



Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Azcapotzalco

Licenciatura en Ingeniería Mecánica

Proyecto Tecnológico

“Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado”

Alumno: Guillermo Moreno Reyes

Matricula: 2183003618

Alumno: Ricardo Espinosa Oliva

Matricula: 2183002344

Asesor: Ing. Romy Pérez Moreno

Co-Asesor: Dr. Israel Barragán Santiago

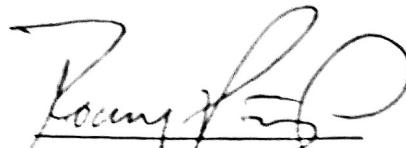
Co-Asesor: Dr. Iván González Uribe

Trimestre 23-O

México, D.F., 19 de febrero de 2023

DECLARATORIA

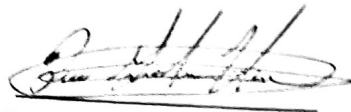
Yo, Ing. Romy Pérez Moreno, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



Ing. Romy Pérez Moreno

DECLARATORIA

Yo, Dr. Iván González Uribe, 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. Iván González Uribe

DECLARATORIA

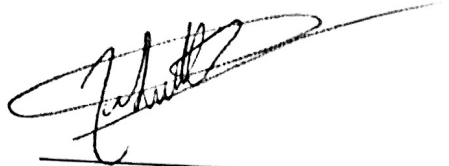
Yo, Dr. Israel Barragán Santiago, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



Dr. Israel Barragán Santiago

DECLARATORIA

Yo, Guillermo Moreno Reyes, 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.



Guillermo Moreno Reyes

DECLARATORIA


Yo, Ricardo Espinosa Oliva, 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.


Ricardo Espinosa Oliva

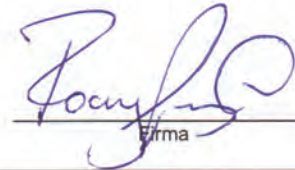
PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta: Fecha: PI-A-MEC


DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Matrícula:
 Correo personal:  Firma

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa:
 No. económico: Adscripción/Departamento/Sección:
 Área de investigación:
 Correo institucional:  Firma

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

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal:
 No. económico/Teléfono: Adscripción/Puesto:
 Área de investigación/Departamento:
 Correo electrónico:  Firma

MODALIDAD DEL PROYECTO

Proyecto tecnológico Proyecto de investigación Estancia profesional Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación: No Sí Clave (?):

OBJETIVO GENERAL

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"/>	<input type="text" value="Inicio"/>
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II	<input type="text"/>	<input type="text" value="23 P"/>
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica	<input type="text"/>	<input type="text" value="23 O"/>

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

 Ing. Romy Pérez Moreno


 Seño de la Coordinación de Estudios

PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta: 23 I Fecha: 20/06/23 PI-A-MEC 007-23-PT

DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Guillermo Moreno Reyes Matrícula: 2183003618

Correo personal: al2183003618@azc.uam.mx

[Firma]
Firma

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa: Romy Pérez Moreno

No. económico: 23812 Adscripción/Departamento/Sección: Departamento de Energía

Área de investigación: Mecánica y mecatrónica

Correo institucional: romy@azc.uam.mx

[Firma]
Firma

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

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal: Israel Barragán Santiago

No. económico/Teléfono: 26178 Adscripción/Puesto: Departamento de Energía

Área de investigación/Departamento: Mecánica y mecatrónica

Correo electrónico: isbasa@azc.uam.mx

[Firma]
Firma

MODALIDAD DEL PROYECTO

Proyecto tecnológico Proyecto de investigación Estancia profesional Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación: No Sí Clave (?): EN006-22

OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño mecánico y la manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE ASOCIADAS AL PROYECTO DE INTEGRACIÓN

Clave	UEA	UEA Autorizada	Vigencia
1100118	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I	SI	Inicio
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II		23 P
			Término
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica		23 O

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

[Firma]
Ing. Romy Pérez Moreno


Sello de la Coordinación de Estudios

Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
21/06/2023
Coordinación de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica


PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta: Fecha: PI-A-MEC


DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Matrícula:
 Correo personal: 
 Firma

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa:
 No. económico: Adscripción/Departamento/Sección:
 Área de investigación:
 Correo institucional: 
 Firma

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

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal:
 No. económico/Teléfono: Adscripción/Puesto:
 Área de investigación/Departamento:
 Correo electrónico: 
 Firma

MODALIDAD DEL PROYECTO

Proyecto tecnológico Proyecto de investigación Estancia profesional Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación: No Sí Clave (?):

OBJETIVO GENERAL

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="Sí"/>	Inicio
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II	<input type="text"/>	<input type="text" value="23 P"/> Término
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica	<input type="text"/>	<input type="text" value="23 O"/>

Nombre y firma del Coordinador de Estudios


 Ing. Romy Pérez Moreno


 Sello de la Coordinación de Estudios

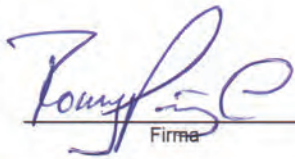
PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta: Fecha: PI-A-MEC


DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Matricula:
 Correo personal: 
 Firma

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa:
 No. económico: Adscripción/Departamento/Sección:
 Área de investigación:
 Correo institucional: 
 Firma

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

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal:
 No. económico/Teléfono: Adscripción/Puesto:
 Área de investigación/Departamento:
 Correo electrónico: 
 Firma

MODALIDAD DEL PROYECTO

Proyecto tecnológico Proyecto de investigación Estancia profesional Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación: No Sí Clave (?):

OBJETIVO GENERAL

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"/>	<input type="text" value="Inicio"/>
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="23 P"/>
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="23 O"/>

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

 Ing. Romy Pérez Moreno


 Sello de la Coordinación de Estudios

AGRADECIMIENTO

Este trabajo que representa un gran paso para mi desarrollo académico no fue resultado solo de mi esfuerzo y conocimiento, siendo muy egoísta de mi parte no dar crédito a aquellas personas que, aunque incluso sus nombres no aparezcan en este mismo, su participación y apoyo no debería pasarse por alto. A mi familia, que me brindó su apoyo incondicional y me ayudaron en todo para poder seguir adelante aún en situaciones difíciles, a mis profesores que me brindaron guía y consejo a la hora de desarrollar este trabajo y a los trabajadores de la unidad, que nos apoyaron tanto en el manejo de equipos del taller como en otros sectores. Les doy las gracias, gracias por haberme por haberme extendido una mano para ayudarme, gracias por la paciencia que me tuvieron y gracias por estar ahí, aunque incluso no tenían ninguna obligación por estarlo. Por todo esto y más gracias. No sé cuál será el porvenir próximo, pero espero algún día, si dios me permite, poder corresponder la gran amabilidad y apoyo que me brindaron en esta etapa de mi formación.

Espinosa Oliva Ricardo

En primer lugar, quiero expresar mis deseos de gratitud hacia las dos personas más importantes en mi vida, mis padres Guillermo y Celia, su apoyo, amor y sacrificio inquebrantable han sido el soporte que me ha permitido continuar y dar cada paso en este difícil trayecto. Su ejemplo de dedicación y trabajo duro es una inspiración para mí y estoy profundamente agradecido por todo lo que han hecho y siguen haciendo por mí. También quisiera agradecer a mis queridos hermanos Diego y Alfredo. Su apoyo incondicional y su amistad han sido la columna vertebral de mi vida. A través de todos los desafíos y éxitos, su presencia y aliento nos recordaron constantemente la importancia de la unidad familiar y el valor del trabajo en equipo. Además, externas todos mis agradecimientos al Dr. Iván González que fue fundamental en la realización de este proyecto, gracias por sus consejos, indicaciones y sobre todo paciencia.

Moreno Reyes Guillermo

RESUMEN

Las consecuencias de haber experimentado una pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 hace apenas un par de años fue un acto que ocasionó incertidumbres y creó desafíos sin precedentes, cambió el estilo de vida de muchas personas y dejó secuelas que probablemente serán difíciles de borrar, es por eso por lo que se vuelve imperativo reconocer el papel vital que desempeñaron y a día de hoy siguen desempeñando los respiradores médicos, son el gran aliado del personal de salud, ya que debido a su funcionamiento son esenciales en la atención y cuidados de pacientes gravemente afectados el virus o cualquier otro padecimiento que provoque afecciones respiratorias .

Los ventiladores mecánicos, son dispositivos diseñados con la finalidad de que tengan la capacidad para suministrar oxígeno y mantener parámetros adecuados de flujo, este rendimiento ha sido crucial para salvar vidas y suavizar el impacto que dejó esta terrible enfermedad. Aunque a día de hoy 21 de Febrero de 2024 la situación no es tan alarmante, aún se siguen presentando casos de personas que seguirán necesitando apoyo respiratorio, por eso este proyecto tiene como finalidad la puesta en marcha de un Respirador Mecánico, para lograrlo se deberán cumplir diversas etapas, entre las cuales están: la reparación de la estructura existente debido a que no cuenta con un acabado libre contaminantes, la pintura que se le aplicó desprende gases que podrían ser perjudiciales, el diseño del sistema de filtrado, para ello es necesario analizar el comportamiento mecánico de un recipiente cilíndrico a presión y determinar bajo que parámetros debe operar para que no estén fallas en el diseño. De esta manera durante la realización del proyecto se generarán propuestas para que el dispositivo entre en operación.

.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARATORIA _____	ii
DECLARATORIA _____	iii
DECLARATORIA _____	iv
DECLARATORIA _____	v
DECLARATORIA _____	vi
AGRADECIMIENTO _____	vii
RESUMEN _____	viii
TABLA DE CONTENIDO _____	ix
INDICE DE FIGURAS _____	xii
INDICE DE TABLAS _____	xv
1.- Introducción _____	16
2. Antecedentes _____	17
2.1 Antecedentes históricos _____	17
2.2 Presión negativa y presión positiva _____	25
2.3 Evolución de la ventilación mecánica (VMI) _____	26
2.4 La historia del desarrollo de los purificadores de aire _____	27
2.5 Antecedentes académicos y comerciales _____	29
3. Justificación _____	31
4. Objetivos _____	32
5. Marco teórico _____	33
5.1 Respirador mecánico _____	33
5.2 Tipos de ventiladores mecánicos _____	34
5.3 Funcionamiento _____	34
5.4 Fases del proceso de respiración _____	35
5.5 Generalidades y características de la ventilación mecánica _____	36
5.6 Conceptos básicos _____	38
5.6 ¿Qué es la zeolita? _____	39
5.6 Zeolita para controlar los contaminantes del aire _____	41

5.7 ¿Qué es el carbón activado? _____	42
5.8 Criterios de diseño _____	43
5.9 Recipientes a presión según el Código ASME Sección VIII Div. 1 _____	45
5.10 Clasificación de los recipientes a presión _____	46
5.11 Materiales para recipientes a presión y equipos de uso médico _____	47
5.12 Especificaciones de los aceros y aluminios _____	49
5.13 Aleaciones Ferrosas (SA-XXX) _____	49
5.14 Aleaciones No – Ferrosas (SB-XXX) _____	49
5.15 Acero Inoxidable grado 304 _____	50
5.16 Acero inoxidable quirúrgico 316 _____	52
5.17 Aluminio 6061 _____	54
5.18 Aluminio 7075 _____	55
5.19 Pintura electroestática _____	58
5.20 Sistema de control _____	60
5.21 Análisis de fabricación _____	65
5.22 Simbología de sujeción _____	67
5.23 Proceso de manufactura _____	69
5.24 Conceptos utilizados para el diseño mecánico _____	70
5.25 Cálculo de la presión interna mecánico _____	70
5.26 Esfuerzos en recipientes a presión _____	71
6. Desarrollo del proyecto _____	73
6.1 Selección del material _____	73
6.2 Determinación del espesor de la pared _____	75
6.3 Cálculo de las presiones internas del filtro _____	76
6.4 Cálculo de los esfuerzos generados en el filtro _____	77
6.3 Desmontaje y retiro de pintura de la estructura del ventilador mecánico _____	80
6.4 Mecanizado de las piezas _____	83
6.4.1 Corte del material _____	83
6.4.2 Refrentado de las piezas _____	83
6.4.4 Taladrado de las piezas _____	84

6.4.4 Roscado _____	85
6.5 Ensamble del filtro _____	85
6.6 Realización del sistema de control usando PLC _____	86
6.7 Montaje de los elementos _____	87
7. Resultados _____	89
8.- Análisis de resultados _____	99
9.- Conclusiones _____	102
10.- Referencias bibliográficas _____	104
11.- Entregables _____	109

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Respirador de tanque construido por Jones en 1864. [5]	19
Figura 2.- Respirador portátil del primigenio Dräger Pulmotor (1911) [5].	19
Figura 3.- Respirador Iron Lung, «pulmón de acero» (1930), muy utilizado durante la epidemia de poliomielitis que asoló Europa y Estados Unidos en los años cincuenta [5].	20
Figura 4.- Modelos del respirador Engström (1953). El modelo B fue muy popular en las unidades de cuidados críticos en los años sesenta y setenta [6].	21
Figura 5.- El respirador Bird Mark-7 (1970), muy ligero y fácil de transportar [6].	22
Figura 6.- La figura A corresponde al primer prototipo de diseño y tecnología española desarrollado en la Unidad de Reanimación del Hospital Clínico Universitario de Valencia, e incorporó tempranamente un mecanismo para la aplicación de ventilación [6].	23
Figura 7.- Una de las pantallas de monitorización ventilatoria del respirador de última generación G-5 (Hamilton-Medical, 2012) [6].	23
Figura 8.- Sistema diseñado por John y Charles Deane en 1823 [10].	27
Figura 9.- Sistema diseñado por John Stenhouse en 1854 [10].	28
Figura 10.- Esquema que muestra la estructura de un filtro HEPA [10].	28
Figura 11.- Ventilador mecánico portátil Puritan Bennett modelo 560 [15].	31
Figura 12. Respirador mecánico [18].	34
Figura 13.- Gráficas de volumen, flujo y presión cicladas por volumen y controladas por presión [20].	35
Figura 14.- Fases de la respiración [21].	36
Figura 15.- Estructura en Y del Cristal de Zeolita - Mostrando ventanas, jaulas, y super jaulas [26].	41
Figura 16.- Comparación entre la estructura del grafito y las capas del carbón activado [27].	42
Figura 17.- Diferencia entre el concepto de absorción y adsorción [28].	43
Figura 18.- Diseño preliminar del filtro.	44
Figura 19.- Configuración del sistema neumático [21].	45
Figura 20.- Clasificación de los recipientes a presión [30].	47
Figura 21.- Aplicación de acabado grado alimenticio en una pieza [41].	59
Figura 22.- Controlador programable Delta DVP14SS211R [43].	61
Figura 23.- HMI modelo DOP-103BQ 4.3" wide screen [45].	61
Figura 24.- Electroválvula 3/2, doble solenoide, ¼" [47].	62
Figura 25.- Sensor de presión modelo SDE5 marca FESTO [49].	63

Figura 26.- Válvula check 2/2 de ¼". Modelo R-EA-08 [51].	63
Figura 27.- Unidad FRL ¼" c/manómetro. Modelo U-AC-2000-OL-A [53].	64
Figura 28.- Fuente de alimentación DVPPS01 AC-to-DC, 24V/1.	65
Figura 29.- Símbolos de representación de un apoyo [55].	67
Figura 30.- Posición del símbolo [55].	68
Figura 31.- Principios de utilización [55].	68
Figura 32.- Fórmulas en torneado en general [56].	70
Figura 33.- Parámetros y rangos de operación del respirador [21].	75
Figura 34.- Se quitan los remaches para desmontar los paneles del respirador.	80
Figura 35.- Aplicación de removedor de pintura de la marca axalta.	81
Figura 36.- Removiendo restos de pintura.	82
Figura 37.- Secado de las láminas previo a el tratamiento térmico de 225°C.	82
Figura 38.- Aplicación de la pintura electroestática.	82
Figura 39.- Cortes de las barras en piezas de 8 cm.	83
Figura 40.- Careado de las piezas.	84
Figura 41.- Cilindrado de las piezas.	84
Figura 42.- Taladrado de las piezas.	85
Figura 43.- Roscado de las piezas.	85
Figura 44.- Ensamble y o rings como sistema de sellado.	86
Figura 45.- Encapsulamiento de los medios filtrantes.	86
Figura 45.- Unión de la estructura utilizando remaches de 1/8".	87
Figura 47.- Placa fenólica utilizada para el circuito.	88
Figura 48.- Compartimentos en la estructura.	88
Figura 49.- Ventilador mecánico montado.	89
Figura 50.- Sistema neumático del respirador.	90
Figura 51.- Declaración de las variables utilizadas en el sistema.	90
Figura 52.- Sistema de control programa en un software de la compañía delta.	91
Figura 53.- Configuración de los solenoides y el temporizador.	91
Figura 54.- Aplicación de cargas dentro del filtro	92
Figura 55.- Simulación del esfuerzo de Von Misses que actúa dentro del filtro.	93
Figura 56.- Desplazamiento del filtro.	93
Figura 57.- Desplazamiento en la salida del filtro.	94
Figura 58.- Deformación equivalente que actúa sobre el filtro.	94
Figura 59.- Esfuerzo que actúa sobre la entrada del filtro.	95

Figura 60.- Esfuerzo que actúa sobre la entrada del filtro (vista inferior).	95
Figura 61.- Desplazamiento del filtro en el eje x.	96
Figura 62.- Deformación equivalente en la entrada del filtro.	96
Figura 63.- Deformación equivalente en la entrada del filtro (vista superior).	97
Figura 64.- Esfuerzo que actúa sobre la salida del filtro.	97
Figura 65.- Desplazamiento de la salida del filtro en el eje x.	98
Figura 66.- Deformación equivalente presente en el filtro al aplicar una presión de 0.035 MPa.	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Composición química típica del acero inoxidable 304 para dispositivos médicos [34].	50
Tabla 2.- Propiedades mecánicas del acero 304 [34].	50
Tabla 3.- Composición química típica del acero inoxidable 316-316L para dispositivos médicos [35].	53
Tabla 4.- Propiedades mecánicas del acero 316-316L [36].	53
Tabla 5.- Composición química del aluminio 6061 [37].	54
Tabla 6.- Propiedades mecánicas del aluminio 6061 [38].	55
Tabla 7.- Composición química del aluminio 7075 [39].	56
Tabla 8.- Propiedades mecánicas del aluminio 7075 [40].	57
Tabla 9.- Símbolos de sujeción para el análisis de fabricación [55].	68
Tabla 10.- Factores que influyen en la selección del material.	73
Tabla 11.- Cotización de diversos proveedores en la cdmx.	74
Tabla 12.- Pedido del material usado para la manufactura y ensamble del respirador.	79
Tabla 13.- Variables obtenidas.	89
Tabla 14.- Simbología de la simulación.	91

1.- Introducción

Un respirador mecánico es un dispositivo cuya finalidad es proporcionar una respiración artificial a un paciente que carece o tiene dificultades en dicha función. El proceso en esencia consiste en un ventilador que suministra una mezcla de aire y oxígeno mediante un tubo endotraqueal al paciente. No obstante, el uso del respirador mecánico no está exento de problemas, y uno de los más notables son las infecciones causadas por los microorganismos en el aire suministrado, pudiendo incluso contraer neumonía o el propio SARS CoV-2, enfermedades que pueden causar una pérdida de la capacidad pulmonar mortal, lo anterior da la razón de la importancia de que un respirador mecánico cuente con un filtro de buena calidad [1].

Por un lado, la zeolita, cuenta con una ordenación tridimensional con predominancia en una estructura abierta, teniendo la capacidad para incorporar y ceder agua y cationes, sin cambios importantes en el edificio cristalino [2]. Por otro lado, el carbón activado, que es un tipo de carbón poroso preparado artificialmente, puede cambiar la configuración de su porosidad de forma personalizada, siendo adsorbentes muy versátiles [3].

Por la situación antes expuesta, se propone el diseño y manufactura de un filtro de zeolita con carbón activado, dispositivo que representa una solución eficaz para cumplir la tarea de purificar el aire suministrado por el respirador, y se espera pueda proporcionar un aire purificado de entre un 96% a 99 % [4], esto basado en el hecho que ambos materiales cuentan con características que los convierten en filtros confiables. También se buscará diseñar e implementar un sistema de automatización de uno de los procesos mecatrónicos llevados a cabo por el respirador mecánico: el control del suministro de aire y oxígeno. Todo lo anterior mediante la implementación de sensores, actuadores y un controlador en el compresor encargado de suministrar aire exterior y las electroválvulas encargadas de la mezcla oxígeno-aire. Dicha automatización buscará ayudar al personal médico para la configuración de la mezcla destinada al paciente de turno, siempre

cumpliendo con los requerimientos y estándares médicos apropiados, apegados a las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el tema específico.

2. Antecedentes

Los seres humanos obtienen oxígeno y la energía que necesitan para sobrevivir mediante la respiración, esta actividad se vuelve vital e indispensable y se realiza de manera continua e inconsciente, pero puede detenerse de manera repentina a causa de diferentes factores que impidan realizarla de manera adecuada, es por ello por lo que, la respiración artificial adquiere mayor relevancia.

Desde que la rama de la ingeniería combinada con las ciencias comenzó a desarrollar el concepto de la respiración artificial y todos los elementos que se ven envueltos en este proceso, se han hecho grandes avances que permiten realizar la respiración de manera asistida y dar soporte vital a las personas que lo requieran.

2.1 Antecedentes históricos

En **175 d.C.** el estudio de la respiración recibió un impulso importante del trabajo de Galeno, quien enfatizó la importancia de mantener la respiración artificial para prevenir el colapso pulmonar durante la toracotomía en animales, como se ve en su libro **Procedimientos de anatomía**. Más tarde, durante el Renacimiento, la ciencia experimentó un fuerte renacimiento y las enseñanzas de Paracelso y Vesalio se convirtieron en la base para el desarrollo de la respiración artificial [5].

Entre 1493 y 1541, Paracelso llevó a cabo un sinnúmero de experimentos en los que devolvió la vida a pacientes introduciéndoles tubos en la boca y soplando aire a través de un fuelle. 1543 d.C. Vesalius describió lo que hoy se entiende como ventilación mecánica. Un profesor de Padua acuñó este concepto en su famoso libro ***De humani corporis fabrica libri septem*** y lo definió así: «La vida puede ser restaurada al animal, efectuando una apertura en el tronco de la tráquea, colocando un tubo de junco o mimbre, entonces se insuflará en él, de modo que los pulmones puedan levantarse nuevamente y tomar aire» [5].

Para ello, realizó varios experimentos en cerdos, dando así el inicio del primer estudio sobre ventilación con presión positiva intermitente (IPPV) [5].

El trabajo de Paracelso y Vesalio fue continuado por Highmore, Hooke y Lower, quienes demostraron que una corriente continua de aire mantenía vivo a un perro, registrado en las Philosophical Transactions del 10 de octubre de 1667. Las ideas de Galeno, creadas varios siglos antes, se pusieron en práctica por estos científicos debido al conocimiento de anatomía y fisiología que ha surgido en la ciencia a lo largo de los años. El primer caso documentado de reanimación boca a boca fue en 1744 por Tossach, quien describió el método utilizado para salvar la vida de un minero.

En 1775, el médico inglés John Hunter desarrolló un sistema de respiración bidireccional en el que el aire fresco entraba por un lado y el aire espirado salía por el otro, sistema que utilizó únicamente en animales. El descubrimiento y estudio de los gases en 1754 jugó un papel decisivo en el desarrollo de la respiración artificial. Black, Priestley, Lavoisier y Scheele proporcionaron documentación sobre dióxido de carbono y oxígeno que sirvió de base para pensar en la construcción del primer ventilador o ventilador mecánico. Hasta finales del siglo XIX todo era experimentación y pruebas anecdóticas; un paso fundamental fue la creación de los primeros ventiladores mecánicos, la mayoría de los cuales funcionan bajo presión negativa; El primero de ellos fue creado por Alfred Jones en 1864 **figura 1**. El principio básico detrás de estos dispositivos es que los cambios de presión dentro del ventilador hacen que el aire entre y salga del paciente. Basándose en este mecanismo, el Dr. Wallace de París desarrolló un espiróforo cuyo propósito era resucitar a víctimas de ahogamiento en el Sena, pero nunca pasó del prototipo. El diseño de Jones y Voilez fue considerado un precursor de la abolición que pronto se convertiría en el estándar para la respiración artificial [5].

En 1880, McEwen creó el primer tubo endotraqueal y, en 1895, el Dr. Chevalier produjo los laringoscopios. Desde entonces, la ventilación mecánica ha requerido ambos dispositivos. En 1911, Dräger desarrolló un ventilador de presión positiva llamado Pulmotor, que utilizaba un cilindro de oxígeno o aire comprimido como

fuentes de energía operativa y suministraba al paciente una mezcla de estos gases y aire ambiente a través de una mascarilla nariz-boca **figura 2**.

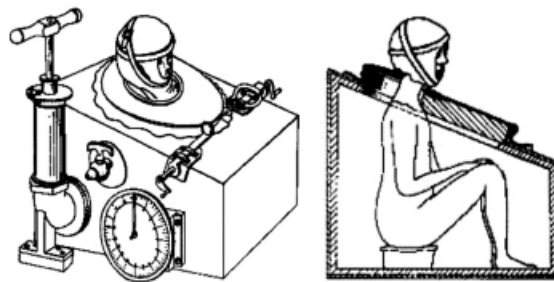


Figura 1.- Respirador de tanque construido por Jones en 1864. [5]



Figura 2.- Respirador portátil del primigenio Dräger Pulmotor (1911) [5].

El famoso pulmón de hierro fue inventado en 1929 por P. Dinker, un ingeniero estadounidense de la New York Consolidated Gas Company. Diseñó un tanque en el que un paciente era introducido excepto por la cabeza; este, aplicaba periódicamente presión negativa al cuerpo, haciendo posible la respiración. El

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

funcionamiento del dispositivo consistía en crear movimientos respiratorios debido a cambios de presión. Se utilizó presión positiva inspiratoria (IPPV), mostrando presión negativa en la cavidad torácica en comparación con la cavidad bucal. Se diseñó para uso en pacientes con paredes musculares dañadas [5].

El pulmón de hierro se utilizó por primera vez el 21 de octubre de 1928, en el Hospital Infantil de Boston, en una niña inconsciente que tenía dificultades para respirar y que se recuperó tan rápidamente cuando se la colocó en una cámara de respiración, lo cual provocó que se popularizara el invento **Figura 3**. En 1931, John Haven Emerson desarrolló una versión mejorada del pulmón de acero, el cual era menos costoso, tenía un menor peso, menor peso y era más fiable que el de Dinker. El ventilador ya contaba con velocidad variable, repuestos reemplazables y permitía control manual en caso de falla eléctrica. Fue el icónico ventilador de presión negativa y se utilizó ampliamente durante la epidemia de polio que devastó América del Norte y Europa.



Figura 3.- Respirador Iron Lung, «pulmón de acero» (1930), muy utilizado durante la epidemia de poliomielitis que asoló Europa y Estados Unidos en los años cincuenta [5].

En 1950, el ingeniero de la Fuerza Aérea de EE. UU. Ray Bennett inventó la válvula de demanda de oxígeno, que aumenta la presión durante la inspiración y la reduce a cero durante la espiración. Este sistema, mejorado y adaptado al uso del suelo, se conoce actualmente como (IPPV). La epidemia de polio que asoló Dinamarca en 1953 sentó las bases para la **ventilación mecánica de presión positiva**, y los médicos daneses estaban más decididos que sus homólogos británicos y

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

estadounidenses a utilizar ventiladores de presión positiva para tratar los efectos de la enfermedad. Sin embargo, los ventiladores **Bennett** y Pulmotor resultaron insuficientes para combatir las enfermedades infecciosas, lo que llevó a Engström a desarrollar un nuevo ventilador que podía suministrar una cantidad predeterminada de aire al paciente. Se demostró que este ventilador, que utilizó ventilación por traqueotomía, redujo la mortalidad en un 27% en pacientes con parálisis bulbar. Tras el éxito de los aparatos respiratorios de presión positiva, su producción se extendió al resto de América del Norte y Europa, y los anticuados pulmones de hierro quedaron en el olvido.

La alta prevalencia de poliomielitis en Dinamarca y el uso de máscaras de presión positiva en Copenhague y más tarde en todo el mundo, llevaron a la aparición de unidades de cuidados intensivos, respiradores y ventilación mecánica moderna. Estas salas de hospital ventiladas se convirtieron en las precursoras de las modernas unidades de cuidados intensivos (UCI), donde se realizaba una monitorización continua del número y los parámetros de los pacientes, lo que contribuyó al nacimiento de la medicina moderna [5].

El dispositivo pulmonar de acero fue eliminado gradualmente hasta su discontinuación casi completa en la década de 1960, y pronto siguieron nuevos ventiladores de presión positiva, que ciclaron la presión y el volumen. Los modelos más notables fueron Engstrom **Figura 4A**, Beaver, Cape, Emerson y Fournier **Figura 4B**.



Figura 4.- Modelos del respirador Engström (1953). [6].

Sin embargo, los modelos de presión más populares son Blease, Bennett PR2 y Bird M6, que eran más sencillos y funcionaban con gas comprimido, cilindros o gas hospitalario. A medida que los respiradores mejoraron, su uso se volvió más beneficioso y se abrieron unidades de cuidados intensivos en varios hospitales y países [6].

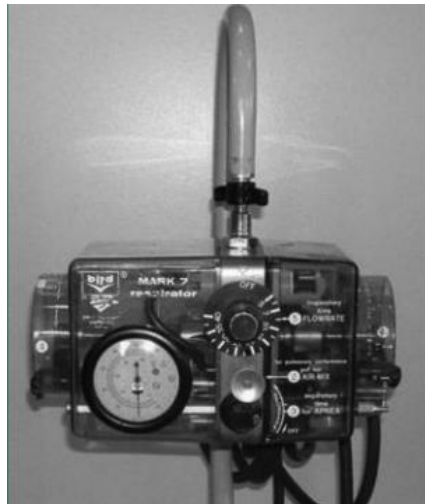


Figura 5.- El respirador Bird Mark-7 (1970), muy ligero y fácil de transportar [6].

Desde la década de 1970 **Figura 5**, las UCI se han vuelto comunes en muchos hospitales y la IPPV se ha implementado como modo de ventilación. El siguiente paso en la ventilación mecánica llegó con la creación de nuevos modos de ventilación, incluida la ventilación mecánica intermitente (IMV) y la ventilación mecánica intermitente sincronizada (SIMV). Durante esta década, la ventilación por volumen prevaleció sobre la ventilación por presión. También es de destacar la creación de presión espiratoria positiva (PEEP).

Las nuevas tecnologías y la automatización comenzarían a jugar un papel importante en el futuro. Los respiradores modernos basaron su funcionamiento en microprocesadores y contaban con un sistema accesible a través de controles respiratorios, lo que permitía una variedad de modos y opciones de ventilación [6].

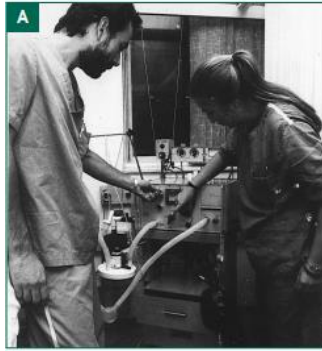


Figura 6.- Corresponde al primer prototipo de diseño y tecnología española desarrollado en la Unidad de Reanimación del Hospital Clínico Universitario de Valencia, e incorporó tempranamente un mecanismo para la aplicación de ventilación [6].

