

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título
de Ingeniero Mecánico*

PROYECTO TÉCNICO:

**“DISEÑO DE CÁMARA DE AISLAMIENTO Y TRANSPORTE
INTRAHOSPITALARIA PARA PACIENTES DE COVID-19.”**

AUTOR:

BAIRON ISRAEL PINGUIL LOJA

TUTOR:

ING. NELSON GUSTAVO JARA COBOS, Ph.D.

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Bairon Israel Pinguil Loja con documento de identificación N° 0104482195, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE CÁMARA DE AISLAMIENTO Y TRANSPORTE INTRAHOSPITALARIA PARA PACIENTES DE COVID-19.”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo el derecho moral de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre de 2021.



Bairon Israel Pinguil Loja

C.I. 0104482195

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO DE CÁMARA DE AISLAMIENTO Y TRANSPORTE INTRAHOSPITALARIA PARA PACIENTES DE COVID-19.”**, realizado por Bairon Israel Pinguil Loja, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre de 2021.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, likely representing the name Nelson G. Jara Cobos.

Ing. Nelson G. Jara Cobos, Ph.D.
C.I. 0102679644

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Bairon Israel Pinguil Loja con documento de identificación N° 0104482195, autor del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE CÁMARA DE AISLAMIENTO Y TRANSPORTE INTRAHOSPITALARIA PARA PACIENTES DE COVID-19.”**, certifico que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, octubre de 2021.



Bairon Israel Pinguil Loja

C.I. 0104482195

DEDICATORIA

Este proyecto técnico va dedicado a toda mi familia, a mi querido padre Medardo, a mí adorada madre Nancy, a mis queridos hermanos Natalia, Tania y Darío, por apoyarme siempre a lo largo de mi vida estudiantil, y de una manera muy especial a mi amada esposa Diana que me brindó su apoyo incondicional y me motivaron junto con mis hijos Samantha, Sofia, y Nicolás, a retomar lo que un día fue un sueño que hace mucho quise cumplir, sueño que se venía forjando desde hace muchísimos años en base al sacrificio y ejemplo de mis padres a ser siempre una persona de bien.

También amigos y demás familiares están presentes en esta dedicatoria, personas que siempre me desean el bien, para todos Uds. con mucho amor y cariño su hijo, esposo, padre y amigo.

Bairon Pinguil

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento siempre primero a nuestro Creador, que me permite todos los días despertarme junto a mi familia, a mis padres por ser quienes me dieron la vida y se han esforzado siempre porque nunca nos falte nada, y haberme dejado como herencia un gran ejemplo de lucha, sacrificio, y la educación.

El infinito agradecimiento a mi esposa por ayudarme a cristalizar este sueño que hoy se hace realidad, a mis hijos por toda la paciencia que tuvieron en este tiempo que no les pude brindar, pero que lo tengan por seguro que serán recompensados mil veces más.

Al Ing. Nelson Jara Cobos un agradecimiento muy especial por todo su apoyo a sacar adelante este proyecto, y a todas las personas que hacen la Universidad Politécnica Salesiana, hogar donde me acogieron durante mi formación personal y profesional.

Bairon Pinguil

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	2
CERTIFICACIÓN.....	3
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.....	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE GENERAL.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
INDICE DE TABLAS.....	12
RESUMEN.....	13
PALABRAS CLAVE.....	13
ABSTRACT.....	14
KEYWORDS.....	14
1. Tema.....	1
2. Introducción.....	1
3. Planteamiento del problema.....	2
3.1. Antecedentes.....	2
3.2. Importancia y Alcance.....	2
3.3. Problema general.....	2
3.4. Problemas específicos.....	2
4. Justificación.....	3
5. Grupo Objetivo.....	3
5.1. Objetivos.....	3
5.1.1. Objetivo General.....	3
5.1.2. Objetivos específicos.....	3
6.1. Cámara de aislamiento.....	4
6.2. Características principales.....	5
6.3. Principios de funcionamiento.....	5
6.3.1. Salas de Aislamiento.....	5
6.3.2. Salas de aislamiento con presión positiva.....	5
6.3.3. Salas de aislamiento con presión negativa.....	5
6.3.4. Características comunes entre las salas de Presión Positiva y Presión negativa 6	
6.3.5. Diferencias entre sala de presión positiva y sala de presión negativa.....	7
6.3.6. Sentidos de flujo.....	7
6.3.6.1. Salas con Presión Positiva.....	7

6.3.6.2.	Salas con Presión Negativa	8
7.	Revisión del estado del arte de cámaras de transporte intrahospitalaria	9
7.1.	Dispositivo de aislamiento de presión negativa para COVID-19	9
7.1.1.	Métodos	9
7.1.2.	Análisis de Resultados.....	9
7.2.	Diseño de una cámara portátil de presión negativa con filtro HEPA	9
7.2.1.	Antecedentes	9
7.2.2.	Construcción de campana de aerosol	12
7.2.3.	Rendimiento de la campana de aerosol	13
7.2.4.	Caracterización más cuantitativa de la Campana de aerosol.....	13
7.2.5.	Conclusiones establecidas en el trabajo analizado	13
7.3.	Filtros de aire de partículas de alta eficiencia en la era de COVID-19: Función y Eficacia.....	14
7.3.1.	Mecanismos de acción.....	14
7.3.2.	Eficiencia.....	15
7.3.3.	Filtros HEPA aplicados al COVID-19.....	16
8.	Información técnica de cámaras de aislamiento existentes en el Medio.....	16
8.1.	Cámara de transporte y aislamiento Biobag EBV- 30/40 con el modo de presión negativa y positiva [15]	16
8.1.1.	Datos técnicos:	17
8.2.	Cámara de Transporte y Aislamiento ISOARK N36-6 [3].....	17
8.2.1.	Datos técnicos.....	18
8.3.	Requerimientos técnicos de cámaras de aislamiento y transporte a nivel nacional 19	
9.	Características de diseño de la cámara en función de los requerimientos exigidos	21
10.	Diseño de la cámara.	24
10.1.	Diseño de Base	25
10.1.1.	Dimensiones	25
10.1.2.	Calculo del esfuerzo máximo.....	26
10.1.3.	Cálculo del valor de la carga ω	27
10.1.4.	Simulación en ANSYS.....	29
10.1.4.1.	Procedimiento del modelado y simulación en Ansys.....	29
10.1.4.1.1.	Introducción a Ansys.....	29
10.1.4.1.2.	Modelado.....	30
10.1.4.1.3.	Condiciones de frontera.....	31
10.1.4.1.5.	Simulación y análisis de resultados.....	32
10.2.	Diseño de la cubierta	32
10.3.	Selección del filtro	34

10.3.1.	Especificaciones técnicas.....	34
10.4.	Diseño del sistema de extracción de aire	35
10.4.1.	Calculo de área transversal de cabina.....	36
10.4.2.	Calculo de caudales	36
10.5.	Elementos que conforman la cámara de aislamiento.....	38
10.5.1.	Base.....	38
10.5.2.	Cabina lado de paciente.....	39
10.5.3.	Cabina lado de extractor	39
10.5.4.	Tapas	40
10.5.5.	Marcos.....	40
10.5.6.	Bisagra.....	40
10.5.7.	Banda inferior.....	41
11.	Simulación del comportamiento del aire en la cabina	41
11.1.	Definición del Dominio Computacional	41
11.3.	Simulaciones con dimensiones reales de salida y entrada de aire.....	44
11.4.	Análisis de velocidades y presiones a diferentes alturas de la cámara.	45
12.	Determinación de Costos para la Implementación.	49
12.1.	Costos directos.....	49
12.1.1.	Materia prima.....	49
12.1.2.	Costo de materiales por catalogo	49
12.1.3.	Costo de maquinarias y herramientas.....	49
12.1.4.	Costo de mano de obra.....	49
12.1.5.	El Costo Final	51
13.	Conclusiones y Recomendaciones	51
13.1.	Conclusiones	51
13.2.	Recomendaciones	52
14.	Bibliografía	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cámara de aislamiento importada	iv
Figura 2: Modelo esquemático de una habitación con ambiente protegido con sistema de presión positiva	vi
Figura 3: Direcciones de flujo en las salas de presión positiva y negativa	vii
Figura 4: Diagrama de salida de aire de presión positiva.	viii
Figura 5: Dirección del flujo de una sala de presión negativa	viii
Figura 6: Prototipo de cámara de contención de aerosoles	x
Figura 7: primeras pruebas realizadas para verificar la extracción de aerosoles	xi
Figura 8 : Simulación de una campana de extracción de aerosoles	xii
Figura 9: pruebas realizadas con maniquí simulando paciente, Campana de extracción de aerosoles con su respectivo filtro y puertos de trabajo	xiii
figura 10 Esquema de los mecanismos de filtración, impactación, intercepción y difusión	xv
Figura 11: Eficiencia de un filtro en función del tamaño de las partículas y los mecanismos de filtración	xvi
Figura 12: Cámara de transporte y aislamiento Biobag EBV	xvii
Figura 13: Cámara de transporte y aislamiento Isoark N36-6	xviii
Figura 14: Uso correcto de guantes desechables	xxi
Figura 15: Bata de Bioseguridad desechable	xxii
Figura 16: Mascarilla N-95 la más recomendada	xxii
Figura 17: Protector facial plástico [18].....	xxii
Figura 18: la distancia recomendada es de 2 m de ser posible.....	xxiii
Figura 19: Cámara de aislamiento propuesta.	xxv
Figura 20 : esquema de dimensiones	xxvi
Figura 21: Formulas para placas planas con límites rectos y espesor constante	xxvii
Figura 22: Valores de Índice de Masa corporal según el estado nutricional de una persona	xxvii
Figura 23: Requisitos mecánicos de los diferentes tipos de aleaciones de aluminio según la norma NTE INEN 2 250:2000	xxix
Figura 24: Modulo de la opción Ansys Workbench.....	xxx
Figura 25: Base de la cámara modelada en 3D.....	xxxii
Figura 26: Simulación de la carga producida por el paciente sobre la base.....	xxxii
Figura 27: Discretización de la base mediante un mallado Hexadominante..	xxxii
Figura 28: Análisis de esfuerzos.....	xxxii
Figura 29: escala de valores de la deformación producida.	xxxii
Figura 30: forma del Domo de material resistente y transparente.....	xxxiii
Figura 31: Espesores disponibles de láminas acrílicas.....	xxxiii
Figura 32: Forma del domo de material acrílico:	xxxiv

Figura 33: Filtros Deep-pleat HEPA, disponibles en el medio.....	xxxiv
Figura 34: Dimensionamiento de los filtro.....	xxxv
Figura 35: Especificaciones técnicas de los filtros	xxxv
Figura 36: Sección transversal de la cámara de aislamiento.....	xxxvi
Figura 37: Extractores de aire disponibles en el mercado local	xxxvii
Figura 38: Curva presión caudal de un sistema de extracción	xxxviii
Figura 39: Propuesta de diseño de cámara de aislamiento.	xxxviii
Figura 40: Forma de la Base.	xxxix
Figura 41: Forma de la cabina del lado del paciente..	xxxix
Figura 42: Forma de la cabina lado del sistema de extracción..	xxxix
Figura 43: Tapas de la cabina	xl
Figura 44: Marcos que ayudan a ensamblar la cabina con las puertas.	xl
Figura 45: Forma de la Bisagra.	xli
Figura 46: Bandas de sujeción.	xli
Figura 47: Forma de la base de la cámara y Geometría del paciente	xlii
Figura 48: Análisis de la circulación del aire y barrido de aerosoles alrededor de la cara.	xlii
Figura 50: Simulación del flujo de aire con entrada y salida a mayor altura de la base..	xlili
Figura 51: Simulación de la velocidad de aire sobre el rostro del paciente.	xliv
Figura 52: Simulación que demuestra la trayectoria de flujo de aire desde la entrada hacia la salida.....	xliv
Figura 53: Simulación de velocidades producidas.	xlv
Figura 54: Análisis de velocidades a la altura de la nariz del paciente..	xlv
Figura 55: Análisis de Presiones dentro de la cámara.....	xlvi
Figura 56: Análisis de velocidades modificando tamaño del paciente.....	xlvi
Figura 57: Análisis de presiones..	xlvii
Figura 58: Plano de velocidades, paciente 1.65 m.	xlvii
Figura 59: Plano de presiones, paciente 1.65 m.....	xlvii
Figura 60: Plano de velocidades paciente 1.9 m.	xlviii
Figura 61: Plano de presiones, Paciente 1.90 m.....	xlviii

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos técnicos de la cámara de aislamiento Biobag	xvii
Tabla 2: Características de la cámara de aislamiento Isoark	xviii
Tabla 3: Comparación de las características entre las cámaras descritas	xix
Tabla 4: Especificaciones técnicas requeridas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador	xx
Tabla 5: Especificaciones técnicas requeridas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador	xxiv
Tabla 6: Dimensiones de cámara de extracción..	xli
Tabla 7: Comparación de resultados, modificando estatura de pacientes..	xlviii
Tabla 8: listado de materia prima con sus respectivos valores.....	1
Tabla 9: valores de Mano de obra, costo por semana.....	1
Tabla 10: listado de máquinas herramientas y sus valores.....	1
Tabla 11: costo total de la cámara de aislamiento.	li

RESUMEN

En este proyecto se presenta el diseño de una cámara de aislamiento y transporte intrahospitalaria para pacientes de covid-19, diseño con el cual se busca propiciar su implementación a fin de que los interesados se permitan contar con un equipo desarrollado en el país, que minimice los posibles contagios entre los médicos tratantes y las personas infectadas por esta enfermedad durante su transporte hasta un lugar que cumpla con las condiciones para tratarlos.

Con base en las características físicas y técnicas de dispositivos similares importados y a los requerimientos que hace el ministerio de salud del Ecuador, se procede a establecer parámetros de diseño que ayudan a definir las pautas para obtener un dispositivo que cumpla con las condiciones de aislar y extraer aerosoles con partículas contaminadas que pongan en riesgo la salud del personal de salud.

El aislamiento se obtiene mediante una lámina transparente que separa al paciente del personal de atención y el ingreso y extracción del aire lo cumple un dispositivo que produce presiones negativas dentro de la cámara para que el fluido siempre este ingresando y no salga al medio ambiente sin antes pasar por un filtro de alta eficiencia HEPA (High Efficiency Particle Arresting).

El diseño establecido será validado y verificado a través de un software de modelado y simulación, con el cual se comprueba el correcto funcionamiento de las partes y en conjunto de la cámara de aislamiento y transporte.

PALABRAS CLAVE

Cámara de Aislamiento, Covid-19, HEPA, Intrahospitalaria.

ABSTRACT

This project presents the design of an in-hospital isolation and transport chamber for covid-19 patients, a design that seeks to promote its implementation so that those interested can have a team developed in the country that minimizes the possible contagions between treating doctors and people infected by this disease during their transport to a place that meets the conditions to treat them.

Based on the physical and technical characteristics of similar imported devices and the requirements made by the Ecuadorian Ministry of Health, we proceed to establish design parameters that help define the guidelines to obtain a device that meets the conditions for isolating and extracting aerosols with contaminated particles that endanger the health of health personnel.

The isolation is obtained by means of a transparent sheet that separates the patient from the care personnel and the entry and extraction of the air is carried out by a device that produces negative pressures within the chamber so that the fluid is always entering and not leaving the environment without first go through a high efficiency HEPA filter.

The established design will be validated and verified through modeling and simulation software, with which the correct operation of the parts and as a whole of the isolation and transport chamber is verified.

KEYWORDS

Chamber Isolation, Covid-19, HEPA Filters, In Hospital

1. Tema

Diseño de cámara de aislamiento y transporte intrahospitalaria para pacientes de COVID-19.

2. Introducción

Un brote de enfermedades del nuevo coronavirus se ha expandido por todo el mundo, los coronavirus son una familia de virus que generalmente causan infecciones leves del tracto respiratorio superior, pero las mutaciones en las proteínas de la superficie del virus pueden conducir a infecciones graves del tracto respiratorio inferior, como el Síndrome Respiratorio del Medio Oriente y el Síndrome Respiratorio Agudo Severo.

Actualmente, una nueva versión de coronavirus está causando epidemias de enfermedades graves y muerte en humanos.

El primer caso de un nuevo tipo de coronavirus, que causa neumonía se encontró en diciembre de 2019, el mismo que ha sido designado como 2019-nCoV por la Organización Mundial de la Salud. A consecuencia de lo infeccioso del virus y a su rápida propagación a nivel mundial se están realizando grandes esfuerzos por frenar la propagación del coronavirus tomando acciones como bloquear ciudades, cerrar escuelas, cancelar vuelos y demás medios de transporte, prácticamente se ha paralizado el planeta.[1]

Un análisis de un determinado número de pacientes infectados por 2019-nCoV confirmados, mostró que la mayoría eran hombres, menos de la mitad tenía una afección subyacente con una edad promedio de 49 años. Los síntomas más comunes al inicio de la enfermedad fueron fiebre, tos seca y mialgia o fatiga. Sin embargo, algunos pacientes pueden estar asintomáticos y / o afebriles y aún pueden transmitir la infección.

Los gobiernos de una gran cantidad de países del mundo mantienen activos todas las instituciones competentes para tratar de controlar y minimizar esta pandemia, mientras se espera que la comunidad científica desarrolle algún medicamento o vacuna que contrarreste de manera definitiva esta enfermedad.

Mientras ese día llegue se tiene que tomar todas las precauciones del caso, indicadas principalmente por las autoridades locales y nacionales. La situación hospitalaria en el país es muy compleja ya que en registro de la segunda semana de mayo de 2020 se han contabilizado más de 2500 médicos contagiados de los cuales alrededor de 100 ya han fallecido, son los trabajadores de la salud los que presentan un riesgo inminente y si no se toman las precauciones y el uso de aditamentos que le permitan a estas personas protegerse durante el cumplimiento de sus actividades, las estadísticas mencionadas seguirán presentando más casos. En este sentido se ha visto la necesidad en primera instancia de diseñar un dispositivo que permita aislar y transportar de forma segura a los pacientes infectados, para luego difundir el proyecto a fin de que hospitales, clínicas y centros de salud puedan interesarse en financiar la construcción; se considera que al utilizar este dispositivo se podrá reducir la posibilidad de que se produzcan contagios entre pacientes de COVID-19 y los trabajadores de la salud, sean estos médicos, enfermeras, auxiliares y todos aquellos que están en contacto con los pacientes.

3. Planteamiento del problema

3.1. Antecedentes

El brote actual del nuevo coronavirus SARS - CoV - 2 (enfermedad por coronavirus 2019; anteriormente 2019 - nCoV), epicentro en la provincia de Hubei de la República Popular China, se ha extendido a muchos otros países. El 30 de enero de 2020, el Comité de Emergencias de la OMS declaró una emergencia sanitaria mundial en función de las crecientes tasas de notificación de casos en China e internacionales[1].

El COVID-19 es una infección nueva y por lo tanto aún se está estudiando la forma en la cual se transmite. Por lo tanto, la evacuación de enfermos de coronavirus debe ser un procedimiento muy cuidadoso y delicado si es que lo que se quiere es minimizar la propagación del virus y evitar exponer a las personas que se encargan del traslado y cuidado de los pacientes infectados. Para garantizar la protección del personal de salud es necesario contar con cámaras de aislamiento y transporte de enfermos de covid, dispositivos que garanticen al 100 por ciento el aislamiento del virus, y que previo a una desinfección puedan ser tranquilamente reutilizados.

Como consecuencia de la emergencia sanitaria a nivel mundial no existen disponibles en el mercado Nacional, dispositivos que permitan aislar y transportar de forma segura a los pacientes infectados de COVID 19 y los que se pueden encontrar en mercados internacionales resultan muy costosos, por lo cual se pretende diseñar una cámara de aislamiento para el transporte de pacientes infectados de coronavirus. El problema será establecer un diseño adecuado y seguro, que cumpla las condiciones requeridas y que utilice materiales locales y procedimientos que permitan construirlo de una manera rápida y económica.

3.2. Importancia y Alcance

En este proyecto se propondrá el diseño de una cámara de aislamiento y transporte de pacientes infectados por coronavirus.

El alcance del presente proyecto es diseñar la cámara, definiendo las características físicas y mecánicas, las partes que componen la cámara su funcionamiento y los materiales adecuados para su construcción.

3.3. Problema general

¿Es posible diseñar una cámara de aislamiento para el transporte de pacientes infectados de coronavirus que cumpla las condiciones requeridas y que utilice materiales locales y procedimientos que permitan construirlo de una manera rápida y económica?

3.4. Problemas específicos

- ¿Existen en el mundo modelos de cámaras de aislamiento que permitan transportar a personas infectadas por Covid-19?
- ¿Se pueden identificar las características de diseño de una cámara en función de los requerimientos exigidos para el aislamiento y transporte de personas infectadas de coronavirus?
- ¿Es posible utilizar materiales y accesorios nacionales para utilizarlos en el diseño de una cámara de aislamiento y transporte de pacientes infectados con coronavirus?

- ¿Utilizando el software ANSYS se podrá simular el comportamiento de la distribución del aire al interior de la cámara diseñada?
- ¿Presentará la cámara diseñada costos competitivos para su construcción?

4. Justificación

Con el afán de aportar con alternativas que lleven a paliar esta crisis, se plantea el diseño de las cámaras de aislamiento y transporte de pacientes infectados con coronavirus, dichas cámaras constarán de una estructura rígida, recubierta de materiales poliméricos que será operada por un controlador electrónico, que comandará los ventiladores para la salida y entrada de aire, que por el resultado del efecto Venturi se posibilitará la reducción de la presión de la cámara generando un vacío interno en la cámara.

Este sistema está basado en el funcionamiento de las salas de aislamiento con presión negativa, que se utilizan para tratar pacientes con enfermedades altamente infecciosas, estas salas tienen una presión inferior que la de las áreas aledañas, lo que evita que el aire fluya fuera de la sala y en dirección a las salas o áreas aledañas y así evitar contagios transmitidos a través del aire.

