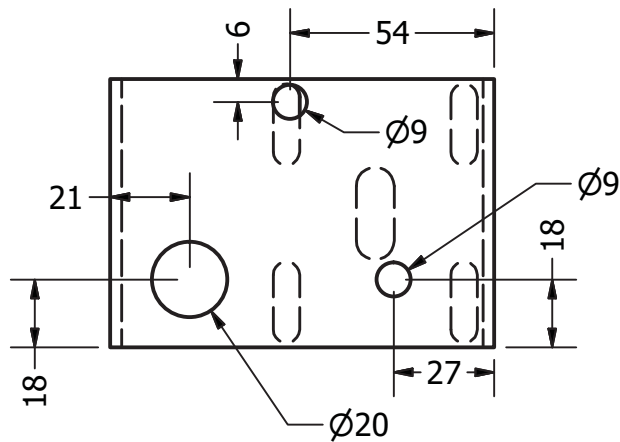
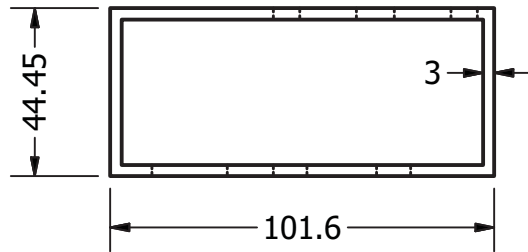
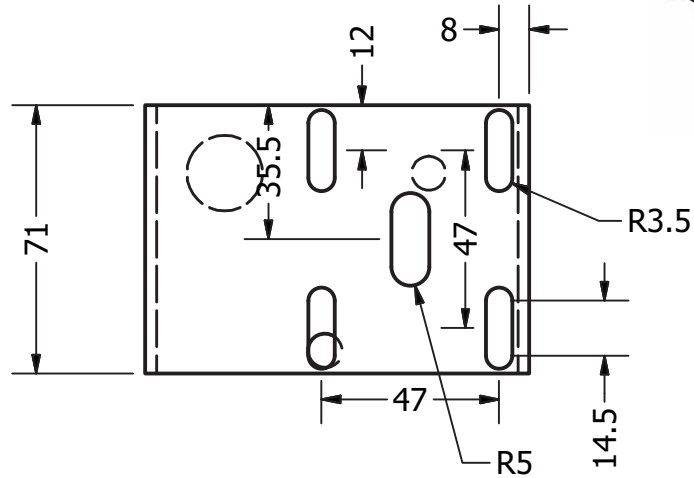
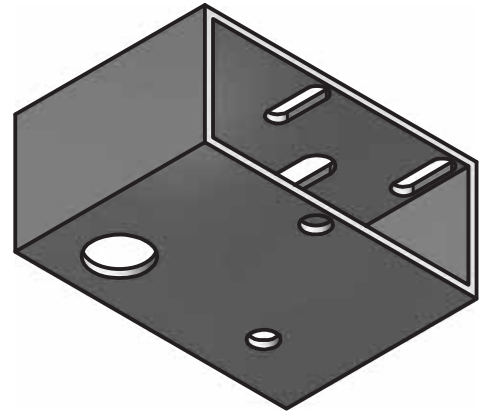
### ANCLAJE DEL SERVOMOTOR DE 100oz-in



Acotación  
 mm

Escala  
 1:1

Hoja  
 1 / 1



Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Aluminio	Fecha 24-Mayo-2018	
--	-----------------------------	------------------------------------	----------------------	-----------------------	--