En la década de 1990, se habían logrado avances importantes debido a la maduración de la tecnología y la integración de microprocesadores modernos en los ventiladores, lo que permitió adaptar una gama cada vez más amplia de modalidades de ventilación a las necesidades del paciente. Hoy en día, la tecnología sigue avanzando al servicio de la ciencia, y puedes estar seguro que las innovaciones que se produzcan en el campo de la ventilación mecánica estarán relacionadas con ella. Para ello, ya no se estudiará la historia de la ventilación mecánica, sino su presente, se verá en el siguiente capítulo **Figura 6**.



Figura 7.- Una de las pantallas de monitorización ventilatoria del respirador de última generación G-5 (Hamilton-Medical, 2012) [6].

El desarrollo continuo de la ventilación mecánica clínica durante las siguientes décadas permitió la descripción de cuatro generaciones de ventiladores [6]. La primera generación debutó en los años 1960 y duró hasta mediados de los años

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

1970. Contenía un dispositivo mecánico simple que proporcionaba únicamente ventilación controlada, sin alarmas ni controles. Durante esta generación se describió por primera vez el uso de presión espiratoria positiva (PEEP) [7].

Los ventiladores de segunda generación se utilizaron clínicamente hasta principios de la década de 1980. Se trataba de un dispositivo que, además de activar alarmas básicas, activaba la ventilación del paciente y monitorizaba la frecuencia respiratoria y el volumen corriente.

La tercera generación de ventiladores estuvo operando hasta finales de la década de 1990 y se caracterizó por una mejor adaptación a las necesidades del paciente, incluida la integración del control por microprocesador, la provisión de múltiples modos de ventilación, el desarrollo de alarmas y una monitorización exhaustiva del estado de la ventilación y estado del equipo. Durante este periodo destacó el desarrollo paralelo de la ventilación oscilatoria de alta frecuencia (VAFO), que rompió el paradigma tradicional de ventilación con volúmenes corrientes iguales o inferiores a la frecuencia respiratoria supra fisiológica (>1 Hz). La VAFO se desarrolló como un método de ventilación seguro y eficaz, particularmente en unidades de cuidados intensivos neonatales y pediátricos [7].

Los ventiladores de cuarta generación incluyen dispositivos actualmente en uso. Se trata del amplio desarrollo de todo tipo de ventiladores de esta generación para los más diversos niveles clínicos, incluidos cuidados intensivos, ventilación subaguda, transporte y ventilación domiciliaria **Figura 7**. Tiene una excelente versatilidad y puede usarse de forma invasiva y no invasiva en adultos y recién nacidos. Ofrece múltiples modos de ventilación que mejoran significativamente la sincronización paciente-ventilador con monitorización completa, lo que hace que el soporte ventilatorio sea más seguro y eficiente [7]. La ventilación asistida proporcional (PAV), la ventilación asistida adaptativa (ASV) y la ventilación neuro adaptativa (NAVA) son tecnologías actuales que apuntan a desarrollos futuros [8]. Estudios fisiológicos han demostrado que estas técnicas proporcionan un mejor soporte sincrónico y menos agresivo sin comprometer el intercambio gaseoso ni la hemodinámica pasiva [8], proporcionando una respuesta ventilatoria más sincrónica

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

y adecuada a las necesidades (requerimientos) del paciente. El monitoreo de la ventilación se encuentra en evolución hacia la integración de datos con múltiples sistemas, generando conocimientos en lugar de números aislados. Por ejemplo, si una imagen vale más que mil palabras, el estado de un paciente puede confirmarse inmediatamente mediante una representación virtual de los cambios en el volumen respiratorio o la presión de las vías respiratorias.

2.2 Presión negativa y presión positiva

A mediados del siglo XIX surgieron dudas en la comunidad científica sobre la acción de la ventilación con presión positiva, y se consideraron tipos de ventilación similares al modelo fisiológico de ventilación. Esto dio lugar a la idea de inducir la inspiración cíclica aplicando suficiente presión subatmosférica externa a la cavidad torácica, que se convirtió en la base para el desarrollo futuro de la ventilación con presión negativa. Este paradigma, abandonado tras la introducción de la ventilación con presión positiva que se utiliza hoy, dominó y, en última instancia, limitó el desarrollo de la ventilación mecánica hasta la primera mitad del siglo XX. En 1928, los fisiólogos e ingenieros de Harvard, Philip Drinker y Louis Shaw, desarrollaron el "pulmotor" ante la primera gran epidemia de polio en California. Consistía en una cámara que cubría todo el cuerpo del paciente, excepto el cuello y la cabeza, y que se sometía periódicamente a presión negativa mediante un generador. Versiones nuevas, más seguras, más ligeras y económicas, como el ventilador Emerson mejorado, se utilizaron en todo el mundo para pacientes de todas las edades durante los siguientes 30 años. La epidemia de polio de Copenhague de 1952 marcó el momento final del paradigma de la ventilación con presión negativa y confirmó sin lugar a duda la superioridad de la ventilación con presión positiva.

Por otro lado, a pesar de la respiración artificial existente, la tasa de mortalidad de los pacientes con parálisis bulbar alcanzó el 90%. En esta situación, Henry Lassen y Björn Ibsen idearon un procedimiento que incluía una traqueotomía temprana y ventilación con presión positiva mediante un ventilador manual utilizado por el médico de la sala [9].

La necesidad de asistencia respiratoria obligó a la facultad de medicina a cerrar y a 1.500 estudiantes a seguir trabajando en turnos de ocho a seis horas. Con el nuevo método, la tasa de mortalidad se redujo del 90% al 40%. Esta experiencia fue decisiva en la implementación de la ventilación con presión positiva intermitente por vía endotraqueal, que se convirtió en la base de la terapia de cuidados intensivos moderna. En 1953, Carl Engström desarrolló la primera máscara antigás que podía ventilarse bajo presión positiva. Un pistón impulsado por un motor eléctrico creó un ciclo de presión en la cámara que contenía la bolsa respiratoria. Esta bolsa suministra al paciente una cantidad predeterminada de gas durante la inhalación y durante la espiración la bolsa se rellena debido a la inversión del pistón [9].

2.3 Evolución de la ventilación mecánica (VMI)

La ventilación mecánica invasiva (VMI) es una herramienta importante en el tratamiento de pacientes con insuficiencia respiratoria. Se utiliza para el 30-50% de la insuficiencia respiratoria aguda debida a emergencias médicas y quirúrgicas que ocurren en las unidades de cuidados intensivos. Estos beneficios son una de las formas más importantes de apoyar la función respiratoria y cardíaca. Sin embargo, su uso puede conllevar riesgos o consecuencias potencialmente mortales. La ventilación mecánica invasiva es una causa importante de complicaciones en los pacientes que reciben tratamiento y, por tanto, es una causa importante de morbilidad y mortalidad. La ventilación mecánica en sí misma puede causar complicaciones incluso en pulmones sanos y previamente lesionados. De esta explicación surge el concepto de biotrauma, que consiste en la liberación de mediadores inflamatorios del tejido pulmonar dañado que cooperan en el desarrollo o mantenimiento del síndrome de disfunción orgánica múltiple (MODS). Un estudio publicado por la Red del Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda (ARDSNet) encontró un riesgo relativo de muerte del 22% en pacientes ventilados con una estrategia de ventilación protectora pulmonar. Entre las principales complicaciones asociadas al uso de ventilación mecánica, también se encuentra la neumonía [9].

2.4 La historia del desarrollo de los purificadores de aire

En cuanto a ERA (equipo de respiración autónomo) aislantes se refiere, en el Siglo XIX se encontraron diversos inventos que intentaron solucionar el problema de la respiración en los incendios, y que suponen el verdadero origen de los sistemas actuales. Uno de los casos documentados más antiguos sobre utilización de un equipo de respiración viene de Inglaterra, y en 1823, John y Charles Deane inventaron un nuevo tipo de dispositivo de protección contra el humo que permite a los bomberos evitar el humo al extinguir incendios **Figura 8**. John Deane diseñó un sistema que le permitiera atravesar el humo. Consistía en un viejo casco de armadura al que modificó para que fuese lo más estanco posible, y al que conectó una manguera de suministro de aire proveniente de una bomba manual; que él mismo diseñó también.

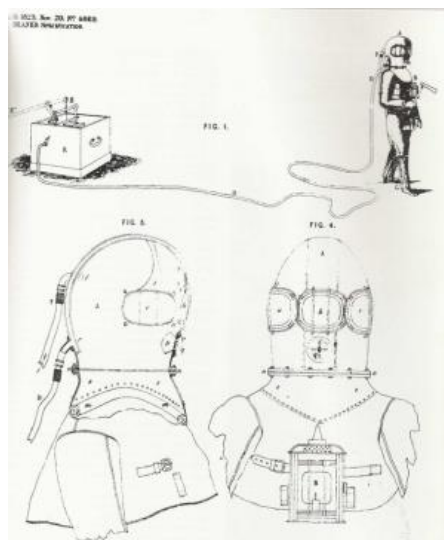


Figura 8.- Sistema diseñado por John y Charles Deane en 1823 [10].

En 1854, un hombre llamado John Stenhouse hizo un nuevo progreso basado en la invención de sus predecesores: después de varios intentos, aprendió que agregar carbón al filtro de aire puede filtrar los gases nocivos y tóxicos del aire **Figura 9**.



Figura 9.- Sistema diseñado por John Stenhouse en 1854 [10].

Durante la Segunda Guerra Mundial, el gobierno de Estados Unidos comenzó a estudiar materiales radiactivos. Para que pudieran mantener limpio el aire que se inhalado, los científicos tuvieron que desarrollar una forma de filtrar todas las partículas dañinas y así nació el filtro HEPA. Los filtros HEPA alguna vez fueron muy populares en las décadas de 1950 y 1960 **Figura 10**. HEPA es un estándar de filtración con una eficiencia de filtración superior al 99,97 % para partículas tan pequeñas como 0,3 micrones, lo que significa que una eficiencia de filtración alta [10].

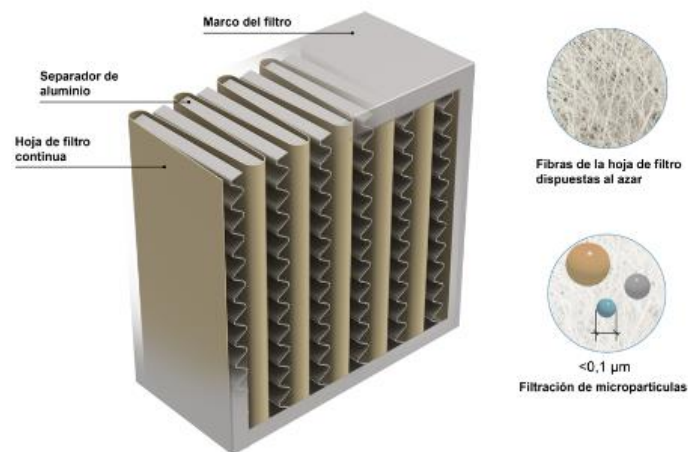


Figura 10.- Esquema que muestra la estructura de un filtro HEPA [10].

En la década de 1980, el foco de la purificación del aire se centró en métodos de depuración, como los limpiadores de aire domésticos. Los filtros antiguos eran muy eficaces para eliminar olores, productos químicos tóxicos y gases tóxicos del aire,

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

pero no podían eliminar esporas de moho, virus y bacterias. Los nuevos purificadores de aire utilizados en hogares y oficinas, los cuales contaban con diferentes opciones más que simplemente eliminar gases tóxicos del aire [10]. Desde finales de la década de 1990, surgió una "moda por los antibacterianos" en la industria de los ambientadores a medida que aumentaron las demandas de esterilización y desodorización. Los purificadores de aire también adoptaron elementos filtrantes fotocatalizadores en 1996 para mejorar el rendimiento de esterilización [11].

En los años más recientes, afectado por la propagación del SARS-CoV-2 y las epidemias respiratorias que se han propagado, la demanda de purificadores/respiradores de aire que eliminen y otorguen aire purificado ha aumentado. Los requerimientos y especificaciones de los dispositivos cambiaron, por tanto, la tecnología de purificador de aire comenzó a utilizar elementos filtrantes de descomposición (oxidación) para capturar bacterias y virus. En la actualidad existen muchos y diversos modelos de respiradores mecánicos dependiendo de las aplicaciones que se necesiten en circunstancias específicas [11].

2.5 Antecedentes académicos y comerciales

El 30 de junio de 2022, los alumnos Miguel Ángel Medina y Ramsés Fernández Cruz de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco presentaron un proyecto de integración titulado "Diseño mecánico de un concentrador de gases presurizados, para un ventilador mecánico de asistencia en enfermedades respiratorias", en el cual se realizó el diseño mecánico del sistema de compresión, así como, los cálculos correspondientes para obtener los esfuerzos generados y evitar una falla estructural en el diseño [12]. De este documento se pretende consultar información sobre las presiones a las que trabaja el concentrador de gases para el ventilador mecánico, ya que conocer las condiciones a las que opera es una parte fundamental para la puesta en marcha y prevenir fallos en el funcionamiento [12].

Otro de los proyectos desarrollados fue el elaborado en abril de 2021 por Federico

Samuel López Barrionuevo que lleva por nombre “Desarrollo de un sistema de filtrado con zeolita en mascarillas de uso industrial”, el cual consistió en desarrollar filtros a base de zeolita para usarlos en mascarillas industriales y que permitan la absorción de plomo, eliminación de partículas, vapores y gases tóxicos. De este proyecto se pretende recabar información del uso de la zeolita como medio filtrante [13], que permita diseñar el sistema de purificación de aire del filtro [13].

El 7 de octubre de 2022, los alumnos César Alejandro López Sánchez y María Cecilia Herrera Corona de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco realizaron un proyecto denominado “Construcción de un respirador mecánico no invasivo.” que consistió en la manufactura de los elementos estructurales que fungen como soporte del ventilador, la interconexión de los elementos tanto neumáticos, eléctricos y de control para hacer un prototipo funcional [14]. De este proyecto se pretende utilizar la estructura manufacturada del respirador mecánico, además de consultar información del sistema neumático controlado mediante un PLC, esto con la finalidad de poner en operación todo el sistema completo [14].

En 2020 Medtronic liberó la patente del diseño y el manual de servicio de la línea de respiradores artificiales portátiles 560 esto para frenar la aceleración del virus en ese momento, de este material se pretende consultar el manual de operación de un respirador artificial “Puritan Bennett modelo 560” de la marca Covidien, con la finalidad de consultar información importante referente a los parámetros de funcionamiento con los que trabajan este tipo de aparatos médicos, ya que pueden ser tomados en cuenta como referencia al momento de establecer los parámetros del dispositivo [15].



Figura 11.- Ventilador mecánico portátil Puritan Benett modelo 560 [15].

3. Justificación

Uno de los aspectos que reveló la pandemia del SARS CoV-2 fue la poca capacidad del país para responder ante la amenaza de una enfermedad que ataca el sistema respiratorio. Con un saldo de 330 mil muertos en un lapso de ya casi 3 años [9] y con muchos sobrevivientes con secuelas respiratorias significativas, la demanda de equipos destinados para atender este tipo de padecimientos sigue alta a ya casi 3 años del inicio de la pandemia. La disponibilidad de un filtro que sea capaz de purificar el aire de forma eficiente, y que además pueda ser remplazado en caso de sufrir desgaste o daños graves, apoyaría la esperanza de vida útil de los respiradores mecánicos actuales e indirectamente aportaría en la solución de la demanda de dichos equipos. La automatización de los procesos mecatrónicos del respirador también apoyaría al personal médico, debido a que les facilitaría el monitoreo de los pacientes incrementando la cantidad de personas que dicho personal podrá atender [16].

4. Objetivos

Objetivo general

Realizar el diseño mecánico y la manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

Objetivos particulares

Realizar el diseño mecánico del filtro de Zeolita y carbón activado para la purificación del aire.

Manufacturar las partes que fueron diseñadas.

Ensamblar y montar los elementos electromecánicos en el respirador.

Realizar la programación del PLC para el control de la mezcla aire-oxígeno del respirador mecánico no invasivo.

Poner en operación el equipo.

5. Marco teórico

5.1 Respirador mecánico

Un ventilador mecánico es un dispositivo que proporciona respiración a los pacientes que no pueden respirar por sí solos cuando se produce una insuficiencia respiratoria debido a la abundancia de agentes patógenos **Figura 12**. Su funcionamiento radica en una máquina con una turbina interna que crea una corriente de aire comprimido que se entrega a través de tubos y una máscara al respirador [17].

Este mecanismo consiste en la introducción (inhalación) y expulsión (exhalación) de aire en los pulmones en intervalos (frecuencia respiratoria) y en cantidades predeterminadas. El objetivo es reemplazar o apoyar parcialmente la respiración normal del paciente suministrando oxígeno a las células. La respiración está completamente controlada por el ventilador en función de la presión o el volumen. En ventilación controlada, es un dispositivo que controla un número determinado de ciclos a una presión o volumen preestablecido. Este proceso se produce independientemente del esfuerzo que haga el paciente al respirar. Para configurar esto, el usuario debe ingresar un valor de frecuencia respiratoria y el volumen o presión actual [17].

Los respiradores mecánicos se utilizan cuando se requiere:

- **Introducir aire** en los pulmones y **facilitar el oxígeno** necesario a las células del organismo [19].
- Ayudar a los pulmones a **eliminar del dióxido de carbono** [19].
- Ayudar a **realizar la respiración**. En algunos casos, el paciente se queda sin aliento y le resulta muy difícil respirar [19].
- Para que un paciente que tenga dificultades para respirar, debido a una **lesión o daño cerebral o en la médula espinal**, pueda hacerlo [19].



Figura 12. Respirador mecánico [18].

5.2 Tipos de ventiladores mecánicos

Hay dos tipos de ventiladores mecánicos: invasivos y no invasivos. El primero se utiliza para pacientes que requieren intubación o han tenido una traqueotomía y generalmente es más crítico. La ventilación no invasiva se utiliza en pacientes con condiciones clínicas leves mediante una mascarilla aplicada sobre la nariz, la boca o ambas. Ambos tipos pueden proporcionar ventilación proporcionando una determinada presión de aire (manómetro o barómetro) o un volumen predeterminado (volumen) [19].

5.3 Funcionamiento

Los respiradores mecánicos basan su principio de funcionamiento en el suministro de gases al paciente en determinadas condiciones de volumen, presión, caudal y tiempo. El sistema está conectado a una fuente de oxígeno medicinal y a una bomba de aire que puede ser extraída del ambiente mediante un compresor. Proporcionar

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

ventilación requiere regular y filtrar los gases liberados y luego usar un mezclador para crear una mezcla de gases controlada por el personal médico [19]. Dicha mezcla se hace pasar por la válvula inspiratoria y llega al paciente. También se requiere otra válvula para realizar la función de espiración y controlar las fases de la respiración.

Es importante señalar que en todos los diseños de ventiladores mecánicos sólo se puede controlar una variable a la vez: presión, volumen o flujo. Por lo tanto, se puede decir simplemente que un ventilador es una máquina que controla las formas de onda de parámetros como la presión de las vías respiratorias, el volumen tidal o el flujo. El gráfico de la **Figura 13** es el resultado de las fases inspiratoria y espiratoria para los modos de ventilación controlados por volumen y presión [20].

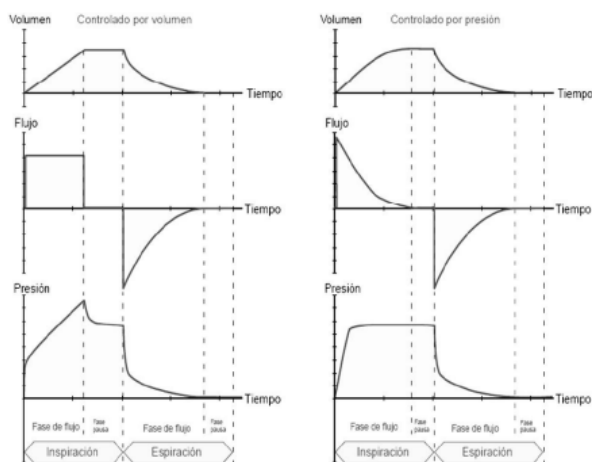


Figura 13.- Gráficas de volumen, flujo y presión cicladas por volumen y controladas por presión [20].

5.4 Fases del proceso de respiración

Inspiración: Durante la inspiración, el aire inhalado, especialmente el oxígeno, ingresa al cuerpo y llega a los pulmones. Este proceso es activo y se produce mediante la contracción de los músculos intercostales y el descenso del diafragma. Los pulmones se expanden y la presión en estos órganos se vuelve negativa en comparación con la atmósfera [22]. La presión dentro de los pulmones cae por

debajo de la presión atmosférica. Para igualar ambas presiones, los pulmones se llenan de aire exterior. Incrementar la capacidad de volumen de la red mural. Esto permite que el aire entre a los pulmones y enriquece la sangre con oxígeno **Figura 14**.



Figura 14.- Fases de la respiración [21].

Espiración: La espiración, también conocida como exhalación, es el período de la respiración en el que se expulsa el dióxido de carbono del cuerpo **Figura 14**. Esto hace que el diafragma se eleve y los músculos intercostales se relajen, aumentando la presión en los pulmones. El volumen de la caja torácica y los pulmones disminuye, lo que hace que la presión intrapulmonar aumente por encima de la presión atmosférica. Provocando así la salida del gas de los pulmones. Este proceso es pasivo porque implica relajar los músculos involucrados en el paso anterior, es decir, respirar y eliminar el aire residual de los pulmones [22].

5.5 Generalidades y características de la ventilación mecánica

En los ventiladores, estos cambios de fase ocurren cuando hay presión o flujo. Estas son clasificadas de acuerdo con el mecanismo de ciclado.

Los ventiladores mecánicos pueden ser:

- **Ciclado por volumen:** administrar un volumen constante con cada respiración (las presiones pueden variar) [23].
- **Ciclado por presión:** administración de presión constante durante cada respiración (el volumen administrado puede variar) [23].
- Una combinación de ciclado por volumen y presión [23].

El modo de ventilación asistida (A/C) es un modo de ventilación en el que se mantiene una frecuencia respiratoria mínima independientemente de si el paciente comienza a respirar espontáneamente. El volumen y la presión están directamente relacionados con la curva presión-volumen, por lo que ya sea que la mascarilla tenga ciclos de presión o de volumen, cada volumen corresponde a una determinada presión y viceversa [23]. Las configuraciones que puede ajustar en cada ventilador varían según el modo, pero incluyen

- Frecuencia respiratoria
- Volumen corriente
- Sensibilidad de activación
- Caudal
- Forma de onda
- Relación inspiratoria/espíratória (I/E)

Ventilación controlada (ciclada) por volumen:

La ventilación controlada (ciclada) por volumen entrega un volumen corriente determinado. Este modo incluye

- Control de volumen (V/C)
- Ventilación obligatoria intermitente sincronizada (SIMV)

Como resultado, la presión en las vías respiratorias no es constante, sino que depende de la resistencia y elasticidad del sistema respiratorio y del caudal seleccionado. La ventilación controlada por volumen V/C es la forma más sencilla y eficaz de lograr una ventilación mecánica completa. En este modo, se proporciona un volumen corriente fijo debido a que el volumen corriente establecido y el esfuerzo inspiratorio exceden el umbral de sensibilidad deseado. Si el paciente no activa el ventilador con frecuencia, este comenzará a respirar y proporcionará la frecuencia respiratoria mínima requerida [23].

Ventilación controlada (ciclada) por presión:

La ventilación controlada (ciclada) por presión aporta una presión inspiratoria determinada. Este modo incluye

- Ventilación controlada por presión
- Ventilación con soporte de presión (PSV)
- Modalidades no invasivas aplicadas a través de una máscara facial ajustada (varios tipos disponibles)

Por tanto, la cantidad de volumen de corriente cambia según la fuerza y elastancia del sistema respiratorio. De esta forma, los cambios en la dinámica del sistema respiratorio pueden provocar cambios imperceptibles en la ventilación alveolar [23].

La ventilación con apoyo de presión es un tipo de A/C que cambia la presión. El esfuerzo inspiratorio que supera el umbral de sensibilidad establecido activa la presión de soporte total, que se mantiene durante el tiempo de inspiración establecido.

5.6 Conceptos básicos

Modos de ventilación: relación entre las variables que componen la fase inspiratoria de cada respiración y los diferentes tipos de respiración (sensibilidad, umbral y ciclo).

Volumen: en el modo de ventilación controlada por volumen, se programa un volumen determinado para lograr un intercambio de gases suficiente. Para los adultos, normalmente se elige un volumen corriente de 5 a 10 ml/kg.

Frecuencia respiratoria: se programa según el modo de ventilación, volumen corriente, espacio muerto fisiológico, demanda metabólica, nivel de presión parcial de dióxido de carbono requerido por el paciente y grado de respiración espontánea. Para los adultos, esto suele ser de 8 a 12 /min.

Tasa de flujo: la cantidad de gas que el ventilador puede entregar al paciente por unidad de tiempo. El rango es de 40-100 l/min, pero satisface plenamente las necesidades del paciente.

Patrón de flujo: en los ventiladores se pueden elegir entre cuatro patrones de flujo: acelerado, retardado, cuadrado y sinusoidal. Está determinado por el caudal [23].

Tiempo inspiratorio. Relación inspiración-espiración (I:E). el tiempo inspiratorio es el tiempo que el ventilador suministra un volumen corriente seleccionado al paciente. Por lo general, esto es 1/3 del ciclo respiratorio y los 2/3 restantes son la exhalación. Por tanto, la relación I:E pasa a ser 1:2.

Sensibilidad o Trigger: mecanismo que permite que el ventilador detecte los esfuerzos respiratorios del paciente. Normalmente está entre 0,5 y 1,5 cm/H₂O.

FiO₂: esta es la tasa inspirada de oxígeno suministrada al paciente. En el aire que respiras, es del 21%, o 0,21. En VM se elige la FIO₂ más baja posible para que la saturación arterial de O₂ supere el 90%.

PEEP: presión positiva al final de la espiración. Se utiliza para contraer o abrir los alvéolos que permanecen cerrados para mejorar la oxigenación aumentando la presión media en las vías respiratorias [23].

5.6 ¿Qué es la zeolita?

La zeolita es una roca compuesta de aluminio, silicio y oxígeno. Se encuentra en diversas regiones del mundo donde hubo actividad volcánica prehistórica cerca del

agua o donde hubo agua durante miles de años después de la erupción. En 1756, el mineralogista sueco barón Axel Fredrik Kronstedt descubrió la zeolita [24].

La zeolita es naturalmente porosa porque tiene una estructura cristalina con ventanas, jaulas y super jaulas. Las zeolitas naturales tienen tamaños de ventana limitados (“tamaño de poro”) y todas son hidrófilas (tienen afinidad por el agua). Algunas zeolitas sintéticas son similares a los adsorbentes de carbono, ya que ambos pueden considerarse hidrófobos (tienen afinidad por los compuestos orgánicos, tienen poca o ninguna afinidad por el agua) y pueden absorber vapores orgánicos con moléculas más pequeñas que el tamaño de sus poros.

La estructura de un cristal de zeolita se basa en un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno unidos a un átomo de silicio a través de sus cuatro electrones de valencia. Estos tetraedros se conectan con los “rincones” del oxígeno para formar cristales. Cuando el aluminio está presente durante la formación de cristales, el silicio es reemplazado por átomos de aluminio, que tienen sólo tres electrones de valencia. El electrón de valencia que falta generalmente lo proporciona un átomo de hidrógeno o sodio, ya que estos elementos se encuentran comúnmente en el agua de hidratación [24]. La estructura cristalina de una zeolita consiste en ventanas, jaulas, y super jaulas **Figura 15**. Las jaulas son las celdas más pequeñas en la estructura cristalina. Las super jaulas son las celdas dentro de la estructura cristalina que son más grandes que las jaulas y pueden incluso contener jaulas [25].

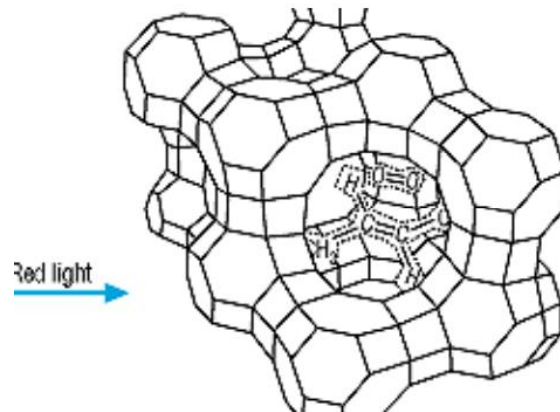


Figura 15.- Estructura en Y del Cristal de Zeolita - Mostrando ventanas, jaulas, y super jaulas [26].

5.6 Zeolita para controlar los contaminantes del aire

- **Filtración de gases en industria:** las zeolitas se pueden utilizar para filtrar y purificar gases, ya que permiten la eliminación de humedad, amoníaco, olores y otras partículas tóxicas. Como tamices moleculares naturales, se pueden utilizar de la misma manera que los tamices sintéticos, eliminando la humedad y otras moléculas de las corrientes de aire, para separar, secar o purificar gases.
- **Zeolita para filtración de aire:** el filtro de Zeolita o tamiz molecular se encarga de separar el oxígeno del nitrógeno y devolverlo puro al generador de oxígeno para que el paciente respire el aire más puro posible. Gracias a las propiedades físicas y alta porosidad de la zeolita, le permite retener partículas de líquidos dependiendo del tamaño de las moléculas. En el caso de los concentradores de oxígeno, la zeolita atrapa partículas de nitrógeno a través de los microporos del mineral, proporcionando aire purificado de alta calidad [26].

5.7 ¿Qué es el carbón activado?

Al comienzo el carbón activado es hidrófobo, adquiriendo un carácter hidrófilo debido a los grupos oxigenados presentes en él. Cuando se habla de "carbón activado" se refiere a carbones altamente porosos producidos a partir de materiales ricos en carbono, mediante varias formas de activación química o física. La obtención de carbón activado a partir de lignocelulosa es muy utilizada en la industria química debido a su bajo precio y abundantes recursos naturales. Además, este tipo de precursor es importante porque permite producir carbón activado con diferentes porosidades dependiendo de las condiciones de preparación, como temperatura y tiempo de activación [27]. El carbón activado es uno de los materiales adsorbentes más conocidos y utilizados en la actualidad. Puede tener aplicaciones en la industria y la medicina, lo que lo convierte en un material actualmente ampliamente estudiado en la ciencia de materiales.

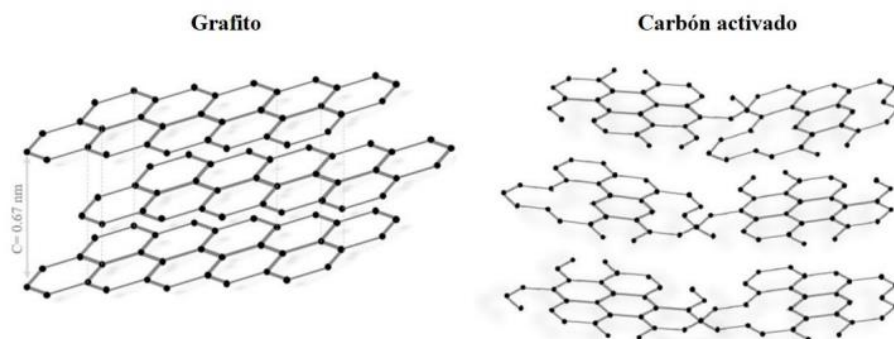


Figura 16.- Comparación entre la estructura del grafito y las capas del carbón activado [27].