La estructura mantiene hermética la capsula, lo que garantiza que, si el paciente tose o estornuda, esta cámara impide el esparcimiento y salida de las partículas de saliva y así evitar los contagios. Para la salida segura del aire hacia el exterior se dispondrá de un filtro de alta eficiencia HEPA, que es un filtro que tiene una eficiencia del 99.9 %, con lo que se estaría garantizando un aire saludable en el exterior.

Por estas razones es viable el diseño y la construcción de las cámaras de aislamiento en el medio, utilizando recursos y materiales que se consiguen fácilmente en el mercado local.

5. Grupo Objetivo

Este proyecto tiene un enfoque social y el grupo objetivo al que va dirigido es principalmente la población universitaria, ya que en este proyecto se va a diseñar una cámara de presión negativa, utilizando para ello los conocimientos y criterios de análisis de materiales, comportamiento de los fluidos dentro de la cámara y ventilación mecánica.

5.1. Objetivos

5.1.1. Objetivo General.

Diseñar una cámara de aislamiento y transporte intrahospitalario para pacientes de Covid-19

5.1.2. Objetivos específicos

- Estudiar el estado del arte al respecto de modelos de cámaras de aislamiento que permitan transportar a personas infectadas por Covid-19 u otra enfermedad altamente infecciosa

- Identificar las características de diseño de la cámara en función de los requerimientos exigidos para el aislamiento y transporte de personas infectadas de coronavirus.
- Diseñar la cámara de aislamiento y transporte de pacientes de coronavirus utilizando materiales y accesorios nacionales.
- Simular mediante el software ANSYS el comportamiento de la distribución del aire al interior de la cámara diseñada.
- Analizar los costos de la construcción de la cámara diseñada.

6. Marco teórico referencial

6.1. Cámara de aislamiento

La cámara de aislamiento es un elemento idóneo temporal para un aislamiento rápido de una persona que esta con sospechas de contagio de enfermedades infecciosas, antes de realizar el traslado a un lugar seguro y comenzar el tratamiento o la atención requerida. Esta cámara garantiza la máxima protección tanto del paciente como del personal médico que realiza el transporte.

La cámara de transporte y aislamiento es un sistema que actúa como una barrera de protección entre el paciente y el personal asistencial, ofreciendo también la posibilidad de aplicar los cuidados asistenciales instalados en la cámara, mientras el paciente está siendo trasladado[2].

Es un espacio confinado con presión negativa y/o positiva continua, es decir una presión menor a la presión atmosférica, en la que el aire exterior ingresa a la cámara a través de un ducto de entrada que se encuentra asegurado con un filtro HEPA (High Efficiency Particle Arresting), filtro que es capaz de retener el 99.97 % de partículas de 0.3 micras o mayores. El flujo de aire recorre toda la cámara suministrando aire puro al paciente y sale por un ducto de salida que consta también con un filtro de características similares a los de la entrada (ver Figura 1).



Figura 1: Cámara de aislamiento importada [3]

Esta cámara de aislamiento está compuesta por dos partes principales: la parte inferior junto con el cabecero, y la cubierta transparente reforzada mediante varillas de aluminio insertadas a cada lado de la cámara. Ambas partes quedan conectadas por una cremallera y pueden separarse completamente [2].

En la pared lateral hay una exclusiva que permite introducir equipos u objetos pequeños al interior de la cámara de una forma segura. Así mismo tiene el indicador de temperatura y aire que informa de la temperatura y humedad en su interior.

6.2. Características principales

Las características de una cámara de aislamiento necesarias son:

- Pared transparente permite monitorear el estado de salud del paciente
- Estructura de la cámara
- Despliegue rápido (muy rápida de montar y desmontar por sola una persona)
- Impermeable, fácil de desinfectar
- Presión negativa, proporcionada por dos unidades de filtración y ventilación
- Sistema de descontaminación

Todas estas características se deben tomar en cuenta a la hora de elegir o diseñar una cámara de aislamiento de presión negativa.

6.3. Principios de funcionamiento

La cámara de aislamiento tiene el mismo principio de una sala de aislamiento instalado en algunos hospitales en donde se requiera tratar a pacientes delicados o con enfermedades infecciosas. Para tratar a los mencionados pacientes se necesita hospitalizar a los mismos en habitaciones que dispongan sistemas que produzcan dentro de ellas flujos de aire con presiones positivas y negativas según sea el caso.

Los sistemas que producen estas características dentro de las habitaciones serán tomados en cuenta para el desarrollo de la cámara de aislamiento y transporte para pacientes con enfermedades contagiosas.

6.3.1. Salas de Aislamiento

Sala de aislamiento es una habitación o sección dentro de un hospital requerida para el tratamiento de pacientes con probabilidades de transmitir una enfermedad infectocontagiosa, sea esta por contacto o por aire. De acuerdo con el uso, estas reciben su clasificación como: Salas de aislamiento de presión positiva; y Salas de aislamiento de presión negativa.

Estas salas se encuentran físicamente separadas de las salas de hospitalización convencionales y cuentan con acceso restringido. Tanto el personal médico, como el de enfermería y asistencia, deben de seguir el procedimiento específico y detallado para el ingreso a la sala y el contacto con el paciente ingresado [4].

6.3.2. Salas de aislamiento con presión positiva

La sala de aislamiento con presión positiva se recomienda para el tratamiento de pacientes inmunodeprimidos (por ejemplo, pacientes con VIH) o que presenten una condición física de riesgo para el contagio de una enfermedad (por ejemplo, pacientes quemados, que han perdido la piel como barrera de protección). La función específica de las salas de aislamiento con presión positiva es crear un ambiente libre de patógenos que promueve la disminución del riesgo de infección de los pacientes ingresados a través del incremento de la presión atmosférica de la sala, en comparación con las habitaciones contiguas y la renovación continua del aire[4].

En la Figura 2, se observa el esquema de un habitación protegida mediante un sistema de presión positiva, el Aire ingresa a la habitación filtrado a través de filtro HEPA, al interior se mantiene presión positiva $\geq 2,5$ Pascales respecto a pasillo y exterior [5] .

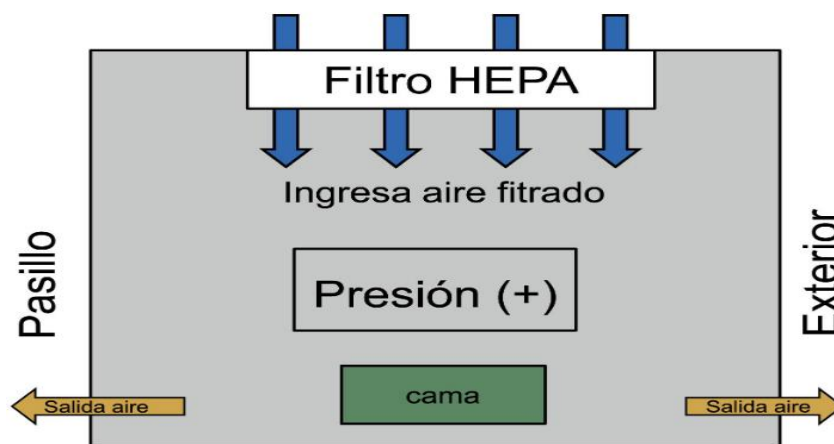


Figura 2: Modelo esquemático de una habitación con ambiente protegido con sistema de presión positiva [6]

6.3.3. Salas de aislamiento con presión negativa

La sala de aislamiento con presión negativa será de utilidad para el tratamiento de los casos de pacientes infectocontagiosos, pues los mismos representan un riesgo para el entorno, entendiéndolo a este como medioambiente, población sana, y enferma inmediata. La función específica de las salas de presión negativa es contener la propagación de la enfermedad infecciosa, básicamente contagiosa por aire, a través de la disminución de la presión atmosférica en la sala de aislamiento a un nivel menor que el de salas contiguas. Las salas de aislamiento, tanto positivas como negativas, comparten características estructurales y de diseño que deben cumplir con ciertos objetivos comunes, pero también, dada su condición, presentan características particulares [4].

La condición de presión negativa dentro de la sala garantizará que los microorganismos no se trasladen a otros servicios, esa presión debe ser medida y observada por personal médico y de mantenimiento. El nivel de filtrado será con módulos terminales en las salas que alojen en su interior filtros HEPA, respetando la velocidad de salida de aire sobre los mismos, las rejillas de extracción deberán estar ubicadas estratégicamente en la antecámara, en la habitación y en el baño.

6.3.4. Características comunes entre las salas de Presión Positiva y Presión negativa

Aislamiento: las habitaciones deben ser individuales, con baño privado para el paciente con acceso desde la propia habitación, y deben poseer una esclusa para el acceso que actúe como frontera entre la sala y el acceso general.

Las puertas de la esclusa tanto la del acceso desde el paso general como la de la sala, no deben abrirse en forma simultánea, para poder mantener así la condición de presión en el interior de la sala.

Restricciones e indicadores: Los accesos deberán ser restringidos y registrados. Se colocará un cartel indicativo de Sala de Aislamiento (Positiva o Negativa) según corresponda.

Se recomienda la colocación de un elemento de medición de presión, que indique el diferencial entre la habitación y el paso, que permita visualizar y controlar que la presión se encuentra dentro de los parámetros y con el sentido de flujo de aire que corresponda al caso.

6.3.5. Diferencias entre sala de presión positiva y sala de presión negativa

A pesar de que ambas son salas de aislamiento, el usarlas para un caso u otro, de acuerdo a lo expuesto, hace que deban presentar y mantener una condición de sala positiva o negativa y dicha condición está relacionada con la inyección y extracción del sistema de aire diseñada para cada ambiente.

En la Figura 3, se observa la dirección de flujo del aire, en el caso de la presión positiva el aire sale hacia el exterior previamente filtrado y purificado, en la habitación de presión negativa el aire únicamente entra desde el exterior para ser filtrado y expulsado por un ducto de salida determinado.

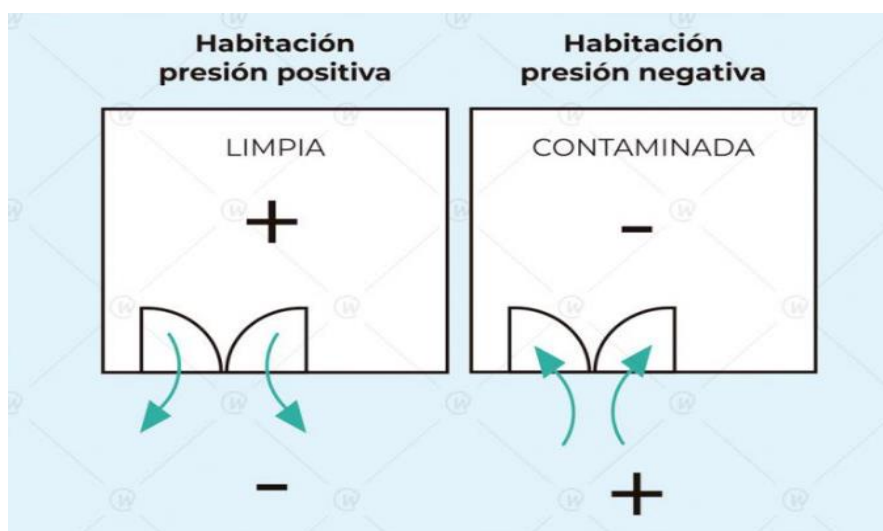


Figura 3: Direcciones de flujo en las salas de presión positiva y negativa [7].

6.3.6. Sentidos de flujo

6.3.6.1. Salas con Presión Positiva

El sentido del flujo de aire debe ser desde la habitación hacia el pasillo exterior, en cascada. En estas salas el aire que se inyecta, debe pasar por una etapa de filtro HEPA, de 99,99% de eficiencia, y puede retornar al mismo ambiente, siempre que no se

encuentre asociado a otro sector del hospital. Considerando a estas habitaciones como áreas estériles. Para asegurar un flujo de aire que cubra la superficie de afectación al paciente se recomienda ubicar rejillas de retorno o extracción a no más de 20 cm del nivel de piso y alejadas de la inyección en espacios estratégicos que permitan un barrido del aire [8].

En la figura 4 se ilustra la salida del aire desde la habitación hacia los espacios exteriores

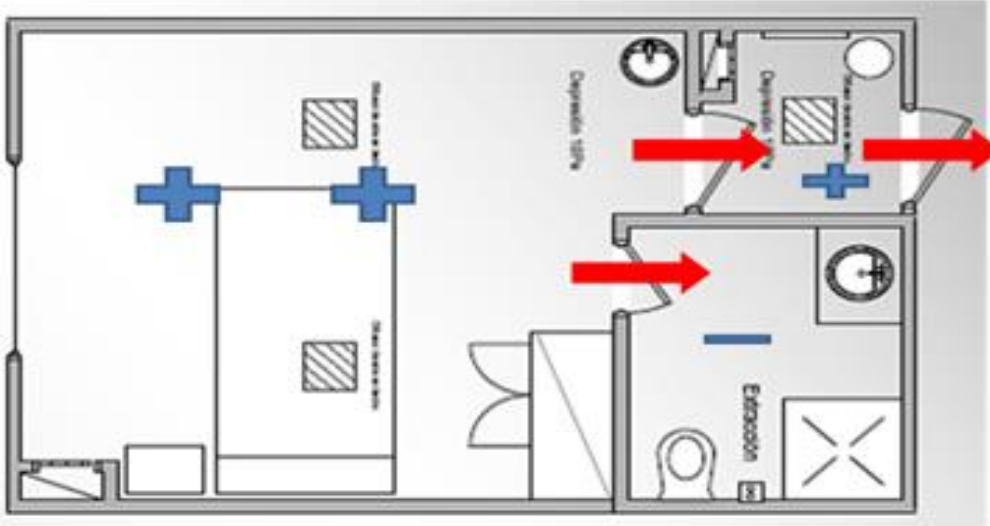


Figura 4: Diagrama de salida de aire de presión positiva [8].

6.3.6.2. Salas con Presión Negativa

El sentido del flujo de aire será hacia el interior de la sala, logrando la depresión de la misma para evitar que la infección se desplace y produzca un contagio por vía aérea (ver Figura 5).

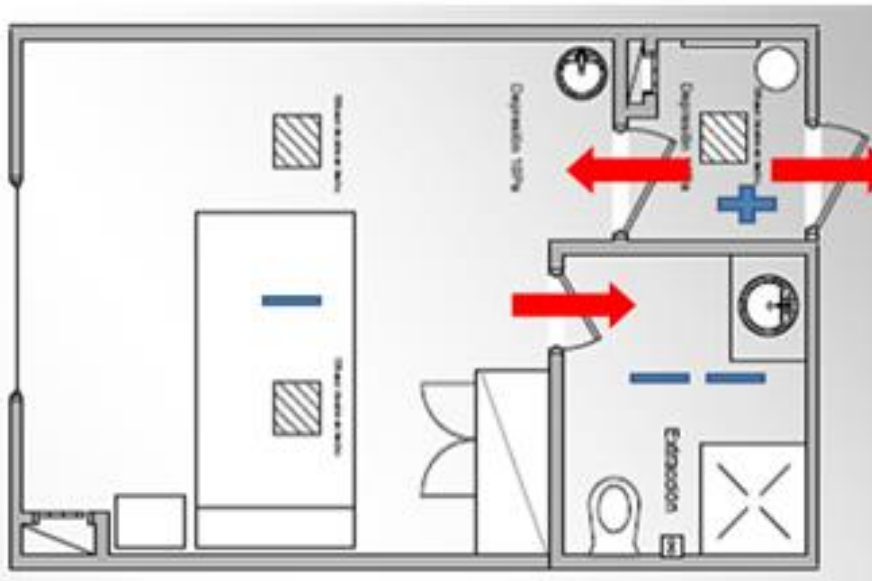


Figura 5: Dirección del flujo de una sala de presión negativa [8].

El sistema de aire debe ser independiente de otros sistemas del edificio, debe contar con extracción del 100% del aire inyectado, teniendo en cuenta la colocación de un filtro HEPA en la etapa final de dicha extracción. Esto permite el control de la propagación de la infección al medio ambiente y entorno más inmediato [8].

Si bien el sistema de ventilación para estos casos es fundamental para lograr las condiciones de presiones requeridas, debemos tener en cuenta también el confort del paciente, para lo cual se preverá, en lo que refiere al sistema de ventilación, tanto los parámetros de ventilación como los de climatización que permitan contar con rangos de temperatura y humedad confortables.

7. Revisión del estado del arte de cámaras de transporte intrahospitalaria.

Para adquirir la experiencia suficiente a fin de contar con criterios acertados para el diseño de la cámara de aislamiento y transporte intrahospitalaria para pacientes de COVID-19, se establece una revisión de artículos en donde se registran sistemas similares y avances tecnológicos desarrollados a nivel mundial a respecto de las cámaras motivo del presente proyecto.

7.1. Dispositivo de aislamiento de presión negativa para COVID-19

Los dispositivos de seguridad personal existentes pueden proteger a los trabajadores sanitarios de las gotitas contaminantes, pero no de los aerosoles generados por las vías respiratorias potencialmente peligrosas. Por lo que se describe un dispositivo que brinda contención a estos aerosoles, el cual cuenta con sus respectivas mangas protectoras para los brazos, permitiendo así los diferentes procedimientos necesarios para tratar el SARS-CoV-2.

Los conceptos publicados recientemente comparten la forma común de una barrera plástica rígida entre el personal sanitario y el paciente que atrapa los aerosoles respiratorios potencialmente infecciosos. Sin embargo, todos los diseños actuales carecen de 3 características principales que creemos que son un requisito previo para un dispositivo de contención de aerosoles exitoso:

- Barrera de contacto completa entre el Médico y el paciente
- Flexibilidad y libertad de movimiento para los brazos del personal
- Contención y eliminación segura de los aerosoles generados.

Con estos y otros objetivos en mente, el equipo de diseño dirigido por residentes desarrolló un nuevo dispositivo de contención para proteger a los trabajadores sanitarios del contacto con aerosoles respiratorios infecciosos durante el manejo de las vías respiratorias de los pacientes con COVID-19 (ver Figura 6).

7.1.1. Métodos

El equipo de investigación llevó a cabo un proceso iterativo de desarrollo y creación de prototipos que dio como resultado el diseño del dispositivo de cámara de contención de aerosoles local asistida por succión, que se analiza a continuación. Primero, el dispositivo debe ser de bajo costo y simple de fabricar. En segundo lugar, el dispositivo debe ser liviano y compacto para facilitar el envío y la implementación en condiciones de crisis. En tercer lugar, no debe solo proteger contra gotas, también aislar de los aerosoles con éxito.

Específicamente las simulaciones se basan en:

- La facilidad de manejo de las vías respiratorias, incluida la intubación endotraqueal la contención de las gotas generadas durante la intubación simulada
- La contención y evacuación de aerosoles generados durante el manejo de las vías respiratorias
- La contención de las gotas se probó usando un aerosol de colorante fluorescente, para simular las gotas respiratorias exhaladas como se informó anteriormente.

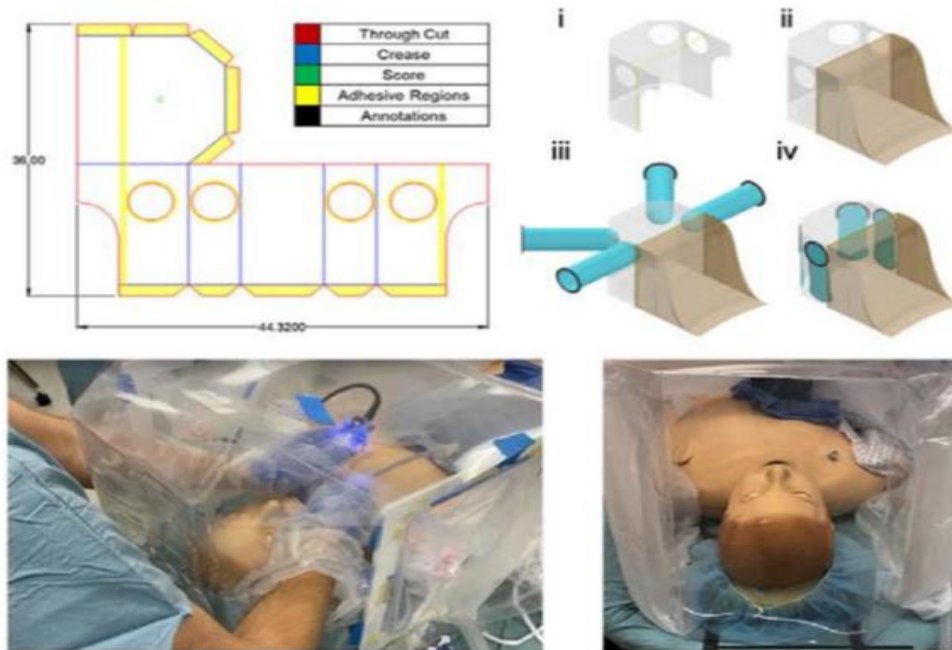


Figura 6: Prototipo de cámara de contención de aerosoles [9]

La contención de aerosoles se simuló utilizando una máquina de humo teatral, después de emitir humo durante 6 segundos, se procede a activar la succión de alto flujo simulado 1000 L / min, <1 psi. Donde se registraron pruebas fotográficas de eliminación de humo y fugas a los 30 y 60 segundos.

En la figura 7, se observa el resultado de la simulación utilizando una máquina de humo, para que sea extraído luego mediante el sistema de succión.



Figura 7: Primeras pruebas realizadas para verificar la extracción de aerosoles [10]

7.1.2. Análisis de Resultados

El dispositivo tiene limitaciones potenciales como, para que actúe como una cámara de presión negativa se requiere de una succión de flujo mucha más alta.

En segundo lugar, el dispositivo aún no se ha probado en la atención clínica y aún requiere pruebas en vivo y en el mundo real, especialmente en situaciones de emergencia. Aunque demostramos protección contra gotas y aerosoles simulados, no probamos el efecto sobre las tasas de infección de los trabajadores sanitarios.