Universidad  
Autónoma  
Metropolitana

### ANCLAJE DEL SERVOMOTOR DE 300oz-in

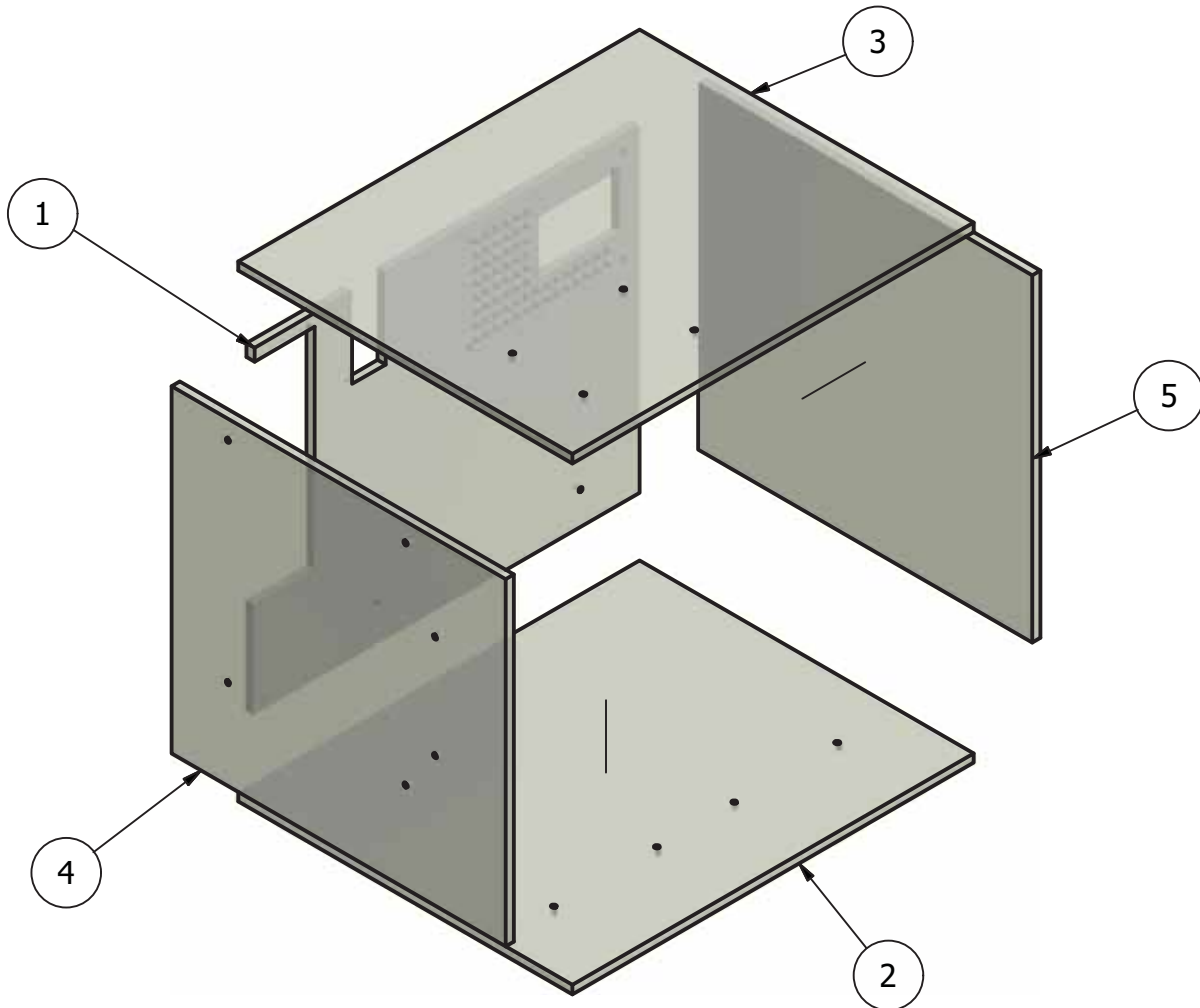


Acotación  
mm

Escala  
1:8

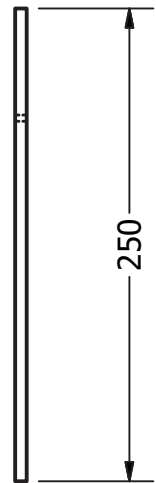
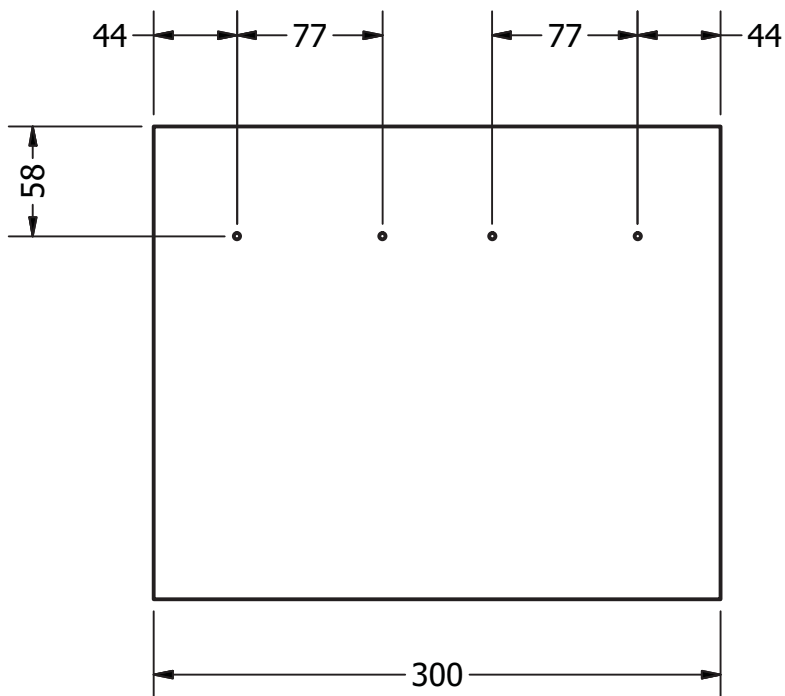
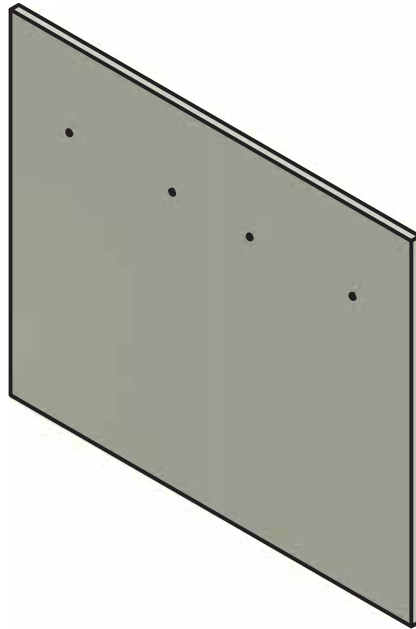
Hoja  
1 / 1