Propiedades del carbón activado: Cuenta con características específicas dependiendo de la materia prima, carbonización y activación química; Estas propiedades permiten que este material se utilice en muchas aplicaciones. Este material tiene una superficie específica alta, alta porosidad, buen volumen y diámetro de poros; dándole excelentes propiedades físicas.

Aplicaciones del carbón activado: El carbón activado es ampliamente utilizado debido a sus increíbles propiedades, como gran área superficial, porosidad

característica, volumen y diámetro de poros, grupos funcionales y carga electrostática que posee debido a su química superficial. Son muchas las aplicaciones en las que se aplican en biomedicina, tratamiento de agua y eliminación de contaminantes en soluciones acuosas, separación y purificación en fases gaseosas, eliminación de agentes patógenos, etc...

Desodorización y purificación de aire: Por ejemplo, en respiradores de bote, sistemas de circulación de aire en espacios públicos, desagües y plantas de tratamiento de agua, cabinas de pintura, espacios de almacenamiento o uso de disolventes orgánicos. El carbón activado es un medio de adsorción, su función es adsorber moléculas orgánicas en sus microporos. Se activa mediante procesos térmicos o químicos para aumentar la capacidad de adsorción (provocando la formación de poros) [27].

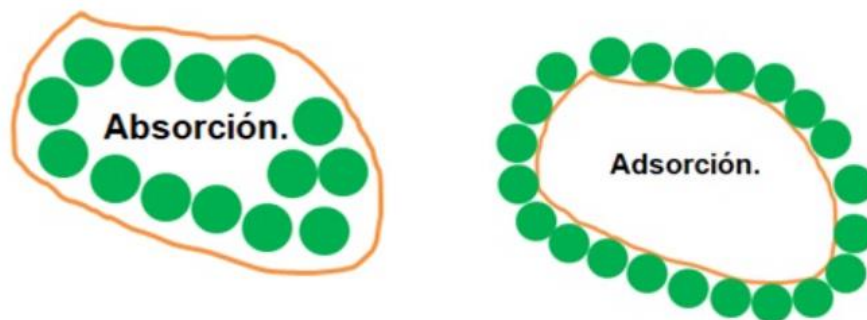


Figura 17.- Diferencia entre el concepto de absorción y adsorción [28].

5.8 Criterios de diseño

En la etapa de diseño de un recipiente a presión, la selección de los materiales de construcción es muy importante, por lo que se debe determinar una secuencia lógica de selección. En este apartado se describen los requisitos para el diseño mecánico del filtro, se analizan las opciones para la selección de material, es por ello por lo que se contemplan materiales de uso médico, además de que sean capaces de

soportar una presión de **5885.4 pascales** o superior en la **Figura 18** se muestra un diseño preliminar.

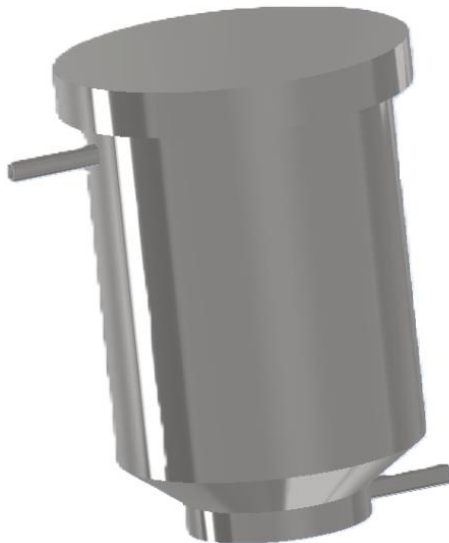


Figura 18.- Diseño preliminar del filtro.

Como se muestra en la **Figura 19**, el aire y el oxígeno ingresan al aparato respiratorio a través de un sistema neumático, que está regulado por un manómetro que puede mantener una presión constante. Usando un controlador PLC, se proporciona una señal para abrir un sistema llamado solenoide en la válvula y darle al paciente acceso al gas. Las válvulas unidireccionales imposibilitan que el aire exhalado entre en un circuito respiratorio. Al final de la respiración, el aparato respiratorio se llama circulador, momento en el que se abre la válvula de exhalación y los gases pasan a través del filtro purificador que otorga oxígeno sin contaminantes al paciente. Es por eso por lo que es necesario diseñar un sistema que permita realizar todas las funciones del sistema neumático.

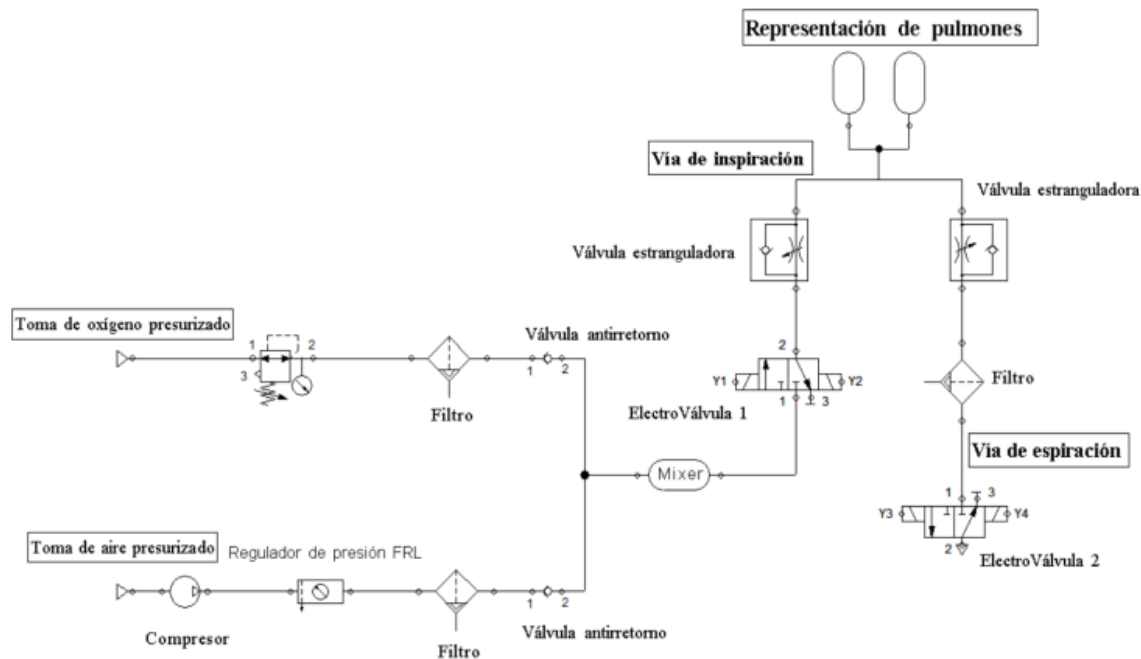


Figura 19.- Configuración del sistema neumático [21].

5.9 Recipientes a presión según el Código ASME Sección VIII Div. 1

El Código ASME Sección VIII Div. 1, define como Recipiente a Presión, cualquier contenedor cerrado capaz de almacenar un fluido a Presión Manométrica, sea esta interna o externa. Esta Presión puede ser obtenida desde una fuente interna o externa, o por la aplicación de calor desde una fuente directa o indirecta, o cualquier combinación de ellas [30]. Los recipientes a presión pueden tener dentro de sus características:

1.- Recipientes que contengan agua bajo presión incluyendo aquellos que contengan aire la compresión de los cuales sirva únicamente como amortiguador que excedan:

- Una Presión de Diseño mayor a 300 PSI.
- Una temperatura de Diseño mayor a 210 ° F.

2.- Tanques de agua caliente calentados por vapor u otros medios indirectos que

excedan:

- Una entrada de calor de 200,000 BTU's/hr.
- Una temperatura del agua de 210°F.
- Una capacidad nominal de 120 Galones [30].

3.- Recipientes que tengan un Diámetro Interior, Ancho, Altura o Sección Transversal mayor a 6" sin limitación en longitud o Presión.

4.- Recipientes que tengan una Presión de Operación interna o externa mayor a 15 PSI sin limitación en medidas.

5.- Recipientes que tengan una Presión de Diseño que no exceda los 3,000 PSI

5.10 Clasificación de los recipientes a presión

Los Recipientes a Presión se pueden clasificar por su utilización y por su forma. Por su utilización, se pueden reclasificar en Recipientes de Almacenamiento y Recipientes de Proceso. Por su forma se clasifican como Cilíndricos y Esféricos. Los Recipientes para Almacenamiento son comúnmente conocidos como tanques de día, tanques de mes, tanques acumuladores, etc. Los Recipientes de Proceso son aquellos utilizados en la industria petroquímica principalmente, entre ellos se encuentran los Intercambiadores de Calor, Reactores, Torres Fraccionadoras, Torres de Destilación, Separadores de Gas, etc. Recipientes Cilíndricos a su vez se pueden reclasificar en Horizontales y Verticales **Figura 20**. Los Recipientes Esféricos son usados generalmente como Tanques de Almacenamiento para grandes volúmenes y presiones elevadas [30].

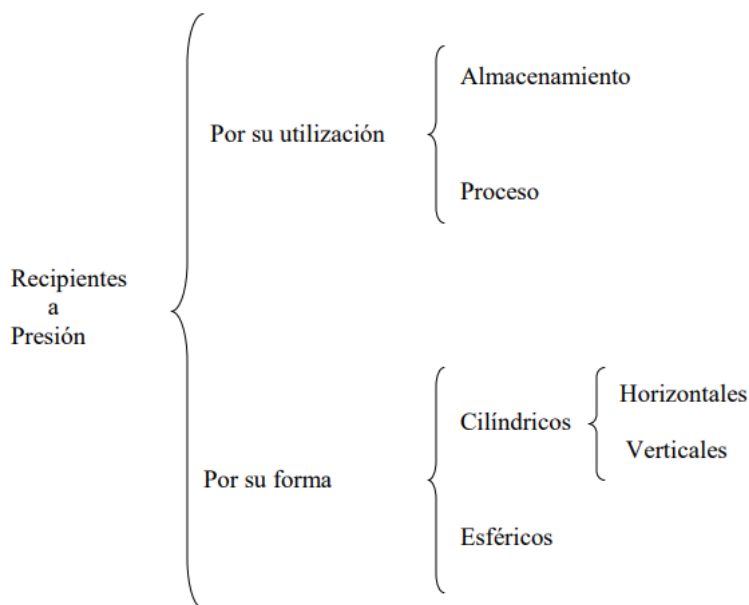


Figura 20.- Clasificación de los recipientes a presión [30].

5.11 Materiales para recipientes a presión y equipos de uso médico

Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, facilidad de formato entre otros. Así que es necesario realizar una explicación más amplia acerca del criterio de la selección de los materiales que pueden aplicarse a los recipientes de presión: Al ser un dispositivo médico, se deben utilizar materiales que permitan cumplir con los estándares establecidos en las **normas ISO 12500 y la ISO 7183**, en estas **se evalúa y comprueba** el rendimiento de los equipos de purificación de aire comprimido, es decir de filtros, es por eso por lo que se deben utilizar materiales que eviten acumulación de agentes contaminantes [30]. En el ámbito médico se tienen grandes aliados en metales como el acero inoxidable, aleaciones de aluminio, titanio, platino, que se utilizan en equipos y dispositivos de uso clínico. Esto se debe

a que el uso de estos metales en el ámbito médico asegura la higiene en hospitales y quirófanos debido a sus propiedades antibacterianas.

El **acero inoxidable** también tiene excelentes propiedades antibacterianas, lo que lo hace muy útil en entornos hospitalarios y sanitarios. Su presencia en sitios e instrumentos quirúrgicos y equipos de asistencia facilita la desinfección. La superficie no porosa evita la adhesión de patógenos y facilita la limpieza con los productos adecuados. Además, tiene una excelente resistencia a **la corrosión** y no se oxida ni se deforma, lo que lo hace extremadamente duradero y no tiene costos tan elevados a diferencia de otros metales como el titanio. Al no ser magnético, es ideal para mobiliario de quirófano [31].

El titanio y el aluminio son elementos biocompatibles que se usan en prótesis y dispositivos médicos. Su gran resistencia y poco peso los hacen imprescindibles en implantes o herramientas quirúrgicas. En ellos se encuentra al acero inoxidable, así como aleaciones de cobalto y cromo, de titanio o de níquel y titanio. Sin duda el titanio es el más biocompatible de los metales, y no resulta alergénico o tóxico.

Otros materiales como el oro plata, platino, iridio, tantalio y tungsteno también están muy presentes en las aplicaciones médicas. Por su parte, el **platino**, a pesar de ser un metal precioso, tiene múltiples usos industriales [32].

El aluminio y las aleaciones de aluminio no se usa en la producción de equipos para cirugía, pero se utiliza fácilmente en la fabricación de **asistencia médica**. Si bien el aluminio es resistente a la corrosión, el aluminio en bruto a veces puede oxidarse y provocar corrosión. Para este propósito, el aluminio se anodiza o se le da un tratamiento térmico para aumentar su vida útil y evitar que se corra. Debido a su resistencia y propiedades anticorrosivas, se emplea en la fabricación de sillas de ruedas, soportes intravenosos, muletas, armazones de cama y en este caso en un **filtro a presión** [33].

5.12 Especificaciones de los aceros y aluminios

Cuando se selecciona un material para un recipiente a presión de acuerdo con el Código ASME Sección VIII, Div.1, varias fuentes tienen que ser consideradas. Estas son:

5.13 Aleaciones Ferrosas (SA-XXX)

Aceros de Alta Aleación (Inoxidables) – pueden contener cromo (>10%), níquel y manganeso; servicios corrosivos, alta y baja temperatura; además se pueden separar dentro de las siguientes categorías de aceros inoxidables dependiendo de su composición química y sus propiedades [29]:

- Martensíticos (iguales al tipo 410) – alto cromo (>12%); magnéticos, tratables térmicamente por resistencia y dureza
- Ferríticos (tipo 405 y 403) – magnéticos, pero no tratables térmicamente.
- Austeníticos (“series 200 y 300”) – no magnéticos y no tratables térmicamente
- Duplex austeníticos/ferríticos (tipo 329) – alta resistencia y una mejor resistencia a la corrosión que los aceros inoxidables austeníticos.

5.14 Aleaciones No – Ferrosas (SB-XXX)

Principalmente son usadas en servicio altamente corrosivo o de alta temperatura.

- Aluminio – no magnético, buena formalidad, relación alta resistencia a peso.
- Cobre – buena resistencia a la corrosión y maquinabilidad Níquel – resistencia excelente a la corrosión y a la oxidación a alta temperatura
- Titanio & Circonio – para servicio altamente corrosivo.

Como se menciona en el **Capítulo 5.11**, los aceros de alta aleación (acero inoxidable) y las aleaciones no ferrosas como el aluminio se utilizan generalmente cuando las necesidades operativas y las condiciones sanitarias exigen mucho [29]. Aquí es donde el acero inoxidable juega un papel importante. El **acero**

inoxidable es uno de los materiales más utilizados en la fabricación de dispositivos médicos, especialmente el **acero inoxidable austenítico 304**.

5.15 Acero Inoxidable grado 304

El acero **inoxidable 304** se considera uno de los materiales más adecuados para la fabricación de dispositivos médicos en todo el mundo. De hecho, actualmente es el acero inoxidable más utilizado en este ámbito. Ningún otro grado de acero inoxidable está disponible en tantas formas, acabados y aplicaciones diferentes. Sus propiedades se pueden consultar en la **Tabla 1** y **Tabla 2**, lo convierten en una alternativa lógica para las especificaciones de dispositivos médicos, ya que ofrece una funcionalidad única a un precio competitivo [34].

Tabla 1.- Composición química típica del acero inoxidable 304 para dispositivos médicos [34].

Composición Química	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	N
	0.07 máx	2.0 máx	0.75 máx	0.045 máx	0.015 máx	18.0 – 19.5	8.0 – 10.5	0.10 máx

La **dureza del acero inoxidable 304** no es la única ventaja que presenta. Este metal también es extremadamente mecanizable, con la habilidad de ser moldeable sin tener que volver a fundirlo. Es perfecto para la manufactura de tazones, caños, sartenes y otros recipientes médicos.

Tabla 2.- Propiedades mecánicas del acero 304 [34].

Densidad	7.93g/cm ³
Punto de fusión	1398-1454°C

Calor específico (capacidad calorífica específica)	500 J/(Kg · K) a 20°C
Resistividad eléctrica	0.73 $\mu\Omega \cdot m$ (20°C)
Permeabilidad magnética	1.02 (aproximado)
Módulo elástico	193 GPa (28x106 psi)
Difusividad térmica	3.84 mm ² /s

Existen varias versiones de **acero inoxidable 304** con propiedades mejoradas para aplicaciones especiales, como el **304L**, una versión con bajo contenido de carbono que se utiliza para espesores mayores que requieren soldaduras de alta resistencia. Algunos equipos médicos pueden incorporar el 304L donde las soldaduras deben soportar altos impactos, periodos prolongados de tensión, etc. Este tipo también es considerado un **acero criogénico**, lo que significa que puede ser usado en aplicaciones que requieren operar a temperaturas extremadamente bajas. En ambientes corrosivos, el grado 304L es más resistente a la corrosión intergranular que los aceros inoxidables comparables. La combinación de bajo límite elástico y alto potencial de elongamiento significa que el acero inoxidable 304 es idóneo para ser transformado en formas complejas sin la necesidad de pasar por algún tratamiento térmico(cocido).

Si se necesita acero más duro o resistente para aplicaciones médicas, este metal se puede trabajar en frío. Cuando están templados, **304 y 304L** son muy maleables y pueden moldearse, doblarse o moldearse fácilmente. Sin embargo, se endurece rápidamente y puede requerir calor adicional para mejorar la ductilidad [34].

5.16 Acero inoxidable quirúrgico 316

Para el acero inoxidable quirúrgico, se usan grados específicos de acero inoxidable como el **316 y 316L**. Estas aleaciones, formadas con elementos como el cromo, níquel y molibdeno, ofrecen cualidades únicas se pueden consultar en la **Tabla 3 y Tabla 4** a los científicos de materiales y cirujanos [35].

- **Cromo (Cr):** Aumenta la resistencia del material a los raspones y la corrosión. Perfecto para resistir a la limpieza y esterilización médica.
- **Níquel (Ni):** Provee una superficie extremadamente suave y pulible, detalles requeridos para un maquinado de precisión. También es importante para la higiene.
- **Molibdeno (Mo):** Provee dureza luego de ser formado.

Es un acero inoxidable austenítico con mejor resistencia a la corrosión que el tipo 304. El acero tipo 316L es un acero deformado con bajo contenido de carbono para minimizar la formación de carburo durante el proceso de soldadura [35].

Aplicaciones: Estos aceros se usan en equipos para el manejo de productos químicos, de pulpas de papel, equipos para laboratorio fotográfico y equipos para el manejo de alimentos, por lo cual su uso en la utilización de dispositivos médicos se vuelve viable.

Resistencia a la Corrosión: Estos aceros resisten el ataque de la mayoría de los agentes químicos, a la corrosión atmosférica y demás compuestos mejor que el tipo 304.

Temperatura Máxima de Servicio: 880°C si es en servicio continuo y 840°C en servicio intermitente.

Maquinabilidad: Tiene una maquinabilidad media debido a su baja dureza.

Soldabilidad: Estos aceros pueden ser soldados satisfactoriamente por cualquier método y sólo la soldadura con oxiacetileno no se recomienda. Se recomienda las soldaduras AWS E/ER316L.

Formado en Frío: Estos aceros pueden ser fácilmente estirados, doblados o estampados.

Forjado en Caliente: Forjar entre 1150° – 1250°C. No forjar abajo de 930°C. Las forjas deben ser recocidas para recuperar toda su resistencia a la corrosión [36].

Tabla 3.- Composición química típica del acero inoxidable 316-316L para dispositivos médicos [35].

	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Mo
316	0.08	2	1	16.00 / 18.00	10.00 / 14.00	0.045	0.03	2.00 / 3.00
316L	0.03	2	1	16.00 / 18.00	10.00 / 14.00	0.045	0.03	2.00 / 3.00

Tabla 4.- Propiedades mecánicas del acero 316-316L [36].

Material	Acero 316
Densidad	7.98g/cm ³
Punto de fusión	1398-1454°C
Calor específico (capacidad calorífica específica)	500 J/(Kg · K) a 20°C
Resistividad eléctrica	0.73 μΩ · m (20°C)
Permeabilidad magnética	1.02 (aproximado)

Módulo elástico	193 GPa (28×10 ⁶ psi)
Difusividad térmica	3.84 mm ² /s

5.17 Aluminio 6061

ASTM-A96061 de Grado 6061 es de resistencia media a alta con muy buena resistencia a la corrosión y resistencia media a la fatiga. Es tratable térmicamente y se considera la más versátil de las aleaciones tratables térmicamente. Se usa comúnmente en estructuras sometidas a un uso riguroso. En estado recocido, ofrece excelente soldabilidad y conformabilidad, y se dispone con facilidad para soldadura fuerte en horno [37]. Se conoce también como aluminio estructural, por ser ideal su resistencia para tales aplicaciones. Tiene buena confortabilidad y presenta resistencia a la corrosión y óptima soldabilidad, aunque con resistencia reducida en la zona de soldadura sus propiedades se pueden consultar en la **Tabla 5** y **Tabla 6**.

Se utiliza para realizar estructuras de alta resistencia que requieren buena resistencia a la corrosión, componentes aeroespaciales y de aviación, marinos, vagones de ferrocarril, transporte, válvulas, maquinaria y tuberías. Puede ser trabajada en frío, anodizada, extruida. Después de ser trabajado en frío, pasa por diferentes procesos de tratamiento térmico, como recocido, tratamientos térmicos de solución y tratamientos de calor por precipitación. Estos le permiten mejorar la trabajabilidad del metal, estabilizan sus propiedades, mejoran sus capacidades mecánicas y endurecen su superficie [38].

Tabla 5.- Composición química del aluminio 6061 [37].

Composición Química	Cu	Mn	Si	Zn	Fe	Cr	Mg	Ti
--------------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

	0.15- 0.40 máx	0.15 máx	0.40- 0-80 máx	0.25 máx	0.7 máx	0.15 – 0.35 máx	0.8 – 1.2 máx	0.15 máx
--	----------------------	-------------	----------------------	-------------	------------	-----------------------	---------------------	-------------

Tabla 6.- Propiedades mecánicas del aluminio 6061 [38].

Material	Aluminio 6061
Densidad	2.7 g/cm ³
Punto de fusión	555-650°C
Calor específico (capacidad calorífica específica)	940 J/(Kg · K) a 100°C
Resistividad eléctrica	3.7 – 4.0 x10 ⁻⁶ Ω.cm
Módulo elástico	70 GPa (32633.5 psi)
Difusividad térmica	68 mm ² /s
Dureza HB	100 a 120
Máximo esfuerzo permisible	125 MPa

5.18 Aluminio 7075

El **aluminio 7075** es una aleación compuesta de aproximadamente 88% AL (aluminio), 6% ZN (Zinc), 2,5% MG (Magnesio) y 2% Cu (Cobre). En algunos casos, otros elementos también pueden incluirse en la composición en proporciones más pequeñas. El nombre popular de **aluminio 7075** es Zical, pero se puede encontrar

esta aleación disponible como Ergal, Fortal o Constructal. Como características físicas, es posible destacar algunos puntos principales sobre este metal: alta resistencia a la fatiga en comparación con otras aleaciones; fácilmente mecanizado; alta durabilidad.

Tabla 7.- Composición química del aluminio 7075 [39].

Composición Química	Cu	Mn	Si	Zn	Fe	Cr	Mg	Ti
	1.2- 2.0 máx	0.3 máx	0.4 máx	5.1- 6.1 máx	0.5 máx	0.18 – 0.28	2.1 – 2.9 máx	0.2 máx

Por otro lado, es un material que necesita protección cuando se coloca en ambientes húmedos, ya que no posee un alto potencial anticorrosivo. El aluminio es un material ligero con buena resistencia mecánica. Cuando está en la composición de aleación 7075, se vuelve más resistente que el acero.

Aplicaciones del aluminio 7075

Por sus propiedades **Tabla 7** y **Tabla 8** alta resistencia, el **aluminio 7075** tiene una amplia aplicación en el segmento deportivo. Presente en llantas y cuadro de bicicleta, el material también se presenta como una solución para materiales de montañismo. El uso del material también ocurre en otros segmentos más centrados en el sector público y las industrias. Como:

- Moldes para inyección de plástico
- Mecanización
- Industria automotriz
- Industria alimentaria
- Fabricación de máquinas o dispositivos hospitalarios
- Industria textil

- Metalúrgicas
- Desarrollo de Herramientas.

El aluminio 7075 es una aleación de aluminio y zinc que ofrece la mayor resistencia de todas las aleaciones disponibles comercialmente, inclusive comparable a muchos aceros. El aluminio 7075 al igual que el 6061 está disponible en varios tipos de temple tales como T6, T651, T73, T7351 y T76. La resistencia superior a la corrosión de los temple T173 y T7351 hace que la aleación 7075 sea un reemplazo lógico de las aleaciones de aluminio 2024, 2014 y 2017 en muchas de las aplicaciones más críticas como el uso para dispositivos que necesitan un gran porcentaje de sanidad [40].

Tabla 8.- Propiedades mecánicas del aluminio 7075 [40].

Material	Aluminio 7075
Densidad	2.81 g/cm ³
Punto de fusión	483°C
Calor específico (capacidad calorífica específica)	915 J/(Kg · K) a 100°C
Resistividad eléctrica	2.8 – 3.6 x10 ⁻⁶ Ω.cm
Módulo elástico	72 GPa (32633.5 psi)
Difusividad térmica	45 mm ² /s
Dureza HB	140-160

5.19 Pintura electroestática

En el área de acabados de piezas industriales, se utiliza ampliamente un tipo de recubrimiento, los recubrimientos electrostáticos (también conocidos como recubrimientos en polvo o recubrimientos epoxi), que ofrecen numerosas ventajas al fabricante de la pieza y/o del producto final. Este tipo de recubrimiento se utiliza principalmente en procesos productivos que requieren un nivel de acabado de grado alto y cuando las piezas requieren una gran resistencia [41].

Después de aplicar la **pintura electrostática** a la pieza, el proceso finaliza con el curado (el proceso de secado se realiza a altas temperaturas en hornos especiales). Durante este proceso, la pintura reacciona químicamente a medida que se endurece para crear una capa uniforme y duradera que ofrece resultados óptimos en toda la superficie de la pieza. Este recubrimiento se aplica mediante una pistola de pintura en polvo electrostática que mezcla aire con las partículas, las carga con electricidad y luego se adhiere a la superficie que busca tener un mejor acabado y se encuentra conectada a tierra, donde se adhiere a la pieza mediante electricidad estática. Luego se calienta en un horno para que se endurezca, creando un recubrimiento uniforme, con mayor durabilidad y de alta calidad [41].

Ventajas de la pintura electrostática:

Este proceso de acabado y recubrimiento de piezas aporta infinidad de **ventajas** al sector industrial y equipos de uso clínico:

- Este tipo de pintura es muy resistente a los **cambios ambientales**, así como a las **temperaturas extremas** y a los rayos UV, lo que hace que sea extremadamente difícil dañarla. Por lo tanto, es adecuado para piezas que requieren un rendimiento extremo o simplemente se desea aumentar el tiempo de vida del acabado.
- El **acabado** final que otorga a los elementos y superficies es de una calidad superior e incluso puede llegar a retener el color y el brillo hasta 10 años después de su aplicación **Figura 21**.

- Además de los tratamientos superficiales o estéticos, en el mismo proceso se pueden aplicar a las piezas metálicas tratamientos adicionales como imprimaciones, recubrimientos anticorrosivos, antivandálicos y resistentes al fuego.
- Esto supone un menor riesgo para la salud de las personas que utilizan la pintura en comparación con los productos a base de disolventes. La pintura epoxi no requiere solventes y no contiene contaminantes que puedan dañar a los usuarios.
- Muy alta resistencia física y química al impacto, rayado, flexión y productos químicos.

Las pinturas electrostáticas se fabrican y aplican sin el uso de disolventes, no emiten gases tóxicos, tienen un impacto muy bajo en el medio ambiente, no contienen VOC (compuestos orgánicos volátiles), no presentan riesgo de ignición O requieren precauciones especiales durante su almacenamiento. No es necesaria la aplicación de bases anticorrosivas, no tiene aditivos ni aditivos [41].



Figura 21.- Aplicación de acabado grado alimenticio en una pieza [41].

En la industria alimentaria, la higiene y la seguridad son las principales prioridades. La pintura de grado alimenticio se ha convertido en la opción preferida de muchas empresas debido a sus propiedades únicas que brindan protección y durabilidad. Las pinturas epóxicas de calidad alimentaria son recubrimientos especialmente diseñados para el contacto directo o indirecto con alimentos y también para dispositivos que requieran una higiene alta. Usar este tipo de pinturas en un

respirador es un requerimiento indispensable para evitar la acumulación de agentes patógenos en la estructura, además de evitar la emisión de gases que puedan poner en riesgo la salud de los pacientes y causar más afecciones; esto ayuda a cumplir con los estándares sanitarios y regulaciones de seguridad y sanidad, garantizando que no habrá migración de sustancias tóxicas a los usuarios.

5.20 Sistema de control

PLC: Los controladores lógicos programables son dispositivos electrónicos que utilizan tecnología para automatizar procesos y máquinas con el fin de desarrollar eficientemente todos los sistemas que los componen.

El PLC **Figura 22** se utiliza ampliamente en la industria para automatizar y regular procesos de producción, controlar líneas de producción, controlar sistemas complejos y aumentar la eficiencia operativa. Los sistemas de automatización basados en PLC le permiten aumentar la precisión, la velocidad y la coherencia en la producción al reemplazar las tareas manuales por tareas automatizadas [43]. La funcionalidad del PLC consta de tres elementos básicos: las entradas, las salidas y la CPU.

Esos tres elementos funcionan de la siguiente manera:

1. Unidad central de procesamiento (CPU): Es el cerebro del PLC, donde se ejecuta el programa almacenado y se procesan las señales de entrada para determinar las acciones a realizar. Se utilizan diagramas de escalera (LADDER) lo cual aporta flexibilidad y es posible modificar el programa de acuerdo con las necesidades existentes.
2. Módulos de entrada: Son dispositivos que reciben señales del mundo exterior, como interruptores, sensores, temporizadores u otros dispositivos, y las convierten en señales digitales que la CPU puede procesar.
3. Módulos de salida: Son dispositivos que reciben señales de la CPU y las convierten en acciones físicas, como activar motores, válvulas, luces, entre otros [43].

HMI: Para comprender mejor el término de HMI o también conocido como la Interfaz Hombre-Máquina y se refiere a un panel/pantalla que permite a los usuarios comunicarse con máquinas, software y sistemas **Figura 23**. Técnicamente, puede referirse a cualquier pantalla utilizada para interactuar con una computadora, pero generalmente se usa para pantallas en entornos industriales. HMI muestra datos en tiempo real y permite a los usuarios controlar las máquinas a través de una interfaz gráfica [44].