Finalmente, no evaluamos la capacidad del dispositivo para eliminar aerosoles usando presión negativa cuando se usa una cámara de aislamiento de alto flujo u otros dispositivos de oxígeno de alto flujo. Es posible que la eliminación de aerosoles sea menos eficaz debido a la interacción entre el oxígeno de alto flujo y la succión. No evaluamos la capacidad del dispositivo para eliminar aerosoles usando presión negativa cuando se usa una mascarilla nasal de alto flujo u otros dispositivos de oxígeno.

Una de las ventajas es que el dispositivo es simple, rentable y supera las deficiencias de los diseños descritos anteriormente y, por lo tanto, merece una mayor investigación. Incluso si COVID-19 desapareciera repentinamente de la tierra, la presencia de otras enfermedades que requieren aislamiento (Ébola, tuberculosis, sarampión, etc.) sugiere que puede persistir la necesidad de un dispositivo protector durante el manejo de las vías respiratorias. Se necesitan más estudios para identificar aspectos del diseño de PCD óptimos para manejo y transporte de pacientes infectados [11].

7.2. Diseño de una cámara portátil de presión negativa con filtro HEPA

7.2.1. Antecedentes

Los pacientes con infección de COVID-19 deben ser atendidos en salas de presión negativa y los trabajadores sanitarios deben ponerse el equipo de protección personal adecuado para reducir el riesgo de infección.

Se estudió la disponibilidad de salas de aislamiento en el aire en caso de una pandemia y se discutieron métodos para mejorar la capacidad de respuesta después de la epidemia de

SARS de 2003. Algunas de estas soluciones incluyeron la transformación de salas en salas de presión negativa específicas para pacientes infectados. Es posible que esto no se pueda lograr en todos los entornos debido a limitaciones de tiempo y recursos. Por esta razón, sugerimos que un sistema portátil de presión negativa para aislar a los pacientes en entornos existentes es una opción para reducir el potencial de transmisión de aerosoles.

Se ha diseñado y probado una campana portátil, que aísla a un paciente, su cabeza y la parte superior del torso, lo que permite que el médico tratante acceda al paciente y al mismo tiempo lo proteja de las gotas respiratorias que flotan en el ambiente. Sin embargo, aunque con esta campana se proporciona protección ante las gotas contaminadas más grandes, brinda poca o ninguna protección contra partículas de aerosol más pequeñas, que luego se dispersarían por toda la habitación al retirar la caja. Ante lo cual se incluye un sistema de presión negativa y un filtro de alta eficiencia HEPA.

Si bien el diseño particular discutido es el construido y probado en nuestro laboratorio, se cree que las pruebas de banco de ingeniería y los entornos hospitalarios simulados examinados brindan un fuerte apoyo para la eficacia de una serie de sistemas de presión negativa desarrollados recientemente que se están realizando en respuesta a la pandemia COVID-19.

7.2.2. Construcción de campana de aerosol

En la imagen se muestra un primer prototipo con sus respectivas dimensiones en cm, este dispositivo inicial está diseñado para reposar sobre las camas del hospital, pero se le puede realizar algunas modificaciones para que sean utilizados también en cama inclinada.

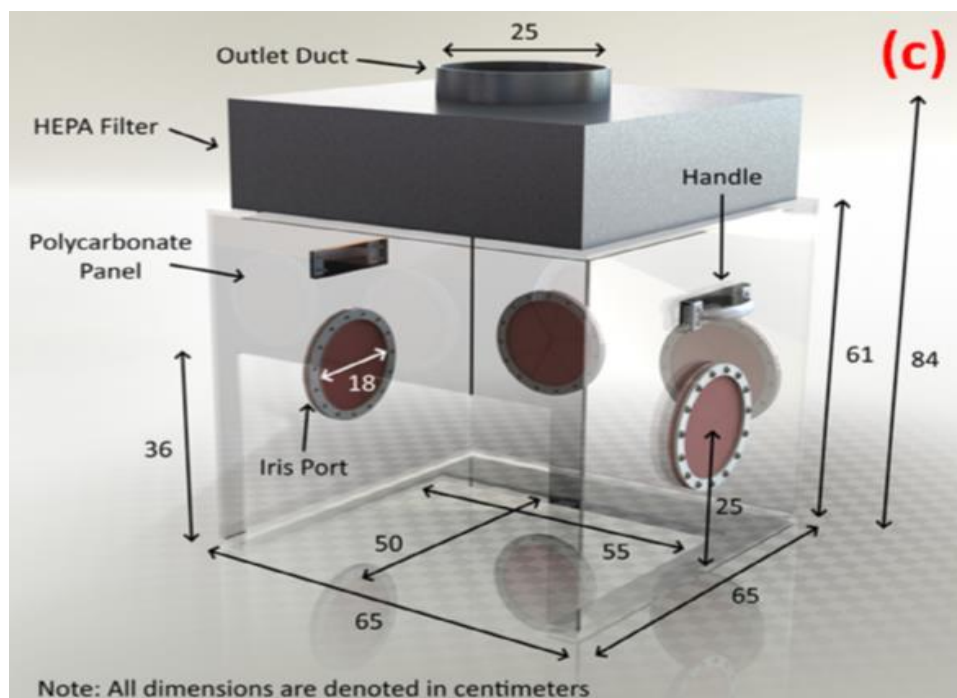


Figura 8 : Simulación de una campana de extracción de aerosoles [12]

El marco está considerado en policarbonato de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor, en la parte superior de prototipo se encuentra ensamblado el filtro HEPA de 24 pulgadas, con una salida para ducto circular. Ducto que se encuentra conectado mediante manguera de

aluminio a un ventilador de ajuste de 8 velocidades capaz de proporcionar una succión de $22.84 \text{ L}/\text{min}$, sin el filtro,

7.2.3. Rendimiento de la campana de aerosol

Se examinó la eficiencia de la Campana de aerosol en la reducción de fugas de aerosoles al medio ambiente con pruebas de humo, pruebas de nebulizador de gotitas submicrométricas, pruebas con voluntarios tumbados boca abajo en la campana con y sin maniqués.

Primero, la contaminación de partículas de aerosol fuera de la campana se caracterizó cualitativamente a través de la visualización de humo, donde se encendió una vela de humo, dentro de la campana de aerosol, tanto con el soplador de presión negativa apagado como con el soplador encendido.

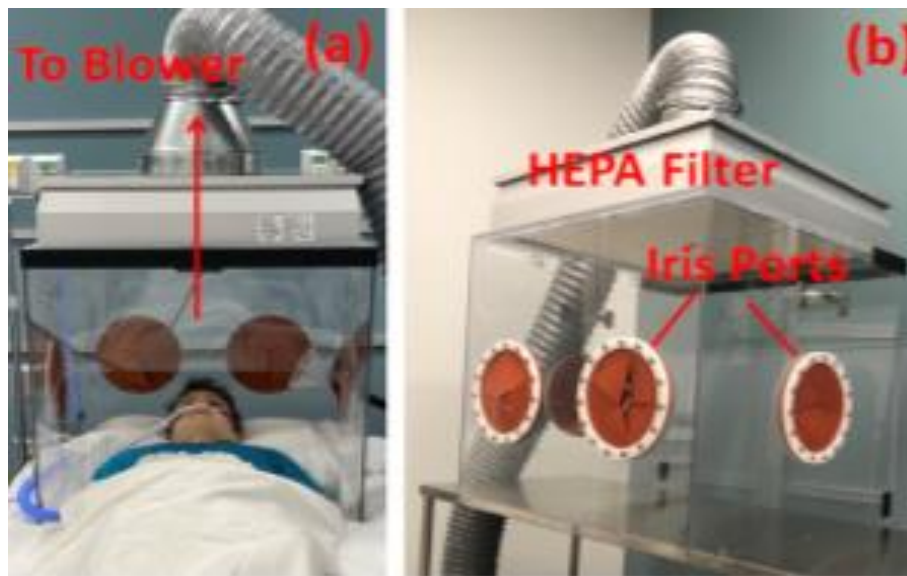


Figura 9: pruebas realizadas con maniqué simulando paciente, Campana de extracción de aerosoles con su respectivo filtro y puertos de trabajo [12]

7.2.4. Caracterización más cuantitativa de la Campana de aerosol

La capacidad de prevenir la liberación de aerosoles es posible mediante mediciones de distribución de tamaño. Las medidas de distribución de tamaño se realizaron sin presión negativa (el soplador apagado), a una velocidad intermedia del soplador ($5,190 \text{ L}/\text{min}$), y a la velocidad máxima del ventilador ($10,380 \text{ L}/\text{min}$).

7.2.5. Conclusiones establecidas en el trabajo analizado

En general, se define que se pueden diseñar e implementar campanas de presión negativa que permiten el acceso de los trabajadores sanitarios a los pacientes y que tienen penetraciones de partículas extremadamente bajas en una amplia gama de tamaños. Se cree que esto tiene varias consecuencias prometedoras.

La insuficiencia respiratoria es una preocupación importante en pacientes con infección por COVID-19, ya que puede progresar rápidamente al síndrome de dificultad respiratoria aguda. Como se señaló en la sección de introducción, la ventilación con presión positiva no invasiva juega un papel de apoyo importante para los pacientes con insuficiencia respiratoria antes de que se consideren terapias más invasivas como la ventilación mecánica.

Sin embargo, existe la posibilidad de un mayor riesgo de transmisión de enfermedades por aerosoles durante dichos procedimientos. Con base en los resultados obtenidos en nuestros ensayos de caracterización, proponemos que encerrar a los pacientes en sistemas de presión negativa con HEPA, la filtración abordaría las preocupaciones sobre la implementación de ventilación con presión positiva no invasiva para pacientes con enfermedades respiratorias infecciosas, proporcionando protección adicional para los trabajadores sanitarios. Durante la pandemia de COVID-19, esto puede descargar la demanda del ventilador y la UCI [12].

7.3. Filtros de aire de partículas de alta eficiencia en la era de COVID-19: Función y Eficacia

Los procedimientos que generan aerosoles en las salas de los hospitales representan una preocupación importante para la infección asociada con la atención médica de pacientes y proveedores de atención médica por el SARS-CoV-2, el agente causante de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19). Aunque los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades aún no han proporcionado ninguna recomendación para el uso de purificadores de aire portátiles, los purificadores de aire con filtros de aire de partículas de alta eficiencia (HEPA) se han discutido como un medio complementario para la descontaminación de aerosoles del SARS-CoV-2. en entornos sanitarios.

7.3.1. Mecanismos de acción

Los filtros HEPA generalmente se fabrican con microfibras de vidrio u otros medios fibrosos hechos con múltiples capas de fibras dispuestas al azar, con diámetros que varían de 2 a 500 nm.

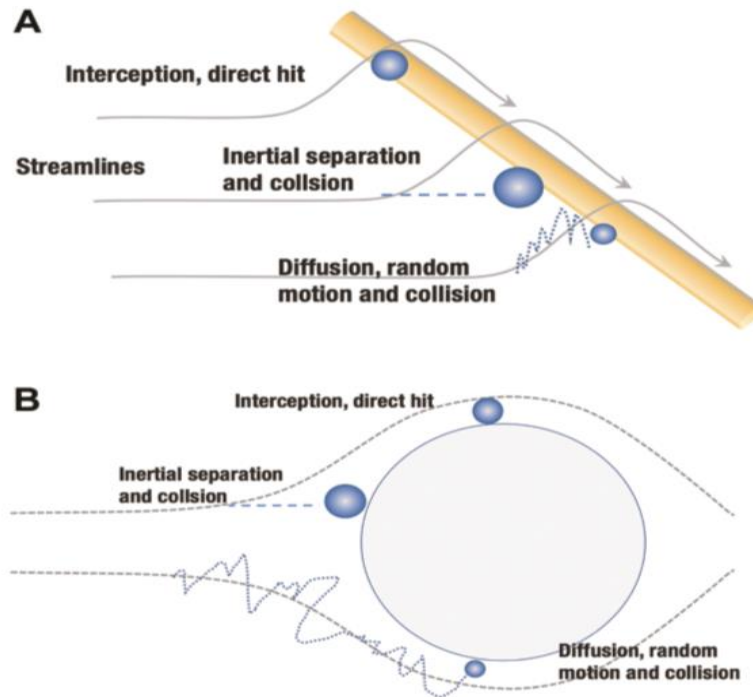


Figura 10: Esquema de los mecanismos de filtración, impactación, intercepción y difusión[13]

A medida que el aire fluye a través del filtro y entre las fibras, las partículas flotantes en el aire, como las gotitas respiratorias y de aerosol, quedarán atrapadas por 1 de 3 mecanismos:

- Impactación,
- Intercepción
- Difusión

La adhesión a las fibras del filtro puede ocurrir a través de una atracción electrostática y acción capilar. Para tamaños de partículas. La impactación y la intercepción son los más importantes mecanismos de filtración, mientras que la difusión es el mecanismo dominante para atrapar partículas 0.1 μm . Partículas entre 0.1 y 1 μm están influenciados por los 3 métodos de captura en menor grado que los más grandes o más pequeños, lo que conduce a una menor eficiencia de filtración.

7.3.2. Eficiencia

Para calificar como grado HEPA, los filtros deben eliminar al menos el 99.97% de todas las partículas que son de 0.15 a 0.2 μm .

Por lo tanto, los filtros HEPA tienen al menos una eficiencia del 99.97% para eliminar todas las partículas, con eficiencias aún mayores para partículas tanto más grandes como más pequeñas que 0.15 μm . La interesante curva de eficiencia en forma de U de todos los filtros HEPA, que tiene un mínimo de 0.15 μm , se debe a la relativa efectividad de los 3 mecanismos de captura de partículas en varios tamaños.

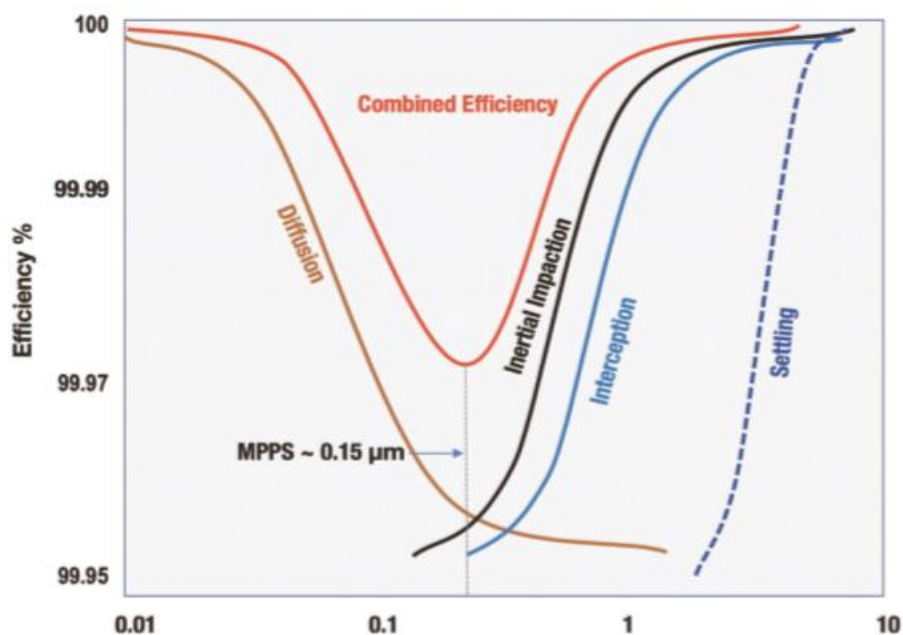


Figura 11: Eficiencia de un filtro en función del tamaño de las partículas y los mecanismos de filtración [14]

7.3.3. Filtros HEPA aplicados al COVID-19

La mayoría de los aerosoles que puede reproducir la tos humana están en el orden de tamaño de partícula de 1 µm, y se ha determinado que el virus del COVID-19 es de 60 a 140 nm (0.06-0.14 µm). Aunque no se ha comprobado aún el uso de filtros HEPA en respiradores y purificadores de aire motorizados para una filtración eficaz de COVID-19, se considera la mejor opción que existe para filtrar partículas contaminadas.

8. Información técnica de cámaras de aislamiento existentes en el Medio

8.1. Cámara de transporte y aislamiento Biobag EBV- 30/40 con el modo de presión negativa y positiva [15] .

La cámara de traslado Biobag EBV-30/40, está equipada con su propio sistema de presión negativa y positiva. En el modo de presión negativa el aire aspirado está filtrado evitando de ese modo la propagación de la infección hacia fuera de la cámara Biobag (nivel de protección BSL-3). En el modo de presión positiva, el aire está filtrado desde fuera de la cámara BioBag hacia el interior de esta. El paciente está protegido ante la infección. Las características y utilidades se detallan a continuación:

- Modo de funcionamiento (presión negativa/positiva) está determinado por la orientación de las unidades de filtración y ventilación
- Filtros de entrada y salida capturan todas las partículas (virus, bacterias) y aerosoles
- Ventanas grandes permiten monitorear el estado de salud del paciente
- Guantes integrados para el manejo y tratamiento del paciente desde el exterior mientras la cámara está cerrada completamente
- Incorpora sistema de sujeción del paciente para una máxima sujeción y protección del paciente durante el transporte

- Incorpora sistema de fijación de la cámara Biobag a la camilla (ambulancia, helicóptero, ...)
- Aberturas (portales) integrados con cremalleras que se utilizan para introducir infusiones, electrodos de ECG u otros conectores médicos estándares
- Integración de las unidades de filtración y ventilación (UFV) que suministran una cantidad suficiente de aire filtrado para que no aumente la concentración de CO₂ en la sangre del paciente
- Sistema de ventilación está equipado con una batería con autonomía de 4 horas
- Posibilidad de descontaminación y reutilización
- Mantenimiento sencillo

En la figura 12 se muestra una cámara de aislamiento BioBag ya ensamblada lista para su aplicación.



Figura 12: Cámara de transporte y aislamiento Biobag EBV [15]

8.1.1. Datos técnicos:

Tabla 1: Datos técnicos de la cámara de aislamiento Biobag [15]

Característica	Dimensión
Dimensiones en estado desplegado	203 x 64 x 44,5 cm
Dimensiones en estado plegado	98 x 22 x 60 cm
Peso de la cámara Biobag sin unidad de filtración y ventilación	11 kg
Peso de la cámara Biobag con todos los accesorios	24 kg
Flujo de aire (mínimo)	150 dm ³ / min
Duración de la batería	500 ciclos de carga
Autonomía de batería	hasta 5 horas
Rango de temperatura	10 y 40 ° C

8.2. Cámara de Transporte y Aislamiento ISOARK N36-6 [3].

La cámara de Aislamiento y Transporte Isoark N36-6 es el elemento ideal temporal para un aislamiento rápido de una persona que está contaminada por enfermedades infecciosas, antes de efectuar el traslado a un lugar seguro y comenzar un tratamiento o atención.

La Cámara de Aislamiento Isoark N36-6 está equipada con su propio sistema de presión negativa para garantizar una máxima protección tanto del paciente como del equipo de rescate o salvamento.



Figura 13: Cámara de transporte y aislamiento Isoark N36-6[3]

Es la única en su tipo que mantiene la capacidad de aislamiento con el paciente dentro en múltiples posiciones e incorpora sistemas de sujeción de arnés para una máxima sujeción y protección del paciente. El aire que sale desde cámara de aislamiento N36-6 se filtra a través de un primer sistema de filtración HEPA, pasando desde habitáculo del paciente filtrado hacia el exterior.

El sistema de ventilación está equipado con una batería con autonomía de 12 horas (con carga máxima) para el traslado del paciente sin necesidad de estar conectado a red. El revestimiento de la cámara está confeccionado con un material especial y reforzado con unos tubos de aluminios a ambos lados, esto permite una mayor rigidez y evita el colapso de la misma sobre el paciente. El sistema de cremallera a todo lo largo permite abrir completamente la cámara y permitiendo un fácil manejo del paciente.

8.2.1. Datos técnicos

Tabla 2: Características de la cámara de aislamiento Isoark [3]

Característica	
Alto	600 mm
Ancho	520 mm
Largo	1980 mm

Largo con filtro montado en lateral	2110 mm
Largo con filtro montado en cabecera	2270 mm
Presión negativa con el Blower	6Pa
Flujo de aire	36 (21) m ³ /h (cfm)
Voltaje de alimentación nominal	230Volts
Eficiencia de filtración con partículas de 0.3micras	99.99 %
Consumo	50Vatios
Autonomía de batería	Hasta 12 Horas
Peso del sistema	+/- 30Kg

Entre estas cámaras existentes en el mercado se realiza una comparación de sus respectivos datos técnicos.

Tabla 3: Comparación de las características entre las cámaras descritas. Fuente: Autor.

Característica técnica	Modelo	
	ISOARK N36-6	Biobag EBV-30/40
Alto (mm)	600	640
Ancho (mm)	520	445
Largo (mm)	1980	2030
Presión (Pa)	≥6	
Flujo de Aire (m ³ /h)	21-36	9
Eficiencia de Filtrado %	99.99	
Duración de Batería (hora)	12	5
Rango de temperatura (C ⁰)		10-40
Peso (kg)	30	14

Las características de las cámaras descritas en la tabla 3, poseen condiciones similares de dimensiones, diseño y funcionamiento. Características como las dimensiones, presiones y flujos de aire serán tomadas en cuenta para establecer los parámetros de diseño de la cámara en estudio.

8.3. Requerimientos técnicos de cámaras de aislamiento y transporte a nivel nacional

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador en su sistema de contratación tiene como objetivo, adquirir diez (10) Cámaras de aislamiento portátil de presión positiva para pacientes contaminados, la mismas que son necesarias para el transporte de pacientes infecciosos entre establecimientos de salud, a ser utilizadas por el servicio de atención

pre-hospitalaria del Ministerio de Salud Pública, para atender la emergencia sanitaria a nivel nacional por la propagación de la infección del nuevo coronavirus SARS CoV2/COVID-19, emitida mediante Acuerdo Ministerial 0126 del 11 de marzo de 2020.