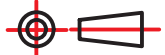
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	LADO DE LAS FUENTES DE PODER
2	1	LADO DE LOS DRIVERS
3	1	LADO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS
4	1	LADO SIN DISPOSITIVOS
5	1	LADO DE LA MEMORIA CPU

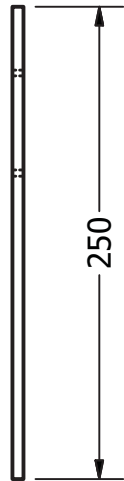
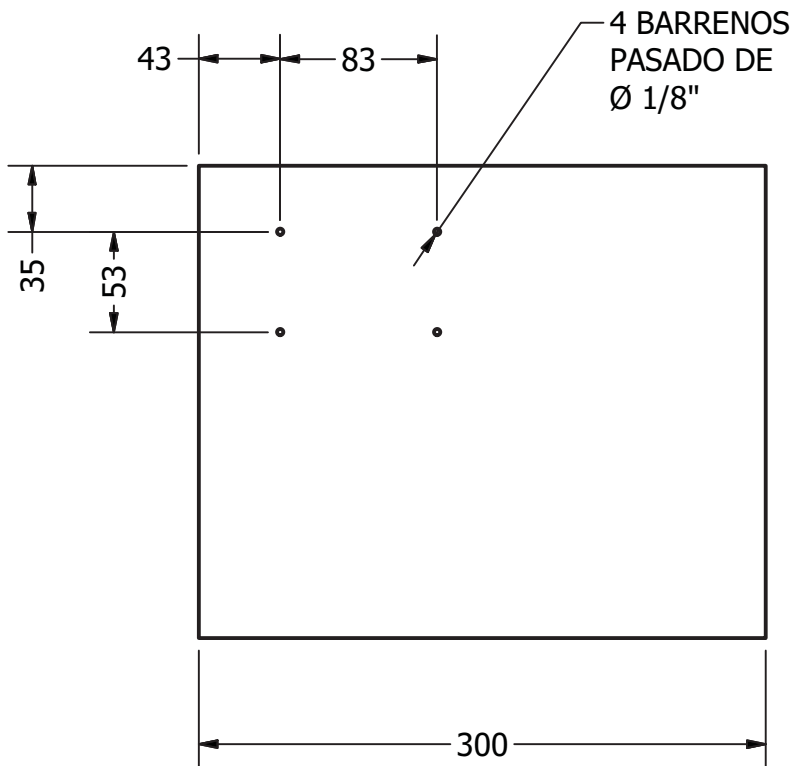
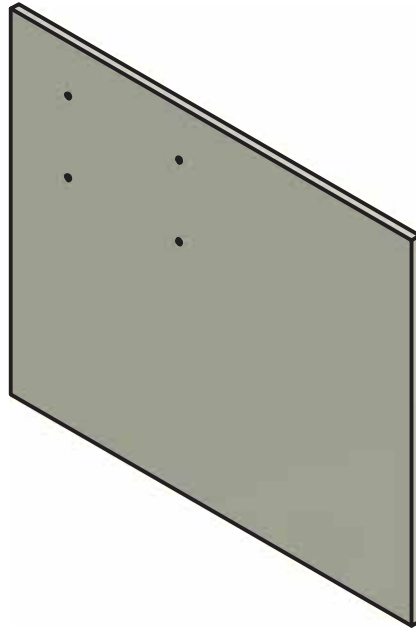



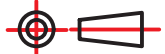
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 29-Mayo-2018		
		<b>ENSAMBLE DEL CAJÓN DE CONTROLES CPU</b>				
<b>Casa abierta al tiempo</b>				Acotación mm	Escala 1:4	Hoja 1 / 1