Figura 22.- Controlador programable Delta DVP14SS211R [43].



Figura 23.- HMI modelo DOP-103BQ 4.3" wide screen [45].

Electroválvula: Una válvula solenoide se define generalmente como una válvula electromecánica que se utiliza para controlar el flujo de líquido o gas. Existen diferentes tipos de electroválvulas, las variantes más importantes son las electroválvulas servoaccionadas y las electroválvulas de acción directa. Las válvulas operadas por piloto son las más comúnmente utilizadas y utilizan la presión de la tubería del sistema para abrir y cerrar el orificio principal en el cuerpo de la

válvula. A su vez, la válvula solenoide de acción directa abre o cierra directamente una abertura en el cuerpo de la válvula, que es la única vía de flujo dentro de la válvula. Se utilizan en sistemas que requieren una capacidad de flujo baja o en aplicaciones con diferenciales de presión bajos a través del orificio de la válvula [46].



Figura 24.- Electroválvula 3/2, doble solenoide, 1/4" [47].

Las válvulas solenoides funcionan controlando el flujo de líquido o gas en modo positivo, completamente cerrado o abierto **Figura 24**. A menudo se utiliza para el reemplazo manual de válvulas o control remoto. El funcionamiento de una válvula solenoide implica abrir o cerrar una abertura en el cuerpo de la válvula para permitir o impedir el flujo a través de la válvula. El pistón energiza el carrete, que mueve el manguito tubular hacia arriba y hacia abajo para abrir o cerrar el orificio.

Presostato: Un presostato es un dispositivo que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la medición de la presión del fluido. El fluido aplica presión al pistón interno, lo que hace que los dos puntos de contacto se muevan hasta que se junten. Cuando la presión cae, el resorte empuja el pistón hacia atrás y los contactos se separan. El resorte le permite ajustar la sensibilidad de funcionamiento del interruptor de presión aplicando más o menos fuerza al pistón **Figura 25**. Debido a la facilidad para ajustar el rango de presión requerido se utiliza este tipo de elementos [48].

Válvulas check: Las válvulas check o antirretorno, son comúnmente utilizadas por operadores de sistemas de tuberías hidráulicas; se utiliza en líquidos y fluidos ya que este dispositivo puede controlar el flujo de fluidos en una dirección. Por lo

general, están automatizados y no requieren asistencia manual para operar. Se utilizan para soportar torres de refrigeración, tuberías de inyección, calderas e incluso bombas [50] **Figura 26**.



Figura 25.- Sensor de presión modelo SDE5 marca FESTO [49].

“Las válvulas de estrangulación y antirretorno combinan las funciones de válvulas de caudal y bloqueo en un componente. El aire comprimido puede fluir libremente en un sentido. En la dirección opuesta, el caudal se puede cambiar usando un elemento de ajuste. En combinación con cilindros neumáticos, estos productos se utilizan a menudo para la regulación de la velocidad.” **Figura 26**



Figura 26.- Válvula check 2/2 de 1/4". Modelo R-EA-08 [51].

Unidad FRL: Una unidad de servicio neumático (FRL) es un dispositivo que limpia el aire comprimido; Se llama FRL, que significa Filtro, Regulador y Lubricador. Las máquinas de alta tecnología requieren aire comprimido de alta calidad para funcionar correctamente **Figura 27**. Es por eso por lo que las unidades de mantenimiento son tan populares, ya que extienden la vida útil de sus activos y promueven un mejor rendimiento al proporcionar condiciones de aire óptimas [52].

Las funciones principales de una unidad de mantenimiento o FRL son:

- Filtra el aire para eliminar impurezas y captura contaminantes como agua, polvo y aceite.
- Ajuste periódicamente la presión del aire para garantizar que el equipo tenga el suministro que necesita.
- Lubrique el aire comprimido para reducir la fricción entre las piezas móviles de la máquina.**Fuente de alimentación conmutada:** En este tipo de fuente de alimentación, la corriente está controlada por potentes componentes electrónicos, como los transistores, que se utilizan para la conmutación. A diferencia de las fuentes lineales, las fuentes conmutadas transmiten energía instantáneamente **Figura 28**. Una de las principales ventajas de las fuentes de alimentación conmutadas frente a las fuentes de alimentación lineales es que son más ligeras, más pequeñas y eficientes [54].



Figura 27.- Unidad FRL 1/4" c/manómetro. Modelo U-AC-2000-OL-A [53].



Figura 28.- Fuente de alimentación DVPPS01 AC-to-DC, 24V/1.

5.21 Análisis de fabricación

Proceso de construcción – manufactura: El éxito de un proyecto depende en gran mayoría de un buen desarrollo de este, es por lo que es fundamental realizar una buena planificación que permita lograr este objetivo. Para realizar dicha planificación es necesario reunir información, realizar bosquejos, ensayos y correcciones necesarias para evitar que los costos incrementen por errores cometidos durante la manufactura. [55].

Formas: Cuando se realiza el diseño se debe considerar la complejidad de las formas que tengan las piezas o elementos ya que, para manufacturar, se tiene que pensar que tipo de máquinas/herramientas se van a utilizar, se deben de ver costos y dificultad de fabricación [55].

Dimensiones: Este factor define un poco más el proceso, pues si las dimensiones de la pieza que se va a producir son muy grandes será necesario usar maquinaria pesada o procesos típicos para fabricaciones de este tipo. En cambio, si las dimensiones que se van a manejar son pequeñas serán otros procesos muy diferentes los que se utilizarán.

Materiales: Existen ciertas limitaciones que pueden influir para elegir un proceso u otro. Tener en cuenta los demás apartados para así seleccionar el mejor material y generar un mayor costo - beneficio.

Análisis de fabricación: Realizar un análisis de fabricación consta de explicar la secuencia en que intervienen diferentes equipos y herramientas en un proceso, para obtener el producto especificado en un dibujo de proyecto [55].

Elementos para hacer un análisis de fabricación

- Dibujo de proyecto de la pieza o conjunto a fabricar.
- Ritmo de producción (pieza/unidad de tiempo).
- Conocimiento de las posibilidades y limitaciones del equipo (maquinas, herramientas, dispositivos de sujeción, dispositivos o elementos de medición) disponible para la fabricación.

Funcionalidad y costo del producto: Al definir el análisis de fabricación se debe hacer un balance entre el compromiso de respetar las especificaciones funcionales dadas en el dibujo de proyecto, cumplir con el ritmo de producción y fabricar el producto al menor costo posible para que sea competitivo.

Conceptos utilizados en el análisis de fabricación: La metodología seguida para definir un análisis de fabricación establece que se manejen conceptos tales como proceso, fase, subfase, operación, superficie de partida, superficie de referencia [55].

Proceso: Trabajos realizados en varios departamentos (fabricación de una mesa, construcción de maquinaria, etc.) se define con números como 100, 200, 300...

Fase: Todas las operaciones ejecutadas en un mismo puesto de trabajo (torneado, fresado, taladrado, cepillado ... -maquinado en general- moldeado, forjado, control, armado, almacenado, pintado, soldado, templado, cromado, etc). Se identifica con números tales como 10, 20, 30 ...etcétera. Una fase puede contener varias subfases.

Subfase: Operación realizada sin desmontar piezas, estén o no colocadas en un montaje, se encuentra sujeta utilizando un sistema de sujeción (puede ser montada en un tornillo de banco), Operaciones como: Tornear, fresar, fundir, forjar, taladrar, electro erosionar, moldear a presión, soldar, pintar, cromar, rectificar, etc. Se

identifica con letras tales como A, B, C ...etcétera. Una subfase puede contener varias operaciones.

Operación: Representa el trabajo producido sin desmontar a la pieza y sin cambios de las herramientas.

Superficies de partida: Son superficies en bruto que funcionan como apoyo a la pieza sobre la máquina, al comenzar la subfase de maquinado, con objeto de obtener superficies de referencia.

Superficie de referencia: Son superficies maquinadas que sirven de apoyo a la pieza sobre la o las máquinas, en las diferentes subfases de maquinado [55].

5.22 Simbología de sujeción

Debido al enfoque sistemático en el posicionamiento y fijación de piezas durante la producción y control, normalmente se utilizan este tipo de símbolos: este método se utiliza para la preparación de documentación técnica a nivel de anteproyectos y en proyectos de investigación industrial [55].

La primera parte se ocupa de determinar la geometría de la pieza durante la fase de conversión o inspección, en función de la escala de producción.

1. Símbolo de base. El símbolo de base **se sitúa sobre la superficie especificada o sobre una línea de referencia, del lado libre del material Figura 29.**



Figura 29.- Símbolos de representación de un apoyo [55].

Posición del símbolo: El símbolo de base se coloca sobre la superficie especificada o sobre una línea de referencia, del lado libre de materia. El segmento de recta es perpendicular al apoyo considerado **Figura 30.**



Figura 30.- Posición del símbolo [55].

Principios de utilización: El símbolo de base señala la eliminación de un grado de libertad. Cada superficie especificada recibe tantos símbolos, como grados de libertad debe eliminar. Un plano permite la eliminación de tres grados de libertad cuando más **Figura 31**. Cada pieza recibe un máximo de seis símbolos de base, cuya disposición debe satisfacer las leyes del equilibrio [55].

Es indispensable representar los símbolos en las vistas o posiciones más claras, relacionando su acotación con su posición. Relacionarlos en cada vista, de un índice del 1 al 6 situándolos a un lado del segmento de recta del símbolo.

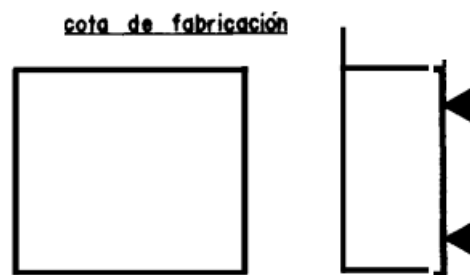
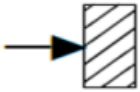
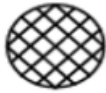
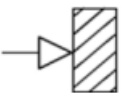



Figura 31.- Principios de utilización [55].

Simbolización de los elementos de apoyo y apriete: Tiene como objetivo definir los símbolos que representan, sobre los análisis de fase, los elementos de apoyo y apriete de las operaciones a las cuales son sometidas en el proceso de fabricación y su verificación se puede observar en la Tabla 9 [55].

Tabla 9.- Símbolos de sujeción para el análisis de fabricación [55].

Simbolización de apoyo y apriete

Función	Símbolo	Representación proyectada
<ul style="list-style-type: none"> - Apoyo - Posicionamiento riguroso - Partida de acotación 	 <p data-bbox="805 415 1008 443">Triángulo negro</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Apriete - Inmovilización - Preposicionamiento - Oposición a las vibraciones 	 <p data-bbox="821 699 1000 726">Triángulo blanco</p>	

5.23 Proceso de manufactura

La manufactura es la aplicación de procesos industriales (corte, marcado, prensado, taladrado, etc.) para modificar la geometría, propiedades o apariencia del material original eliminando el exceso de material de la superficie para darle la forma y tamaño final deseado. Se le aplica un proceso controlado de producción en el cual se combinan máquinas, herramientas, energía y trabajo físico. En este caso el proyecto se enfoca en los procesos y operaciones que se realizan en un torno.

Torno: se trata de una máquina-herramienta estacionaria que es de suma importancia en la industria ya que permite mecanizar piezas de diversas formas geométricas. Las operaciones de torno para mecanizar piezas que se pueden realizar son cilindrado, roscado, refrentado, taladrado, etc.

Cilindrado o torneado: es una operación que se puede realizar en dicha máquina, la cual tiene como objetivo reducir el diámetro de la barra de material que se está trabajando. Para poder efectuar esta operación, la herramienta y el carro transversal se han de situar de forma que ambos formen un ángulo de 90° (perpendicular), y este último se desplaza en paralelo a la pieza en su movimiento de avance.

$$t_m = \frac{\pi D_o L}{f(v)}$$

t_m = tiempo de maquinado cilindrado

D_o = diametro original de la pieza

L = longitud total de la pieza

v = velocidad de corte

f = avance

Figura 32.- Fórmulas en torneado en general [56].

Refrentado: El **refrentado** (también denominado *fronteado*) es la operación realizada en el torno mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro.

Taladrado: Hace referencia a un tipo de mecanizado por arranque de viruta en el que el movimiento de corte es circular y que se caracteriza porque la herramienta solo puede realizar un movimiento de avance según la dirección del eje de giro.

Roscado: Se llama roscado al proceso de formar una rosca, ya sea interior como exterior. Una rosca es una superficie cuyo eje está contenido en el plano y en torno a él describe una trayectoria helicoidal cilíndrica. El roscado puede ser realizado con herramientas manuales o máquinas herramientas, como taladradoras, fresadoras y tornos. Para el roscado manual se utilizan machos y terrajas, que son herramientas de corte usadas para crear las roscas de tornillos y tuercas en metales, madera y plástico [57].

5.24 Conceptos utilizados para el diseño mecánico

5.25 Cálculo de la presión interna mecánico

Fórmula de presión de fluidos

$$P_h = \rho \times g \times h + P_0$$

Para el cálculo de las presiones internas, se empleó la fórmula de presión de fluidos estáticos, en donde P_h es la presión total dentro del filtro, ρ es la densidad del fluido, h es la altura del recipiente (filtro), g es la aceleración gravitacional y por último P_0 es la presión inicial a la que entra el fluido al recipiente.

La razón por la que se consideró esta ecuación es debido a que refleja la presión interna que sufriría el filtro en caso de que la salida se bloquease por algún motivo inesperado. Tomando esta presión como punto de partida, se asegura que la integridad del filtro no se verá comprometida aún en caso accidentes (en lo que a presiones se refiere).

5.26 Esfuerzos en recipientes a presión

Los recipientes a presión se encuentran sujetos a cargas, que generan esfuerzos dentro de la estructura y en los elementos del recipiente. El tipo e intensidad de los esfuerzos depende en función del tipo de las cargas a las que se encuentra sujeto, de la geometría del recipiente y de su construcción. Para el diseño es fundamental determinar los esfuerzos normales en las paredes cuando este es sometido a presión interna. Sobre la pared del recipiente se presenta un elemento de esfuerzo con sus cargas paralelas y perpendicular que salen del mismo. Los esfuerzos normales σ_c y σ_l que actúan sobre las cargas laterales de este elemento son los esfuerzos a los que se encuentra sometida la pared [58].

Los esfuerzos circunferenciales σ_c y la presión interna P actúan sobre longitud del elemento, (para realizar el análisis se desprecia el peso del recipiente y su contenido).

Los esfuerzos generados en la circunferencia σ_l que actúan en la pared del recipiente tiene una resultante igual a $(2 B t \sigma_l)$, donde t es el espesor de la pared. La fuerza resultante P de la presión interna es igual a $(2 p B R)$, donde R es el radio interior del cilindro, se tiene la siguiente ecuación:

$$\sigma(2Bt) - 2PxBR = 0$$

De esta ecuación se obtiene la siguiente fórmula para el esfuerzo circunferencial del cilindro. Este esfuerzo se distribuye de manera equitativa sobre las paredes internas del filtro.

Esfuerzo circunferencial σ_c :

$$\sigma_c = \frac{P \times R}{t}, \quad MPa$$

El esfuerzo longitudinal σ_l :

Los esfuerzos sobre la circunferencia σ_l actúan en sentido longitudinal y tiene una fuerza resultante igual a $\sigma_l (2\pi Rxt)$. Como en el caso anterior se utiliza en radio interior y P, es la presión en MPa. La fuerza resultante P de la presión interna es una de fuerza igual a $(P\pi R^2)$.

Despejando σ_l de esta ecuación se tiene la siguiente fórmula para el esfuerzo longitudinal de un recipiente presión cilíndrico.

$$\sigma_l(2\pi Rxt) - P\pi R^2 = 0$$

Despejando σ_l de esta ecuación se tiene la siguiente fórmula para el esfuerzo longitudinal de un recipiente presión cilíndrico.

$$\sigma_l = \frac{P \times R}{2t}, \quad MPa$$

Este esfuerzo se distribuye de manera equitativa sobre las paredes internas del filtro.

$$\sigma_l = 2\sigma_c, \quad MPa$$

El factor de seguridad (**FS**) es una medida utilizada en el diseño mecánico para determinar la capacidad que tiene un componente para soportar las fuerzas o cargas. El factor de seguridad se calcula dividiendo la carga máxima que puede soportar el componente o la estructura, entre la carga real que recibirá.

$$FS = \frac{\text{Carga máxima del aluminio 6061}}{\text{Presiones internas}}$$

Para estimar el espesor de pared que deberá poseer el recipiente cilíndrico se utiliza la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P \times R}{\sigma}$$

Con σ como el máximo esfuerzo permisible del material utilizado (aluminio 6061) obtenido de la **Tabla 6**.

6. Desarrollo del proyecto

6.1 Selección del material

Para realizar el diseño del filtro se consideran varios factores **Tabla 10**, el primero es la selección del material, el cual depende de diversos factores y consideraciones como: tomar en cuenta las propiedades mecánicas del material ya que al ser un filtro que se utilizará en un dispositivo que se encontrará operando a distancias cercanas de vidas humanas es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto nivel de cedencia, alto y mínima reducción de área, además de que sea anticorrosivo y no emita contaminantes.

Como se mencionó en el marco teórico se consideran 4 metales que cumplen con los requerimientos deseados, el aluminio 6061, aluminio 7075, acero 304 y el acero 306L. A continuación, se presentan los factores que influyeron en la selección de este.

Al analizar los criterios anteriores se decidió trabajar con aluminio 6061, ya que cuenta con todas las propiedades mecánicas adecuadas, tiene una resistencia a la corrosión bastante alta, sus costos no son tan elevados, además de que el tiempo de entrega de los proveedores es menor. También el mecanizar aleaciones de aluminio es más sencillo que trabajar con aceros. Se buscaron entre 4-5 proveedores para una barra de 40x10 cm de aluminio 6061 y los precios fueron los que se muestran en la **Tabla 11**.

Tabla 10.- Factores que influyen en la selección del material.

Material	Maquinabilidad	Resistencia a la tensión en MPa	Costo aproximado barra de 40x 10 cm (pesos)
Aluminio 6061	Buena	241	1000-1300
Aluminio 7075	Media	276	1700-1800
Acero 304	Media Baja	585	Mayor de 2100
Acero 306L	Media Baja	540	Mayor de 2100

Tabla 11.- Cotización de diversos proveedores en la cdmx.

Proveedor	Costo
La Paloma	\$1180
Metales Díaz	\$1300
Metales y Aceros Especiales SA de CV	\$1250
Aceros y Metales Mask	\$1400
Altavista	\$1220

El proveedor que se seleccionó fue Metales La Paloma debido a que fue el precio más asequible además de que tenía un tiempo de entrega corto (3 días). Después de seleccionar el material con base en los criterios mencionados, se realizó el diseño mecánico por lo que, se desarrollaron los siguientes pasos para conocer las presiones de operación del recipiente a presión. Uno de ellos consiste en calcular la presión que habrá dentro del recipiente es por lo que se toman en consideración los siguientes aspectos: Partiendo de los parámetros del ventilador mecánico dados por uno de los proyectos antecesores de este, se obtiene la siguiente tabla:

Parámetro	Valores
Presión en vías aéreas	5 a 60 (cm H ₂ O)
Flujo inspiratorio	20 a 120 (L/min)
Volumen Tidal o volumen corriente	5 a 12 (ml/kg)
Frecuencia respiratoria	12 a 24 (rpm)
Relación Inspiración: Espiración	1:2
Porcentaje de oxígeno en la mezcla de gases	21% a 100%

Figura 33.- Parámetros y rangos de operación del respirador [21].

6.2 Determinación del espesor de la pared

Para estimar el espesor de pared que deberá poseer el recipiente cilíndrico se utiliza la siguiente ecuación

$$t = \frac{P \times R}{\sigma}$$

La presión de trabajo máxima permisible del aluminio 6061 se puede consultar en la Tabla 6 y un radio de 50 mm aproximadamente.

$$\sigma_{max} = 125 \text{ MPa}$$

Sustituyendo en la ecuación se tiene que:

$$t = \frac{P \times 50 \text{ mm}}{125 \text{ MPa}}$$

Se utiliza una presión aproximada de 7000 Pa (0.007 MPa)

$$t = \frac{0.007 \text{ MPa} \times 50 \text{ mm}}{125 \text{ MPa}}$$

$$t = 0.0028 \text{ mm}$$

Como se puede observar el elemento puede soportar fácilmente las presiones a las que se verá sometido, aun así, por cuestiones de seguridad se propondrá utilizar un espesor de 3 mm.

6.3 Cálculo de las presiones internas del filtro

Utilizando la ecuación de fluidos estáticos y de acuerdo los siguientes datos:

Presión en vías aéreas = 60 cm H₂O = 5884 *pascales*

Caudal = 120 L/min = 2 L/seg = 0.002 m³/seg = 0.00024 kg/seg

Módulo de elasticidad del Aluminio 6061 = 70 GPa. = 70 x 10⁶ N/m²

Densidad del aire a 25° = 1.19 kg/m³

Viscosidad cinemática del aire a 25° = 1.562 x 10⁻⁵ m²/seg

Se propone un diámetro interior de 50 mm, una longitud de 125 mm (filtro ya armado), con un espesor de pared de 3 mm:

$$D_{\text{int}} = 0.050 \text{ m.} \quad r_{\text{int}} = 0.025 \text{ m.} \quad L = 0.125 \text{ m}$$

$$A_1 = \pi r^2 = \pi (0.025 \text{ m})^2 = 0.07854 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{cilindro}} = \pi r l + 2A_1$$

$$A_{\text{cilindro}} = \pi (0.125 \text{ m})^2 + 2(0.07854 \text{ m}^2)$$

$$A_{\text{cilindro}} = 0.2061 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A_1}$$

$$\text{Velocidad del fluido} = \frac{0.002 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.07854 \text{ m}^2}$$

$$\text{Velocidad del fluido} = 0.0255 \text{ m/seg}$$

$$\text{Número de Reynolds} = \frac{(\text{Velocidad del fluido})(\text{Diámetro})}{\text{Viscosidad Cinemática del aire}}$$

$$\text{Número de Reynolds} = \frac{(0.0255 \text{ m/seg})(0.050 \text{ m})}{1.562 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{seg}}$$

$$\text{Número de Reynolds} = 81.62$$

Una vez obtenido el número de Reynolds se puede observar que es un fluido escalas, lo que indica que el filtrado del aire es uniforme y por lo tanto las cargas que se aplican son iguales en todas las paredes interiores.

Presión en entrada y salida del filtro

$$= \left(1.19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right) (0.125 \text{ m}) + 5884 \text{ pascales}$$

$$\text{Presión en entrada y salida del filtro} = 5885.4 \text{ pascales}$$

$$\text{Presión en paredes} = (1.19 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/seg}^2)(0.05 \text{ m})5884 \text{ pascales}$$

$$\text{Presión en paredes} = 5884.58 \text{ pascales}$$

6.4 Cálculo de los esfuerzos generados en el filtro

Al ser cargas iguales y que todos los elementos cuentan con diámetro interior similares por donde fluye el aire se pueden considerar que los esfuerzos en esas secciones serán iguales o muy parecidos. Se utiliza el diámetro menor existente dentro del filtro y se calcula el esfuerzo generado.

$$\sigma_c = \frac{P \times R}{t}, \quad \text{MPa}$$

Con los siguientes datos:

$$P = 5884.58 \text{ pascales}$$

$$P = 0.00588 \text{ MPa}$$

$$R = 62.60 \text{ mm}$$

$$t = 3.5 \text{ mm}$$

$$\sigma_c = \frac{0.00588 \times 62.60}{3 \text{ mm}} = 0.12269 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación de los esfuerzos longitudinales generados por la aplicación de las cargas se tiene que:

$$\sigma_l = 2\sigma_c$$

$$\sigma_l = 2(0.12269) \text{ MPa}$$

$$\sigma_l = 0.245392$$

Para determinar el factor de seguridad se utilizó la ecuación siguiente:

$$FS = \frac{\text{Carga máxima del aluminio 6061}}{\text{Presiones internas}}$$

Sustituyendo los valores:

$$FS = \frac{125 \text{ MPa}}{0,005888 \text{ MPa}} = 21258$$

Por motivos lógicos se establece un factor de seguridad de 6 y utilizando ese factor se calculan los esfuerzos generados dentro del recipiente.

$$\sigma_c = \frac{FS \times P \times R}{t}, \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_c = \frac{(6) (0.12269) \times 62.60}{3}$$

$$\sigma_c = 15.36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l = 2(15.36) \text{ MPa}$$

$$\sigma_l = 30.72$$

Una vez calculados los parámetros para el diseño, se comenzó la adquisición del material y los insumos necesarios para iniciar la manufacturación del filtro para el respirador mecánico **Tabla 12**, así como los materiales requeridos para el cambio de pintura de la este mismo, en esta sección se detalla el proceso paso a paso.

A continuación, se muestra el equipo y maquinaria con la que se debe contar, para la fabricación de la estructura.

Nombre del equipo:

- Máquina de torno
- Fresadora
- Sierra cinta Universal
- Horno de acabado
- Taladro de mano
- Pistola de pintura en polvo

Tabla 12.- Pedido del material usado para la manufactura y ensamble del respirador.

Material	Cantidad/dimensiones
Barra cilíndrica de Aluminio 6061	10 pulgadas de Diámetro x 40 cm
Zeolita	1 kg.
Hojas filtradoras de carbón activado	2 piezas
O ring de 74 mm de diámetro	3 piezas
Tamiz de acero inoxidable	3 piezas
Broca de centros de N.4	1
Broca de ¼ pulgada.	1
Broca de ½ pulgada	1
Broca de 1 pulgada	1
Calibrador digital	1
Buril para exterior	1

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

Buril para interior	1
Barra de interiores	2
Pintura beige Pergamino	2 kg
Removedor de pintura Axalta	3 L.
Remache de 3/16 pulgada	24
Remache de 1/8 pulgada	100
Broca de corte vertical 10 mm	1
Broca de corte vertical de 1 pulgada	1
Broca de 1/8 pulgada	1
Brocha	2
Lija de 800	3
Espátulas	2
Cepillo abrasivo	1

6.3 Desmontaje y retiro de pintura de la estructura del ventilador mecánico

Empleando un taladro con una broca de 1/8", se debe retirar todos los remaches que unen el respirador mecánico como se observa en la **Figura 34**, procurando no dañar los orificios, esto con la finalidad de que más adelante esos mismos orificios sean usados tanto como guía, como lugar para colocar los nuevos remaches.



Figura 34.- Se quitan los remaches para desmontar los paneles del respirador.

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

Ya con las piezas ya desmontadas, utilizando una brocha se colocó el tratamiento químico el cual consistió en añadir removedor Axalta en todas las piezas **Figura 35**. Posteriormente se dejó reposar durante un periodo aproximado de 1-5 min. para después con las espátulas realizar una abrasión usando espátulas para remover toda la pintura. Seguido de lo anterior, las piezas fueron sometidas a un proceso de enjuague para retirar el removedor, ya que este podría dañar los paneles.



Figura 35.- Aplicación de removedor de pintura de la marca axalta.

Con la pintura removida, con un cepillo abrasivo y lijas de 800 se removieron todos los restos de pintura, óxido, manchas y cualquier residuo que no sea el propio de la pieza, la razón de esto fue para garantizar la máxima adherencia de la pintura **Figura 36**. Una vez limpias las piezas, nuevamente se les hizo un proceso de limpieza con agua y una lija para posteriormente pasar a un secado de estas mismas como se observa en la **Figura 37**, acto seguido se colocaron las piezas en el horno de acabados y se sometieron a un primer tratamiento térmico de 20 min, a una temperatura de 225°C.

Con el primer tratamiento térmico concluido, como se muestra en la **Figura 38** se procedió a pintar las piezas con pintura electromagnética, haciendo uso de una pistola de pintura en polvo, para después someter las piezas a otro tratamiento térmico de misma duración y temperatura.



Figura 36.- Removiendo restos de pintura.

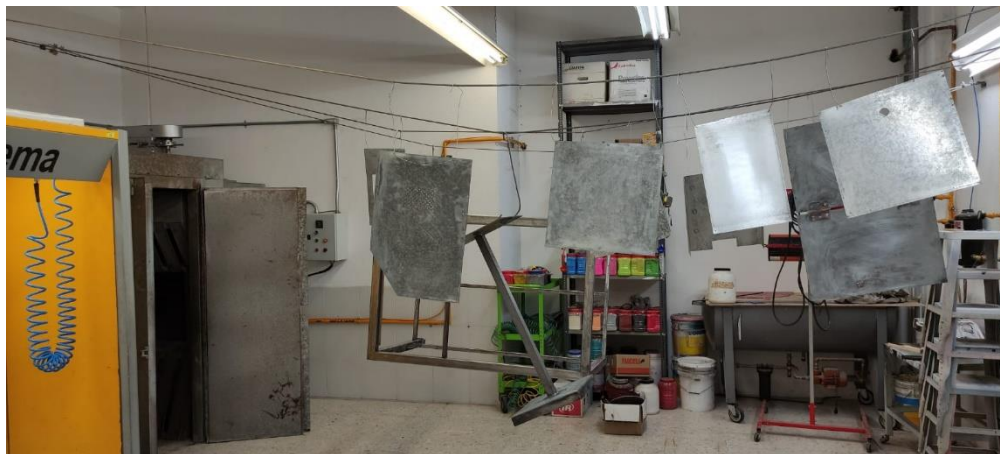


Figura 37.- Secado de las láminas previo a el tratamiento térmico de 225°C.



Figura 38.- Aplicación de la pintura electroestática.

Una vez finalizada la aplicación de la pintura, las piezas regresan al horno a una temperatura de 225° para que la adhesión y el acabado sea el correcto como se observa en la **Figura 38**.

6.4 Mecanizado de las piezas

6.4.1 Corte del material

Se utilizó un flexómetro para seccionar la barra de aluminio 6061, la cual tenía una longitud de 40 cm, se obtuvieron piezas de alrededor de 8 cm cada una, esto con la finalidad de tener un margen de tolerancia ante cualquier error en la mecanización. Los cortes fueron realizados utilizando una sierra de cinta universal bs-712n, la cual, proporciona una refrigeración automática durante todo el corte como se muestra en la **Figura 39**.



Figura 39.- Cortes de las barras en piezas de 8 cm.

6.4.2 Refrentado de las piezas

Para cada pieza de 8 cm se necesita hacer un careado para eliminar las imperfecciones que se generaron en los cortes, esto para evitar que durante el cilindrado la pieza gire de manera errónea provocando que el mecanizado sea incorrecto, con un buril (BL) de HSS, Chuck universal se desbastó aproximadamente 2 mm por cara en todas las piezas. En la **Figura 40** se muestra dicho procedimiento.

6.4.3 Cilindrado de las piezas

El diámetro se redujo mediante la operación de cilindrado, para comenzar se desbastó aproximadamente 2-3 cm de diámetro por pieza y se dejó una tolerancia de 0.3-0.4 mm, se hicieron los escalones para la cuerda exterior y se les dio un desbaste de acabado estético en la **Figura 41** se muestra dicho mecanizado.



Figura 40.- Careado de las piezas.



Figura 41.- Cilindrado de las piezas.