Esto debido a que El servicio de atención pre hospitalaria del Ministerio de Salud Pública no cuenta con cámaras de aislamiento portátil de presión negativa para pacientes contaminados para atención durante el traslado a establecimientos de salud, por no estar considerado como parte de los requisitos básicos de equipamiento para la atención en el servicio durante una emergencia, sin embargo, ante la actual situación de la presencia del nuevo coronavirus en el país y por la alta contaminación y reproducción que produce este tipo de virus es indispensable contar con el equipamiento señalado a fin de evitar la propagación de la infección del nuevo coronavirus SARS CoV2/COVID-19 y proteger al personal del servicio durante el traslado de pacientes contaminados, es preciso señalar que en bodega nacional y en el territorio no existe stock de dicho equipo [16]

Para lo cual solicita las siguientes especificaciones técnicas:

El Ministerio de Salud Pública, requiere cámaras de aislamiento y transporte, como un equipo biomédico que proporcione un entorno microbiológicamente seguro durante el transporte, que a la vez permita la observación y el tratamiento de forma aislada, al paciente afectado por enfermedades infecciosas; precautelando la salud del personal médico y tripulación de vehículos y aeronaves. Las especificaciones del equipamiento se toman como referencia las definidas en la ficha técnica emitida por la Dirección Nacional de Equipamiento Sanitario, CÁM-08-R01 “Cámara de aislamiento portátil de presión positiva para pacientes contaminados”. Según se describe a continuación [16]:

Tabla 4: Especificaciones técnicas requeridas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador [16].

Atributo	Valor
Cámara	
Dimensiones Desplegado	Largo 200x70x50 Cm
Carga Máxima A Soportar	≥ 110 Kg
Tipo De Cierre	Cierre Hermético
Camilla	
Material	PVC
Rango de temperatura de trabajo	≥ 1°C a ≤10°C
Unidad Impulsora	
Bomba de vacío	Requerido
Funcionamiento a Baterías	Requerido
Tiempo de respaldo de baterías	≥8 Horas
Filtro de ingreso de aire	Filtro tipo HEPA

Accesorios	
Bolsa de transporte	Uno (1)
Kit de filtros de aire de recambio	Tres (3)
Pares Guantes de nitrilo	Tres (3)

9. Características de diseño de la cámara en función de los requerimientos exigidos

Para definir las características de diseño de la cámara, se revisa los Lineamientos para el servicio de atención pre-hospitalaria por posible evento de salud pública de importancia internacional – ESPII SARS CoV-2 / COVID-19 que el Ministerio de Salud Pública expone [14].

El equipo de protección personal (EPP) debe ser utilizado desde antes de tomar contacto con el paciente; todo el personal pre hospitalario (paramédico y conductor) que tienen contacto directamente con el paciente con posible infección por COVID-19 o que estarán en el compartimento con el paciente deben seguir las precauciones estándar, de contacto y en el aire, incluido el uso de protección para los ojos.

El EPP recomendado incluye:

- Un solo par de guantes desechables para el examen del paciente como se muestra en la Figura 14. Cambie los guantes si se rompen o están muy contaminados.

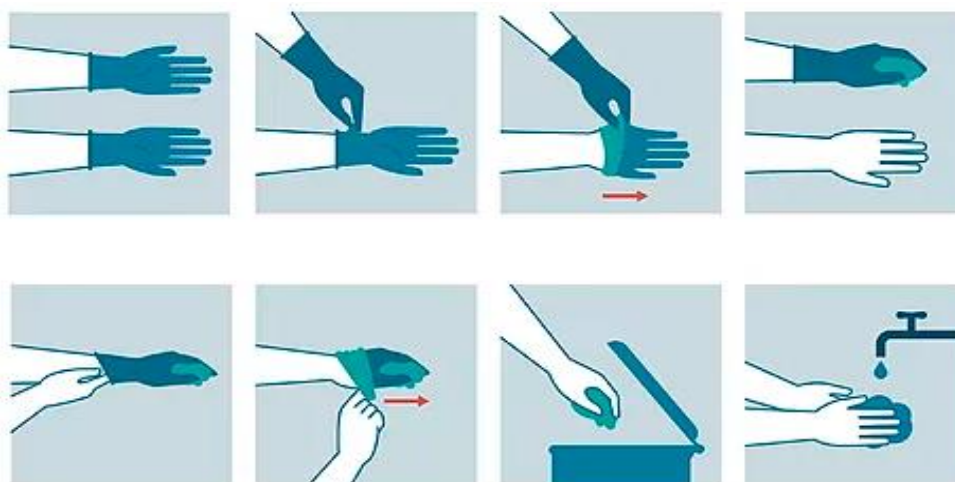


Figura 14: Uso correcto de guantes desechables [17].

- El uso de una Bata de aislamiento desechable es primordial, como se puede observar en la Figura 15.



Figura 15: Bata de Bioseguridad desechable [18].

- Uso de Protección respiratoria (es decir, N-95 o respirador de nivel superior), es la que se indica en la Figura 16.



Figura 16: Mascarilla N-95 la más recomendada [19].

- Protección para los ojos (es decir, gafas o careta desechable que cubre completamente el frente y los lados de la cara), como a continuación se indica en la Figura 17.



Figura 17: Protector facial plástico [20].

Debe comenzar desde una distancia de al menos 2 metros aproximadamente del paciente, si es posible, como se observa en la Figura 18.



Figura 18: la distancia recomendada es de 2 m de ser posible [19]

Transporte Sanitario:

Si un paciente con un historial de exposición y signos y síntomas sugestivos de COVID-19 requiere transporte a un establecimiento de salud para una evaluación y manejo adicionales (sujeto a la validación del personal de vigilancia epidemiológica y el médico coordinador del CREU), las siguientes acciones deben ocurrir en el proceso de transporte

Durante el transporte:

- Comunique a la central las novedades de la atención y confirme o rectifique la atención para caso COVID-19.
- Comunique de los signos vitales y valoración de caso sospechoso positivo.
- Si fuese necesario, la información de datos personales del paciente debe ser transmitida a la central por línea baja exclusivamente.
- Transporte al paciente de manera segura
- Durante el transporte, limite el número de proveedores en el compartimento del paciente al personal esencial para minimizar las posibles exposiciones.
- Mantenga al paciente separado de otras personas tanto como sea posible.
- Los miembros de la familia y otros contactos de pacientes con posible COVID-19 no deben viajar en la ambulancia, si es posible. Si no es posible, deben usar una máscara facial.
- Durante el transporte, la ventilación del vehículo en ambos compartimentos debe estar en modo no recirculado para maximizar los cambios de aire que reducen las partículas potencialmente infecciosas en el vehículo.
- Si el vehículo tiene un extractor de aire trasero, úselo para extraer el aire de la cabina, hacia el área de atención al paciente y hacia la parte trasera del vehículo.

De estos parámetro podemos concluir de que la cámara a más de aislar debe tener disponibilidad para conexiones de fuentes de Oxígeno, ingreso para ductos de ventiladores mecánicos, equipos de monitoreo de signos vitales, y para el peor de los casos, guantes para brindar masajes cardiacos en caso de ser necesario [16].

En conclusión, los requerimientos que deben cubrir la cámara de aislamiento son los siguientes:

- Aislamiento entre paciente y personal de salud
- Visibilidad para monitorear la salud del paciente

- Extracción de aerosoles contaminantes
- Filtros que garanticen la purificación del aire saliente
- Disponibilidad para ingreso de ductos de oxígeno
- Indicadores de presión y temperaturas
- Guantes integrados para el manejo y tratamiento del paciente desde el exterior mientras la cámara está cerrada completamente
- Posibilidad de descontaminación y reutilización
- Fácil mantenimiento

10. Diseño de la cámara.

Para realizar el diseño de la cámara de aislamiento y transporte se toma en cuenta todas las consideraciones técnicas que deben tener el dispositivo, tales como dimensiones y requerimientos que establece el MSP del Ecuador siendo los planteados en la Tabla 5.

Tabla 5: Especificaciones técnicas requeridas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador [16].

Atributo	Valor
Cámara	
Dimensiones Desplegado	Largo 200x70x50 Cm
Carga Máxima A Soportar	≥ 110 Kg
Tipo De Cierre	Cierre Hermético
Camilla	
Material	PVC
Rango De Temperatura De Trabajo	≥ 1°C A ≤10°C
Unidad Impulsora	
Bomba De Vacío	Requerido
Funcionamiento A Baterías	Requerido
Tiempo De Respaldo De Baterías	≥8 Horas
Filtro De Ingreso De Aire	Filtro Tipo HEPA
Accesorios	
Bolsa De Transporte	Uno (1)
Kit De Filtros De Aire De Recambio	Tres (3)
Pares Guantes De Nitrilo	Tres (3)

Los requerimientos que exige el Ministerio de Salud Pública del Ecuador son:

- Aislamiento entre paciente y personal de salud
- Visibilidad para monitorear la salud del paciente

- Extracción de aerosoles contaminantes
- Filtros que garanticen la purificación del aire saliente
- Disponibilidad para ingreso de ductos de oxígeno
- Indicadores de presión y temperaturas
- Guantes integrados para el manejo y tratamiento del paciente desde el exterior mientras la cámara está cerrada completamente
- Posibilidad de descontaminación y reutilización
- Fácil mantenimiento

La cámara está compuesta de una base, un domo transparente, un extractor de aire y un filtro de alta eficiencia HEPA, como se muestra en el prototipo de la Figura 19.

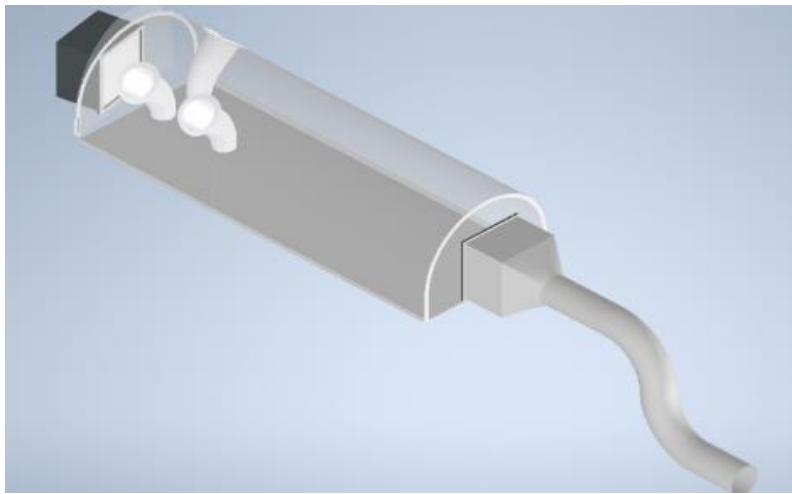


Figura 19: Cámara de aislamiento propuesta. Fuente Autor

En la figura 19 se observa la propuesta de diseño de la cámara, la cual está conformada por una base, un domo transparente, guantes, sistema de extracción de aire, y filtro HEPA.

10.1. Diseño de Base

La base es el elemento que sostiene todo el dispositivo y tendrá que ser de un material resistente y lo más liviano posible.

10.1.1. Dimensiones

Las dimensiones de la base son: $200\text{ cm} \times 70\text{ cm}$

Para realizar el cálculo de la base asumimos a esta como una placa con extremos simplemente apoyados, con carga uniformemente distribuida sobre un rectángulo interior[21]

De acuerdo a las ecuaciones, que se encuentran adjuntadas en los Anexos, la condición es que la longitud sea dos veces el ancho, para fin de cálculo de los esfuerzos. Eso se verificará con una simulación con elementos finitos, por lo que para el cálculo se asume las siguientes dimensiones:

Las dimensiones de la base son: 200 cm x 80 cm

En la Figura 20 se indica la correspondencia de las variables.

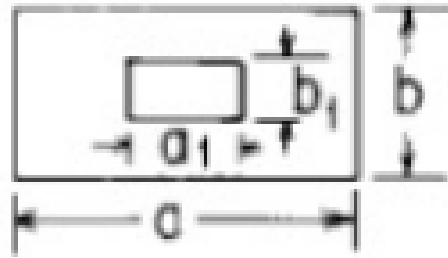


Figura 20 : esquema de dimensiones [21]

Donde:

$$\begin{aligned} a_1 &= 1.6 \text{ m} \\ b_1 &= 0.4 \text{ m} \\ a &= 2 \text{ m} \\ b &= 0.8 \text{ m} \end{aligned}$$

10.1.2. Calculo del esfuerzo máximo

$$\sigma_{max} = \sigma_b = \frac{\beta \cdot \omega}{t^2}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \text{esfuerzo en Pa.} \\ \omega &= \text{carga en N} \\ \omega &= q \cdot a_1 \cdot b_1 \\ \beta &= \text{constante} \end{aligned}$$

En la tabla encontramos el valor de β con las siguientes relaciones:

$$\frac{a_1}{b} = \frac{1.6}{0.8} = 2$$

$$\frac{b_1}{b} = \frac{0.4}{0.8} = 0.5$$

En $a = 2b$

Interpolando en los valores de la tabla de la Figura 21 se obtiene un valor de β de 0.48

(At center) $\sigma_{\max} = \sigma_b = \frac{\beta W}{t^2}$ where $W = qa_1 b_1$

$\frac{a_1/b}{b_1/b}$	$a = b$						$a = 1.4b$						$a = 2b$					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0	0.2	0.4	0.8	1.2	1.4	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
0		1.82	1.38	1.12	0.93	0.76		2.0	1.55	1.12	0.84	0.75		1.64	1.20	0.97	0.78	0.64
0.2	1.82	1.28	1.08	0.90	0.76	0.63	1.78	1.43	1.23	0.95	0.74	0.64	1.73	1.31	1.03	0.84	0.68	0.57
0.4	1.39	1.07	0.84	0.72	0.62	0.52	1.39	1.13	1.00	0.80	0.62	0.55	1.32	1.08	0.88	0.74	0.60	0.50
0.6	1.12	0.90	0.72	0.60	0.52	0.43	1.10	0.91	0.82	0.68	0.53	0.47	1.04	0.90	0.76	0.64	0.54	0.44
0.8	0.92	0.76	0.62	0.51	0.42	0.36	0.90	0.76	0.68	0.57	0.45	0.40	0.87	0.76	0.63	0.54	0.44	0.38
1.0	0.76	0.63	0.52	0.42	0.35	0.30	0.75	0.62	0.57	0.47	0.38	0.33	0.71	0.61	0.53	0.45	0.38	0.30

Figura 21: Formulas para placas planas con limites rectos y espesor constante [21].

10.1.3. Cálculo del valor de la carga ω

Con el índice de masa corporal IMC de una persona normal y su relación con la estatura promedio en el Ecuador se consigue el valor del peso en Kg, como se indica en la Figura 22.

TABLA. Caracterización del estado nutricional según el IMC

Valores del IMC	La persona clasifica como:
IMC < 16	DEC grado 3
16 ≤ IMC < 17	DEC grado 2
17 ≤ IMC < 18,5	DEC grado 1
18.5 ≤ IMC < 25	Normal
25 ≤ IMC < 30	Sobrepeso grado 1
30 ≤ IMC < 40	Sobrepeso grado 2
IMC ≥ 40	Sobrepeso grado 3

Figura 22: Valores de Índice de Masa corporal según el estado nutricional de una persona [22]

$$IMC = 25$$

$$Estatura\ promedio = 1.65\ m[23]$$

si se tiene que

$$IMC = \frac{PESO\ (Kg)}{ESTATURA^2 m^2}$$

$$PESO = IMC \cdot ESTATURA^2$$

$$PESO = 25 \cdot 1.65^2$$

$$PESO = 68.06\ Kg$$

$$PESO = 149\ lb$$

El peso promedio calculando con el IMC es de 149 lb.

Para los cálculos se asume un peso máximo de 200 lb.

Entonces los 200 lb \approx 1000N

$$q = \frac{carga}{area}$$

$$\begin{aligned} \text{area} &= 1.6m \cdot 0.4m \\ \text{area} &= 0.64m^2 \end{aligned}$$

$$q = \frac{1000N}{0.64m^2}$$

$$q = 1562 \text{ N}/m^2$$

$$\omega = q \cdot a_1 \cdot b_1$$

$$\omega = 1562.5 \cdot 1.6 \cdot 0.4$$

$$\omega = 1000 \text{ N}$$

Para el cálculo t se refiere al espesor del material que se va a utilizar en este caso una plancha de aluminio de $\frac{3}{16} \approx 0.0047m$

$$\sigma_{max} = \sigma_b = \frac{\beta \cdot \omega}{t^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{0.48 \cdot 1000N}{0.0047^2 m^2}$$

$$\sigma_{max} = 12360 \text{ N}/m^2$$

$$\sigma_{max} = 12.4MPa$$

Con el esfuerzo máximo calculado se verifica si es que se encuentra dentro de los límites de fluencia permitidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, características adjuntadas en los anexos, bajo la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 250:2000 [24].

El material considerado es una placa de aluminio de denominación según la ASTM un 5083

TABLA 2. Requisitos mecánicos

ALEACIÓN DESIGNACIÓN		TEMPLE Designación	ESPESOR e	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Alargamiento en 50 mm (%)
ISO	ASTM	ISO (ASTM)	(mm)	mínimo	mínimo	mínimo
Al 995	1050 A	M (H112)	2,5 < e < 30	65	20	23
Al 990 Cu	1100	M (H112)	e < 30	75	20	18
Al 99,0	1200	M (H112)	2,5 < e < 30	75	25	18
Al Mn 1	3103	M (H112)	e > 2,5	95	35	17
Al Mn 1 Cu	3003	M (H112)	Todos	95	35	22
Al Mg 3	5754	M (H112)	e > 3,0	180	80	14
Al Mg3 Mn	5454	M (H112)	e > 3,0	215	100	14
Al Mg 4 Mn 0,7	5083	M (H112)	e > 3,0	270	140	12
Al Mg Si	6060	TF (T5)	e < 12,5	150	110	8
		TF (T6)	e < 15	190	150	8
Al Mg 0,7 Si	6063	TE (T5)	e < 12,5	150	110	8
		TF (T6)	12,5 < e < 25	145	105	7
			e < 3,2	205	170	8
			3,2 < e < 25	205	170	10
Al Si Mg (A)	6005 A	TE (T5)	e < 8	250	200	8
		TF (T6)	e < 6	270	225	8
			e > 6	260	215	8
Al Mg 1 Si Cu	6061	TB (T4)	e < 25	180	110	16
		TF (T6)	e < 6,3	270	225	8
			6,3 < e < 25	260	240	10
Al Si 1 Mg Mn	6082 A	TB (T4)	e < 15	205	110	14
		TF (T5)	e < 15	290	250	8
		TF (T6)	e < 15	310	260	7
			e > 15	300	240	8

Figura 23: Requisitos mecánicos de los diferentes tipos de aleaciones de aluminio según la norma NTE INEN 2 250:2000 [24]

Para el material considerado en el diseño el Aluminio 5083 se tiene un límite de fluencia de 140 MPa.

Y el esfuerzo máximo producido en nuestra base es de:

$$\sigma_{max} = 12.4MPa$$

Es decir que se encuentra dentro los esfuerzos que soporta la base diseñada.

10.1.4. Simulación en ANSYS

Para realizar la validez del cálculo, mediante un modelado y simulación de esfuerzos en ANSYS verificamos la proximidad de los valores encontrados.

$$\begin{aligned} \text{largo} &= 2m \\ \text{ancho} &= 0.7m \\ \text{espesor} &= 0.047m \end{aligned}$$

10.1.4.1. Procedimiento del modelado y simulación en Ansys

10.1.4.1.1. Introducción a Ansys

ANSYS Inc. fundada en 1970 (Swanson Analysis Systems, Inc.), desarrolla y presta soporte a la ingeniería introduciendo nuevos métodos para conseguir productos y

procesos de fabricación más innovadores logrando una reducción tanto de los costos como del tiempo invertido hasta la comercialización del producto con programas de elementos finitos destinados a la simulación, que predicen cómo funcionará y reaccionará determinado producto bajo un entorno real.

ANSYS es un programa de elementos finitos que originalmente ofrece soluciones para resolver análisis estáticos lineales. Sucesivamente se han ido introduciendo módulos con los que este programa es capaz de resolver además problemas dinámicos y no lineales. Los principales módulos de ANSYS son: Multiphysics, Mechanical, Structural, Professional, Design Space, Emag (simulaciones Electromagnéticas), Paramesh (mallas adaptativas), LSDYNA y Educational [25].

ANSYS Workbench ofrece innovadoras tecnologías de simulación de elementos finitos, brindando facilidades en la manipulación de geometrías, mallado y pos procesamiento.

En la figura 24 se observa el módulo de trabajo de Ansys Workbench, en donde se procederá a realizar las simulaciones del proyecto.

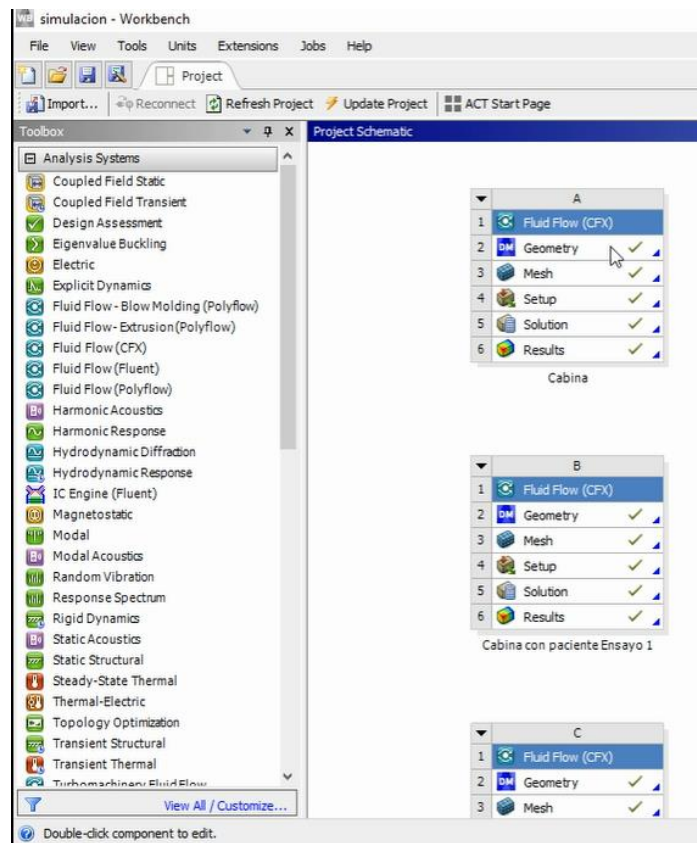


Figura 24: Módulo de la opción Ansys Workbench. Fuente: Autor.