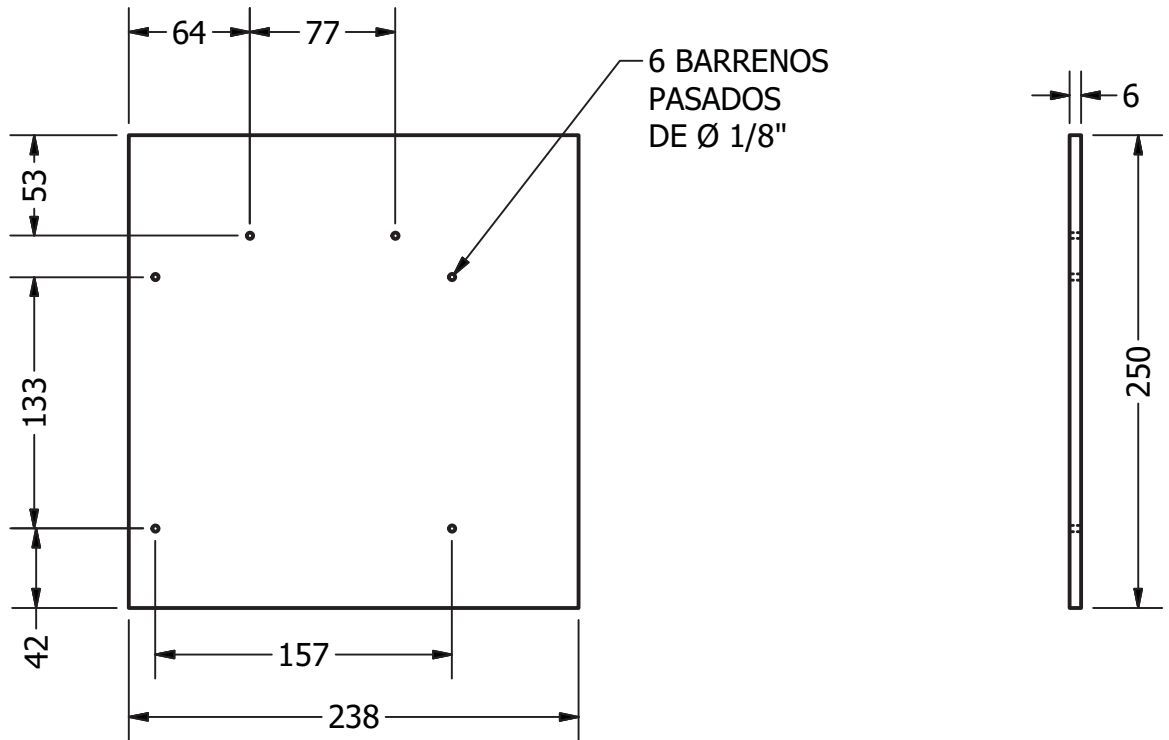
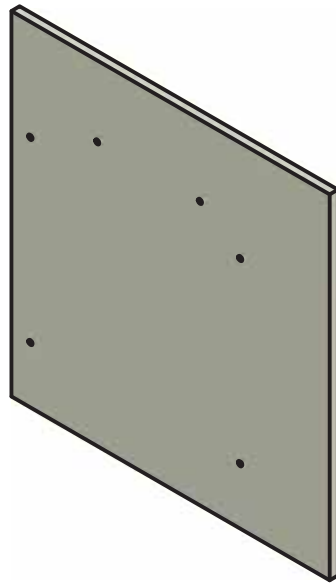





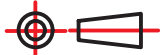
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 29-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		<b>LADO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS</b>	
		Acotación mm	Escala 1:4	Hoja 1 / 1	

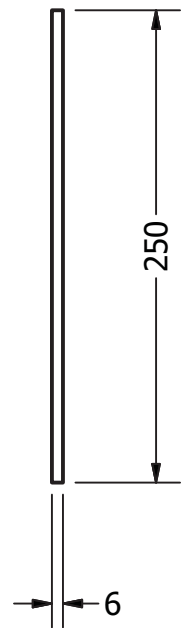
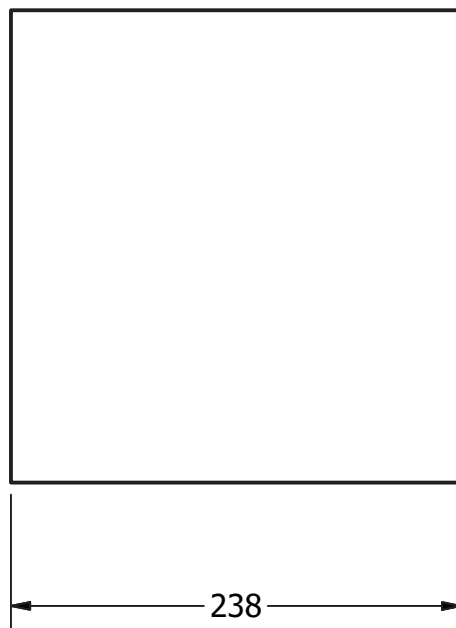
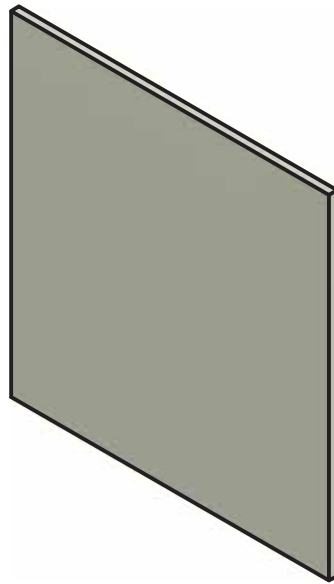



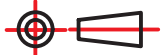
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 29-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		<b>LADO DE LOS DRIEVERS</b>	
		Acotación mm	Escala 1:4	Hoja 1 / 1	



Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 29-Mayo-2018	
--	-----------------------------	------------------------------------	----------------------	-----------------------	--