6.4.4 Taladrado de las piezas

El vaciado del material se hizo utilizando las brocas de 1/8", 3/8", 1/2", 1 1/2", con ayuda del contrapunto, primero se procedió a elaborar una guía utilizando la broca de centros, para posteriormente taladrar con cada una de las brocas de manera ascendente **Figura 42**, después se utilizó la barra de interiores ya que no se contaban con brocas de la medida para desbastar hasta el diámetro necesario.



Figura 42.- Taladrado de las piezas.

6.4.4 Roscado

Para que las piezas se ensamblarán entre sí, se hizo con una rosca M15X74 la cual fue mecanizada en un torno convencional de chuck universal, la herramienta utilizada para manufacturar la cuerda interior fue un buril de interiores y para la rosca exteriores se utilizó un buril de cobalto como se puede observar en la **Figura 43**.

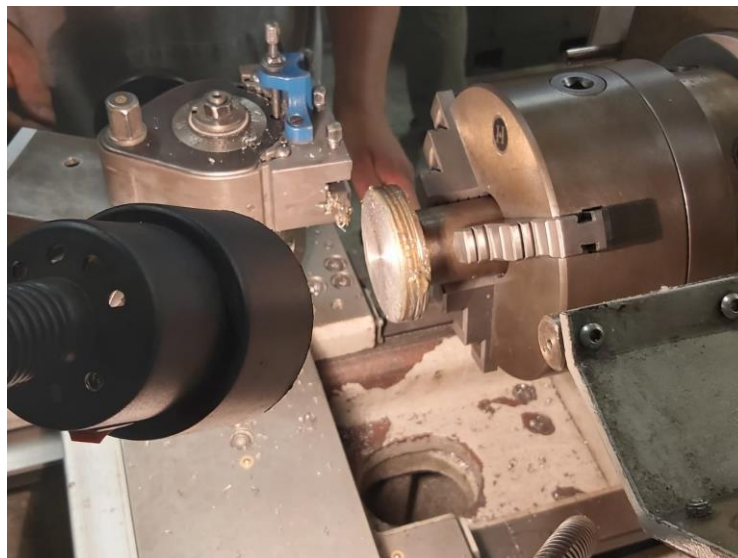


Figura 43.- Roscado de las piezas.

6.5 Ensamble del filtro

Una vez manufacturadas los 5 elementos que componen al filtro, el ensamble se realizó enroscando las entradas y salidas junto a las piezas principales, también se

colocaron 3 tamices a presión, en los cuales se colocaron los minerales purificantes del aire. Para evitar fugas de aire se utilizaron o rings como elementos de sellado. El filtro manufacturado se puede observar en la **Figura 44** y los elementos donde se encapsulan los elementos filtrantes se observan en la **Figura 45**.



. **Figura 44.-** Ensamble y o rings como sistema de sellado.



Figura 45.- Encapsulamiento de los medios filtrantes.

6.6 Realización del sistema de control usando PLC

Para que los pacientes que utilicen respirador reciban gas, se automatizó el sistema electroneumático que permita controlar el equipo, el control de las señales de operación fue realizado mediante un PLC, las señales de operación son dadas por un temporizador que dependiendo de la acción activará o desactivará el solenoide,

permitiendo así el paso o cierre del flujo de aire. Mediante un software de simulación perteneciente a la marca del fabricante DELTA, se llevó a cabo la programación usando un lenguaje de escalera y también se realizaron los cambios y adecuaciones al sistema, además de todas las simulaciones y pruebas que permitieron corroborar el correcto funcionamiento del sistema.

6.7 Montaje de los elementos

Para unir los paneles a la estructura del respirador se utilizó una remachadora y remaches de 1/8", para mantener la reestructura ensamblada correctamente se usaron alrededor de 8 remaches como se puede observar en la **Figura 46**.



Figura 46.- Unión de la estructura utilizando remaches de 1/8".

Posteriormente de la unión entre los paneles y la estructura, se realizó la conexión entre los elementos del sistema neumático, se utilizó una PCB para conectar el circuito, se usó un caudín y estaño para soldar los componentes en las pistas de tabla, como se puede observar en la **Figura 47**.



Figura 47.- Placa fenólica utilizada para el circuito.



Figura 48.- Compartimentos en la estructura.

El respirador cuenta con 3 secciones dentro de la estructura, en la primera sección se encuentra el apartado electrónico, en la segunda los sensores y en la tercera sección se colocó el sistema de filtrado y los componentes del sistema neumático esto se observa en la **Figura 48**.

Después la estructura se montó en la base utilizando tornillos Allen de cabeza plana de 1/8" para sujetar la base con el cajón donde se encuentran todos los elementos de operación, con esto se finalizó con el montaje del dispositivo **Figura 49**.

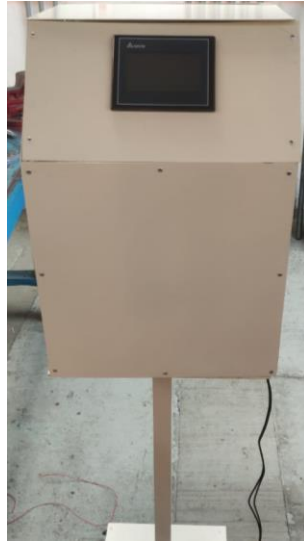


Figura 49.- Ventilador mecánico montado.

7. Resultados

Tabla 13.- Variables obtenidas.

Nombre de la variable	Resultado obtenido
Espesor del tanque	$t = 0.0028 \text{ mm}$
Factor de seguridad	$FS = 21258$
Presión interna del filtro	$P = 0.0588 \text{ MPa}$
Esfuerzo circunferencial	$\sigma_l = 0.12269 \text{ MPa}$
Esfuerzo longitudinal	$\sigma_l = 0.245392 \text{ MPa}$

Esfuerzo circunferencial con un factor de seguridad de 6	$\sigma l = 15.36 MPa$
Esfuerzo longitudinal con un factor de seguridad de 6	$\sigma l = 30.72 MPa$

En la Figura 50 se puede observar un diagrama representativo del sistema electroneumático que se requiere para la operación del respirador y en la **Figura 51** se muestran la declaración de variables utilizadas en el software PLC de la marca DELTA.

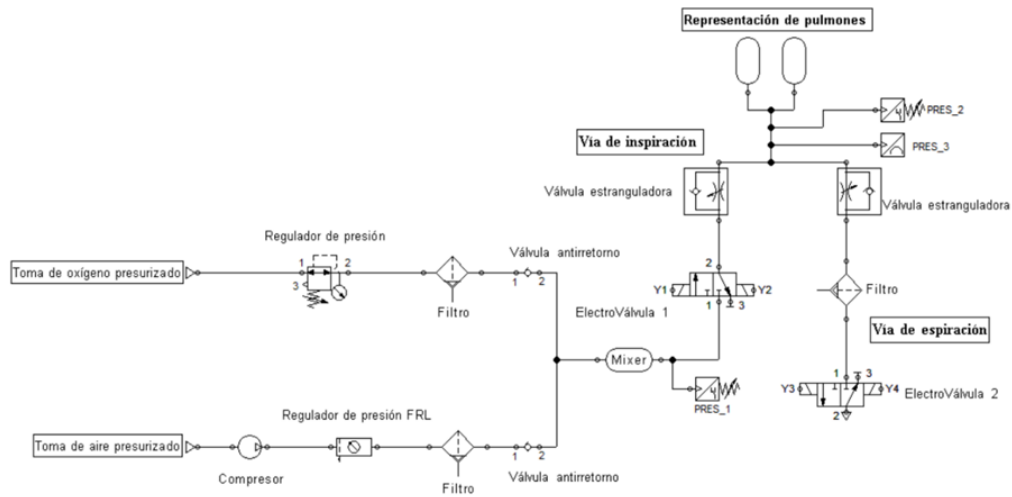


Figura 50.- Sistema neumático del respirador.

No.	Declaration Type	Identifiers	Address	Type	Initial Value	Identifier Comments
1	VAR	Boton_1	X3	BOOL	FALSE	
2	VAR	Temponizador_1	X1	BOOL	FALSE	
3	VAR	Temponizador_2	X2	BOOL	FALSE	
4	VAR	solenoid_1	Y1	BOOL	FALSE	
5	VAR	Solenoid_2	Y2	BOOL	FALSE	

Figura 51.- Declaración de las variables utilizadas en el sistema.

Figura 52 y **Figura 53** se muestran los módulos de programación realizados.

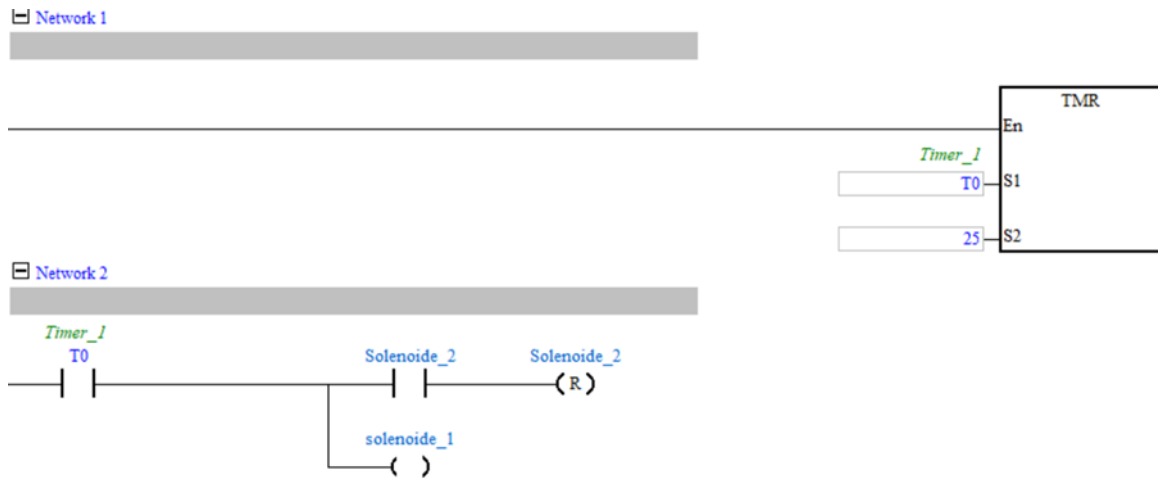
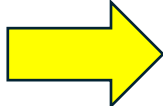


Figura 52.- Sistema de control programa en un software de la compañía delta.



Figura 53.- Configuración de los solenoides y el temporizador.

Tabla 14.- Simbología de la simulación.

Simbología	
	Carga de presión que se le aplica al filtro

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

En la **Figura 54** se muestran las zonas donde se aplicaron las cargas de presión para el análisis de esfuerzos, deformación y desplazamiento.

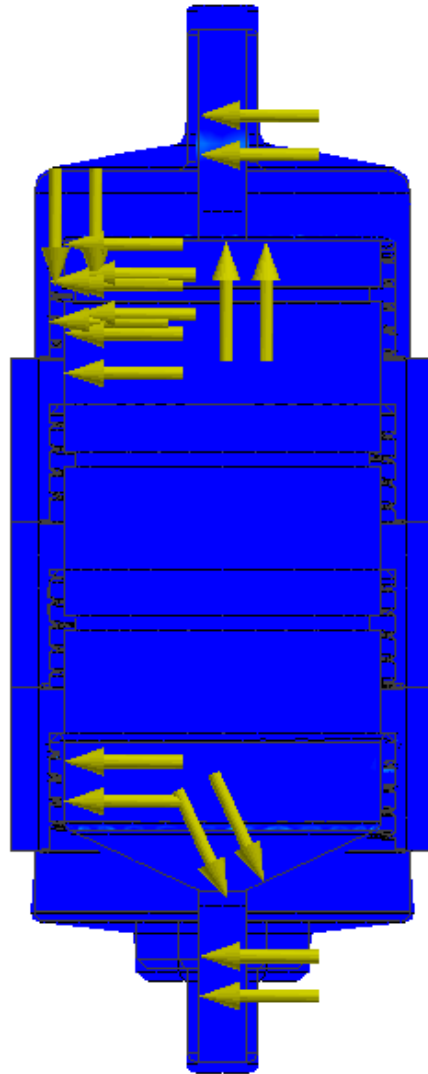


Figura 54.- Aplicación de cargas dentro del filtro

En la **Figura 55** se observa el esfuerzo de Von Mises generado en todo el filtro después de aplicar la carga y en la **Figura 56**, **Figura 57** se muestran sus desplazamientos, en la **Figura 58** se observa la deformación que se provoca.

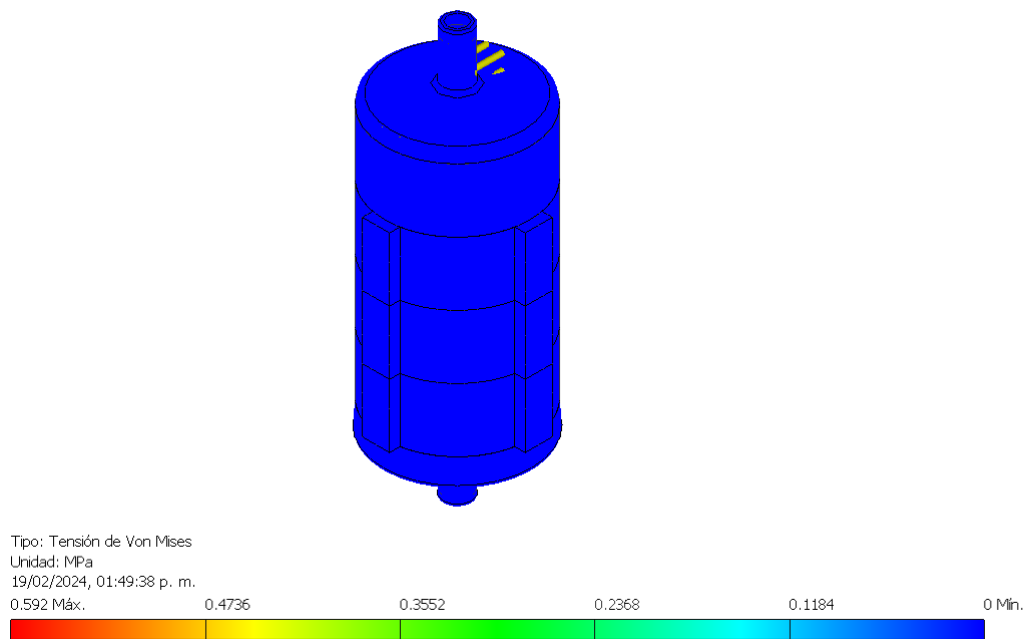


Figura 55.- Simulación del esfuerzo de Von Misses que actúa dentro del filtro.

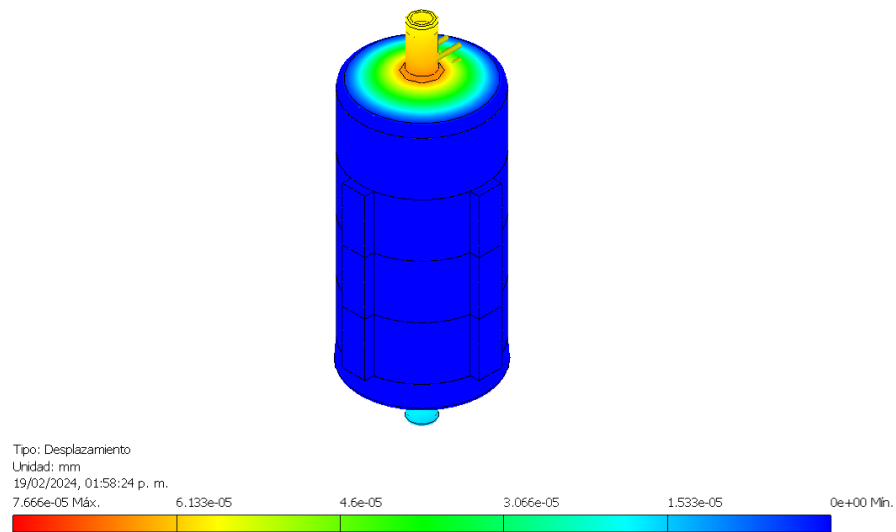


Figura 56.- Desplazamiento del filtro.

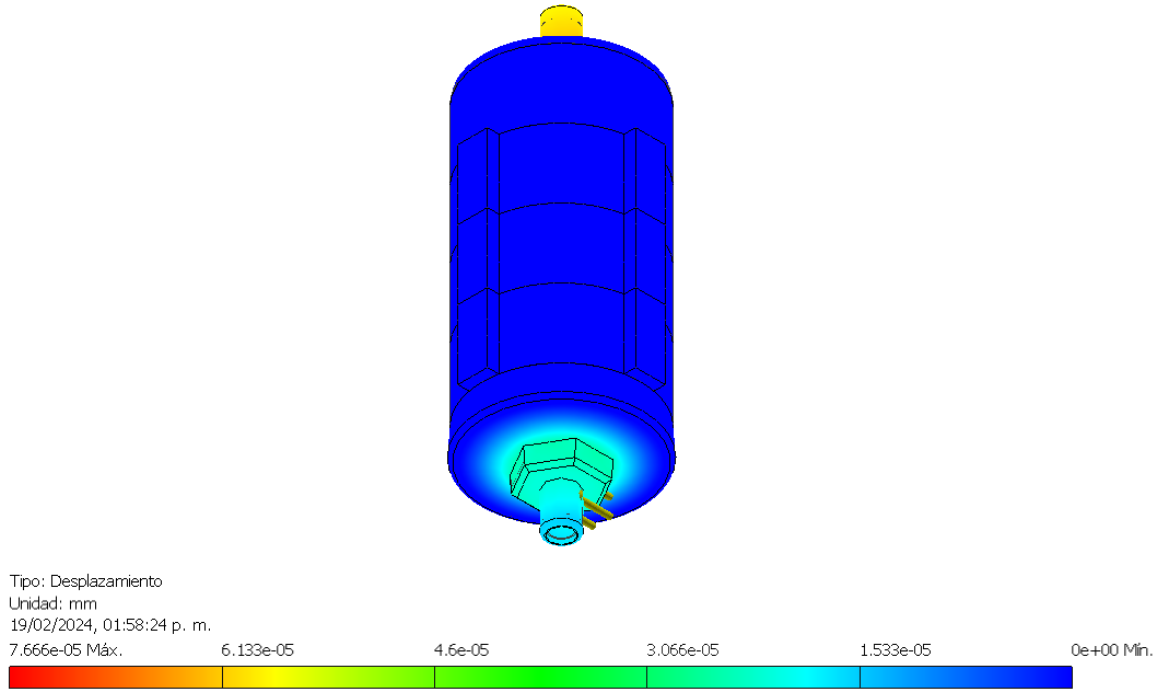


Figura 57.- Desplazamiento en la salida del filtro.

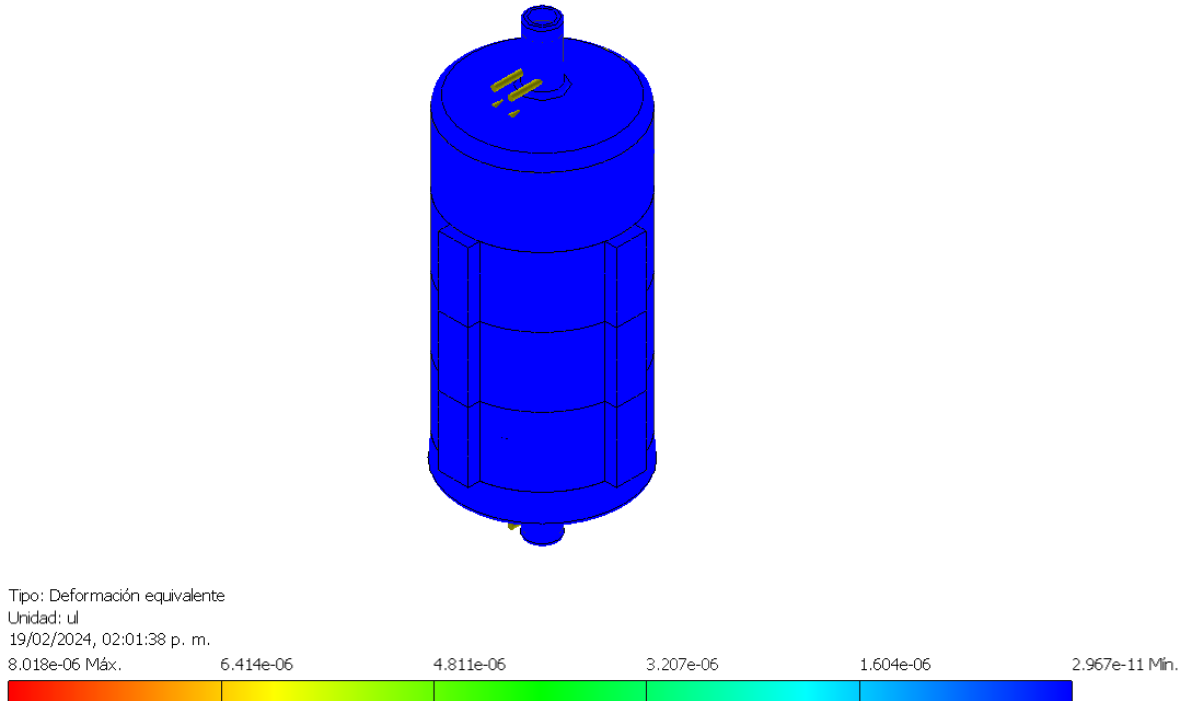


Figura 58.- Deformación equivalente que actúa sobre el filtro.

Diseño mecánico y manufactura del filtro de Zeolita y carbón activado, para la puesta en marcha de un respirador mecánico no invasivo automatizado.

En la **Figura 59** y en la **Figura 60** se observa el esfuerzo generado en la entrada del filtro después de aplicar la carga, **Figura 61** se muestran sus desplazamientos, en la **Figura 62** se observa la deformación causada, al igual que en la **Figura 63** donde se muestra desde otra perspectiva.

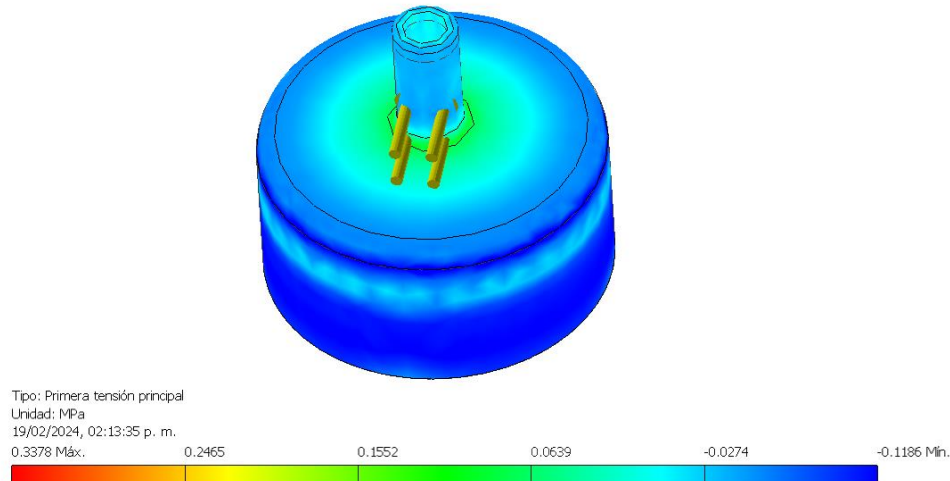


Figura 59.- Esfuerzo que actúa sobre la entrada del filtro.

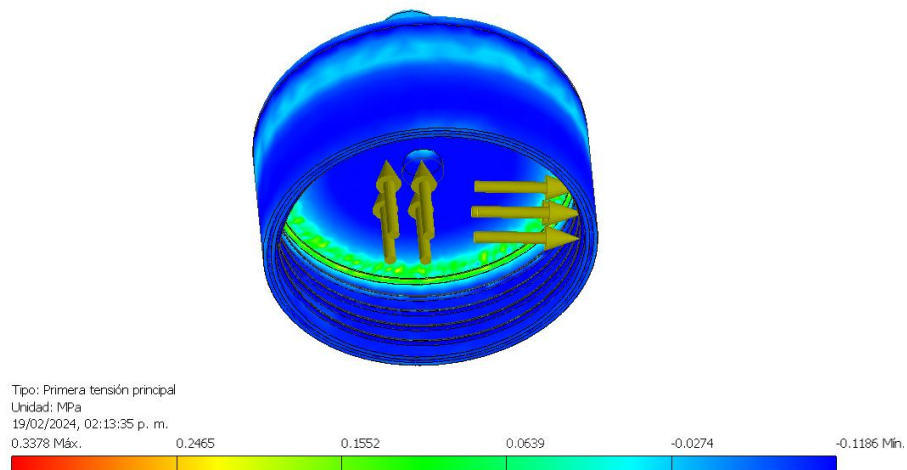


Figura 60.- Esfuerzo que actúa sobre la entrada del filtro (vista inferior).

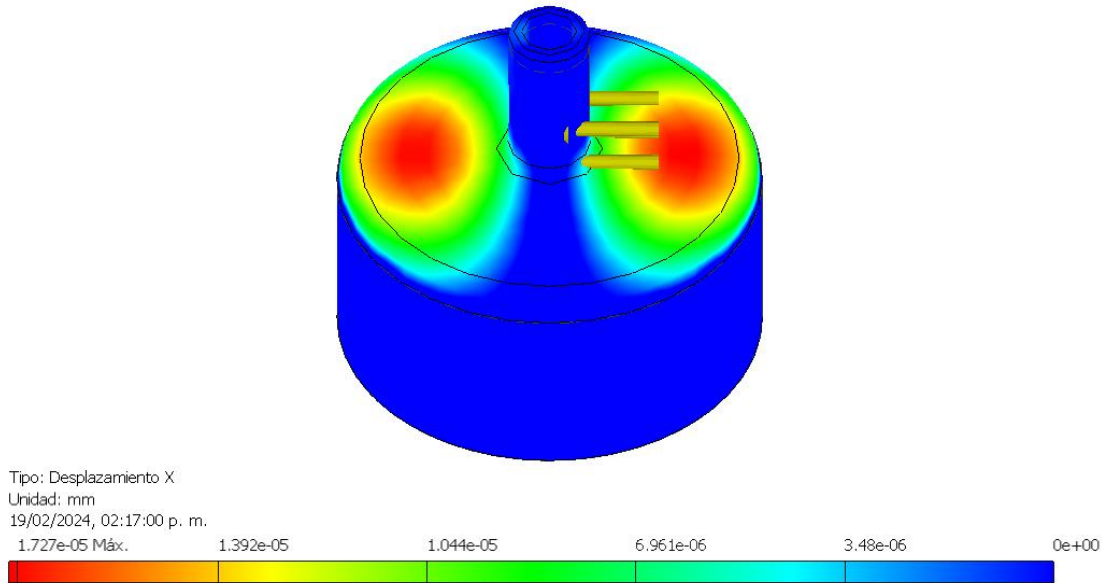


Figura 61.- Desplazamiento del filtro en el eje x.

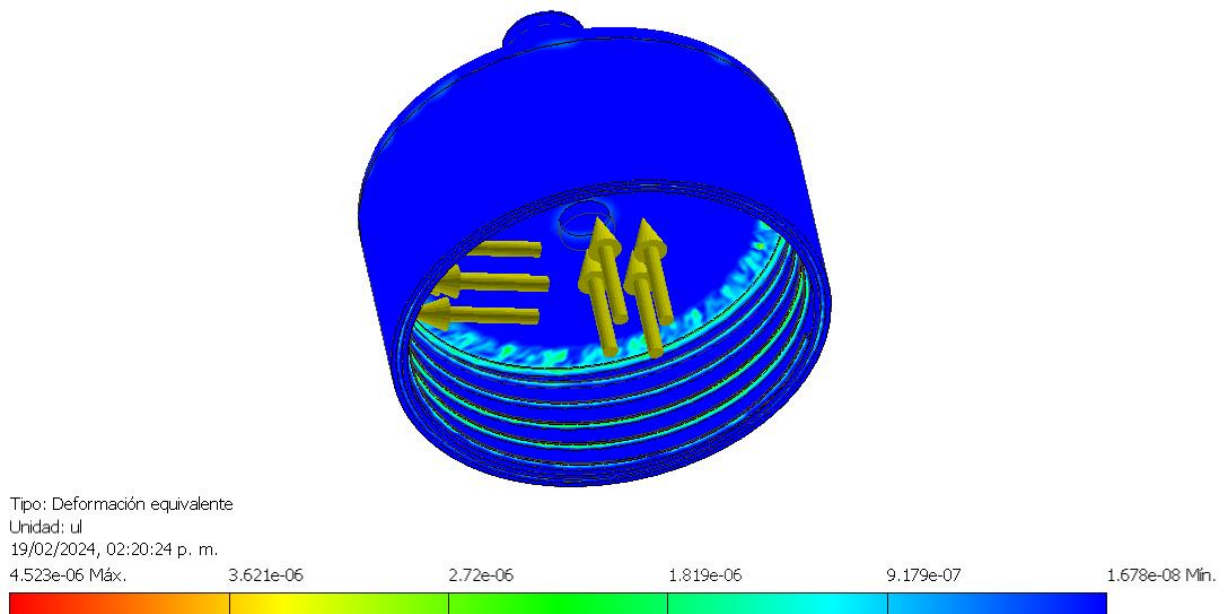


Figura 62.- Deformación equivalente en la entrada del filtro.

En la **Figura 64** se observa el esfuerzo generado en la entrada del filtro después de aplicar la carga, **Figura 65** se muestran sus desplazamientos, en la **Figura 66** se observa la deformación causada.

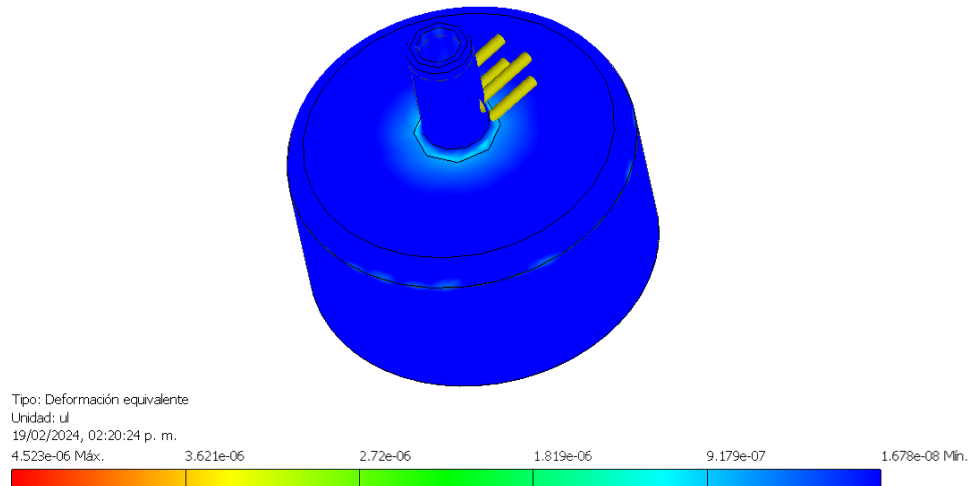


Figura 63.- Deformación equivalente en la entrada del filtro (vista superior).