10.1.4.1.2. Modelado

En primera instancia se realiza el modelo de la base de la cámara, utilizando las dimensiones ya determinadas anteriormente (ver la Figura 24).

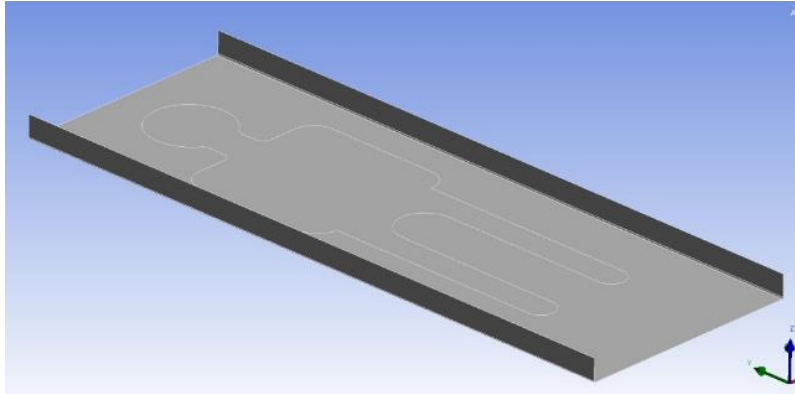


Figura 25: Base de la cámara modelada en 3D. Fuente Autor

10.1.4.1.3. Condiciones de frontera

Se agrega la carga que produce el paciente, considerando de que todos los bordes son simplemente apoyados. En el centro se encuentra el área que ocupa el paciente y una carga distribuida de 1562 N/m^2 , carga producida por el paciente sobre la base (ver Figura 25).

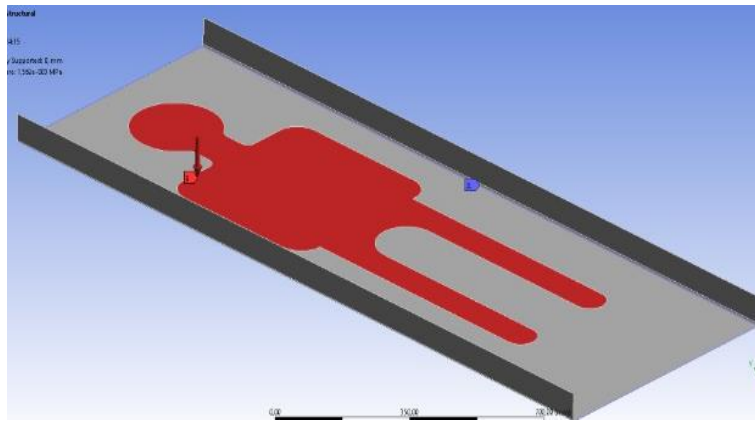


Figura 26: Simulación de la carga producida por el paciente sobre la base. Fuente: Autor.

10.1.4.1.4. Discretización de Dominio

Se realiza la discretización del dominio, mediante un mallado hexadominante, como se muestra en la Figura 27.

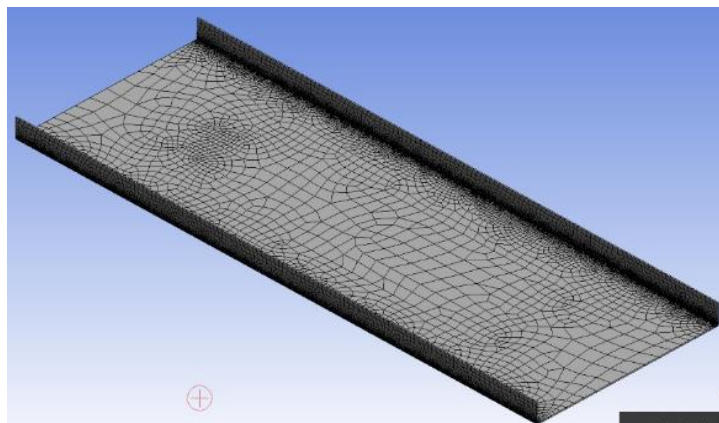


Figura 27: Discretización de la base mediante un mallado Hexadominante. Fuente Autor.

10.1.4.1.5. Simulación y análisis de resultados

En la Figura 27, se observa los resultados de los esfuerzos máximos producidos por la carga, en este caso un paciente sobre la base de la cámara de aislamiento, en la figura se puede distinguir un área de color rojo, que indica la presencia de un esfuerzo máximo ubicado en la zona céntrica de la base, mismo que va disminuyendo hacia los costados.

Se observa la escala de colores que va desde el azul que refleja un esfuerzo mínimo de 0.029 Mpa hasta el rojo que indica el esfuerzo máximo con un valor de 13.9 Mpa, siendo este un valor aproximado a los 12.4 Mpa que resultaron de hacer el análisis manualmente.

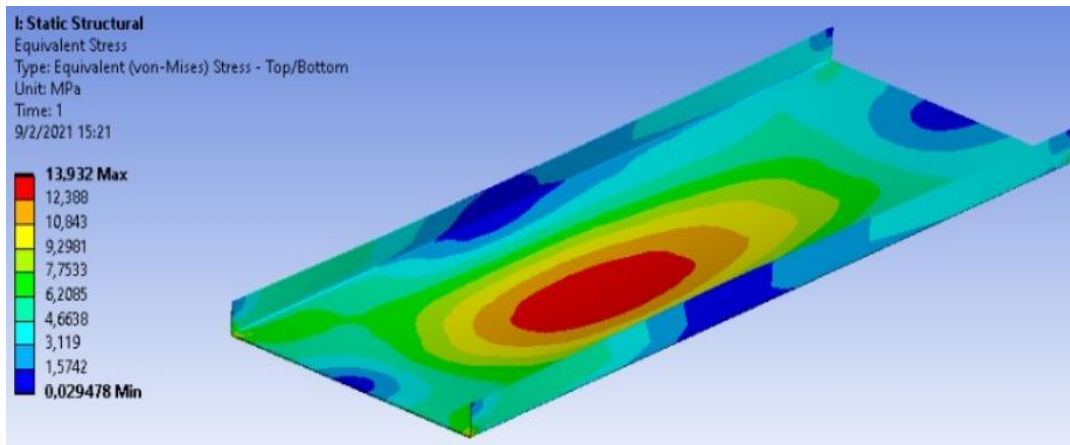


Figura 28: Análisis de esfuerzos. Fuente Autor

De la simulación se obtiene también el desplazamiento máximo que sufre la placa al estar sometido a las cargas ya descritas (ver Figura 28).

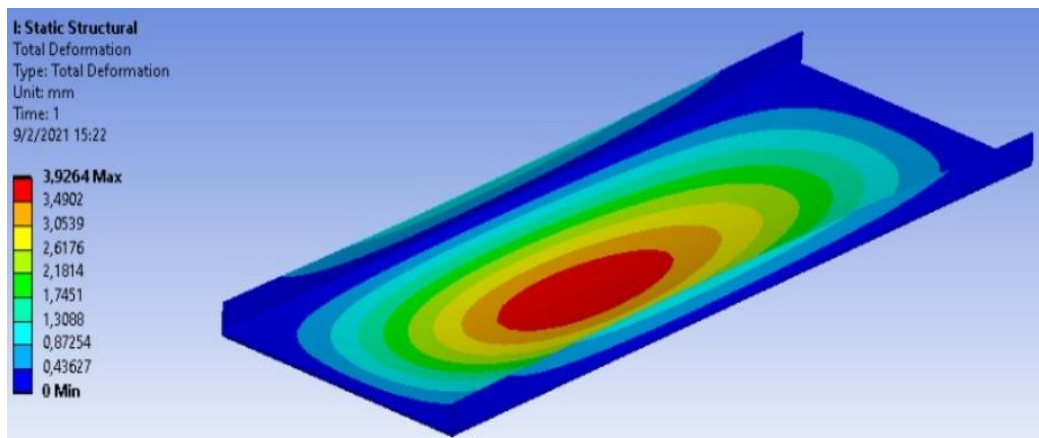


Figura 29: escala de valores de la deformación producida. Fuente Autor.

En la escala de colores se observa la deformación mínima en la zona azul hasta la máxima deformación que sufre la placa en el centro de la misma, siendo esta una deformación máxima de 3.9 mm en la zona indicada.

10.2. Diseño de la cubierta

El domo o cubierta tiene que ser de un material transparente y rígido para que permita la visibilidad del paciente. Para este caso un material acrílico es el más ideal (ver la Figura 29).

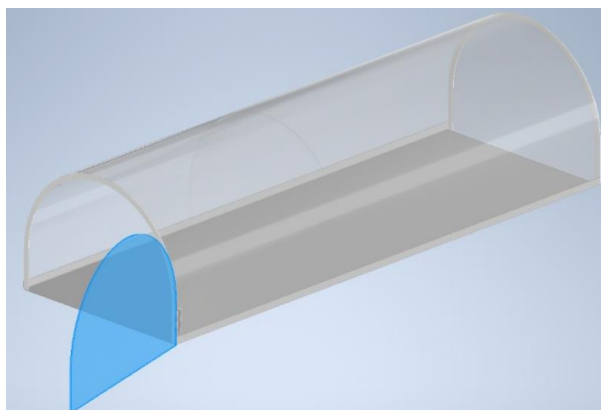


Figura 30: forma del Domo de material resistente y transparente. Fuente Autor.

El acrílico se destaca frente a otros plásticos transparentes en cuanto a resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado. Por estas cualidades es utilizado en la industria del automóvil, iluminación, cosméticos, espectáculos, construcción y óptica [26].

Algunas características:

- Con una transparencia de alrededor de 93%, es el más transparente de los plásticos.
- Tiene una alta resistencia al impacto, de unas diez a veinte veces la del vidrio.
- Es resistente a la intemperie y a los rayos UV, sin envejecimiento apreciable en diez años de exposición al exterior.
- Buen aislante térmico y acústico.
- Muy ligero en comparación con el vidrio, aproximadamente la mitad
- No produce ningún gas tóxico al arder, por lo que se considera un producto muy seguro.
- Gran facilidad de mecanización y moldeo.

Código/Modelo	Nombre
ACS4601500	Lámina Acrílica 1,5mm
ACS4602000	Lámina Acrílica 2mm
ACC4602400	Lámina Acrílica 2,4mm
ACC4603000	Lámina Acrílica 3mm
ACC4604800	Lámina Acrílica 4,8mm
ACC4604000	Lámina Acrílica 4mm
ACC4606000	Lámina Acrílica 6mm
ACC4612000	Lámina Acrílica 12mm
ACS4640000	Lámina Acrílica 40mm

Figura 31: Espesores disponibles de láminas acrílicas [26]

Para este proyecto se considera un acrílico transparente de 4mm (ver Figura 31).

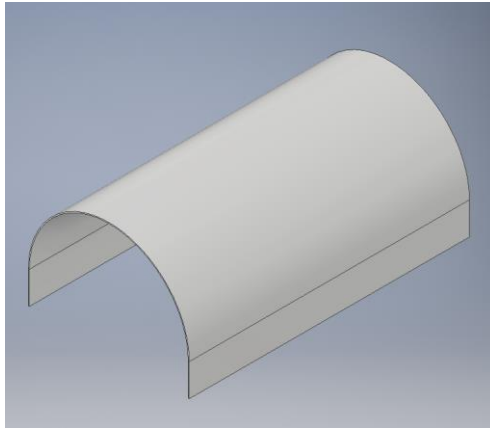


Figura 32: Forma del domo de material acrílico: Fuente: Autor.

Las características del acrílico seleccionado cumplen con los requerimientos de visibilidad, resistencia de su conformado es de fácil procedimiento (ver Figura 32).

10.3. Selección del filtro

El filtro representa es un elemento de vital importancia dentro de la cabina, ya que es el que permite la purificación del aire desde la cabina hacia el exterior garantizando un aire libre de contaminación y seguro para el medio ambiente. Existen una variedad de marcas y modelos sin embargo se toma en cuenta la factibilidad, y la disponibilidad en el medio.



Figura 33: Filtros Deep-pleat HEPA, disponibles en el medio [13]

Los filtros de pliegues profundos HEPA (ver figura 33), son fáciles de conseguir y están considerados en el diseño. Estos filtros poseen una baja resistencia al flujo del aire, y poseen una alta eficiencia de filtrado. Principalmente filtra partículas en el rango de 0.3 a 0.5 μm

10.3.1. Especificaciones técnicas

En la figura 34 se especifica las dimensiones de los filtros de acuerdo a sus características.

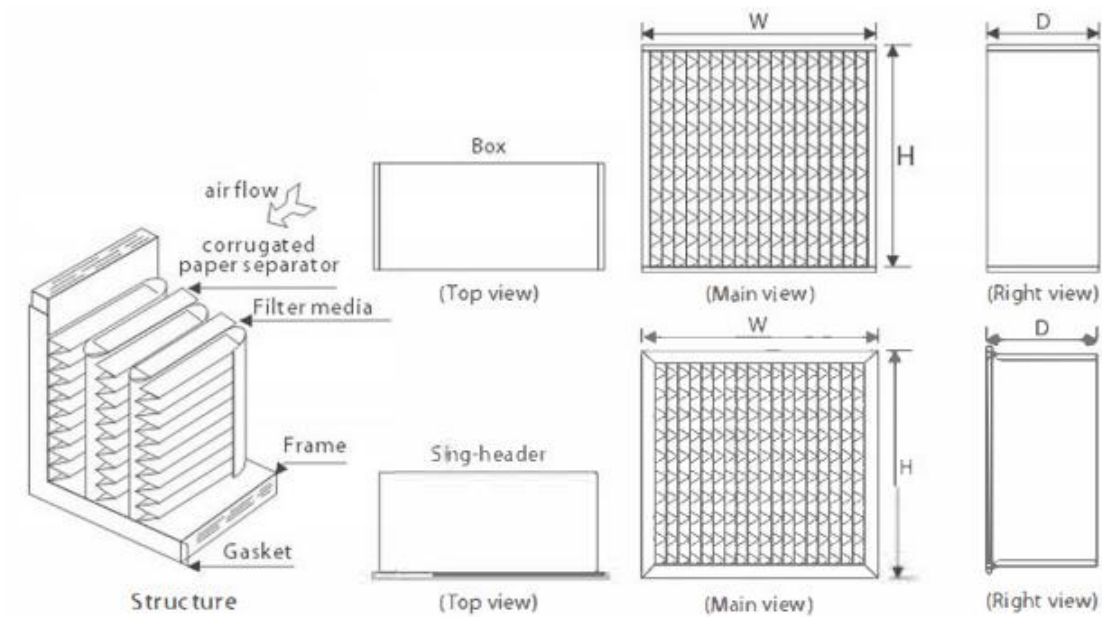


Figura 34: Dimensionamiento de los filtros [13].

En la Figura 35, se detalla las especificaciones técnicas de los filtros dependiendo de sus dimensiones.

Technical Specification							
Dimensions			Rated air flow (m ³ /h)	Initial pressure drop (Pa)			Filtration efficiency (%)
W(mm)	H(mm)	D(mm)		0.25m/s	0.5m/s	0.75m/s	
320 - 12.5"	320 - 12.5"	220 - 8.5"	400				
484 - 19"	484 - 19"	220 - 8.5"	1000	≤120	≤220	≤240	99% 99.9% 99.99% 99.999%
610 - 24"	610 - 24"	150 - 6"	1000				
610 - 24"	305 - 12"	292 - 12"	1700				
610 - 24"	610 - 24"	292 - 12"	3400				

Remark: Other specifications can be customized

Figura 35: Especificaciones técnicas de los filtros [13].

Para el caso y por la disponibilidad de espacio se selecciona un filtro de 12.5 pulgadas x 12.5 pulgadas x 8.5 pulgadas, permitiendo un flujo de aire de $400 \text{ m}^3/h$ y una caída de presión de 120-125 Pa.

10.4. Diseño del sistema de extracción de aire

Para la selección del sistema de extracción se necesita el valor del caudal del fluido en este caso caudal de aire.

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

$$Q = \text{caudal en } m^3/s$$

$$v = \text{velocidad del fluido } m/s$$

$$A = \text{area transversal } m^2$$

10.4.1. Calculo de área transversal de cabina

Para obtener el valor del área transversal de cabina se toma como áreas, una de un rectángulo, y la otra el área de un semicírculo con las dimensiones indicadas en la Figura 36.

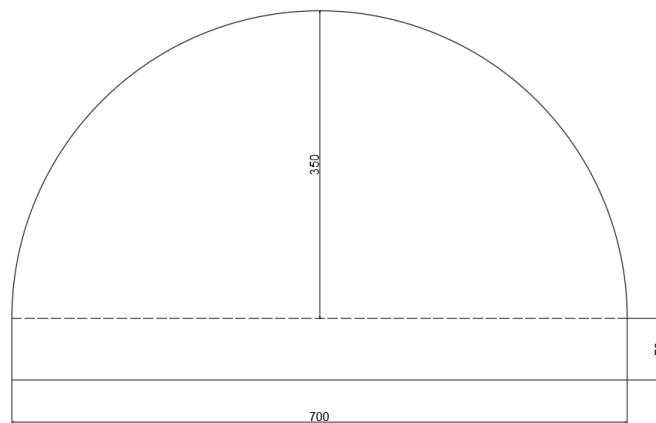


Figura 36: sección transversal de la cámara de aislamiento. Fuente Autor

$$\text{Área de semicírculo } A = \frac{\pi \cdot r^2}{2}$$

$$A_s = \frac{\pi \cdot 0.35^2}{2}$$

$$A_s = 0.195 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de rectángulo } A_r = B \cdot H$$

$$A_r = 0.7 \text{ m} \cdot 0.07 \text{ m}$$

$$A_r = 0.049$$

$$A_t = A_s + A_r$$

$$A_t = 0.195 + 0.049$$

$$A = 0.25 \text{ m}^2$$

10.4.2. Calculo de caudales

Se realiza iteraciones para calcular los caudales con una velocidad máxima, una velocidad mínima, y una velocidad media.

Para una velocidad de $V = 0.2 \text{ m/s}$
 $Q = V \cdot A$
 $Q = 0.2 \text{ m/s} \cdot 0.25 \text{ m}^2$
 $Q = 0.05 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q = 180 \text{ m}^3/\text{h}$

Para una velocidad de: $V = 0.1 \text{ m/s}$
 $Q = V \cdot A$
 $Q = 0.1 \text{ m/s} \cdot 0.25 \text{ m}^2$
 $Q = 0.0025 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$

Para una velocidad de: $V = 0.15 \text{ m/s}$
 $Q = V \cdot A$
 $Q = 0.15 \text{ m/s} \cdot 0.25 \text{ m}^2$
 $Q = 0.0375 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q = 135 \text{ m}^3/\text{h}$

El caudal máximo necesario para la selección del extractor es:

$$Q = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las pérdidas de presión causadas por los filtros, es de 125 Pa cada uno, al tener un filtro de entrada y un filtro de salida la pérdida total de presión es de 250Pa \approx 300 Pa. Para referencia en el medio existen los extractores Alp Air, modelos BDTX. Figura 37.



Figura 37: Extractores de aire disponibles en el mercado local [27]

En este catálogo adjuntado en los anexos, el fabricante incluye una gráfica de la curva Caudal-Presión, donde se puede comprobar si es que este extractor supera las pérdidas provocadas por los filtros y si abastece el caudal necesario para extraer todo el fluido de la cámara.

Con los 300 Pa de pérdida y con el caudal de $180 \text{ m}^3/\text{h}$ se confirma la validez de este extractor para el diseño de la cámara de aislamiento (ver Figura 38). Se verifica que el dispositivo seleccionado brinda los requerimientos de presión y caudal necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de extracción

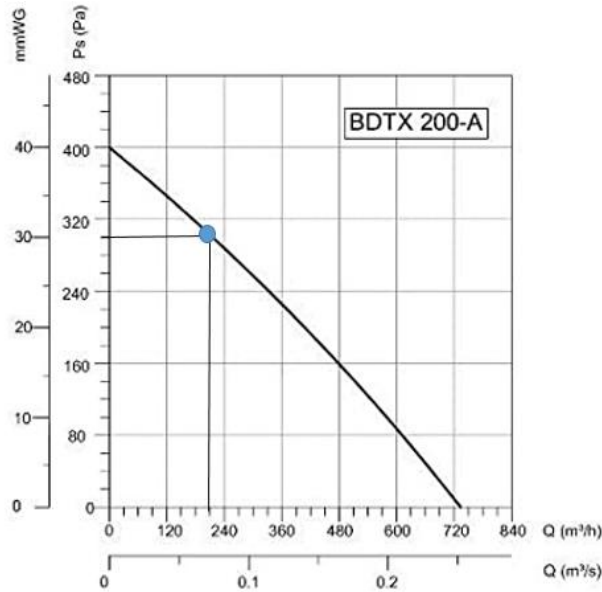


Figura 38: Curva presión caudal de un sistema de extracción [27]

10.5. Elementos que conforman la cámara de aislamiento

Con los elementos ya seleccionados se procede a realizar un diseño básico, de donde se pueda extraer las partes de la cámara de aislamiento. En la Figura 39 se muestra la forma del domo de la cámara de extracción, con la base y la puerta de ingreso de paciente.

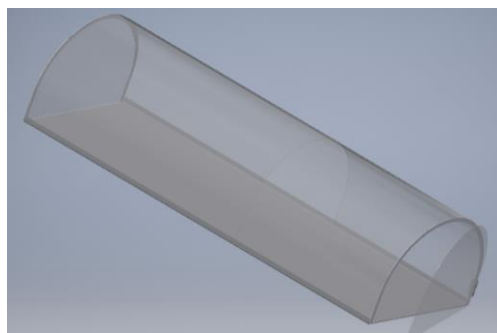


Figura 39: Propuesta de diseño de cámara de aislamiento. Fuente: Autor.