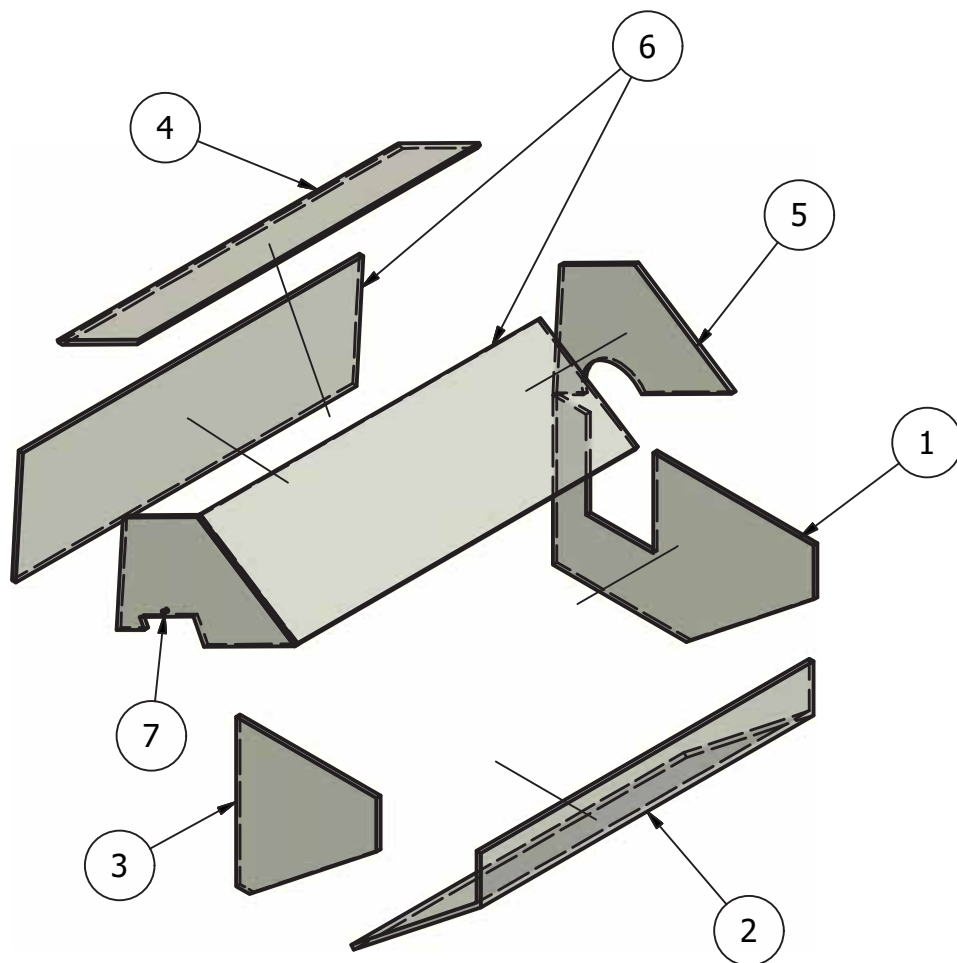
 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana	<b>LADO DE LA MEMORIA CPU</b>		
			Acotación mm	Escala 1:4


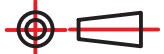


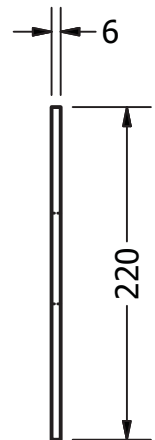
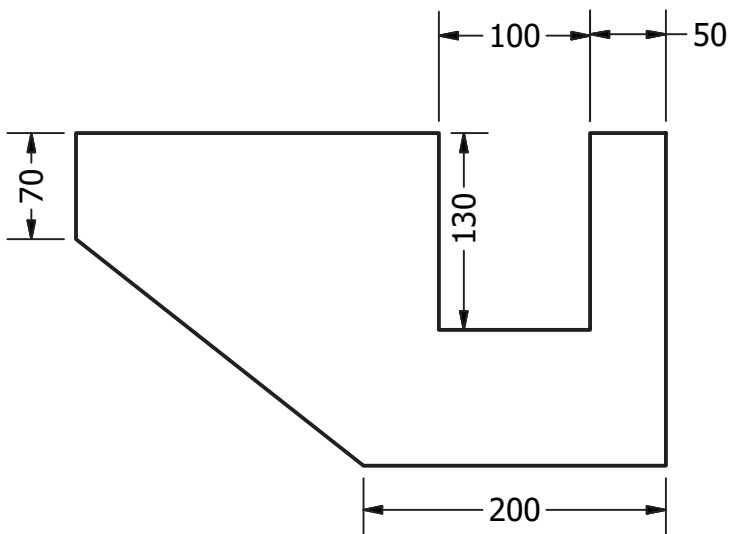
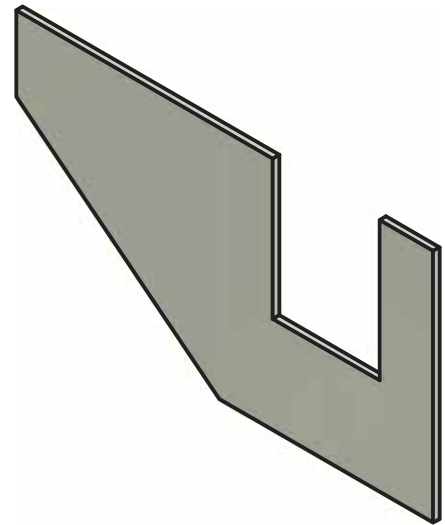
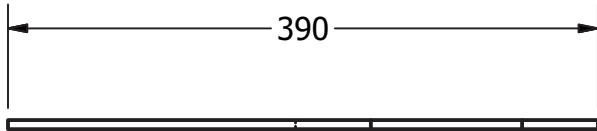
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 29-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana	<b>LADO SIN MAQUINADO</b>			
		Acotación mm	Escala 1:4	Hoja 1 / 1	