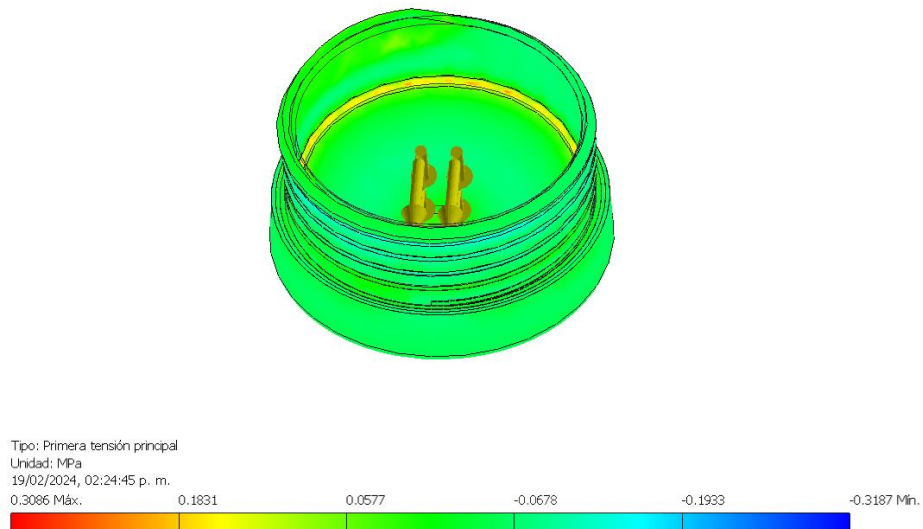


Figura 64.- Esfuerzo que actúa sobre la salida del filtro.

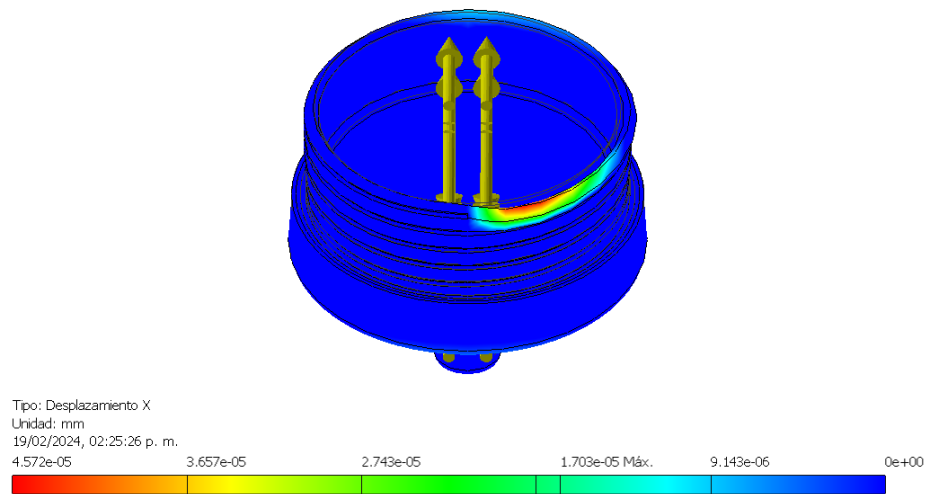


Figura 65.- Desplazamiento de la salida del filtro en el eje x.

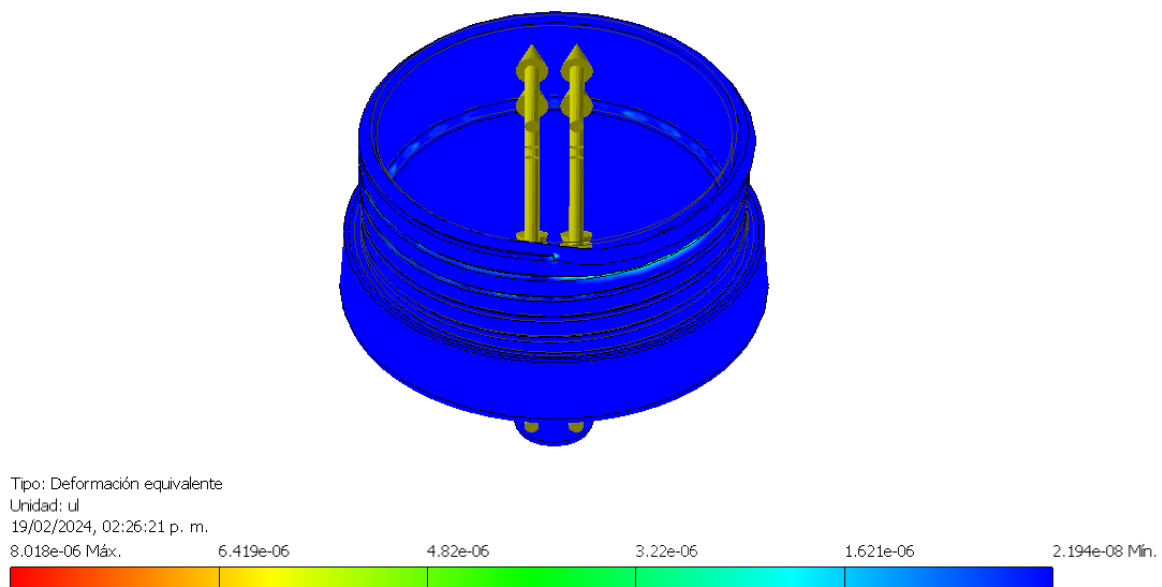


Figura 66.- Deformación equivalente presente en el filtro al aplicar una presión de 0.035 MPa.

8.- Análisis de resultados

El sistema de operación electroneumático se observa en la **Figura 50** y la declaración de las variables utilizadas para la programación en la **Figura 51**.

Los dos primeros escalones de la programación fueron destinados para el accionamiento automático del solenoide 1. En el primer escalón se coloca un primer temporizador encargado de activarse transcurridos 2.5 segundos. En el segundo escalón es posible hallar un contacto normalmente abierto perteneciente al temporizador anterior (temporizador 1), este contacto será el encargado de accionar la bobina del solenoide 1, a su vez que, en caso de que el solenoide 2 haya estado activado este reinicie, se puede observar en la **Figura 52**.

Para el caso de los escalones tres y cuatro, se repite lo mismo que en los escalones anteriores, solo que el solenoide a accionar será el solenoide 2. El escalón tres al igual que el escalón uno es asignado con un temporizador (temporizador 2) que al pasar igualmente 2.5 segundos se accionará, enviando una señal que activará el solenoide 2 y reiniciará el solenoide 1, se puede observar en la **Figura 53**.

Se determinó que la presión que actúa dentro del filtro es de 0.00588458 MPa **Tabla 13** y utilizando **aluminio 6061**, la presión será la misma a lo largo de todo el filtro, por lo tanto, al analizar los esfuerzos calculados se observó que σ_c y σ_l no tienen una variación significativa es por eso por lo que en la simulación se aplicaron cargas únicamente en los puntos donde tienden a acumularse más esfuerzos dentro del cilindro se puede observar la simbología de las cargas en la **Tabla 14**, se pueden observar las cargas aplicadas en la **Figura 54**.

Utilizando un factor de seguridad de 6 el filtro debe ser capaz de garantizar una presión de trabajo máxima permisible de 0.03530 [MPa]. Para este elemento se determinó el esfuerzo de Von Mises, el cual actúa sobre toda la parte interna del elemento. Este parámetro indicará si se cuenta con un buen diseño para materiales dúctiles. Para saber si el material es capaz de soportar las presiones internas que actúan dentro del filtro, se comparó el esfuerzo de Von Mises con el esfuerzo admisible del material. El esfuerzo de Von Mises fue mucho menor que el esfuerzo

admisibles de 125 MPa que posee el material, lo cual, significa que el material no sufrirá ninguna falla estructural, esto se puede observar en la **Figura 55**.

Es necesario e indispensable observar el desplazamiento que pudiera tener el filtro, **Figura 56 y 57**, ya que si se tiene un gran desplazamiento el material tiende a fracturarse, lo cual, podría ocasionar daños estructurales y por consiguiente se podría poner en riesgo la integridad física del usuario. Es importante conocer las deformaciones que se produzcan a lo largo de toda la estructura, esto ya que al ser un recipiente a presión cualquier mínima deformación de las piezas (rosca, entrada, tubos de salida) podría ocasionar que no exista un sellado correcto por lo tanto afectaría en el rendimiento del suministro de aire esto se puede observar en la **Figura 58**.

Usualmente donde existe una mayor concentración de esfuerzos en recipientes a presión es en los extremos, es por ello por lo que, analizar individualmente a estos elementos se vuelve de suma importancia, ya que se tiene que observar si existen esfuerzos de deformación provocados por la presión interna del tanque y evitar que se generen puntos débiles que rompan el límite elástico del material provocando así, que el material presenta una deformación irreparable (cedencia) como se puede observar en la **Figura 59 y 60**.

Así mismo, es importante conocer el desplazamiento que tendrá en la entrada del filtro y el tubo de conexión, como se puede observar en la **Figura 61** no existe un desplazamiento que genere inconvenientes.

Así como se analizaron los esfuerzos y deformaciones que actuaron sobre la entrada del filtro, se realizó el mismo análisis sobre la pieza de la salida, ya que ahí también suelen concentrar esfuerzos que puedan ocasionar fallas en los elementos. En la **Figura 64** se puede observar que existe una gran concentración en la orilla del filtro, pero al estar usando un factor de seguridad elevado no existe una tensión muy elevada que provoque que el material se elongue y pueda provocar alguna deformación.

Así mismo, es importante conocer el desplazamiento que tendrá en la entrada del filtro y el tubo de conexión, como se puede observar en la **Figura 65** no existe un desplazamiento que genere inconvenientes. Por último, se evaluaron las posibles deformaciones que se generan sobre la salida del filtro, para así prevenir una deformación plástica sobre la pieza. Por último, se evaluaron las posibles deformaciones que se generan sobre el filtro, para así prevenir una deformación plástica sobre la pieza.

9.- Conclusiones

Al culminar con la elaboración del proyecto de integración se puede concluir que los objetivos fueron cumplidos satisfactoriamente, se hizo un análisis previo acerca de los recipientes a presión, para conocer que materiales pueden ser usados en la manufactura de este tipo de filtros, porque además de que el filtro fuera funcional y soportara las cargas internas sin sufrir alguna deformación o fractura, se tuvo que escoger un metal que cumpliera con los estándares de salubridad para poder ser usado en pacientes que necesiten asistencia respiratoria, posteriormente de la selección del material y el análisis de esfuerzos presentes en cada uno de los componentes (entrada, salida, pieza principal), se utilizaron los conocimientos aprendidos en el taller de procesos para planear un proceso de mecanizado y realizar cada una de las operaciones descritas en el análisis de fabricación, una vez que se llevaron a cada dichos pasos se pudieron fabricar todos los elementos diseñados y representados en los planos normalizados. El diseño, la implementación, el análisis y la mecanización de componentes y dispositivos que brinden soporte a los seres humanos tiene que estar sustentado en cálculos y simulaciones que permitan operar de manera segura, es por ello por lo que es de suma importancia garantizar que el diseño este estrictamente regulados a sus respectivas normas.

Moreno Reyes Guillermo

Con la realización de este proyecto, se consiguió tanto crear el filtro propuesto, como el ensamble del respirador mecánico, así como la creación de un programa en sistema Ladder para la automatización de este mismo.

El filtro creado a partir del material seleccionado (aluminio 6061) demostró ser un elemento capaz de desempeñar de forma competente su propósito principal, su proceso de fabricación, si bien mostró algunos problemas, estos fueron ajenos al diseño (equipos no adecuados o fallos de dichos equipos), una vez dichos contratiempos fueron superados, el proceso de manufacturación resultó ser rápido y posible de replicar sin inconvenientes. Lo anterior es importante por si en un futuro se busca crear más elementos basados en el mismo diseño.

Respecto al ensamblaje del respirador mecánico no invasivo, fue necesario reparar una de las secciones de la estructura de la caja. El ventilador mecánico también fue pintado con una nueva pintura electromagnética carente de porosidad, lo que asegurará una mayor facilidad de limpiado, y menos riesgo de contaminación de bacterias que puedan ocultarse en poros de otros tipos de pinturas.

El proyecto también reveló que se cuenta con las capacidades tanto de diseño de piezas o elementos totalmente nuevos, como del manejo de equipos de taller, así como la habilidad de adaptarse a los recursos con los que se cuentan.

Espinosa Oliva Ricardo Gibran

10.- Referencias bibliográficas

- [1] ATS Patient Education Series, 2017, Mechanical Ventilation, American Journal of Respiratory Critical Care Medicine, Vol. 196, P3-4.
- [2] Costafreda Mustelier J. L., 2014. Tectosilicatos con características especiales: las zeolitas naturales, Fundación Gómez Pardo, Madrid cap.1.pp.4-6.
- [3] Donaciano L., González A., Gordon M., y Martín N. 2007. Obtención de carbón activado a partir de la cascara de coco, área Termo fluidos y Depto. Química, Universidad Autónoma Metropolitana.
- [4] Grace Wu, 2014, Adriana Velázquez Berumen, "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CONCENTRADORES DE OXÍGENO", Organización Mundial de la salud, Ginebra, Suiza.
- [5] Romero Ávila P., Márquez Espinós C. y Cabrera Alonso J.R., 2019, "Historia de la ventilación mecánica. De la Antigüedad a Copenhague 1952", de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872020000600822.
- [6] Casabona, I., Santos, R. y Lillo, M., 2017, "Historia y evolución de la ventilación mecánica", Manual de Ventilación Mecánica para Enfermería, Editorial Médica Panamericana.
- [7] Soto G., 2016, "VENTILACIÓN MECÁNICA: UNA BREVE HISTORIA", Neumol Pediatr, **11(4)**. 151-154.
- [8] Gutiérrez Muñoz F., 2016, "Ventilación mecánica", Acta Médica Peruana, **28(2)**. 87-104.
- [9] Carrillo Esper R., 2013, "Ventilación mecánica", Alfil, S. A. de C. V., México D.F., cap. 1.
- [10] FiltraBox, 2024, "Limpiar el aire: un viaje a través de la historia de la tecnología de purificación del aire", de <https://filtrabox.com/es/clearing-the-air-a-journey-through-the-history-of-air-purification-technology/>.
- [11] IQAir Staff Writers, 2022, "¿Funcionan los purificadores de aire? Mitos y realidades sobre los purificadores de aire", <https://www.iqair.com/mx/newsroom/do-air-purifiers-work-air-purifier-myths-and-facts-debunked>
- [12] Medina, M. Á., & Fernández Cruz, R., 2022. "Diseño mecánico de un concentrador de gases presurizados, para un ventilador mecánico de asistencia en enfermedades respiratorias". Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

- [13] López Barrionuevo, F., 2021. “Desarrollo de un sistema de filtrado con zeolita en mascarillas de uso industrial”. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- [14] López Sánchez, C. A., & Herrera Corona, M. C., 2022. “Desarrollo de un sistema de filtrado con zeolita en mascarillas de uso industrial”. Proyecto de Integración. Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.
- [15] Covidien, 2017, “Manual de operación Puritan Bennett, respirador 560”, Medtronic, Irlanda.
- [16] Secretaria de Salud., 2023 “Exceso de mortalidad por todas las causas, Durante la emergencia por COVID-19, México, 2020 – 2022”, obtenido de: <https://coronavirus.gob.mx/exceso-de-mortalidad-en-mexico/>.
- [17] Gutiérrez Muñoz F., 2016, “Ventilación mecánica”, Acta Médica Peruana, **28(2)**. 87-104 (2).
- [18] ELHospital, 2021, “Proyecto de respiradores artificiales a bajo costo”, de <https://www.elhospital.com/es/noticias/proyecto-de-respiradores-artificiales-bajo-costos>.
- [19] Esteve Teijin, 2020, “¿Qué son los ventiladores mecánicos? ¿Por qué son tan importantes en el tratamiento de la COVID-19?”, de <https://www.esteveteijin.com/ventiladores-mecanicos-covid-19/>
- [20] Caneles Meza, L. A., 2009, "Diseño mecánico y validación del sistema de sensado de un ventilador mecánico para terapia intensiva", Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- [21] López Sánchez, C. A., & Herrera Corona, M. C., 2022. “Desarrollo de un sistema de filtrado con zeolita en mascarillas de uso industrial”. Proyecto de Integración. Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México (2).
- [22] MedlinePlus, 2023, “Respiración”, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/anatomyvideos/000018.htm>.
- [23] Bhatki Patel, K., 2022, “Generalidades sobre la ventilación mecánica”, de <https://www.msdmanuals.com/es-mx/professional/cuidados-cr%C3%ADticos/insuficiencia-respiratoria-y-ventilaci%C3%B3n-mec%C3%A1nica/generalidades-sobre-la-ventilaci%C3%B3n-mec%C3%A1nica>.
- [24] Curi, Adilson, Granda, Wilmer J. V, Lima, Hernani M, & Sousa, Wilson T, 2006, “Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros.”, *Información tecnológica*, **17(6)**, 111-118.
- [25] Calleja Cortés, A., 2009, “La importancia de las zeolitas”, Facultad de Ingeniería Química de Salamanca, 1(1), 211-217.

- [26] Clean Air Technology Center (MD-12), 1999, "ZEOLITA UN ADSORBENTE VERSÁTIL DE CONTAMINANTES DEL AIRE", EPA-456/F, U.S.
- [27] Moreno Santos, A., Ríos Hurtado, J.C., Flores Villaseñor, S.E., 2021, "Carbón activado: generalidades y aplicaciones", CienciAcierta, 66.
- [28] Carbotecnia, 2023, "¿Cuál es la diferencia entre absorción y adsorción?", de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/diferencia-entre-absorcion-y-adsorcion/>.
- [29] Rodríguez Lezama, F., "Guía del código ASME sección VIII división 1 tomo 1", ESIME Azcapotzalco, México.
- [30] CS INSTRUMENTS, 2018, "La importancia de la calidad del aire: la norma ISO", de <https://www.cs-instruments.com/es/news/d/la-importancia-de-la-calidad-del-aire-la-norma-iso>.
- [31] NKS de México, 2023, "Los Metales en la fabricación de equipos médicos", de <https://nks.com/es/equipo-medico-acero-inoxidable-aluminio/>.
- [32] Peng, A., 2021, "8 Metales Principales Utilizados En Equipos Médicos", de <https://www.dekmake.com/es/8-metales-principales-utilizados-en-equipos-m%C3%A9dicos/>.
- [33] ALSIMET, 2021, "Ventaja del uso de metales en la medicina", de <http://alsimet.es/es/noticias/ventajas-del-uso-de-metales-en-la-medicina#:~:text=El%20sector%20de%20la%20salud,quir%C3%B3fanos%20por%20sus%20propiedades%20antibacterianas>.
- [34] Inoxidables Victoria, 2023, "¿Qué es el acero inoxidable 304?", de <https://inoxidablesvictoria.com/blog/aceros-inoxidables-304/#:~:text=Los%20304%20acero%20inoxidable%20son,la%20familia%20de%20los%20inoxidables>.
- [35] IIRSACERO SA. DE CV, 2022, "Acero Inoxidable 316 y 316L", de <https://iirsacero.com.mx/acero-inoxidable-316/>.
- [36] EUROPER, 2023, "Ficha técnica acero inoxidable", de <https://europer.cl/wp-content/uploads/2022/04/FICHAS-TECNICA-ACERO-INOX.316-316L.pdf>.
- [37] Gabrian Team, 2023, "Aluminio 6061: Conozca Sus Propiedades y Usos", de <https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/>.
- [38] Chalco Aluminium, 2024, "Barra de aluminio 6061", de <https://www.chalcoaluminum.com/es/product/aluminum-bar/6061-aluminum-bar/>.
- [39] Teknika4, 2023, "Aluminio 7075", de <https://www.teknika4.com/es/aluminio-7075>.
- [40] Weerg, 2024, "ALUMINIO 7075", de <https://www.weerg.com/es/mecanizado-cnc->

- materiales/aluminio/7075#:~:text=Excelente%20resistencia%20a%20la%20fatiga%3A%20El%20Aluminio%207075%20presenta%20una,a%20lo%20largo%20del%20tiempo.
- [41] Axalta, 2022, “Pintura electrostática, Qué es, cómo se aplica y sus beneficios”, de https://www.axalta.com/blog_mx/es_ES/pintura_industrial/que-es-pintura-electroestatica-como-funciona-y-sus-beneficios.html.
- [42] Reptil.mx, “¿Qué es un PLC y cómo funciona?”, de <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>.
- [43] Digi-Key Electronics “DVP14SS211R”, de <https://www.digikey.com.mx/es/products/detail/delta-electronics-industrialautomation/DVP14SS211R/9862086>.
- [44] AVEVA, 2022, “¿Qué es un HMI?”, de [https://www.aveva.com/es-es/solutions/operations/hmi/#:~:text=La%20Interfaz%20Hombre%2DM%C3%A1quina%20\(HMI,panel%20de%20control%20del%20operario](https://www.aveva.com/es-es/solutions/operations/hmi/#:~:text=La%20Interfaz%20Hombre%2DM%C3%A1quina%20(HMI,panel%20de%20control%20del%20operario).
- [45] Digi-Key Electronics “DOP-103BQ”, de <https://www.digikey.com.mx/es/products/detail/delta-electronics-industrialautomation/DOP-103BQ/10313902>.
- [46] Ibérica, B., Barcelona, “How a Solenoid Valve Works | Definition of a Solenoid Valve”, de <https://www.burkert.es/es/Empresaycarrera/Actualidades/Prensa/Mediateca/Informes-tecnicos/Informes-tecnicos-temas%20adicionales/Que-es-una-electrovalvula-ycomo-funciona>.
- [47] “Amazon.com: Aexit 3V220-08 DC - Válvula de Selector de Aire Neutro (12 V, 2 Posiciones, 3 Vías, RC1/4): Industrial y Científico” de <https://www.amazon.com/-/es/Aexit-3V220-08-DC-selector-posiciones/dp/B07LFHTQC2>.
- [48] FESMEX, 2020, “¿Qué es un presostato?”, de <https://www.fesmex.com.mx/article/que-es-un-presostato/>.
- [49] “Sensor de presión SDE5”, de <https://www.festo.com/fox/net/SupportPortal/DefaultWindow.aspx?q=SDE5&comp any=mx&culture=es>.
- [50] STH expert, 2020, “Válvula antirretorno: ¿Qué función tiene y dónde colocarla?”, de <https://sthexpert.standardhidraulica.com/valvula-antirretorno/>.
- [51] “Válvula check” de <https://equiposdecontrolyautomatizacion.com.mx/emc/780-ea08-valvula-antiretorno-de-14.html>.

- [52] Kolstad, C., 2019, “Cómo funcionan las unidades FRL”, de <https://tameson.es/pages/filtro-regulador-lubricador-filtrop-regulador-y-lubricador-como-funcionan#:~:text=Una%20unidad%20FRL%20comprende%20un,utilizar%20cada%20componente%20por%20separado.>
- [53] Neumak, 2023, “Unidad FRL”, de <http://www.neumak.com/accompacta.html>.
- [54] Tongou electric, 2024, “Fuente de alimentación conmutada”, de <https://elcb.net/es/fuente-de-alimentacion-conmutada-lo-que-necesita-saber/>.
- [55] Villanueva, S y Ramos, J, 1994, “Manual de métodos de fabricación metalmeccanica”, 4ª edición, AGT EDITOR, S.A.
- [56] SADVINK coromant, 2023, “Fórmulas y definiciones en torneado general”, de <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/machining-formulas-definitions/general-turning-formulas-definitions>.
- [57] Groover, P.M., 2007, “Fundamentos de Manufactura Moderna”, 3ª edición, McGraw Hill.
- [58] Jiménez Fonseca, V., 2001, “Diseño e inspección en recipientes a presión y ficha técnica”, tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

11.- Entregables

- Filtro de Zeolita con carbón activado.
- Ventilador mecánico ensamblado.
- Reporte Final del Proyecto de Integración.

Realizado por:

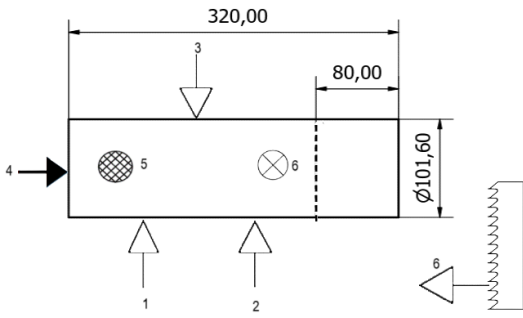
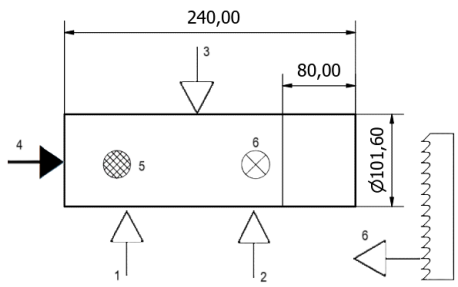
Moreno Reyes Guillermo

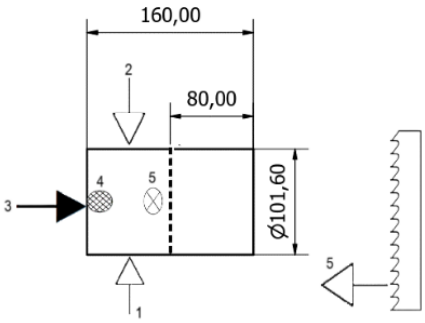
Espinosa Oliva Ricardo

Análisis de Fabricación
**Universidad
Autónoma
Metropolitana**

 Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**
Elemento de Fabricación: 5 piezas de aluminio 6061 de 8 cm de largo c/u

Fase No	Esquema explicativo	Máquinas, herramientas de corte Elementos de sujeción y control	Observaciones
10		-Sierra cinta BS-712N -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC	<p style="text-align: center;"><u>Corte</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4,5 ❖ Orientación 6 <ol style="list-style-type: none"> a) Medir una distancia de 80 mm y utilizando un marcador realizar una marca. b) Montar el cilindro en la sierra cinta, y verificar que se encuentre alineada en los puntos de apoyo. c) Accionar el sistema de apriete y verificar que la marca realiza se encuentre alineada con la sierra. d) Realizar el corte sobre la superficie.

20		<p>-Sierra cinta BS-712N -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC</p>	<p style="text-align: center;"><u>Corte</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4,5 ❖ Orientación 6 <ol style="list-style-type: none"> a) Medir una distancia de 80 mm y utilizando un marcador realizar una marca. b) Montar el cilindro en la sierra cinta, y verificar que se encuentre alineada en los puntos de apoyo. c) Accionar el sistema de apriete y verificar que la marca realiza se encuentre alineada con la sierra. d) Realizar el corte sobre la superficie.
30		<p>-Sierra cinta BS-712N -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC</p>	<p style="text-align: center;"><u>Corte</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4,5 ❖ Orientación 6 <ol style="list-style-type: none"> a) Medir una distancia de 80 mm y utilizando un marcador realizar una marca. b) Montar el cilindro en la sierra cinta, y verificar que se encuentre alineada en los puntos de apoyo. c) Accionar el sistema de apriete y verificar que la

			<p>marca realiza se encuentre alineada con la sierra.</p> <p>d) Realizar el corte sobre la superficie.</p>
40		<p>-Sierra cinta BS-712N</p> <p>-Flexómetro</p> <p>-Marcador</p> <p>-Refrigerante Motul Stag 16/PC</p>	<p><u>Corte</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4,5 ❖ Orientación 6 <p>a) Medir una distancia de 80 mm y utilizando un marcador realizar una marca.</p> <p>b) Montar el cilindro en la sierra cinta, y verificar que se encuentre alineada en los puntos de apoyo.</p> <p>c) Accionar el sistema de apriete y verificar que la marca realiza se encuentre alineada con la sierra.</p> <p>d) Realizar el corte sobre la superficie.</p>

Realizado por:

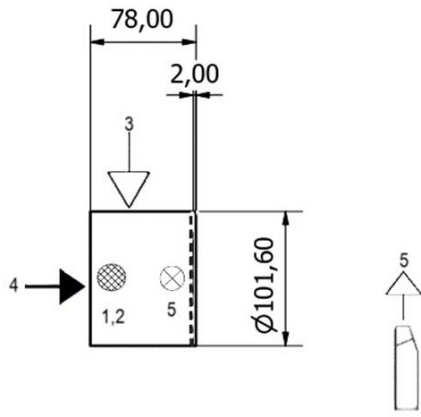
Moreno Reyes Guillermo

Espinosa Oliva Ricardo

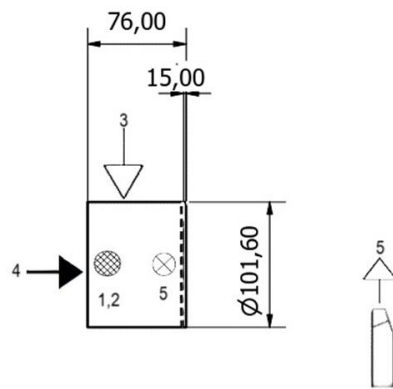
Análisis de Fabricación
**Universidad
Autónoma
Metropolitana**

 Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**
Elemento de Fabricación: Pieza principal

Fase No	Esquema explicativo	Máquinas, herramientas de corte Elementos de sujeción y control	Observaciones
10		-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC -Burl (BL) HSS	<u>Refrentado</u> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 a) Apoyar en el plato del torno la pieza a maquinar y sujetar utilizando el Chuck universal. b) Montar el buril en el carro porta herramienta (calzar si es necesario). c) Usar el contrapunto y verificar que se encuentre a la altura requerida. d) Usar el flexómetro y medir una distancia de 2 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a refrentar. e) Utilizar el carro principal y el

			transversal desbastar el material indicado.
20		<p>-Torno de Chuck universal</p> <p>-Calibrador digital</p> <p>-Flexómetro</p> <p>-Marcador</p> <p>-Refrigerante Motul Stag 16/PC</p> <p>-Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Refrentado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Desmontar la pieza para carear la cara opuesta.</p> <p>b) Apoyar en el plato del torno la pieza a maquinar y sujetar utilizando el Chuck universal.</p> <p>c) Usar el flexómetro para medir una distancia de 2 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a refrentar.</p> <p>d) Utilizar el carro principal y el transversal para desbastar el material indicado.</p>

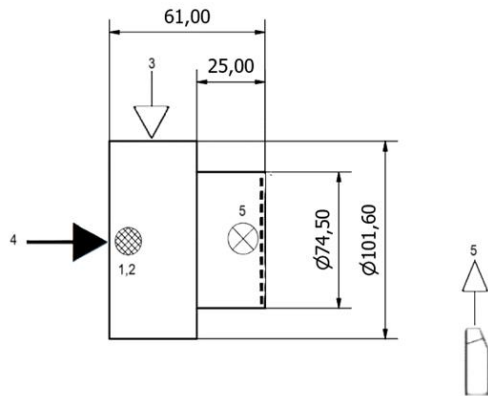
-Torno de Chuck universal
-Calibrador digital-
Flexómetro
-Marcador
-Refrigerante Motul Stag 16/PC
-Butil (BL) HSS



Cilindrado

- ❖ Apriete 1,2,3
 - ❖ Apoyo 4
 - ❖ Orientación 5
- a) Usar el flexómetro medir una distancia de 15 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a desbastar, se deja una tolerancia de 1 mm.
- b) Utilizar el carro principal y el transversal para desbastar el material indicado.
- c) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia requerida accionar el sistema nuevamente.