10.5.1. Base

Como ya se había definido para la base se seleccionó un material de aleación de aluminio 5083, esto debido a su gran resistencia y bajo peso. Su forma será como se muestra en la Figura 40.

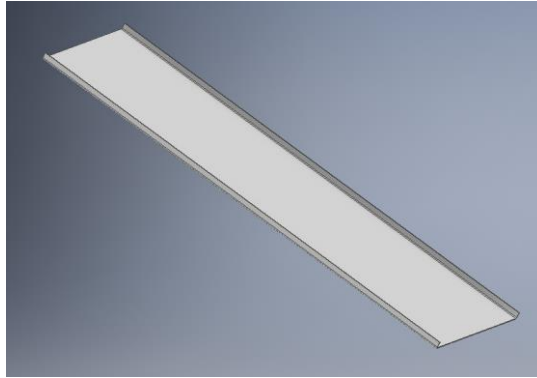


Figura 40: Forma de la Base. Fuente: Autor.

10.5.2. Cabina lado de paciente

El domo o cabina está considerado en material polimérico de 4 mm, esto gracias a su resistencia, visibilidad y fácil manufactura, ver Figura 41.

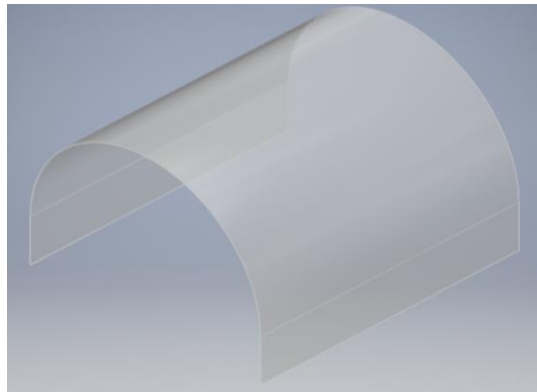


Figura 41: Forma de la cabina del lado del paciente. Fuente: Autor.

10.5.3. Cabina lado de extractor

De la misma manera que la cabina del lado del paciente, esta cabina situada al lado del sistema de extracción será de material de iguales características que la cabina anterior (ver Figura 42).

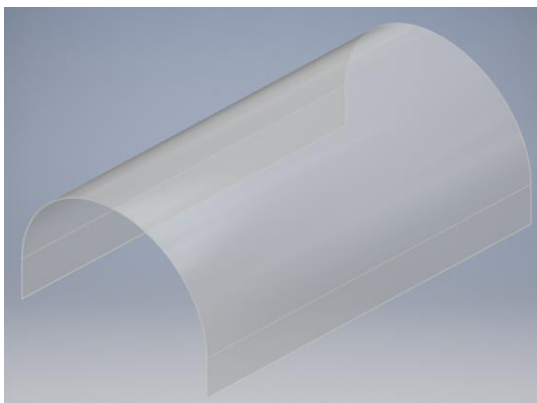


Figura 42: Forma de la cabina lado del sistema de extracción. Fuente: Autor.

10.5.4. Tapas

Las tapas son de material de similares características que las de la cabina, tienen que ser también resistentes y visibles, ya que ahí es donde van alojados los filtros y el sistema de extracción, la forma será como la indicada en la figura 43.



Figura 43: Tapas de la cabina: Fuente: Autor.

10.5.5. Marcos

Son los elementos que unen a las tapas con la cabina serán de material polimérico, su forma es la de la silueta de la cabina, ver figura 44.



Figura 44: Marcos que ayudan a ensamblar la cabina con las puertas.

10.5.6. Bisagra

La bisagra es el elemento que ayuda a que se abra y cierre la tapa giratoria por donde ingresara el paciente. Será de Aluminio para ganar ligereza en el ensamblado final, ver figura 45.

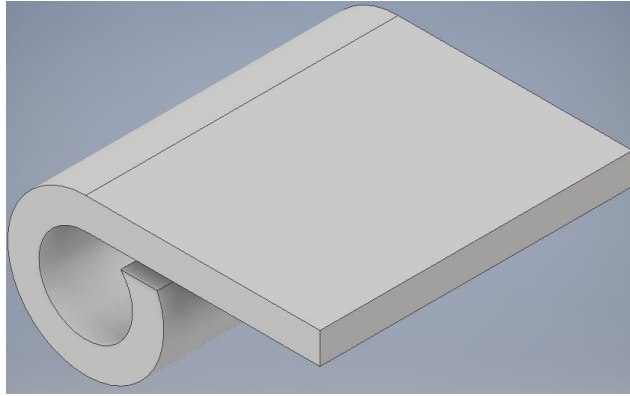


Figura 45: Forma de la Bisagra.

10.5.7. Banda inferior

Es una platina de aluminio que ayuda a sostener la base con la cabina, tendrá la forma como la indicada en la Figura 46.

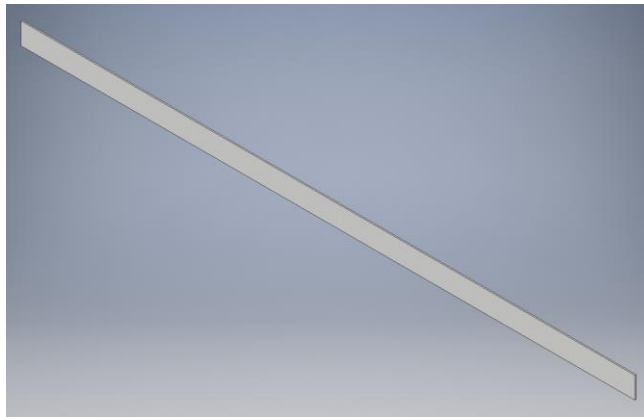


Figura 46: bandas de sujeción. Fuente: Autor.

11. Simulación del comportamiento del aire en la cabina

Con este primer modelo se realiza las simulaciones en donde se puede comprobar si el funcionamiento es el correcto y los resultados los deseados. La simulación se realiza en el programa de modelado y simulación ANSYS, para lo que se toma en consideración los siguientes ítems establecidos a continuación

11.1. Definición del Dominio Computacional

Se toma el interior de la cabina con las dimensiones generales (ver Tabla 6) y el perfil del paciente que está al interior.

Tabla 6: Dimensiones de cámara de extracción. Fuente: Autor.

Largo	2 m
Ancho	0.7 m
Alto	0.5 m

Se modela la silueta del paciente (ver Figura 47), para que resultados de simulación sean los más reales.

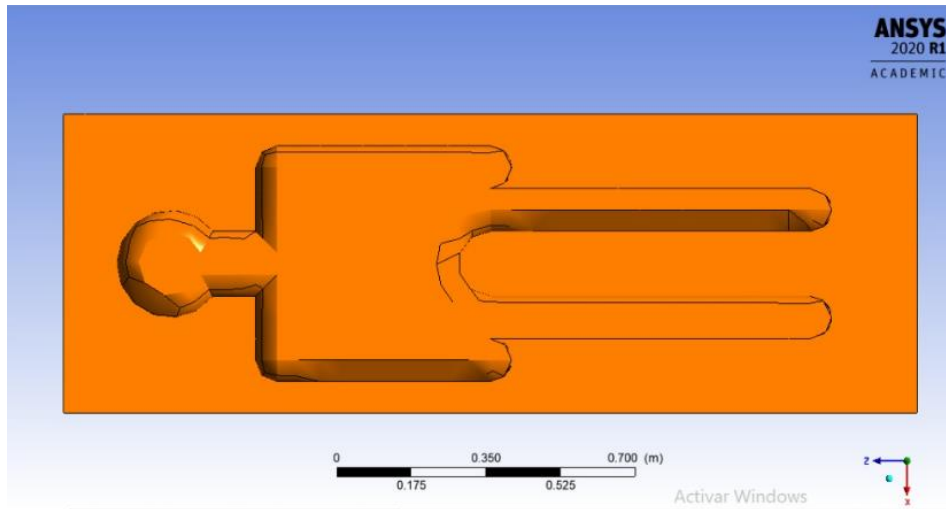


Figura 47: Forma de la base de la cámara y Geometría del paciente. Fuente Autor.

11.2. Condiciones de frontera

- Para la simulación se discretiza con un mallado Hexadominante
- El fluido que ocupa el 100% de dominio es aire en condiciones estándar. 20°C a 1atm de presión Isotérmica (sin cambio de temperatura) [28]
- Primera Frontera tipo abierta (Opening) con presión estática de referencia de 0Pa.
- Segunda Frontera tipo toma de salida (outlet) con 0.025kg/s de flujo másico

En una primera simulación Figura 48, se observa el movimiento del aire, el mismo que ingresa por la zona de la cabeza y circula directamente hacia la salida barriendo también todos los fluidos que se encuentran alrededor de la cara del paciente.

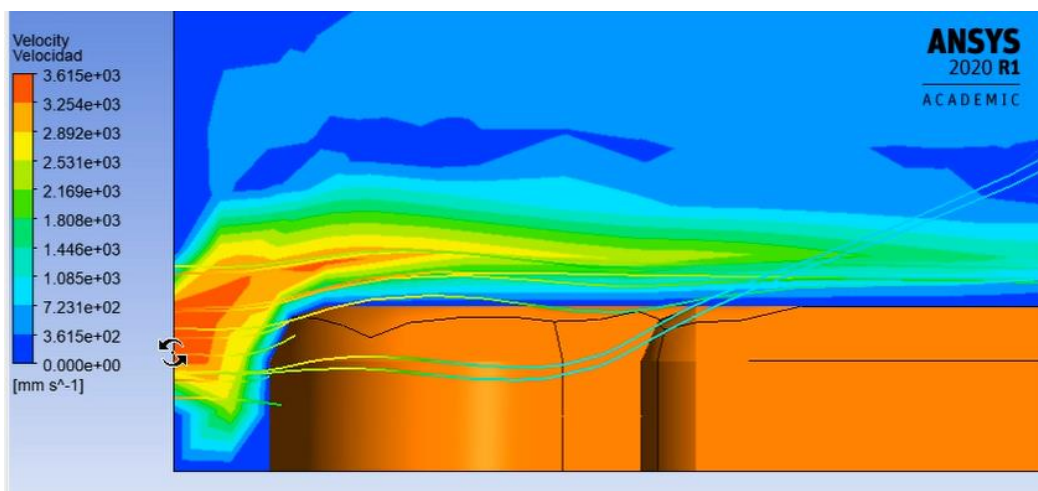


Figura 48: Análisis de la circulación del aire y barrido de aerosoles alrededor de la cara.

Fuente: Autor

En la Figura 49, se aprecia la circulación de aire y las diferentes velocidades que se producen dentro de ella, así como una pequeña recirculación de aire dentro de la cámara.

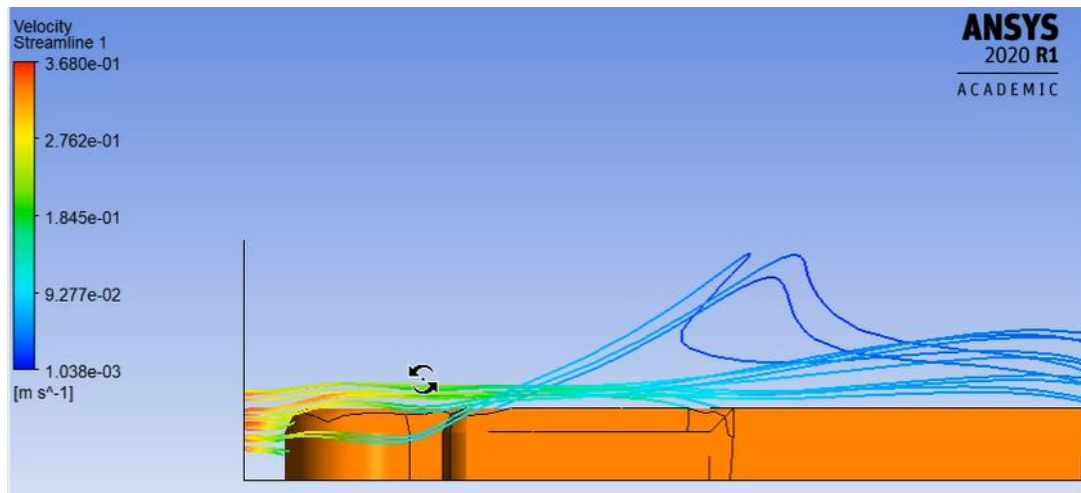


Figura 49: Simulación del movimiento de aire con sus respectivas velocidades. Fuente: Autor.

Para tratar de disminuir esa pequeña recirculación de aire que se producía dentro de la cámara se varió las alturas de entrada y salida de aire y se obtuvieron los siguientes resultados (ver Figura 50).

Con esta modificación se produce un flujo de aire más directo desde la entrada hacia la salida.

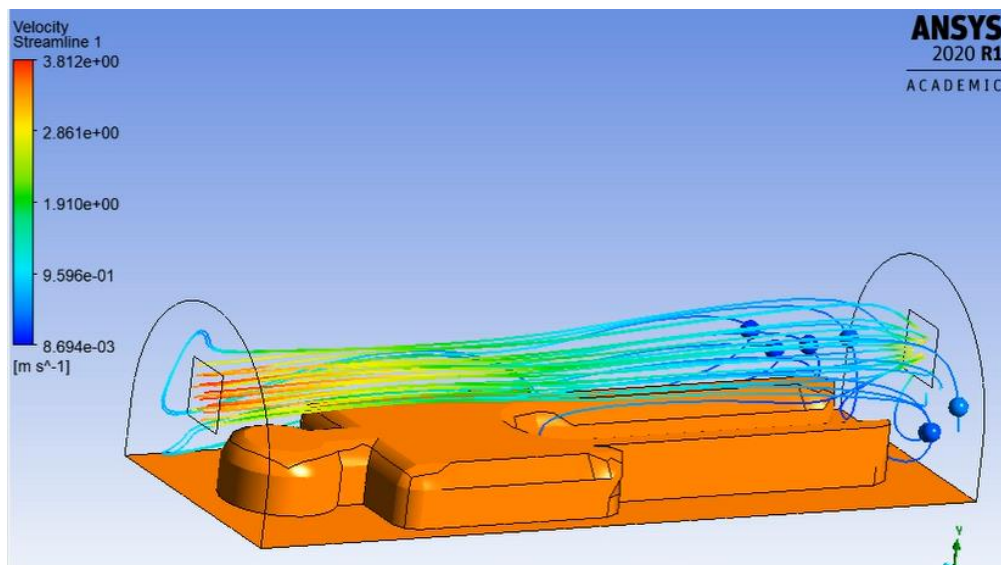


Figura 50: simulación del flujo de aire con entrada y salida a mayor altura de la base. Fuente: Autor.

La simulación también permite variar ciertos valores como el flujo másico hasta ir obteniendo los valores ideales como 0.2 m/s , que representa la velocidad recomendada para los sistemas de ventilación [29] (ver Figura 51).

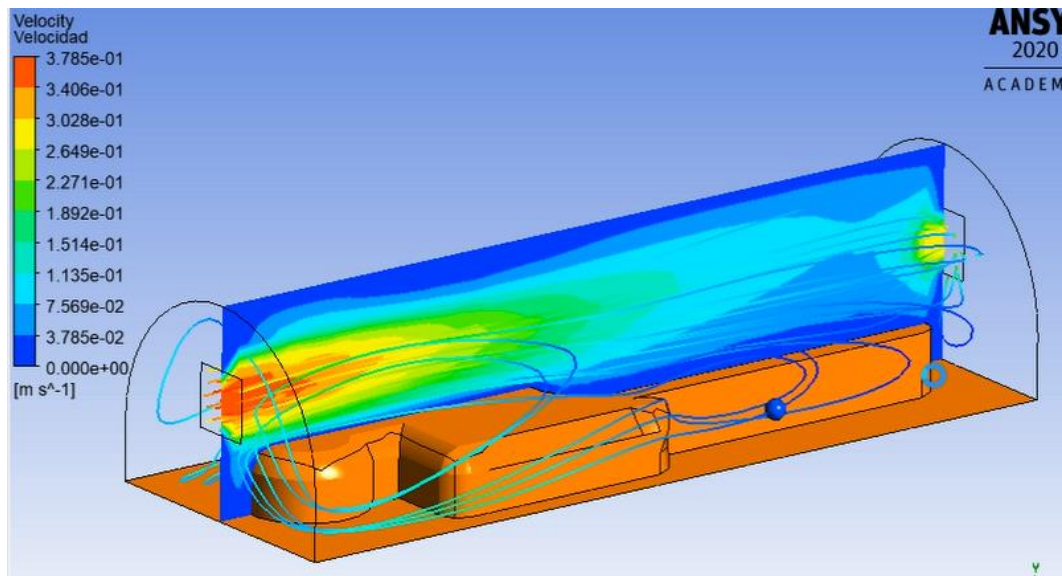


Figura 51: simulación de la velocidad de aire sobre el rostro del paciente. Fuente: Autor.

La escala de colores va desde la velocidad mínima hasta la máxima, donde se observa que el flujo que actúa sobre el rostro del paciente, este circula a una velocidad hasta de 0.27 m/s, velocidad aceptable para una respiración adecuada, ver Figura 51.

11.3. Simulaciones con dimensiones reales de salida y entrada de aire

En las siguientes imágenes se indica los resultados de las simulaciones con las dimensiones ya seleccionadas de los filtros que conforman la cámara.

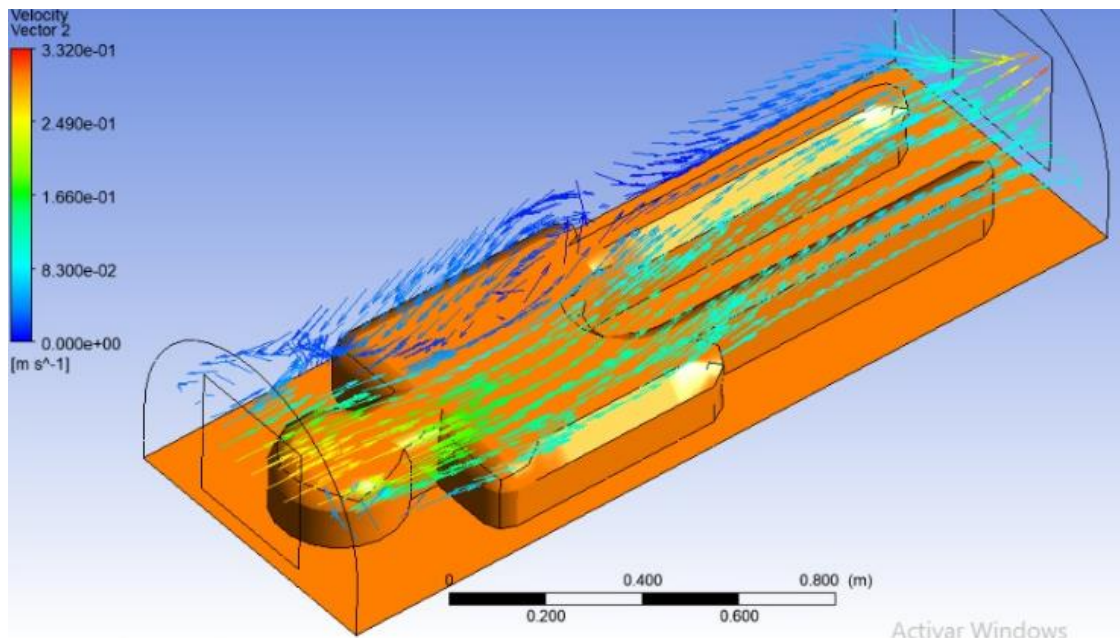


Figura 52: simulación que demuestra la trayectoria de flujo de aire desde la entrada hacia la salida. Fuente: Autor

En la Figura 52 se observa el comportamiento del fluido en este caso el aire que ingresa libremente por la parte en donde se encuentra la cabeza del paciente, para ser extraído por la parte inferior mediante un extractor.

La escala de colores de la figura 53, refleja velocidades máximas de 0.32 m/s en algunos puntos de la cámara, pero velocidades de 0.25 m/s alrededor del rostro del paciente, que es lo que interesa.

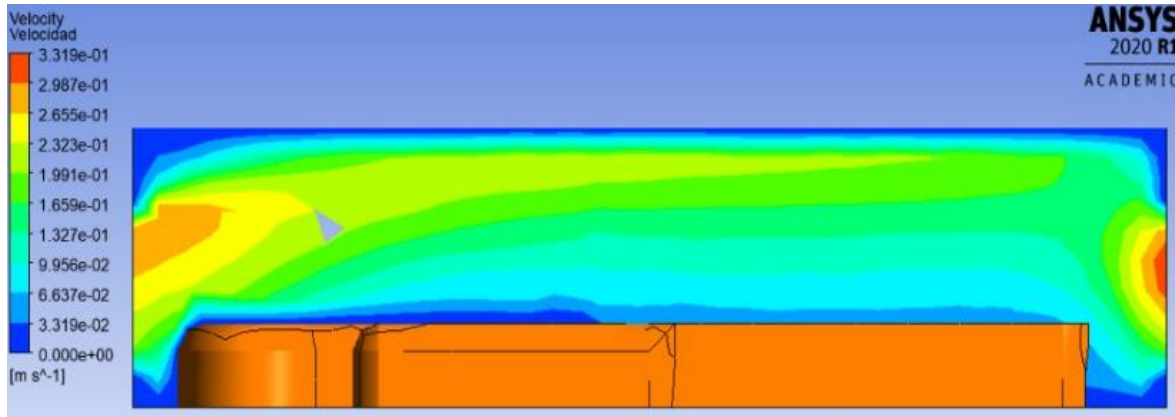


Figura 53: Simulación de velocidades producidas. Fuente: Autor.