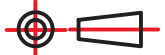
LISTA DE PIEZAS

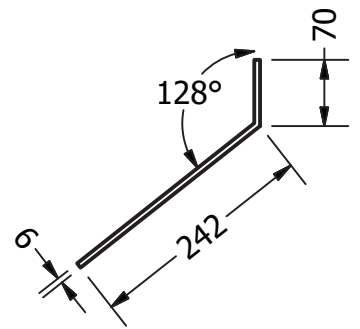
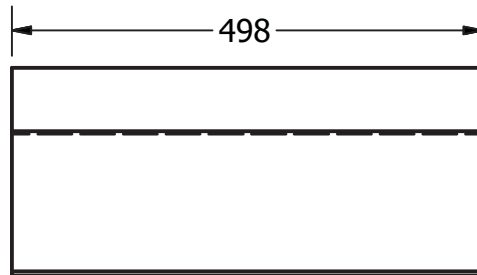
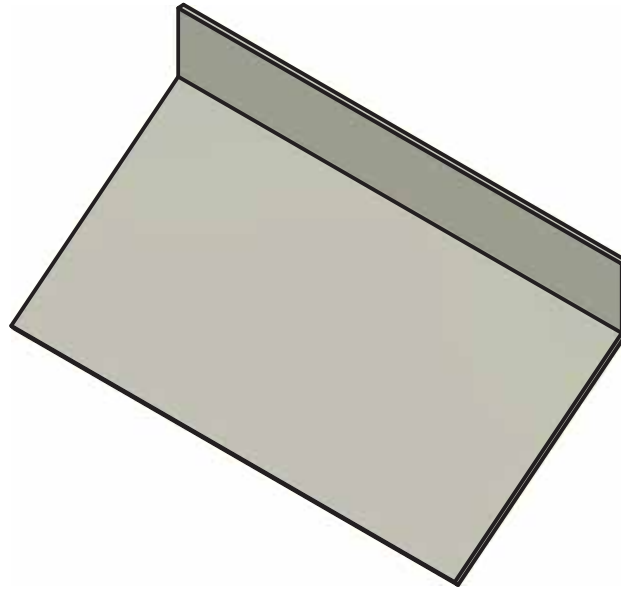
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	TOLVA LATERAL DEL LADO CONTRAPUNTO
2	1	TOLVA DE CONTENCIÓN DE LADO FRONTAL
3	1	TOLVA LATERAL DEL LADO CHUCK
4	1	CUBIERTA PIRAMIDAL SUPERIOR
5	1	CUBIERTA PIRAMIDAL LATERAL DEL LADO CONTRAPUNTO
6	2	CUBIERTA PIRAMIDAL DE CONTENCIÓN FRONTALES
7	1	CUBIERTA PIRAMIDAL DE LADO CHUCK




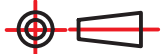
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 18-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		<b>CUBIERTA DE PROTECCIÓN</b>	
		Acotación mm	Escala 1:8	Hoja 1 / 1	

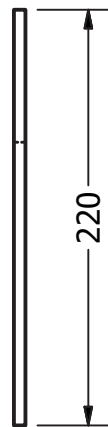
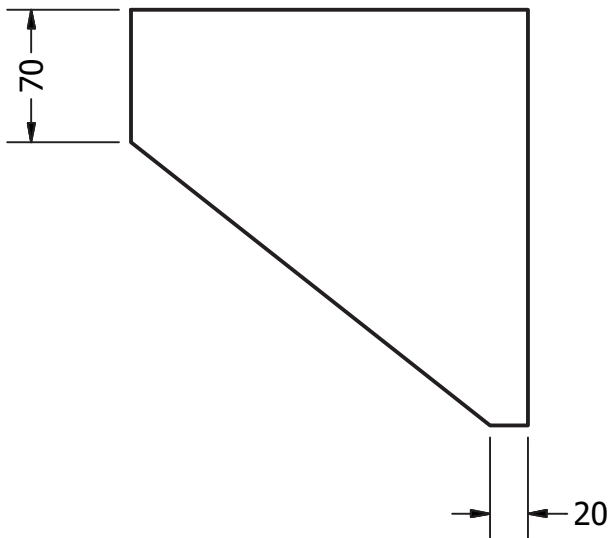
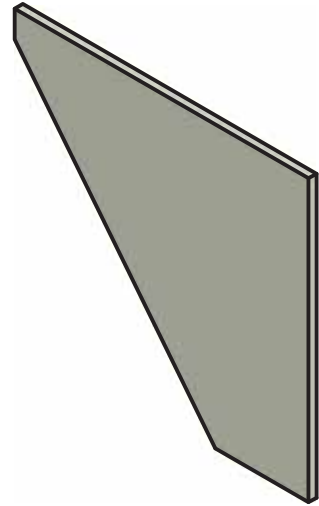
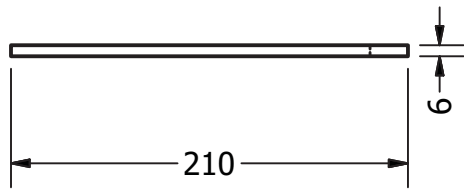