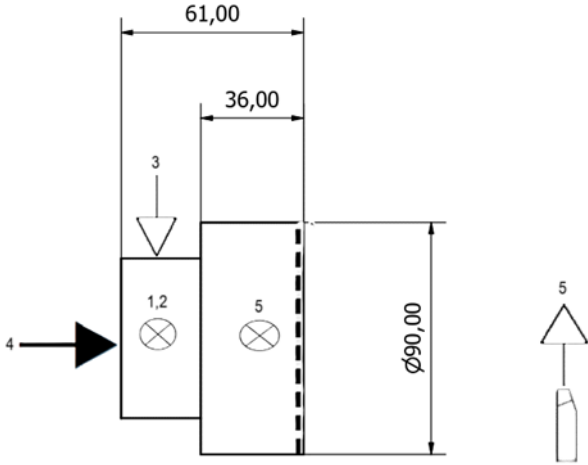
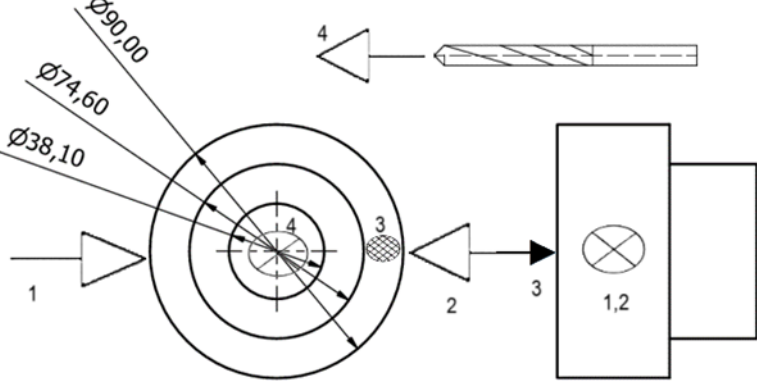
40

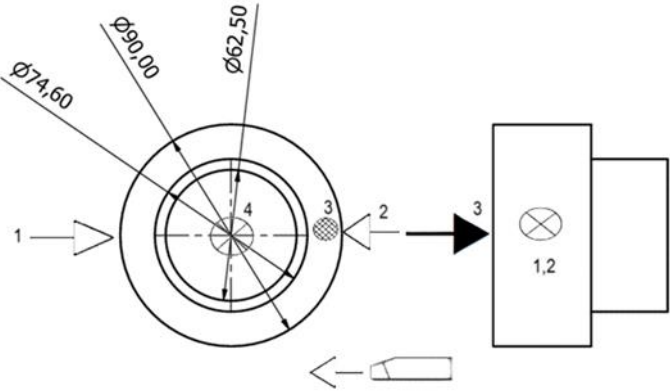


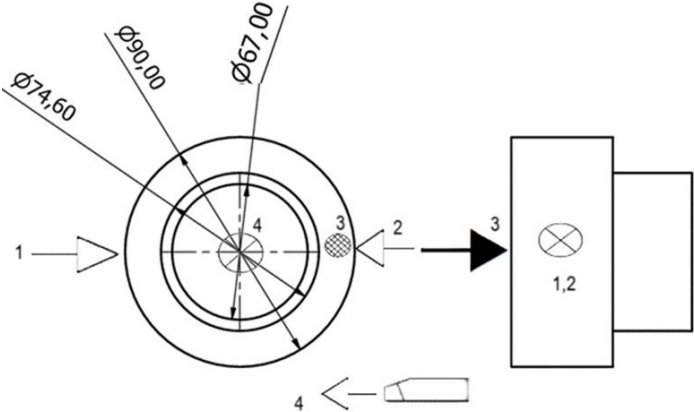
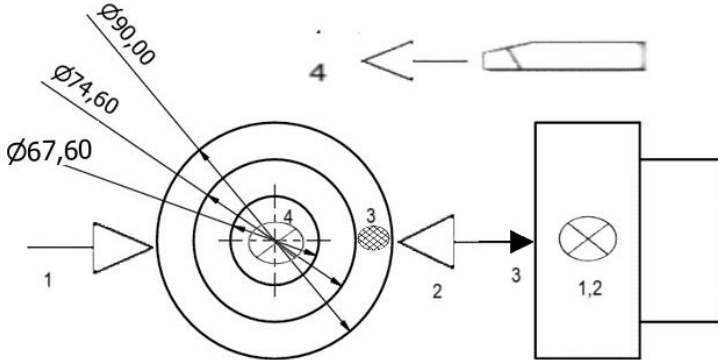
-Torno de Chuck universal
-Calibrador digital
-Flexómetro
-Marcador
-Refrigerante Motul Stag 16/PC
-Butil (BL) HSS

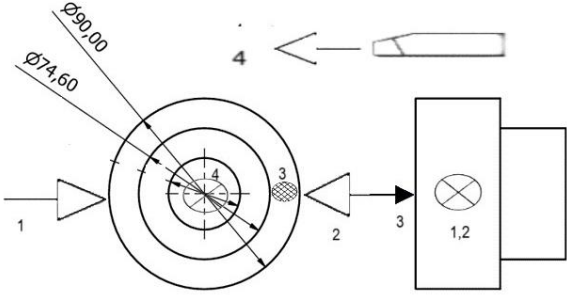
Cilindrado

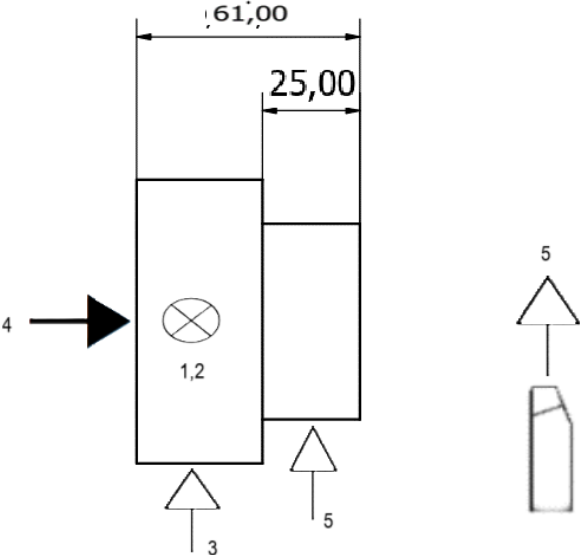
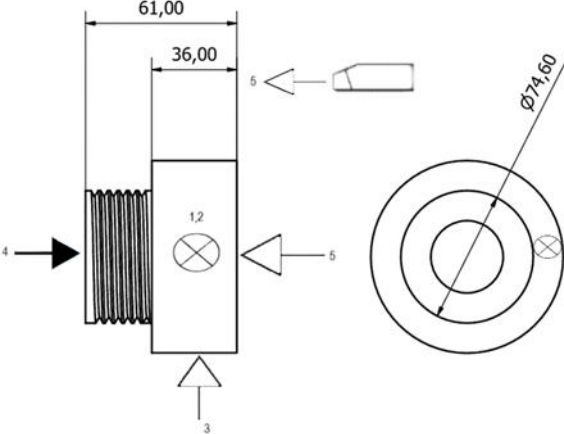
- ❖ Apriete 1,2,3
 - ❖ Apoyo 4
 - ❖ Orientación 5
- a) Medir una distancia de 25 mm y utilizando un marcador realizar una marca.
- b) Reducir el diámetro del cilindro a 74,00 mm (se deja una tolerancia de 0,50).
- c) Utilizar el carro principal para desbastar material durante 25 mm de recorrido longitudinal.
- d) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, dar aproximadamente 14 pasadas.

50		<p>-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC -Butil (BL) HSS</p>	<p>a) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia requerida accionar el sistema nuevamente.</p> <p>b) Reducir el diámetro restante del cilindro a 90,00 mm.</p> <p>c) Utilizar el carro principal para desbastar material durante 36 mm de recorrido longitudinal.</p> <p>d) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 6 pasadas).</p>
60		<p>-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Broca de centros -Broca de 1/8” -Broca de 3/8” -Broca de 1/2” -Broca de 1 1/2 “ -Contrapunto -Barra de interiores</p>	<p><u>Taladrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2 ❖ Apoyo 3 ❖ Orientación 4 <p>a) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia y posición requeridas accionar el sistema nuevamente.</p>

			<p>b) Colocar y apretar la broca de centros en el chuck del taladro del contrapunto.</p> <p>c) Usar el carro principal para recorrer la distancia longitudinal necesaria.</p> <p>d) Usar la broca de centros para marcar el centro del cilindro.</p> <p>e) Utilizar las brocas de manera sucesiva, comenzar con la broca de 1/8 y dar una profundidad pasada.</p>
70		<p>-Torno de Chuck universal</p> <p>-Calibrador digital</p> <p>-Flexómetro</p> <p>-Contrapunto</p> <p>-Barra de interiores</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2 ❖ Apoyo 3 ❖ Orientación 4 <p>a) Montar la barra de interiores y utilizar el contrapunto para verificar que se encuentre centrada.</p> <p>b) Agrandar el diámetro hasta 62,50 y dar una profundidad pasada.</p> <p>c) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 16 pasadas).</p>

80		<p>Torno de Chuck universal</p> <ul style="list-style-type: none"> -Calibrador digital -Flexómetro -Barra de interiores 	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2 ❖ Apoyo 3 ❖ Orientación 4 <p>a) Agrandar el diámetro hasta 67,50 y dar una profundidad de 10 mm.</p> <p>b) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 16 pasadas).</p> <p>c) Usar el calibrador digital para verificar la profundidad y el diámetro deseado.</p>
90		<p>Torno de Chuck universal</p> <ul style="list-style-type: none"> -Calibrador digital -Flexómetro -Barra de interiores 	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2 ❖ Apoyo 3 ❖ Orientación 4 <p>a) Desmontar la pieza para cilindrar el lado opuesto.</p> <p>b) Montar y accionar el sistema de sujeción.</p> <p>c) Agrandar el diámetro hasta 67,50 y dar una profundidad de 47 mm.</p>

			<p>d) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 16 pasadas).</p> <p>e) Usar el calibrador digital para verificar la profundidad y el diámetro deseado.</p>
100		<p>Torno de Chuck universal</p> <p>-Calibrador digital</p> <p>-Flexómetro</p> <p>-Barra de interiores</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2 ❖ Apoyo 3 ❖ Orientación 4 <p>a) Agrandar el diámetro hasta 74 y dar una profundidad de 25 mm.</p> <p>b) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 4 pasadas).</p> <p>c) Usar el calibrador digital para verificar la profundidad y el diámetro deseado.</p>

<p>110</p>		<p>Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Barra de interiores</p>	<p><u>Roscado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Montar y desmontar la pieza hasta obtener la posición adecuada para hacer el roscado exterior.</p> <p>b) Montar el buril para realizar el roscado.</p> <p>c) Verificar que se encuentre a la altura deseada.</p> <p>d) Realizar el roscado.</p>
<p>120</p>		<p>Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Barra de interiores</p>	<p><u>Roscado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>e) Montar y desmontar la pieza hasta obtener la posición adecuada para hacer el roscado interior.</p> <p>f) Montar el buril para realizar el roscado.</p> <p>g) Verificar que se encuentre a la altura deseada.</p> <p>h) Realizar el roscado.</p>

--	--	--	--

Realizado por: Análisis de fase 40

Moreno Reyes Guillermo

Espinosa Oliva Ricardo



Elemento de Fabricación: Pieza principal

Máquina Herramienta: Torno de chuck universal

Herramienta de corte: Butil (BL) HSS

Instrumento de Medición: Flexómetro, Vernier digital

Insumos: Refrigerante Motul Stag 16/PC

Observaciones:

Al ser una pieza con un diámetro grande al desarrollar la operación de corte se genera fricción, por lo tanto, hay que estar utilizando constantemente el refrigerante indicado.



Hoja de cálculo

Proceso de cilindrado- Pieza principal			
Velocidad de corte	V	61	m/min
Avance	A	0.25	mm/min
Velocidad	N	390	rpm
Profundidad por pasada	P	2	mm
Longitud de pasada	L	101.6	mm
Tiempo de maquinado	Tm	0.2974 (17.844)	min (s)
Tiempo de maquinado total	Tmt	1.074 (64.44)	min (s)
Tiempo de preparación	Tp	1.5 (90)	min (s)
Tiempo total	Tt	2.87 min= 172.2 s	

Análisis de tiempos

Operaciones, elementos de trabajo, movimiento	Tiempos de procesamiento	
	Tiempos de maquinado	Tiempos de preparación
Medición y marca con plumón		45 segundos
Sujeción con el Chuck universal		45 segundos
Cilindrado	64.44 s	
	64.44 s	90
	Total=154.44 s	

Realizado por:

Moreno Reyes Guillermo

Espinosa Oliva Ricardo

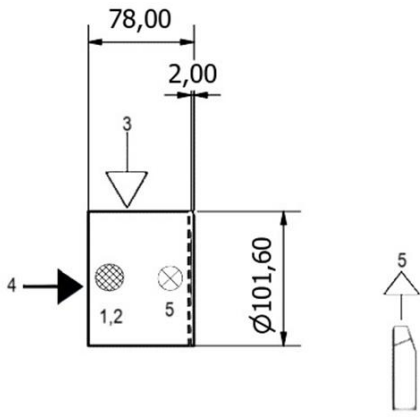
Elemento de Fabricación: Entrada del filtro**Análisis de Fabricación**

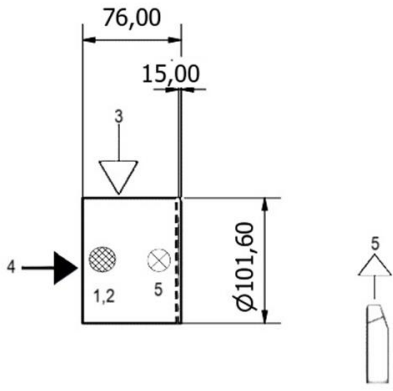
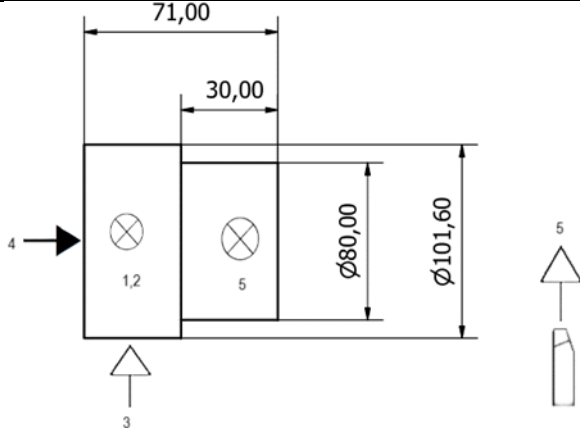
Universidad
Autónoma
Metropolitana

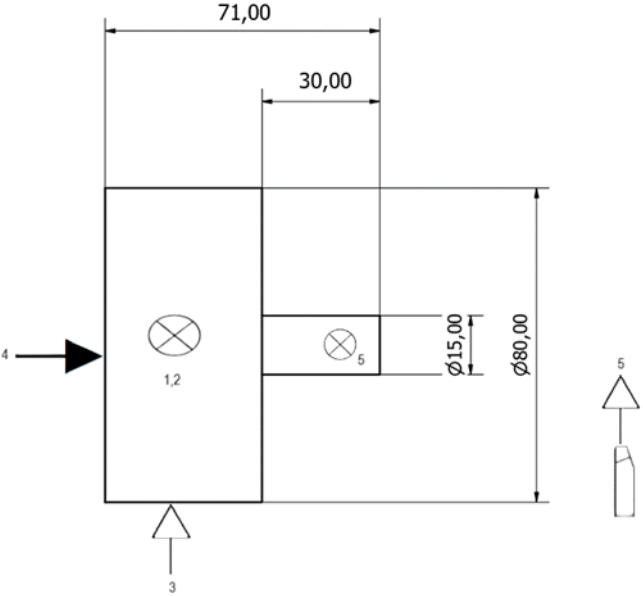


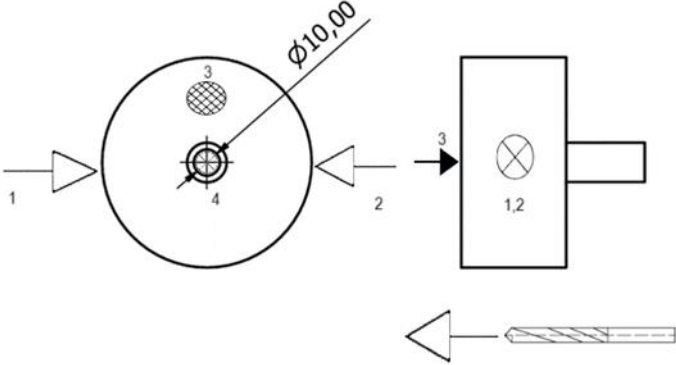
Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

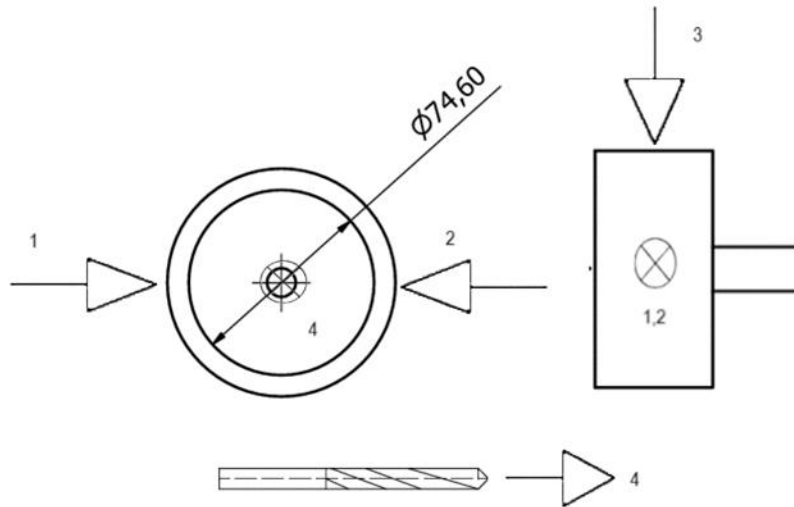
Fase No	Esquema explicativo	Máquinas, herramientas de corte Elementos de sujeción y control	Observaciones
10		<p>-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC -Burl (BL) HSS</p>	<p><u>Refrentado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Apoyar en el plato del torno la pieza a maquinar y sujetar utilizando el Chuck universal.</p> <p>b) Montar el buril en el carro porta herramienta (calzar si es necesario).</p> <p>c) Usar el contrapunto y verificar que se encuentre a la altura requerida.</p> <p>d) Usar el flexómetro y medir una distancia de 2 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a refrentar.</p> <p>e) Utilizar el carro principal y el</p>

			<p>transversal para desbastar el material indicado.</p>
20		<p>-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC -Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Refrentado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Desmontar la pieza para carear la cara opuesta.</p> <p>b) Apoyar en el plato del torno la pieza a maquinar y sujetar utilizando el Chuck universal.</p> <p>c) Usar el flexómetro para medir una distancia de 2 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a refrentar.</p> <p>d) Utilizar el carro principal y el transversal para desbastar el material indicado.</p>

30		<p>-Torno de Chuck universal</p> <p>-Calibrador digital- Flexómetro</p> <p>-Marcador</p> <p>-Refrigerante Motul Stag 16/PC</p> <p>-Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Usar el flexómetro medir una distancia de 15 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a desbastar, se deja una tolerancia de 1 mm.</p> <p>b) Utilizar el carro principal y el transversal para desbastar el material indicado.</p> <p>c) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia requerida accionar el sistema nuevamente.</p>
40		<p>-Torno de Chuck universal</p> <p>-Calibrador digital- Flexómetro</p> <p>-Marcador</p> <p>-Refrigerante Motul Stag 16/PC</p> <p>-Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Medir una distancia de 30 mm y utilizando un marcador realizar una marca.</p>

			<p>b) Reducir el diámetro del cilindro a 80,00 mm.</p> <p>c) Utilizar el carro principal para desbastar material durante 30 mm de recorrido longitudinal.</p> <p>d) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, dar aproximadamente 11 pasadas.</p>
50		<p>-Torno de Chuck universal</p> <p>-Calibrador digital</p> <p>-Flexómetro</p> <p>-Marcador</p> <p>-Refrigerante Motul Stag 16/PC</p> <p>-Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Reducir el diámetro restante del cilindro a 15,00 mm.</p> <p>b) Utilizar el carro principal para desbastar material durante 30 mm de recorrido longitudinal.</p> <p>c) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 33 pasadas).</p>

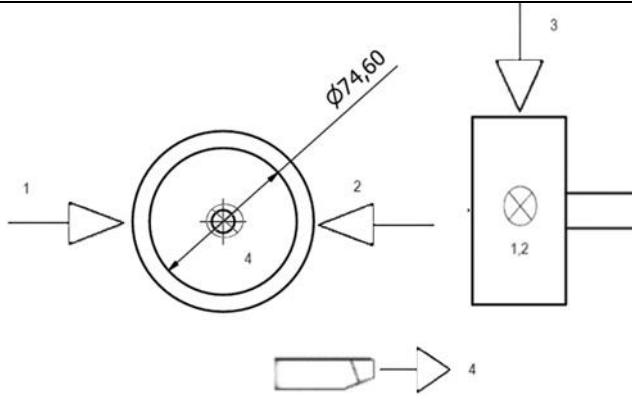
60		<ul style="list-style-type: none"> -Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Broca de centros -Broca de 1/8" -Broca de 3/8" -Broca de 1/2" -Broca de 1 1/2 " -Contrapunto -Barra de interiores 	<p style="text-align: center;"><u>Taladrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2 ❖ Apoyo 3 ❖ Orientación 4 <ol style="list-style-type: none"> a) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia y posición requeridas accionar el sistema nuevamente. b) Colocar y apretar la broca de centros en el chuck del taladro del contrapunto. c) Usar el carro principal para recorrer la distancia longitudinal necesaria. d) Usar la broca de centros para marcar el centro del cilindro. e) Utilizar las brocas de manera sucesiva, comenzar con la broca de 1/8 y dar una profundidad pasada.



-Torno de Chuck universal
 -Calibrador digital
 -Flexómetro
 -Broca de centros
 -Broca de 1/8”
 -Broca de 3/8”
 -Broca de 1/2”
 -Broca de 1 1/2 “
 -Contrapunto
 -Barra de interiores

Taladrado

- ❖ Apriete 1,2
 - ❖ Apoyo 3
 - ❖ Orientación 4
- a) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia y posición requeridas accionar el sistema nuevamente.
 - b) Colocar y apretar la broca de centros en el chuck del taladro del contrapunto.
 - c) Usar el carro principal para recorrer la distancia longitudinal necesaria.
 - d) Usar la broca de centros para marcar el centro del cilindro.
 - e) Utilizar las brocas de manera sucesiva, comenzar con la broca de 1/8 y dar una profundidad de 20 mm.



Torno de Chuck
universal
-Calibrador digital
-Flexómetro
-Barra de interiores

Roscado

- ❖ Apriete 1,2,3
 - ❖ Apoyo 4
 - ❖ Orientación 5
- a) Montar y desmontar la pieza hasta obtener la posición adecuada para hacer el roscado interior.
 - b) Montar el buril para realizar el roscado.
 - c) Verificar que se encuentre a la altura deseada.
 - d) Realizar el roscado.

Realizado por:

Moreno Reyes Guillermo

Espinosa Oliva Ricardo

Universidad
Autónoma
Metropolitana



Casa abierta al tiempo **Azacapotzalco**

Elemento de Fabricación: Entrada del filtro

Máquina Herramienta: Torno de chuck universal

Herramienta de corte: Butil (BL) HSS

Instrumento de Medición: Flexómetro, Vernier digital

Insumos: Refrigerante Motul Stag 16/PC

Observaciones:

Al ser una pieza con un diámetro grande al desarrollar la operación de corte se genera fricción, por lo tanto, hay que estar utilizando constantemente el refrigerante indicado.

**Hoja de cálculo**

Proceso de cilindrado- Entrada del filtro			
Velocidad de corte	V	61	m/min
Avance	A	0.25	mm/min
Velocidad	N	360	rpm
Profundidad por pasada	P	2	mm
Longitud de pasada	L	101.6	mm
Tiempo de maquinado	Tm	0.348	min
Tiempo de maquinado total	Tmt	1.74	min
Tiempo de preparación	Tp	1.5	min
Tiempo total	Tt	3.588 min=215. 28 s	

Análisis de tiempos

Operaciones, elementos de trabajo, movimiento	Tiempos de procesamiento	
	Tiempos de maquinado	Tiempos de preparación
Medición y marca con plumón		45 segundos
Sujeción con el Chuck universal		45 segundos
Cilindrado	104.4 s	
	104.4 s	90
	Total=194.44 s	

Realizado por:

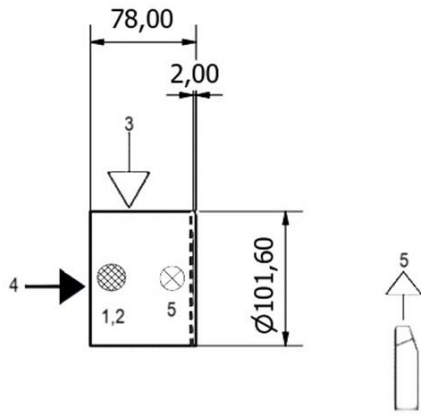
Moreno Reyes Guillermo

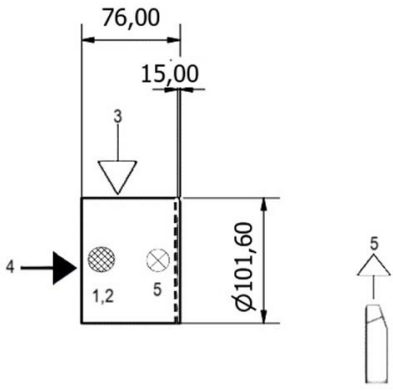
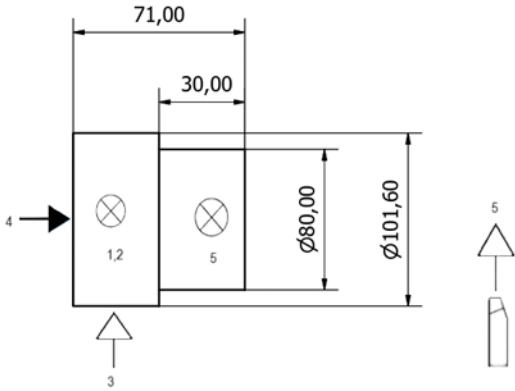
Espinosa Oliva Ricardo

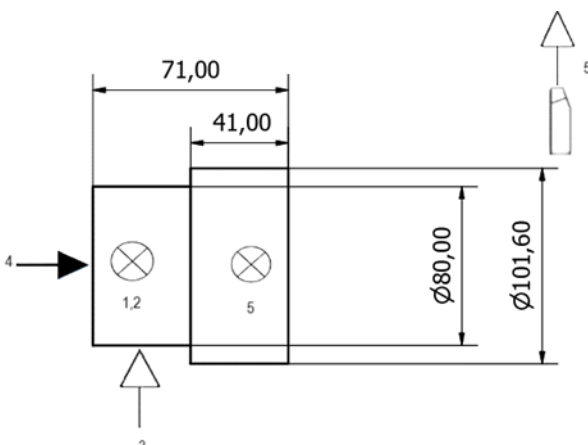
Análisis de Fabricación
**Universidad
Autónoma
Metropolitana**

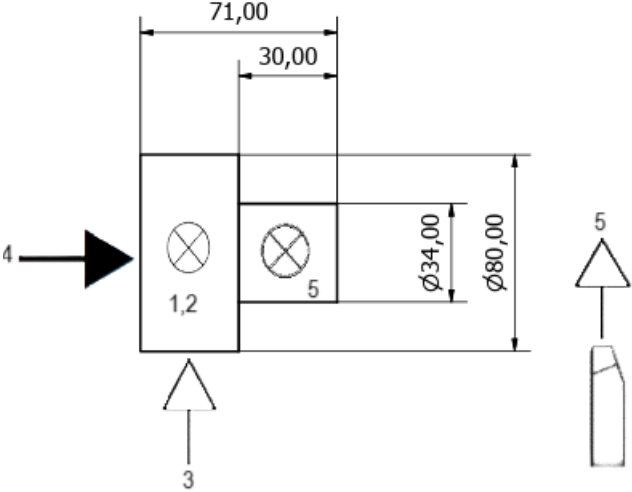
 Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**
Elemento de Fabricación: Salida del filtro

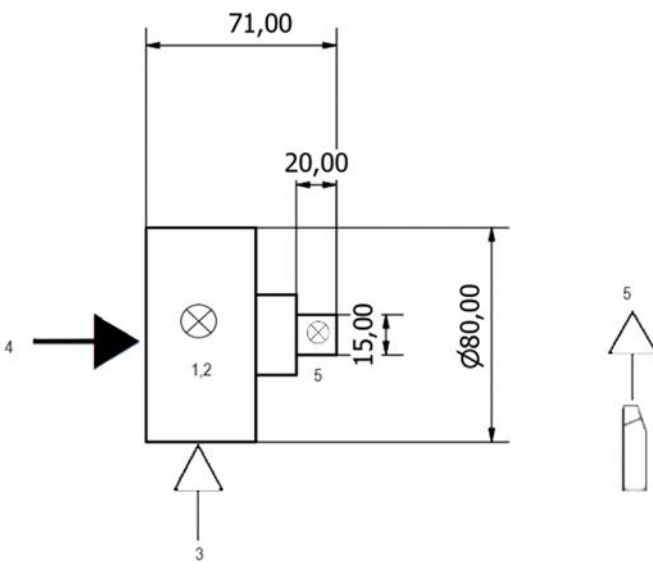
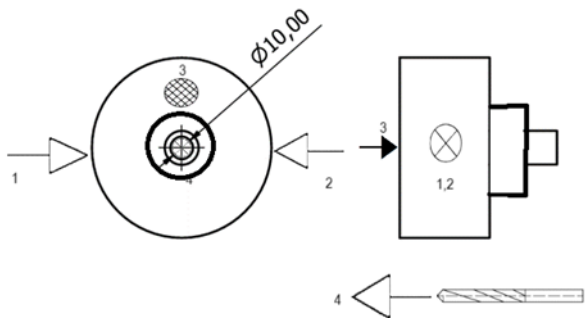
Fase No	Esquema explicativo	Máquinas, herramientas de corte Elementos de sujeción y control	Observaciones
10		-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC -Butil (BL) HSS	<u>Refrentado</u> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 a) Apoyar en el plato del torno la pieza a maquinar y sujetar utilizando el Chuck universal. b) Montar el butil en el carro porta herramienta (calzar si es necesario). c) Usar el contrapunto y verificar que se encuentre a la altura requerida. d) Usar el flexómetro y medir una distancia de 2 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a refrentar. e) Utilizar el carro principal y el