11.4. Análisis de velocidades y presiones a diferentes alturas de la cámara.

Para el siguiente análisis el plano de velocidades esta referenciado a la altura de la nariz del paciente, zona crítica de la simulación, Ver Figura 54

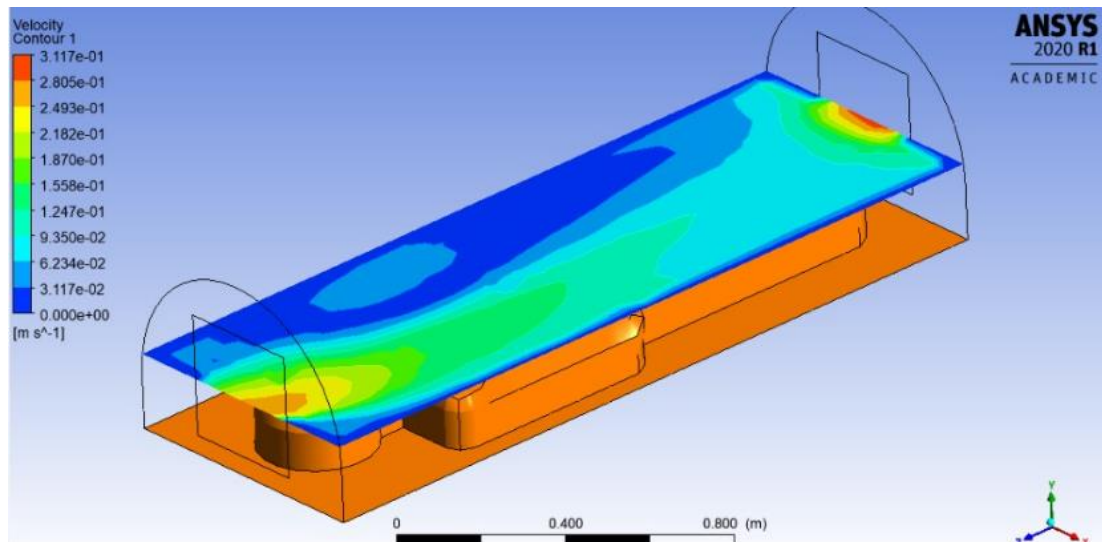


Figura 54: Análisis de velocidades a la altura de la nariz del paciente. Fuente: Autor.

Por la zona del rostro del paciente se observa un color amarillo, verde claro y verde oscuro, colores que indican velocidades que van desde los 0.18 m/s hasta una máxima de 0.24 m/s, velocidades dentro de lo normal.

Las presiones son también una variable importante que se debe analizar al momento de una simulación

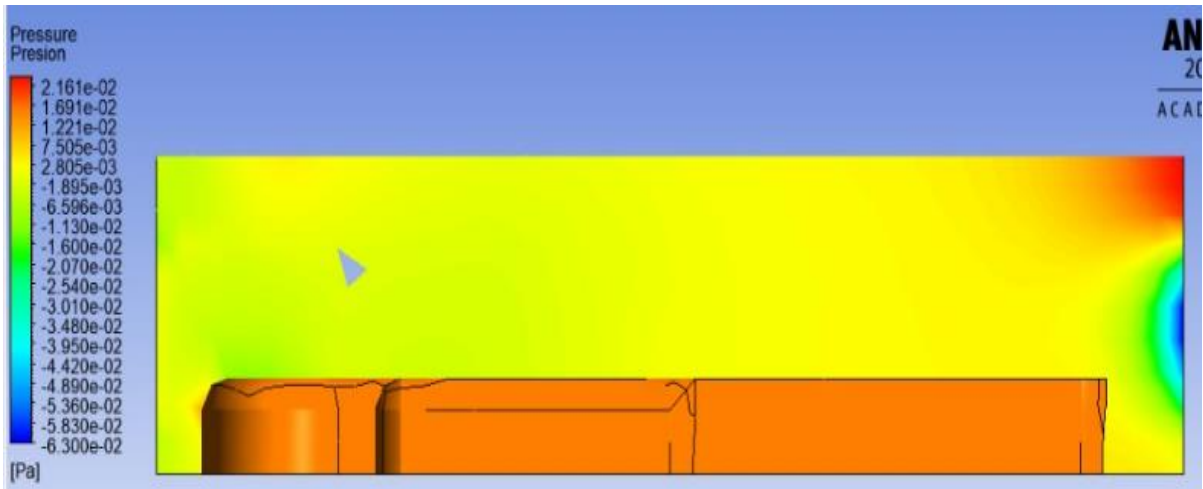


Figura 55: Análisis de Presiones dentro de la cámara. Fuente: Autor.

El resultado más importante de esta parte de la simulación, muy aparte de los valores es la presión negativa que se produce dentro de la cámara, a pesar de que la cámara no es completamente hermética solo existe entrada de aire, y salida forzada por el ducto de salida filtrado, ver Figura 55.

Para un análisis más completo se modifica las características del paciente en este caso su estatura.

Para los siguientes resultados se considera un paciente de 1.4 m de altura y un flujo másico de 0.025 kg/s.

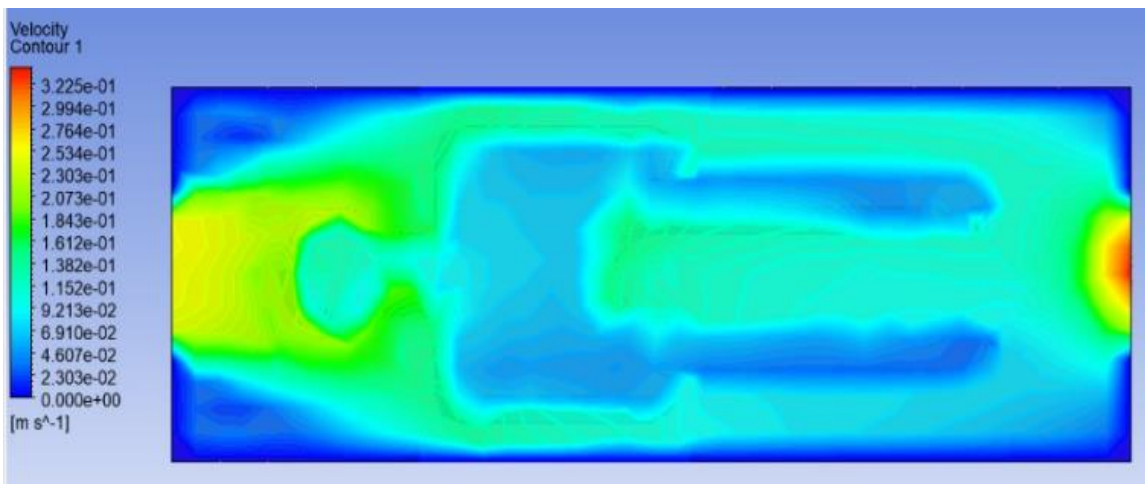


Figura 56: análisis de velocidades modificando tamaño del paciente. Fuente: Autor.

De la simulación de la figura 56, se obtienen velocidades máximas de 0.322 m/s y a la altura de la nariz del paciente una velocidad de 0.23 m/s.

De igual manera se obtienen resultados de presiones, según los colores en la parte superior de la cabeza se produce la máxima presión producida, una presión relativamente baja por debajo de los 0.01 Pa (ver Figura 57).

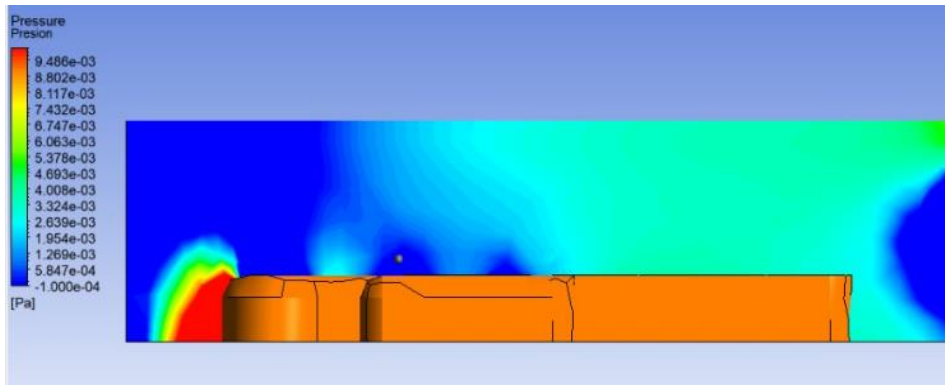


Figura 57: Análisis de presiones. Fuente: Autor.

Por la zona de extracción la presión es negativa que indica que se está despresurizando la cámara y extraerá todo el aire.

Con un paciente de 1.65 m, los resultados de velocidades se obtienen también en la escala de la Figura 58.

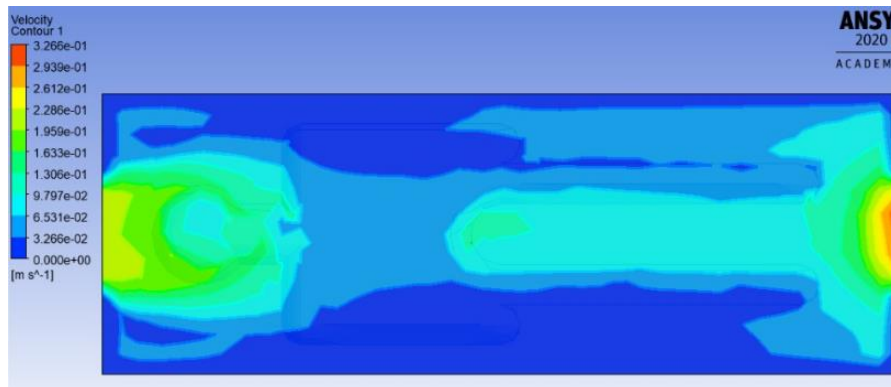


Figura 58: Plano de velocidades, paciente 1.65 m. Fuente: Autor

Las presiones también reflejadas en la Figura 59, son importantes en el análisis, donde también fluyen presiones negativas.

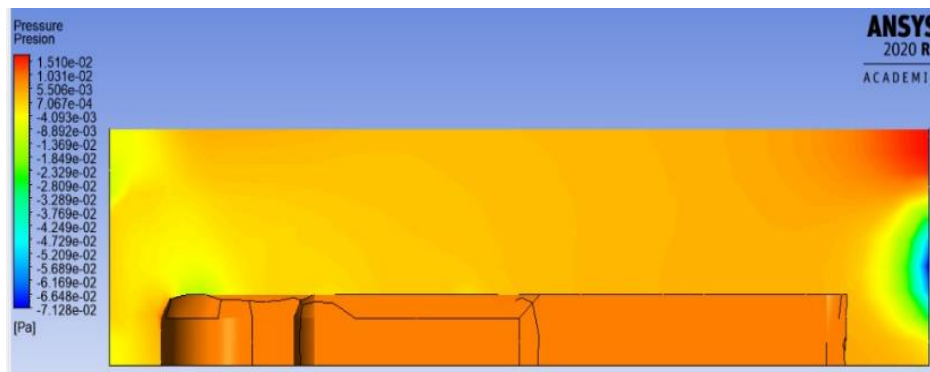


Figura 59: Plano de presiones, paciente 1.65 m. Fuente: Autor.

Si se realiza un análisis de velocidades y presiones, simulando un paciente de 1.90 m de estatura.

En la imagen de la figura 60, se observa velocidades de similares características en los análisis anteriores, velocidad máxima de 0.3m/s y una velocidad alrededor del rostro del paciente un promedio de 0.21 m/s.

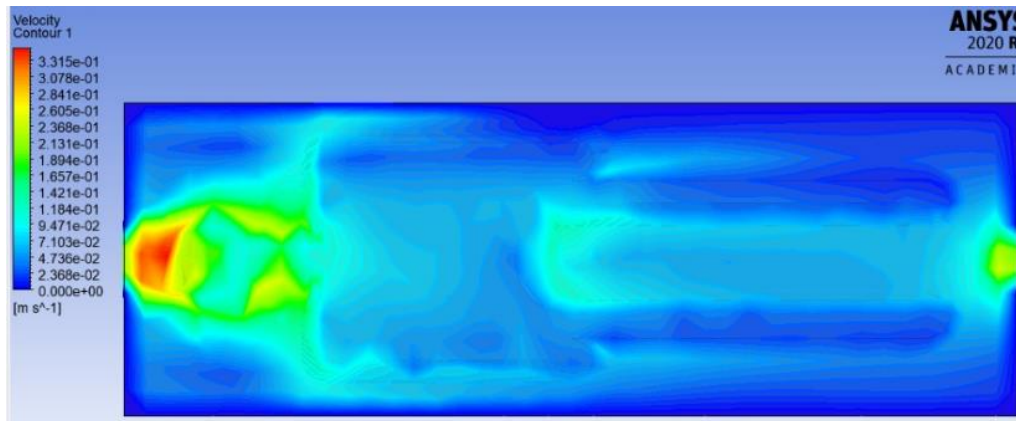


Figura 60: Plano de velocidades paciente 1.9 m. Fuente Autor.

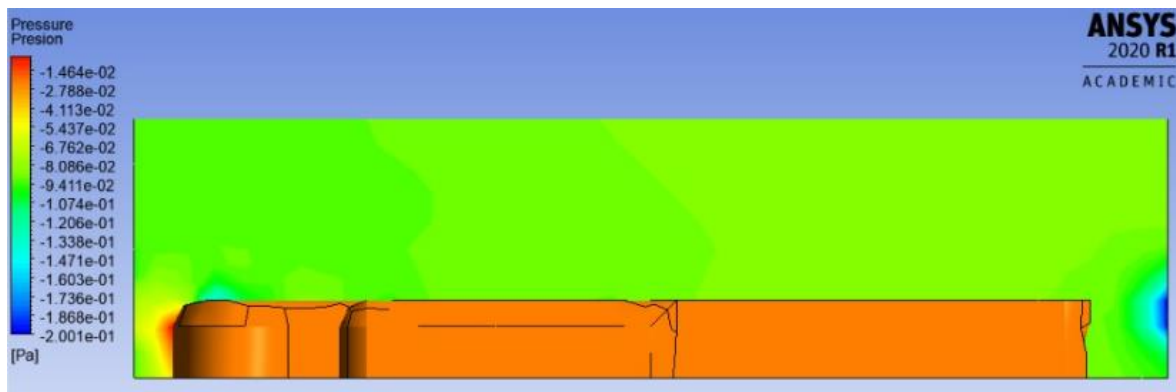


Figura 61: Plano de presiones, Paciente 1.90 m. Fuente Autor.

Lo más representativo de la Figura 61, es que se observa casi la totalidad de la cámara en color verde, color que representa una presión negativa de -0.1 Pa.

Los resultados de las simulaciones se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7: Comparación de resultados, modificando estatura de pacientes. Fuente: Autor.

	Plano a la altura de la nariz		Plano a la altura de media cabina		Presiones	
	Velocidad mínima m/s	Velocidad Máxima m/s	Velocidad Mínima m/s	Velocidad Máxima m/s	Presión mínima Pa	Presión máxima Pa
Alto Paciente metros						
1.45	0	0.33	0	0.37	-0.001	0.01
1.65	0	0.32	0	0.35	-0.007	-0.01

1.95	0	0.33	0	0.35	-0.004	-0.2
------	---	------	---	------	--------	------

Con los datos de la Tabla 7, se puede concluir que las velocidades y las presiones del aire dentro de la cámara no varían, es decir estos no sufren alteraciones si la estatura de un paciente es diferente.

Se mantienen velocidades promedio de 0.25 m/s alrededor de la cara del paciente y presiones negativas en todas las simulaciones.

12. Determinación de Costos para la Implementación.

Para obtener los costos para la implementación de la cámara de aislamiento, se toma en cuenta todos los gastos directos e indirectos que forman parte del proyecto, estos revisando costos de materiales en el mercado local, y con las cotizaciones obtenidas de los distribuidores de los diferentes equipos que conforman dicha cámara.

12.1. Costos directos

El costo directo es un gasto que tiene una relación directa con la producción de un servicio o producto. Es decir, son costos que influyen de manera inmediata en el valor final del producto.

Dentro de los costos directos se contemplan:

- Materia prima
- Mano de obra
- Productos de catálogos

12.1.1. Materia prima

Una materia prima es todo bien que es transformado durante un proceso de producción hasta convertirse en un bien de consumo.

Existen algunos bienes materiales que no pueden ser utilizados directamente por los consumidores ya que necesitan ser transformados. Las materias primas son el primer eslabón de una cadena de fabricación, y en las distintas fases del proceso se irán transformando hasta convertirse en un producto apto para el consumo [30].

12.1.2. Costo de materiales por catalogo

Aquí se contemplan todos los equipos y elementos que son previamente fabricados o importados del extranjero y que mediante un análisis previo son seleccionados de acuerdo a los requerimientos de cada producto.

12.1.3. Costo de maquinarias y herramientas

Aquí constan costos de máquinas herramientas, así como sus respectivos utensilios que se consumen en los diferentes mecanizados.

12.1.4. Costo de mano de obra

El costo de la mano de obra considera los gastos necesarios para cubrir salarios de operación de los técnicos que realizan los mecanizados, y ensamblados de la cámara.

A continuación, en las Tablas 8, 9 y 10, se presentan el listado de la materia prima, mano de obra y horas máquina utilizadas para la fabricación, todos con sus respectivos costos.

Tabla 8: listado de materia prima con sus respectivos valores. Fuente: Autor.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Plancha de aluminio aleación 5083 - 3/16	200	200
2	Plancha de acrílico espesor 4mm	76.04	152.08
2	Filtro HEPA 12 x 12 x 6 pulgadas	100	200
1	Extractor DBTX-200 A	150	150
1	Caja porta ventilador y filtro	120	120
1	Elementos de sujeción y ensamble	100	100
1	Convertidor de voltaje	60	60
1	Batería Corriente Continua	50	50
TOTAL			1032.08

Costos de mano de obra semanal

Tabla 9: valores de Mano de obra, costo por semana. Fuente: Autor.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Técnico	150	150
1	Ingeniero	500	500
TOTAL			650

Costo de Maquinas Herramientas y transporte

Tabla 10: listado de máquinas herramientas y sus valores. Fuente: Autor.

Cantidad	Descripción	Valor
1	Taladros eléctricos	60
1	Amoladora	100
1	Cortadora laminas	20
1	Servicio de plegado	10
1	Herramientas de ensamblaje	20

1	Transporte	50
TOTAL		260

12.1.5. El Costo Final

Este será el resultado de la suma de todos los costos anteriores.

Tabla 11: costo total de la cámara de aislamiento. Fuente: Autor.

Descripción	Valor
Materia prima y elementos de catalogo	1032.08
Mano de obra semanal	650
Maquinas herramientas y transporte	260
TOTAL	1942.08

El costo de venta sería de aproximarle con un 30 % de utilidad

$$1470 \times 30\% = 582.624$$

Entonces el valor total del producto será

$$1942.08 + 582.624 = 2524.704$$

El valor de venta de la cámara de aislamiento y transporte es de 2524.704 dólares.

Para medir la conveniencia o la factibilidad del producto desarrollado hacemos una comparación con la base de precios que oferta el Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

El presupuesto referencial para la adquisición de diez (10) “Cámaras de aislamiento portátil de presión positiva para pacientes contaminados” es de USD 72.000,00 (SETENTA Y DOS MIL con 00/100 Dólares de los Estados Unidos de América) más IVA 12%, conforme se detalla en el cuadro de la Figura 62 [16] .

Nombre del Equipamiento Biomédico/Dispositivos Médicos	Cantidad a adquirir	Precio Unitario Referencial USD	Precio Total USD
Cámaras de aislamiento portátil de presión positiva para pacientes contaminados	10	\$ 7.200,00	\$ 72.000,00
Total Referencial (Sin IVA)			\$ 72.000,00

Figura 62: presupuesto referencial para la adquisición de cámaras de aislamiento. Fuente:[16]

La diferencia de precios entre una cámara importada solicitadas por el Ministerio de Salud y la cámara desarrollada en este proyecto si se llegase a construir tiene una diferencia de 285% una diferencia considerable, tomando en cuenta además de la tardanza en las importaciones y de que el producto desarrollado es realizado con materiales disponibles en el mercado local.

13. Conclusiones y Recomendaciones

13.1. Conclusiones

Los recientes estudios generados a raíz de la actual pandemia que está afectando al mundo entero confirman la gran utilidad de una cámara de transporte y aislamiento para trasladar de una forma segura a un paciente contagiado, minimizando al máximo un posible contagio del personal de salud, investigaciones que permiten también obtener datos determinantes para el diseño de una cámara de aislamiento.

Se ha diseñado una cámara de aislamiento que brinda una pantalla de protección entre el paciente y el personal que está manipulando al mismo, se ha logrado mediante un sistema de extracción obtener presiones de flujo negativas dentro de la cámara, lo que garantiza que no habrá fugas de aerosoles contaminados hacia el medio ambiente, sin antes estos ser filtrados y purificados mediante unos filtros de alta eficiencia HEPA para posteriormente ser expulsados hacia el exterior.

Con la ayuda del software de simulación ANSYS, se ha realizado la simulación del sistema de extracción de la cámara de aislamiento, aplicando diferentes situaciones y condiciones que se asemejan a las que se pueden presentar en la aplicación real, donde se puede comprobar la correcta circulación del aire, bajo los parámetros deseados de presión y velocidad. Garantizando un correcto funcionamiento del mismo.

Los materiales y equipos considerados en el diseño son elementos de fácil adquisición que están disponibles en el mercado nacional, lo que brinda una ventaja en caso de que se llegue a construir la cámara de aislamiento por su fácil acceso y bajo costo.

En lo que a costos se refiere con respecto a los precios de las cámaras importadas, se puede llegar a obtener un ahorro de hasta un 350 %, por lo que se evita impuestos y demás aranceles que un producto importado requiere, además de su rápida fabricación en lo que a tiempos se refiere.

Se ha cumplido con los objetivos planteados al inicio del proyecto, en lo que se refiere al diseño de la cámara, a la correcta simulación del producto bajo diversas circunstancias, y si se desarrollara el costo sería muy por debajo de las cámaras comercializadas internacionalmente. Lo que se convierte en un proyecto de gran ayuda para el control y la mitigación de Covid-19 y todas sus variantes.

13.2. Recomendaciones

Se recomienda la construcción de un prototipo con las dimensiones y características indicadas para la verificación real del correcto funcionamiento de la cámara, realizar pruebas de extracción con simulaciones de humo también sería elemental para garantizar un óptimo rendimiento de la cámara de aislamiento y transporte para pacientes con enfermedades contagiosas.