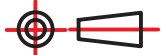
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 15-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		<b>TOLVA DE LADO CONTRAPUNTO</b>	
		Acotación mm	Escala 1:5	Hoja 1 / 1	

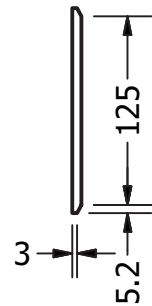
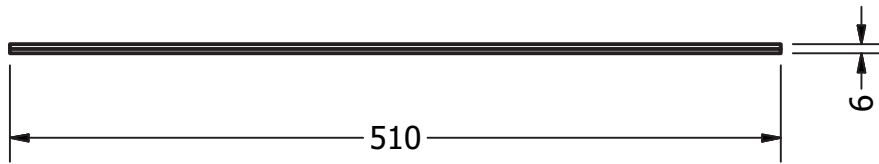
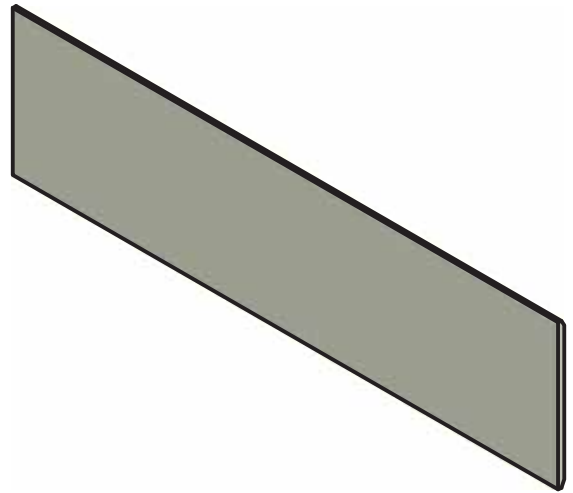



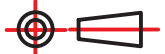
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 15-Mayo-2018	
--	-----------------------------	------------------------------------	----------------------	-----------------------	--

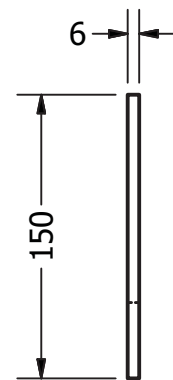
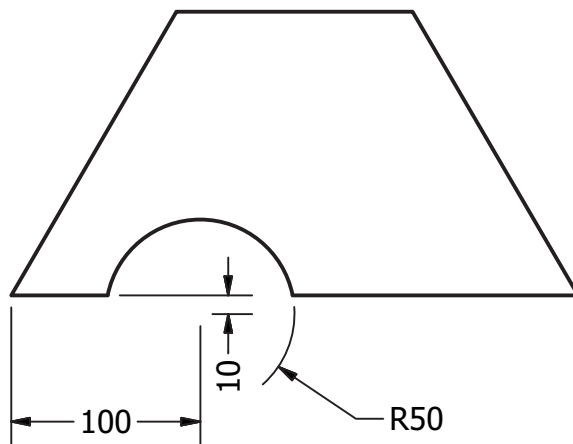
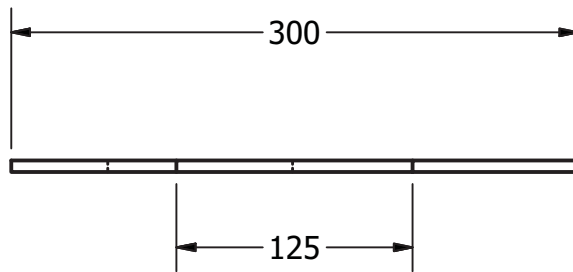
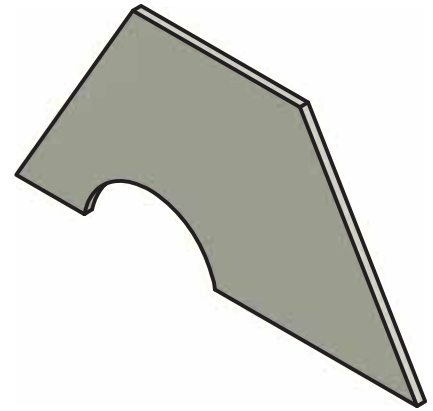
 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana	<b>TOLVA DE CONTENCIÓN FRONTAL</b>		
			Acotación mm	Escala 1:8