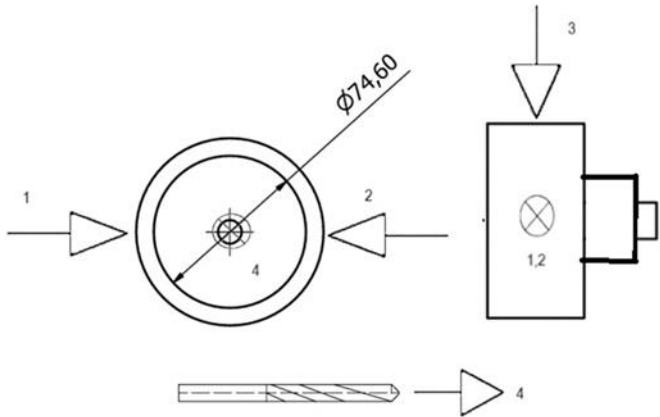
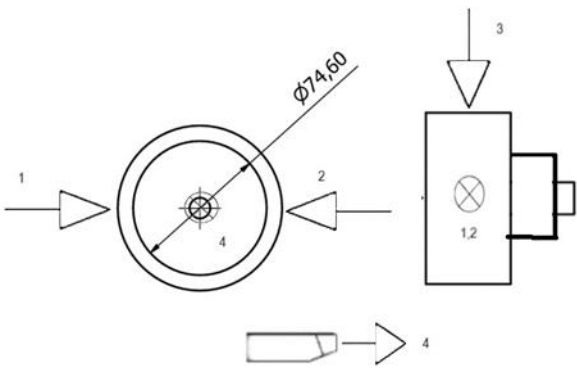
			transversal desbastar el material indicado.
20		<p>-Torno de Chuck universal</p> <p>-Calibrador digital</p> <p>-Flexómetro</p> <p>-Marcador</p> <p>-Refrigerante Motul Stag 16/PC</p> <p>-Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Refrentado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Desmontar la pieza para carear la cara opuesta.</p> <p>b) Apoyar en el plato del torno la pieza a maquinar y sujetar utilizando el Chuck universal.</p> <p>c) Usar el flexómetro para medir una distancia de 2 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a refrentar.</p> <p>d) Utilizar el carro principal y el transversal para desbastar el material indicado.</p>

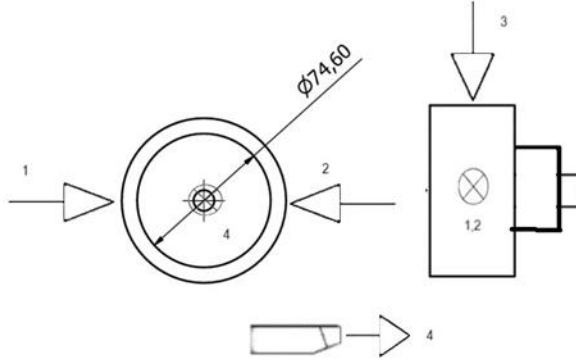
30		<p>-Torno de Chuck universal -Calibrador digital- Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC -Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Usar el flexómetro medir una distancia de 15 mm y con el marcador realizar una línea que indique la cantidad de material a desbastar, se deja una tolerancia de 1 mm.</p> <p>b) Utilizar el carro principal y el transversal para desbastar el material indicado.</p> <p>c) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia requerida accionar el sistema nuevamente.</p>
40		<p>-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC -Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Medir una distancia de 30 mm y utilizando un marcador realizar una marca.</p>

			<p>b) Reducir el diámetro del cilindro a 80,00 mm.</p> <p>c) Utilizar el carro principal para desbastar material durante 30 mm de recorrido longitudinal.</p> <p>d) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, dar aproximadamente 11 pasadas.</p>
50		<p>-Torno de Chuck universal</p> <p>-Calibrador digital</p> <p>-Flexómetro</p> <p>-Marcador</p> <p>-Refrigerante Motul Stag 16/PC</p> <p>-Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia requerida accionar el sistema nuevamente.</p> <p>b) Reducir el diámetro restante del cilindro a 80,00 mm.</p> <p>c) Utilizar el carro principal para desbastar material durante 41 mm de recorrido longitudinal.</p>

			<p>d) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 11 pasadas).</p>
60		<p>-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Marcador -Refrigerante Motul Stag 16/PC -Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Liberar el sistema de sujeción para reacomodar la pieza, una vez puesta a la distancia requerida accionar el sistema nuevamente.</p> <p>b) Reducir el diámetro del cilindro a 34,00 mm.</p> <p>c) Utilizar el carro principal para desbastar material durante 30 mm de recorrido longitudinal.</p> <p>d) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 24 pasadas).</p>

70		<p>-Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Contrapunto -Butil (BL) HSS</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2 ❖ Apoyo 3 ❖ Orientación 4 <p>a) Reducir el diámetro del cilindro a 15,00 mm. b) Utilizar el carro principal para desbastar material durante 20 mm de recorrido longitudinal. c) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 7 pasadas).</p>
80		<p>Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Barra de interiores</p>	<p><u>Cilindrado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2 ❖ Apoyo 3 ❖ Orientación 4 <p>a) Agrandar el diámetro hasta 67,50 y dar una profundidad de 10 mm. b) Dar un avance transversal de 2 mm por pasada, (dar aproximadamente 16 pasadas).</p>

			<p>c) Usar el calibrador digital para verificar la profundidad y el diámetro deseado.</p>
90			
100		<p>Torno de Chuck universal -Calibrador digital -Flexómetro -Barra de interiores</p>	<p><u>Roscado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Apriete 1,2,3 ❖ Apoyo 4 ❖ Orientación 5 <p>a) Montar y desmontar la pieza hasta obtener la posición adecuada para hacer el roscado exterior.</p> <p>b) Montar el buril para realizar el roscado.</p> <p>c) Verificar que se encuentre a la altura deseada.</p> <p>d) Realizar el roscado.</p>



Torno de Chuck
universal
-Calibrador digital
-Flexómetro
-Barra de interiores

Roscado

- ❖ Apriete 1,2,3
 - ❖ Apoyo 4
 - ❖ Orientación 5
- a) Montar y desmontar la pieza hasta obtener la posición adecuada para hacer el roscado exterior.
 - b) Montar el buril para realizar el roscado.
 - c) Verificar que se encuentre a la altura deseada.
 - d) Realizar el roscado.

Realizado por:

Moreno Reyes Guillermo

Espinosa Oliva Ricardo

Universidad
Autónoma
Metropolitana



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

Elemento de Fabricación: Salida del filtro

Máquina Herramienta: Torno de chuck universal

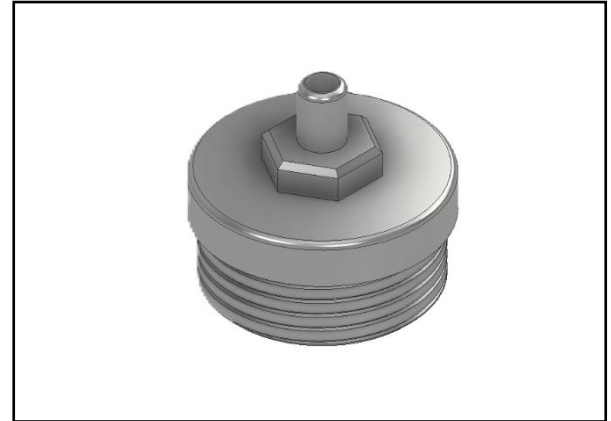
Herramienta de corte: Butil (BL) HSS

Instrumento de Medición: Flexómetro, Vernier digital

Insumos: Refrigerante Motul Stag 16/PC

Observaciones:

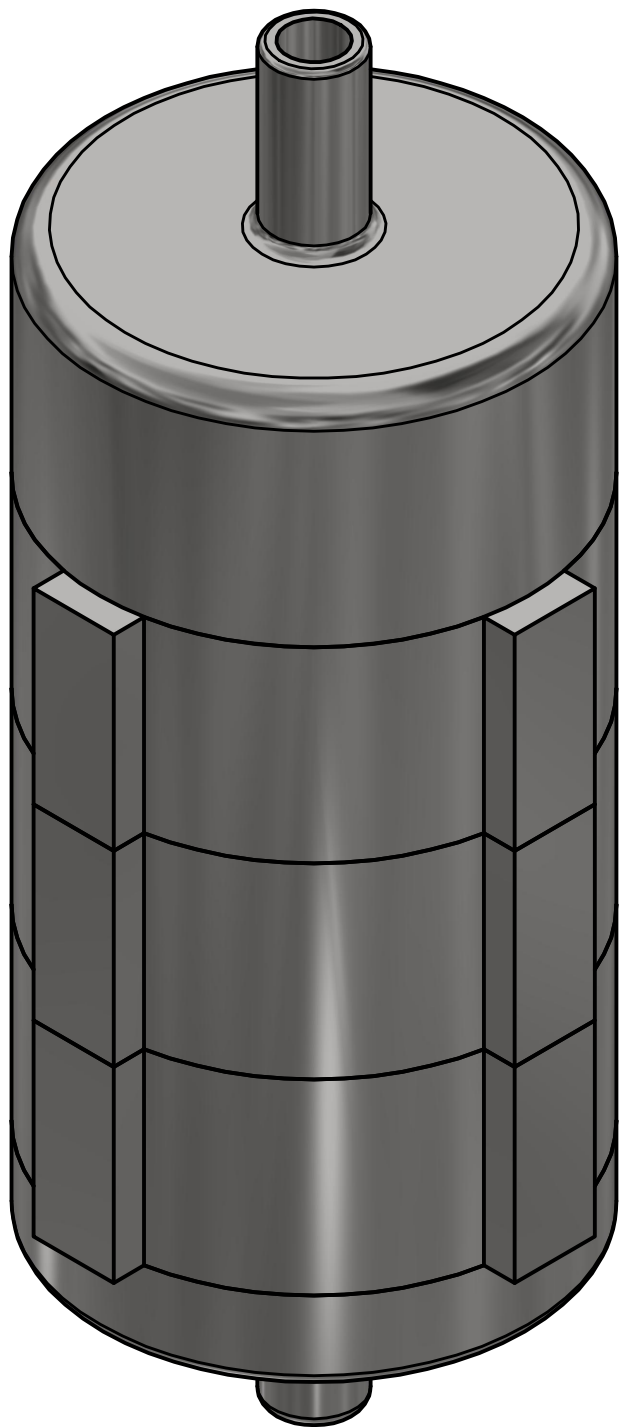
Al ser una pieza con un diámetro grande al desarrollar la operación de corte se genera fricción, por lo tanto, hay que estar utilizando constantemente el refrigerante indicado.

**Hoja de cálculo**

Proceso de cilindrado- Salida del filtro			
Velocidad de corte	V	61	m/min
Avance	A	0.25	mm/min
Velocidad	N	390	rpm
Profundidad por pasada	P	2	mm
Longitud de pasada	L	101.6	mm
Tiempo de maquinado	Tm	0.256	min
Tiempo de maquinado total	Tmt	0.888	min
Tiempo de preparación	Tp	1.5	min
Tiempo total	Tt	2.644 min= 158.64 s	

Análisis de tiempos

Operaciones, elementos de trabajo, movimiento	Tiempos de procesamiento	
	Tiempos de maquinado	Tiempos de preparación
Medición y marca con plumón		45 segundos
Sujeción con el Chuck universal		45 segundos
Cilindrado	53.28 s	
	53.28 s	90
	Total=143.28 s	



4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

A

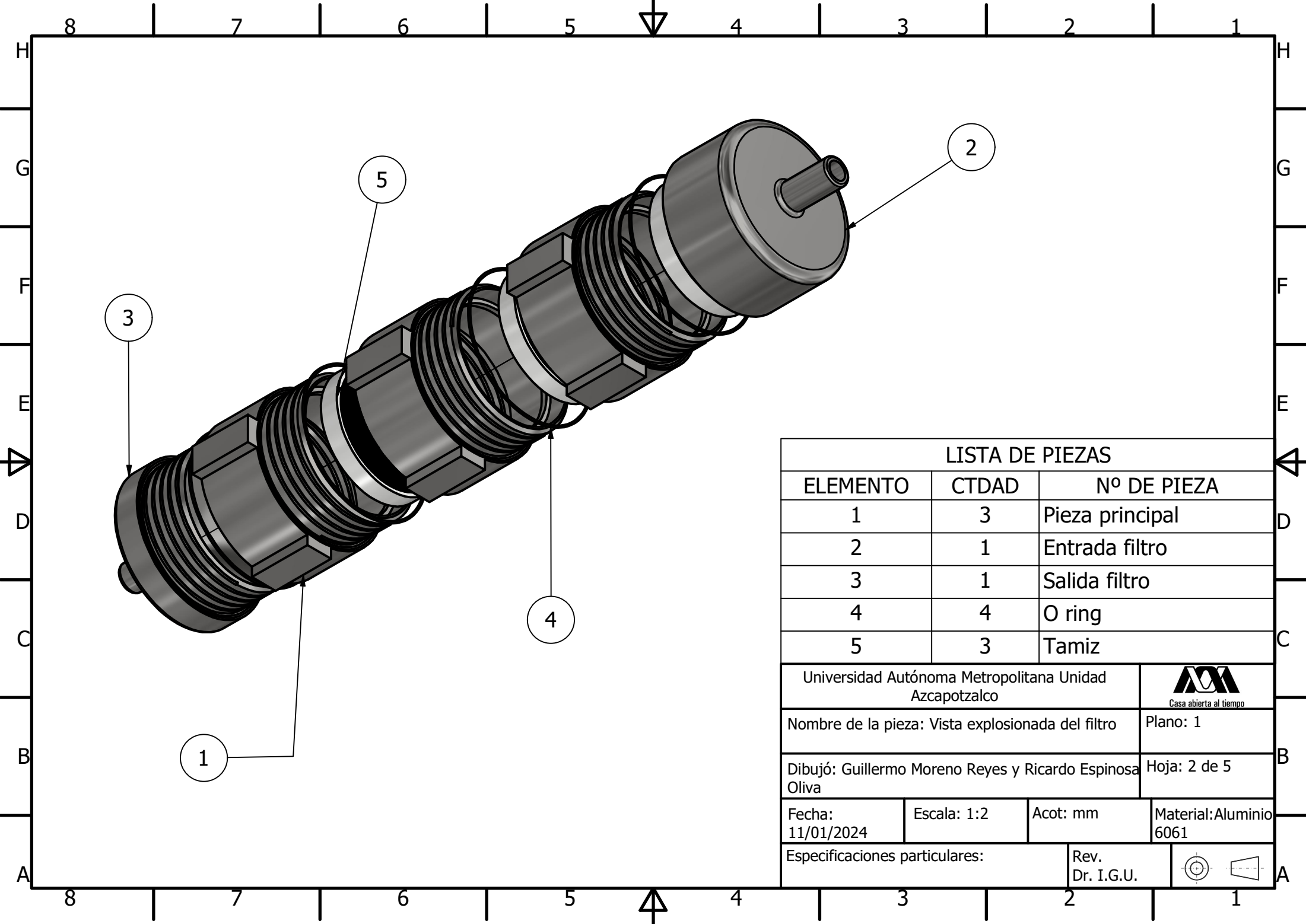
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco			
Nombre de la pieza: Filtro de aire			Plano:1
Dibujó: Guillermo Moreno Reyes Ricardo Espinosa Oliva			Hoja: 1 de 5
Fecha: 11/01/2024	Escala: 1:1	Acot: mm	Material:Aluminio 6061
Especificaciones particulares:		Rev. Dr. I.G.U.	

4

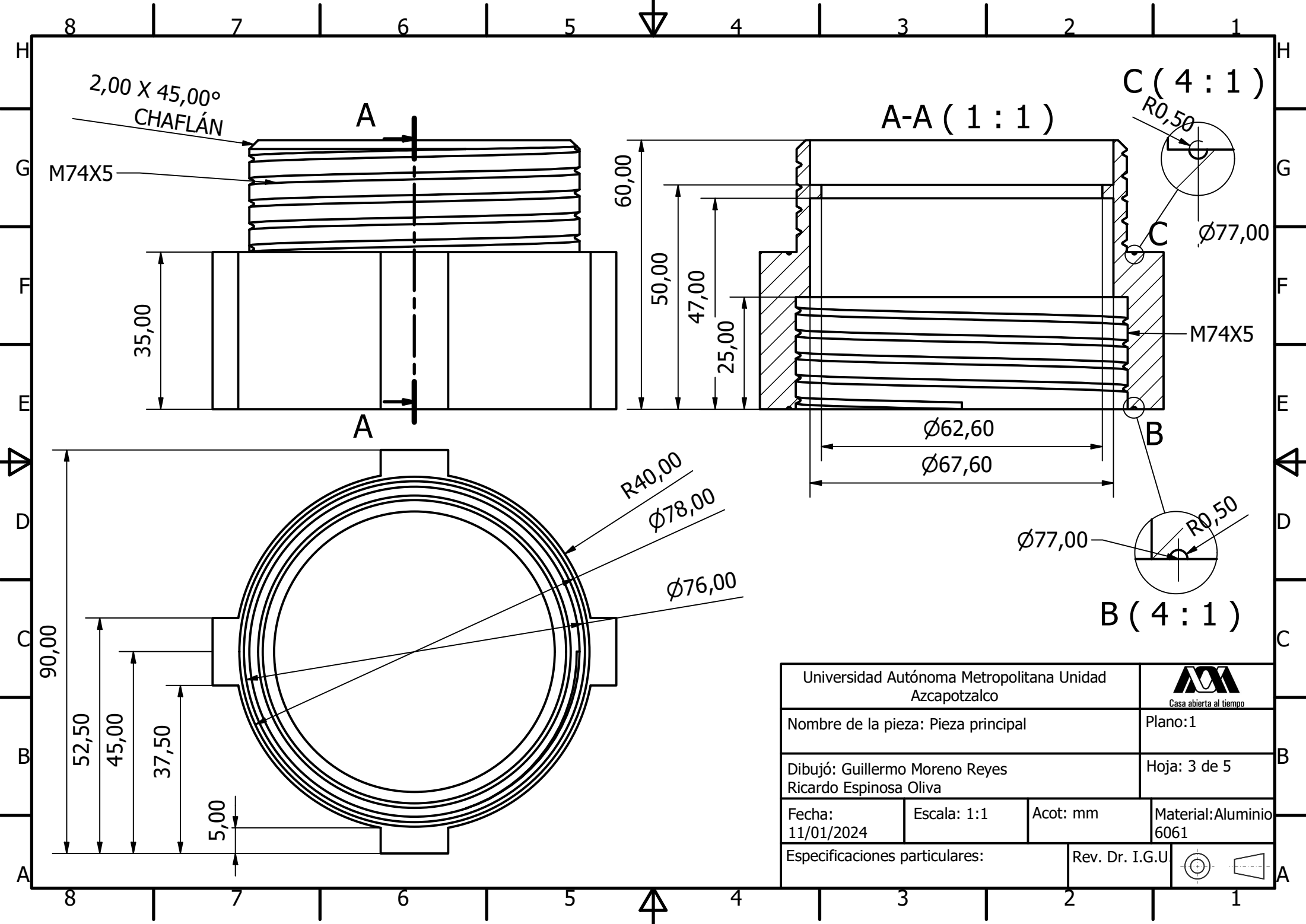
3




2

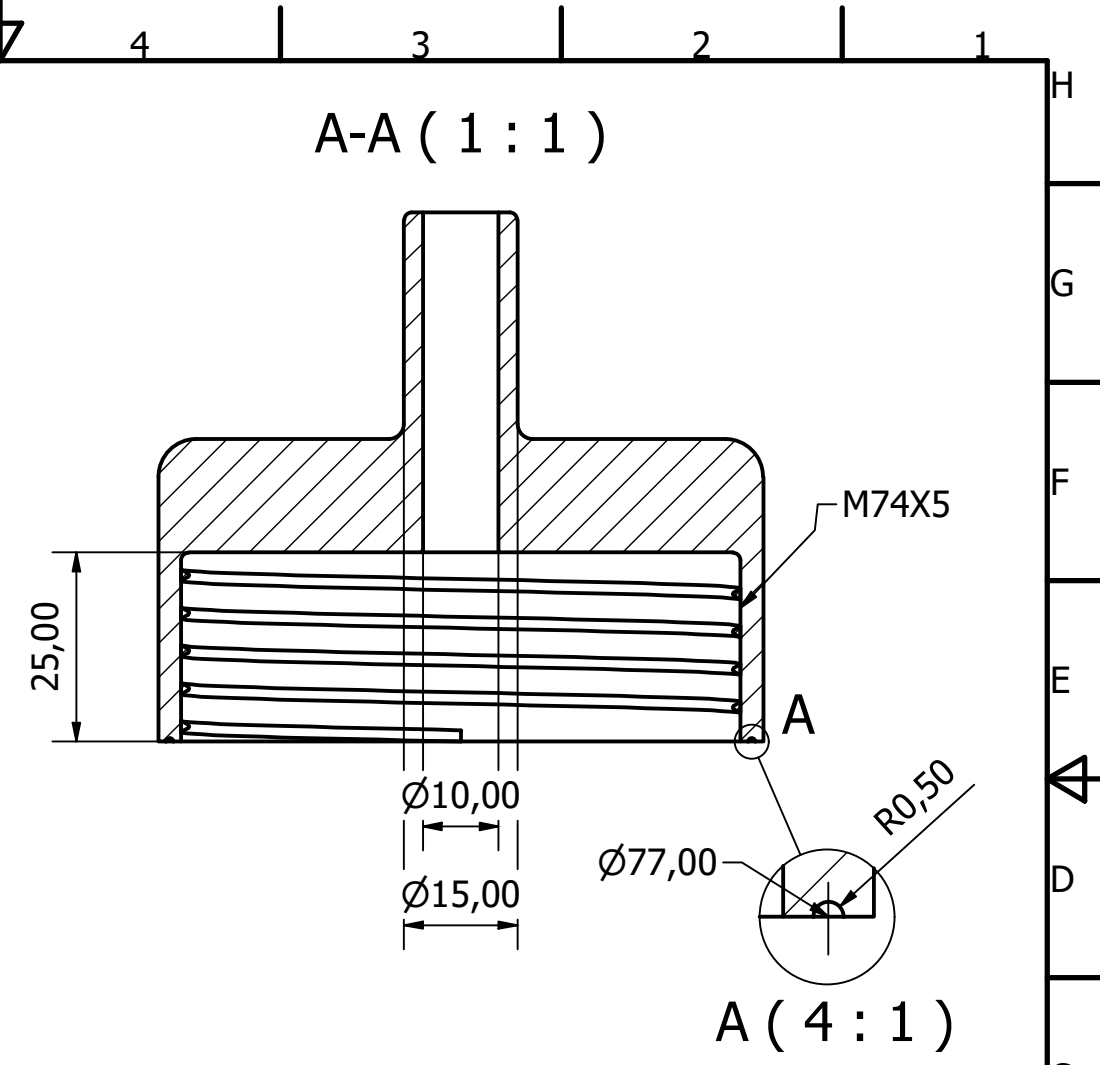
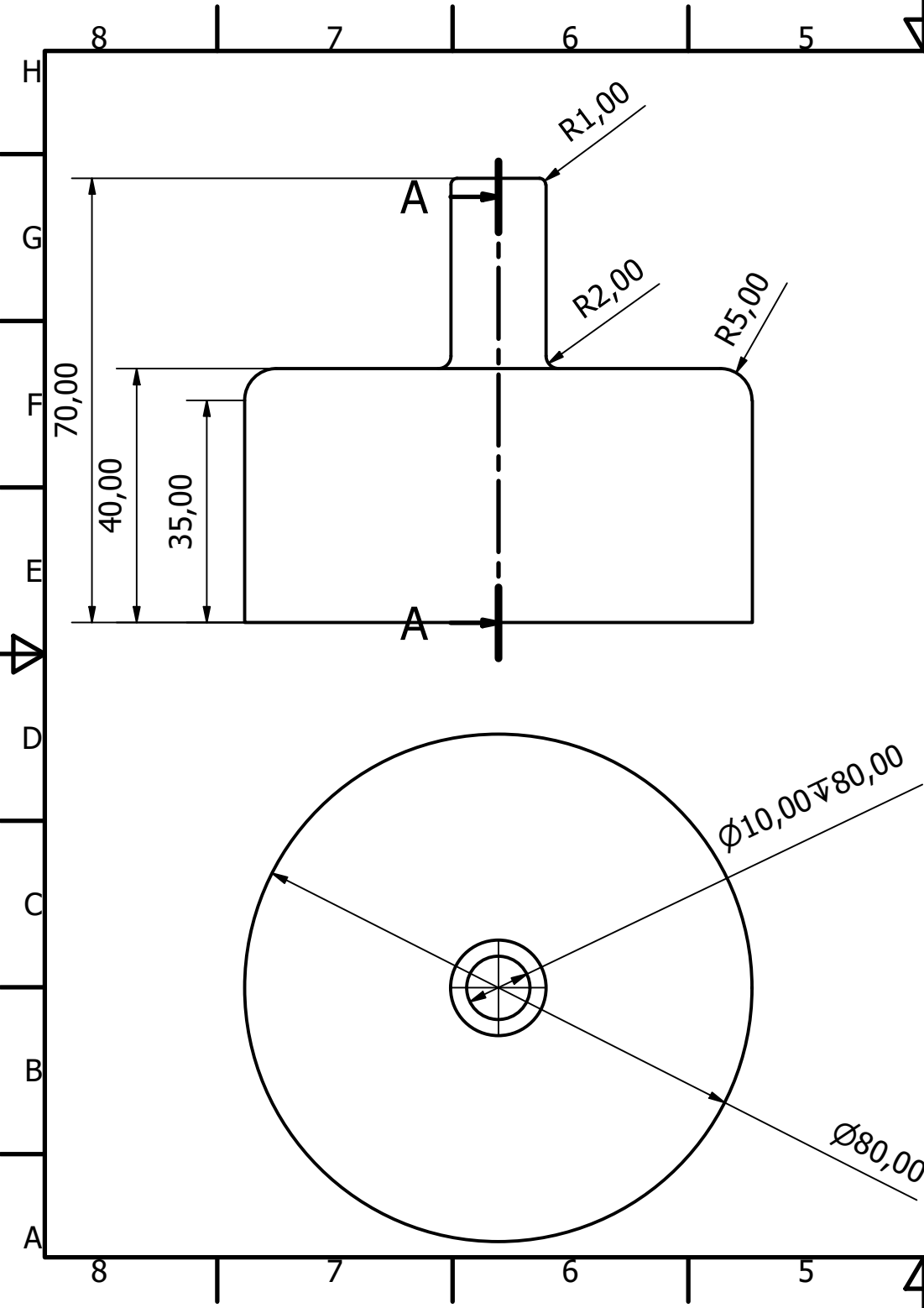
1





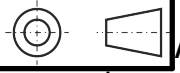
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	N° DE PIEZA	
1	3	Pieza principal	
2	1	Entrada filtro	
3	1	Salida filtro	
4	4	O ring	
5	3	Tamiz	
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco			 Casa abierta al tiempo
Nombre de la pieza: Vista explosionada del filtro			Plano: 1
Dibujó: Guillermo Moreno Reyes y Ricardo Espinosa Oliva			Hoja: 2 de 5
Fecha: 11/01/2024	Escala: 1:2	Acot: mm	Material:Aluminio 6061
Especificaciones particulares:		Rev. Dr. I.G.U.	

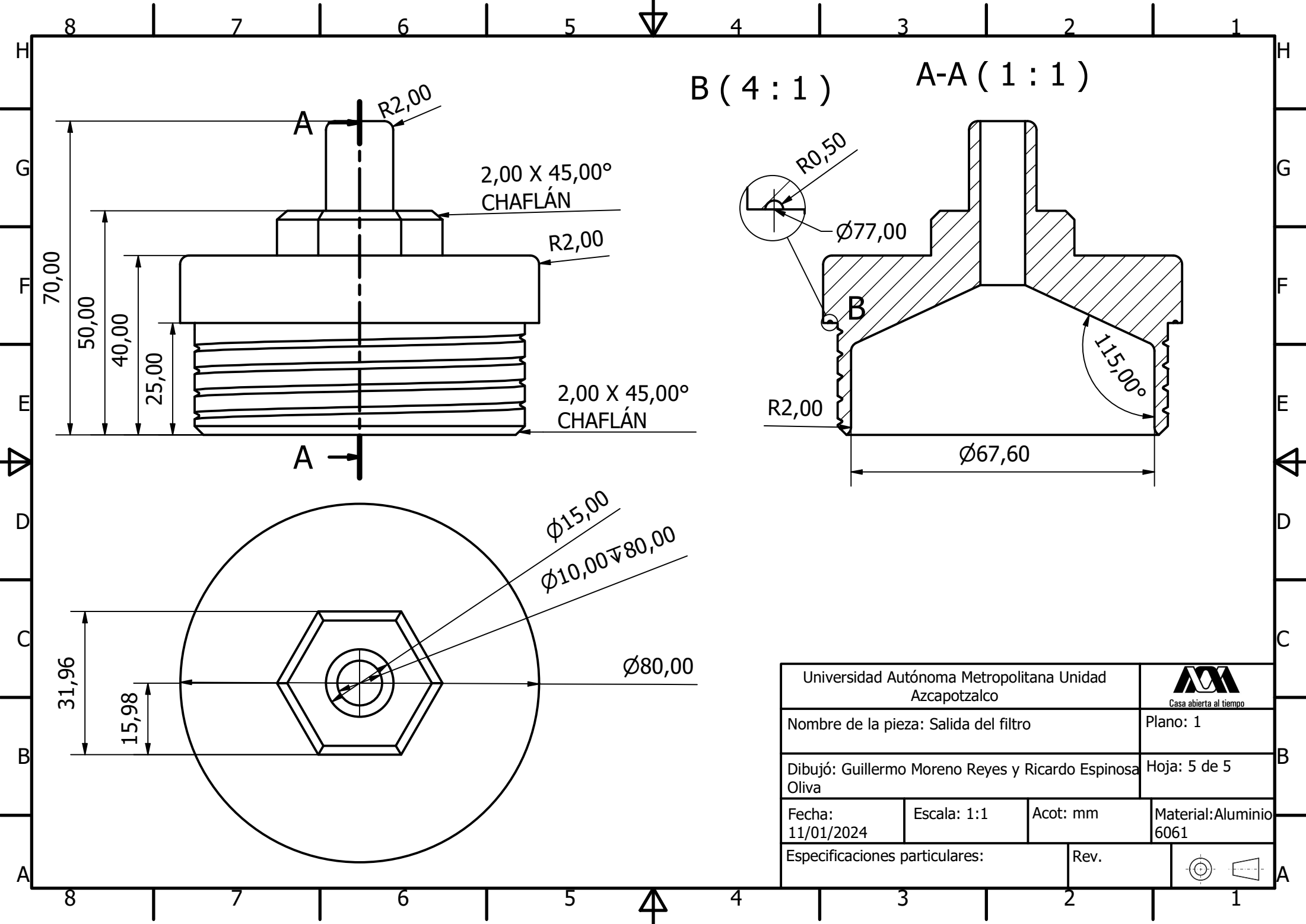



Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco			 Casa abierta al tiempo
Nombre de la pieza: Pieza principal			Plano:1
Dibujó: Guillermo Moreno Reyes Ricardo Espinosa Oliva			Hoja: 3 de 5
Fecha: 11/01/2024	Escala: 1:1	Acot: mm	Material:Aluminio 6061
Especificaciones particulares:			Rev. Dr. I.G.U.  



Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco			 Casa abierta al tiempo
Nombre de la pieza: Entrada del filtro			Plano: 1
Dibujó: Guillermo Moreno Reyes y Ricardo Espinosa Oliva			Hoja: 4 de 5
Fecha: 11/01/2024	Escala: 1:1	Acot: mm	Material: Aluminio 6061
Especificaciones particulares:			Rev. Dr. I.G.U. 





Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco			 Casa abierta al tiempo
Nombre de la pieza: Salida del filtro			Plano: 1
Dibujó: Guillermo Moreno Reyes y Ricardo Espinosa Oliva			Hoja: 5 de 5
Fecha: 11/01/2024	Escala: 1:1	Acot: mm	Material: Aluminio 6061
Especificaciones particulares:		Rev.	