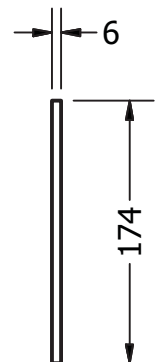
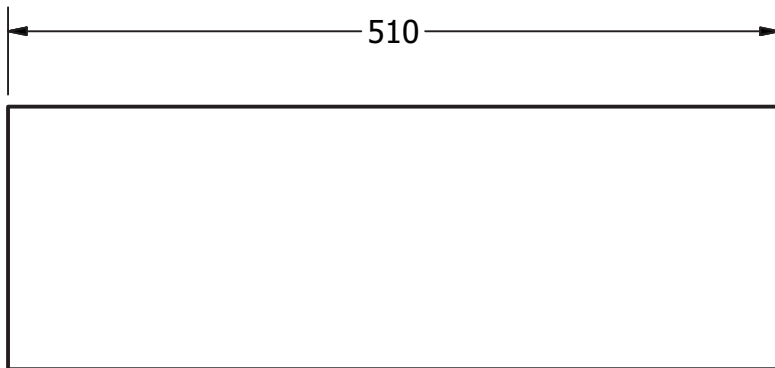
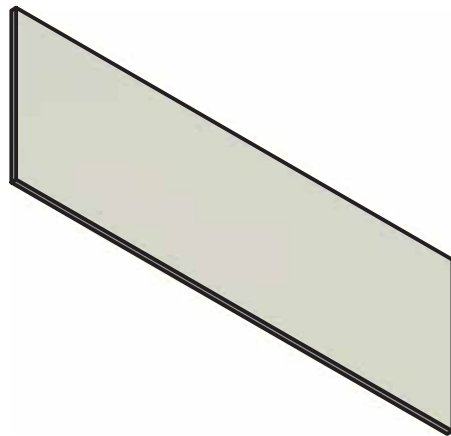
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 15-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo		Universidad Autónoma Metropolitana		<b>TOLVA LATERAL LADO CHUCK</b>	
		Acotación mm	Escala 1:4	Hoja 1 / 1	


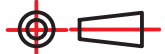


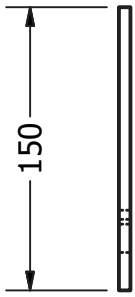
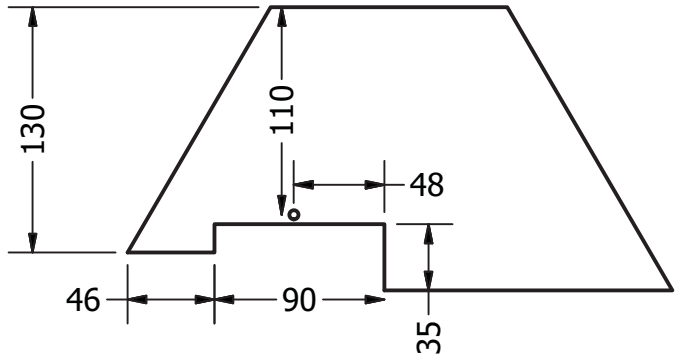
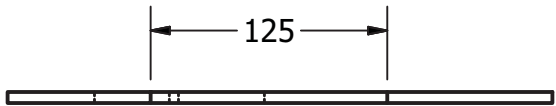
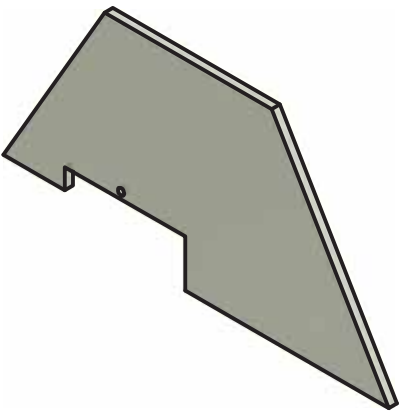
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 08-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana		CUBIERTA DE CONTENCIÓN SUPERIOR		
			Acotación mm	Escala 1:5	Hoja 1 / 1




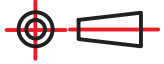
Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 08-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana		<b>CUBIERTA DEL LADO CONTRAPUNTO</b>		
				Acotación mm	Escala 1:4



Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 08-Mayo-2018	
 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana	<b>CUBIERTA CONTENCIÓN FRONTAL</b>			
			Acotación mm	Escala 1:5	Hoja 1 / 1



Diseño de Ernesto Cornejo Hernández	Revisado por Mario Rocha	Aprobado por Dr. Jesús González	Material Acrílico	Fecha 08-Mayo-2018	
--	-----------------------------	------------------------------------	----------------------	-----------------------	--

 Casa abierta al tiempo	Universidad Autónoma Metropolitana	<b>CUBIERTA PIRAMIDAL DEL LADO CHUCK</b>		
			Acotación mm	Escala 1:4