El uso de todas las medidas de bioseguridad recomendadas por las entidades responsables del manejo de la emergencia sanitaria ocasionada por la pandemia, tales como: uso constante de mascarillas, desinfección de manos, distanciamiento social, serán sumamente necesarias mantenerlas, pese a la disponibilidad de este tipo de cámaras de transporte de pacientes con COVID – 19

14. Bibliografía

- [1] T. C. Blood Jr. *et al.*, «COVID-19 Airway Management Isolation Chamber», *Otolaryngol. - Head Neck Surg. U. S.*, vol. 164, n.º 1, pp. 74-81, 2021, doi: 10.1177/0194599820942500.
- [2] F. Cantalejo Pérez *et al.*, «Aerotransporte de pacientes con alto riesgo de contaminación por enfermedad infecciosa: a propósito de tres casos», *Sanid. Mil.*, vol. 73, n.º 1, pp. 46-56, mar. 2017.
- [3] «Camara de transporte y aislamiento Isoark N36-6». <https://www.emergalia.com/articulo.php?i=2212> (accedido ene. 25, 2021).
- [4] O. P. de la Salud, O. M. de la Salud, y M. de S. P. República Dominicana, *Directrices para habilitar salas de aislamiento respiratorio «Presión negativa»*. MSP, 2020. Accedido: ene. 25, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ministeriodesalud.gob.do/handle/123456789/1759>
- [5] R. Rabagliati *et al.*, «Parte II. Variables del ambiente hospitalario que inciden en el riesgo de infecciones de pacientes con cáncer y receptores de trasplante de precursores hematopoyéticos: Diseño, procesos asistenciales, calidad microbiológica del aire y agua», *Rev. Chil. Infectol.*, vol. 36, n.º 2, pp. 126-138, abr. 2019, doi: 10.4067/S0716-10182019000200126.
- [6] C. D. Seger *et al.*, «A novel negative pressure isolation device for aerosol transmissible COVID-19», *Anesth. Analg.*, 2020.
- [7] «Habitación de presión negativa, ¿cuándo se utiliza?», feb. 04, 2020. <https://www.webconsultas.com/curiosidades/habitacion-de-presion-negativa-cuando-se-utilizan> (accedido ene. 25, 2021).
- [8] I. SA, «Diseño de salas de aislamiento». <http://www.ingeniarg.com/blog/28-diseno-de-salas-de-aislamiento> (accedido ene. 25, 2021).
- [9] H. Nishimura y S. Sakata, «Development of positive/negative pressure booth generating airflow for protection of medical staff from contagious respiratory pathogens», *J. Thorac. Dis.*, vol. 12, n.º 9, pp. 4633-4642, 2020, doi: 10.21037/jtd-20-1607.
- [10] H. Nishimura y S. Sakata, «Development of positive/negative pressure booth generating airflow for protection of medical staff from contagious respiratory pathogens», *J. Thorac. Dis.*, vol. 12, n.º 9, sep. 2020, doi: 10.21037/jtd-20-1607.
- [11] C. D. Seger *et al.*, «A novel negative pressure isolation device for aerosol transmissible COVID-19», *Anesth. Analg.*, vol. 131, n.º 3, pp. 664-668, 2020, doi: 10.1213/ANE.0000000000005052.
- [12] H.-T. Phu *et al.*, «Design and evaluation of a portable negative pressure hood with HEPA filtration to protect health care workers treating patients with transmissible respiratory infections», *Am. J. Infect. Control*, vol. 48, n.º 10, pp. 1237-1243, oct. 2020, doi: 10.1016/j.ajic.2020.06.203.
- [13] «Filtro HEPA con pliegues profundos». https://www.headfiltration.com/HEPA_air_filter/Deep%20pleat%20hepa%20air%20filter.html (accedido feb. 09, 2021).
- [14] D. A. Christopherson, W. C. Yao, M. Lu, R. Vijayakumar, y A. R. Sedaghat, «High-Efficiency Particulate Air Filters in the Era of COVID-19: Function and Efficacy», *Otolaryngol. Neck Surg.*, vol. 163, n.º 6, pp. 1153-1155, dic. 2020, doi: 10.1177/0194599820941838.

- [15] «Cámara de transporte y aislamiento BioBag -».
<http://www.egozlin.cz/es/24993-http-www.egozlin.cz-es-24993-camara-de-transporte-y-aislamiento-biovak> (accedido ene. 11, 2021).
- [16] «ESPECIFICACIONES-TÉCNICAS-PARA-ADQUISICIÓN-DE-CAMARAS-DE-AISLAMIENTO-PORTATIL.pdf». Accedido: ene. 26, 2021. [En línea].
 Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ESPECIFICACIONES-T%C3%89CNICAS-PARA-ADQUISICI%C3%93N-DE-CAMARAS-DE-AISLAMIENTO-PORTATIL.pdf>
- [17] «Frente al coronavirus, usamos guantes desechables, ¿sí o no?», *ELMUNDO*, abr. 19, 2020. <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2020/04/19/5e9b4a87fc6c83470a8b465e.html> (accedido feb. 01, 2021).
- [18] «i-ST-MA-03-Manual-de-Bioseguridad-y-Plan-de-Gestion-Integral-de-Residuos.pdf». Accedido: feb. 01, 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://uninavarra.edu.co/wp-content/uploads/2015/10/i-ST-MA-03-Manual-de-Bioseguridad-y-Plan-de-Gestion-Integral-de-Residuos.pdf>
- [19] #, «Procesos potenciales para eliminar el coronavirus de mascarillas N95», *Anesthesia Patient Safety Foundation*, mar. 26, 2020.
<https://www.apsf.org/es/news-updates/procesos-potenciales-para-eliminar-el-coronavirus-de-mascarillas-n95/> (accedido feb. 01, 2021).
- [20] «Protectores faciales podrían reemplazar a las mascarillas de tela contra la COVID-19», *102nueve Periódico Digital de El Salvador territorio del adulto joven*, abr. 30, 2020. <http://www.102nueve.com/2020/04/30/protectores-faciales-podrian-reemplazar-a-las-mascarillas-de-tela-contra-la-covid-19/> (accedido feb. 01, 2021).
- [21] R. J. Roark, W. C. Young, y R. G. Budynas, *Roark's formulas for stress and strain*, 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2002.
- [22] J. T. Menéndez *et al.*, *Fisiología Humana*. España: McGraw-Hill España, 2011.
 Accedido: ene. 19, 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://library.biblioboard.com/content/e57e7aa5-b97f-4b09-8839-6689a56fa5f5>
- [23] «La estatura de los ecuatorianos se incrementó en cuatro décadas.pdf».
- [24] «2250.pdf». Accedido: feb. 09, 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2250.pdf>
- [25] A. M. Rodríguez y A. Q. González, «Simulación mediante el método de los elementos finitos de una estructura metálica», p. 88.
- [26] «Acrilicos S.A. - 1.22m x 1.83m (4' x 6')».
<https://www.acrilicos.com/catalog/index/449> (accedido feb. 09, 2021).
- [27] «Home Page ES – S&P». <https://www.solerpalau.com/es-es/> (accedido feb. 09, 2021).
- [28] A. Meneses Arévalo, D. Toloza Cano, y J. A. Rincon, *Documento con las pruebas y caracterización del Paciente*. 2009. doi: 10.13140/RG.2.1.1085.4801.
- [29] R. F. Durá, M. C. Dasí, R. J. F. Salvá, A. Ferrer, y J. M. T. Martínez, «CLIMATIZACIÓN Y SALUD EN PROYECTOS DE INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO», p. 14.
- [30] «Materia prima», *Economipedia*, nov. 16, 2015.
<https://economipedia.com/definiciones/materia-prima.html> (accedido feb. 12, 2021).

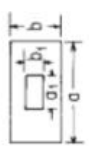
15. Anexos

15.1. Fórmulas para cálculo de placas planas y espesor constante

SEC. 11.14]

Flat Plates 503

TABLE 11.4 Formulas for flat plates with straight boundaries and constant thickness (Continued)

1c. Uniform over central rectangular area		(At center) $\sigma_{\max} = \sigma_y = \frac{\beta W}{f^2}$ where $W = q\alpha_1 b_1$																	
		α_1/b			$\alpha = b$				$\alpha = 1.4b$				$\alpha = 2b$						
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0	0.2	0.4	0.8	1.2	1.4	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
		0	1.82	1.38	1.12	0.93	0.76	1.78	1.43	1.23	0.95	0.74	0.64	1.73	1.31	1.03	0.84	0.68	0.57
		0.2	1.82	1.28	1.08	0.90	0.76	1.39	1.13	1.00	0.80	0.62	0.55	1.32	1.08	0.88	0.74	0.60	0.50
		0.4	1.39	1.07	0.84	0.72	0.62	1.10	0.91	0.82	0.68	0.53	0.47	1.04	0.90	0.76	0.64	0.54	0.44
		0.6	1.12	0.90	0.72	0.60	0.52	0.90	0.76	0.68	0.57	0.45	0.40	0.87	0.76	0.63	0.54	0.44	0.38
		0.8	0.92	0.76	0.62	0.51	0.42	0.75	0.62	0.57	0.47	0.38	0.33	0.71	0.61	0.53	0.45	0.38	0.30
		1.0	0.76	0.63	0.52	0.42	0.35	0.30	0.25	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
		(Values from charts of Ref. 8; $\nu = 0.3$.)																	
1d. Uniformly increasing length		$\sigma_{\max} = \frac{\beta qb^2}{f^2}$ and $y_{\max} = \frac{-zqb^4}{Et^3}$																	
		α/b	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0										
		β	0.16	0.26	0.34	0.38	0.43	0.47	0.49										
		z	0.022	0.043	0.060	0.070	0.078	0.086	0.091										
		(Values from charts of Ref. 8; $\nu = 0.3$.)																	
1e. Uniformly increasing width		$\sigma_{\max} = \frac{\beta qb^2}{f^2}$ and $y_{\max} = \frac{-zqb^4}{Et^3}$																	
		α/b	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0										
		β	0.16	0.26	0.32	0.35	0.37	0.38	0.38										
		z	0.022	0.042	0.056	0.063	0.067	0.069	0.070										
		(Values from charts of Ref. 8; $\nu = 0.3$.)																	

15.2. Requerimientos de la Norma INEN 2 250

NTE INEN 2 250

2000-07

TABLA 2. Requisitos mecánicos

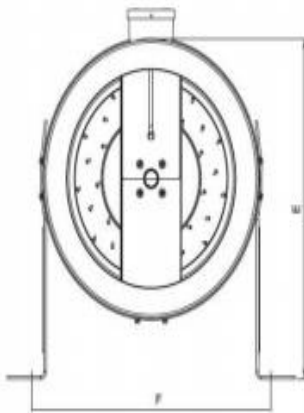
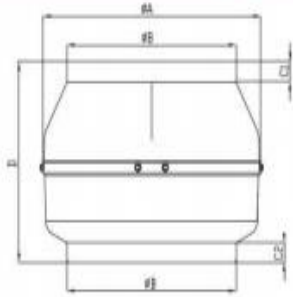
ALEACIÓN DESIGNACIÓN		TEMPLE Designación	ESPESOR e	Resistencia a la tracción (MPa)	Limite de fluencia (MPa)	Alargamiento en 50 mm (%)
ISO	ASTM	ISO (ASTM)	(mm)	mínimo	mínimo	mínimo
Al 995	1050 A	M (H112)	2,5 < e < 30	65	20	23
Al 990 Cu	1100	M (H112)	e < 30	75	20	18
Al 99,0	1200	M (H112)	2,5 < e < 30	75	25	18
Al Mn 1	3103	M (H112)	e > 2,5	95	35	17
Al Mn 1 Cu	3003	M (H112)	Todos	95	35	22
Al Mg 3	5754	M (H112)	e > 3,0	180	80	14
Al Mg3 Mn	5454	M (H112)	e > 3,0	215	100	14
Al Mg 4 Mn 0,7	5083	M (H112)	e > 3,0	270	140	12
Al Mg Si	6060	TF (T5)	e < 12,5	150	110	8
		TF (T6)	e < 15	190	150	8
Al Mg 0,7 Si	6063	TE (T5)	e < 12,5	150	110	8
			12,5 < e < 25	145	105	7
		TF (T6)	e < 3,2	205	170	8
			3,2 < e < 25	205	170	10
Al Si Mg (A)	6005 A	TE (T5)	e < 8	250	200	8
		TF (T6)	e < 6	270	225	8
			e > 6	260	215	8
Al Mg 1 Si Cu	6061	TB (T4)	e < 25	180	110	16
		TF (T6)	e < 6,3	270	225	8
			6,3 < e < 25	260	240	10
Al Si 1 Mg Mn	6082 A	TB (T4)	e < 15	205	110	14
		TF (T5)	e < 15	290	250	8
		TF (T6)	e < 15	310	260	7
			e > 15	300	240	8

NOTA: El ensayo de tracción debe realizarse de acuerdo a lo indicado en 8.3 de esta norma

6.1.4.2. Los valores no establecidos en la tabla 2 deben ser acordados entre el productor y el comprador y se especificaran en la orden de compra.

15.3. Dimensiones de los extractores disponibles en el mercado local

Technical Drawings



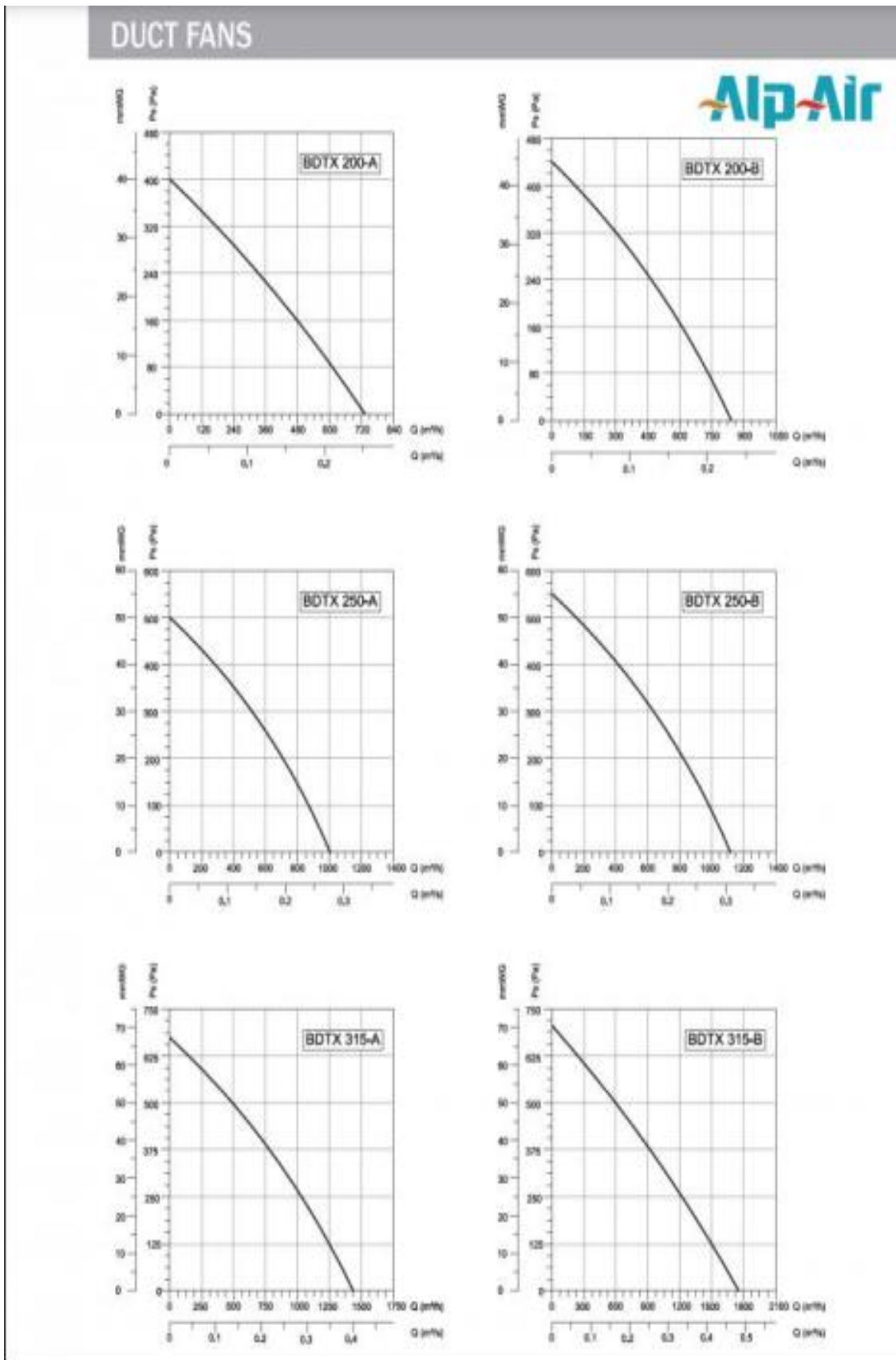
- MATERIAL** : The housing is made of electrostatic powder coated sheet iron, impeller is made of galvanized sheet metal. Housing forming is proceeded by stamps for proper fit.
- INSULATION CLASS** : Class B, Class F
- DIRECTIVE** : EN 60335-1, EN 60335-2-80
- PROTECTION OF MOTOR**: Thermal overload protection is available upon request. (Connector box- IP 55)
- SPEED CONTROL** : Speed can be adjusted using an optional controller.
- APPLICATION AREAS** : For industrial and constructional applications, in factories, hospitals, night clubs, offices, kitchens, bathrooms, theaters, condominiums, restaurants, etc.



TYPE	A	B	C1	C2	D	E	F
BDTX 100	245	97	22	22	197	273	268
BDTX 125	245	122	20	20	188	273	268
BDTX 150B	272	147	23	25	192	286	295
BDTX 160A	272	157	23	25	192	286	295
BDTX 200A	330	196	30	28	230	380	352
BDTX 200B	330	196	30	28	230	380	352
BDTX 250A	330	247	30	28	227	380	352
BDTX 250B	330	247	30	28	227	380	352
BDTX 315A	400	313	30	30	285	415	422
BDTX 315B	400	313	30	30	285	415	422
BDTX 355	400	352	30	30	378	415	422

Dimensions are in (mm)

15.4. Curvas de relacion Caudal-Presiones para la selección del dispositivo de Extraccion



15.5. Características y dimensiones de los Filtros HEPA disponibles en el mercado local

SERVICE CALL: +86(0)757 6684 8857

Deep-pleat HEPA filter



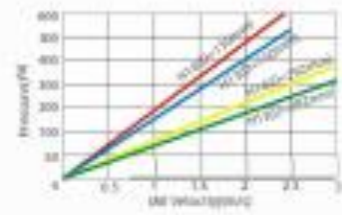
- Low resistance
- High dust capture capacity
- Good air flow penetration uniformity
- High arrestance efficiency (majorly capture of particles of 0.3 or 0.5 μ m)



Application

Commercial and industrial ventilation systems, intermediate or end filter of air conditioning systems.

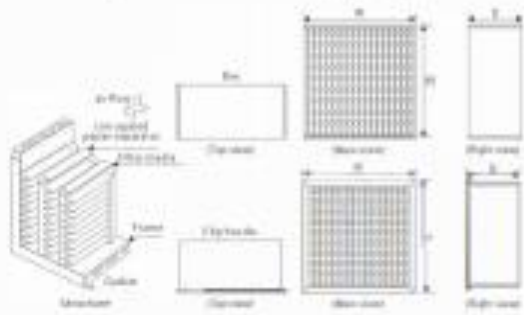
- Clean room fresh air conditioning system, end filter of clean room.
- Main air filtration of FFU air cleaning equipment.
- Wide application in electronics, optics, semiconductor, coating, chemical, cosmetics, pharmacy, hospitals and automobile industries.



Technical Parameters

Filtration grade: H10, H11, H12, H13, H14(N70%)
Porosity: 99.5 μ m, 99.2 μ m
Efficiency: 99%, 99.9%, 99.99%, 99.999% (at 0.3 μ m)

Humidity: $\leq 100\%$
Resistance to temperature: $\leq 80^\circ\text{C}$
Instantaneous temperature resistance: $\leq 100^\circ\text{C}$



Material & Features


- Fiber material: ultra-fine glass fiber filter paper, artificial fiber filter paper.
- Separator: corrugated double glue paper or corrugated aluminum foil.
- Outer frame: aluminum alloy frame, galvanized steel frame, stainless steel frame, plastic frame or wooden frame.
- Sealant glue: All component glue.
- Sealant strip: foamed DSK.

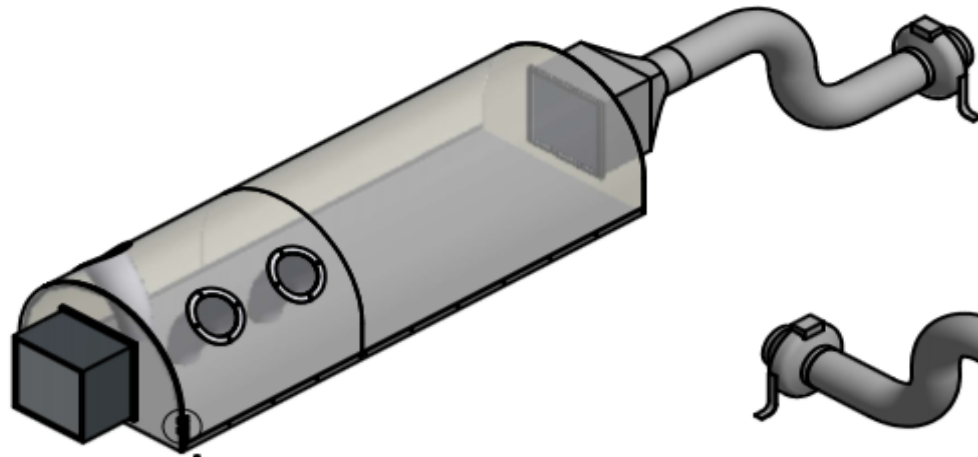
Technical Specification

Dimensions			Rated air flow m ³ /h	Initial pressure drop (Pa)			Filtration efficiency (%)
W(mm)	H(mm)	Depth		0.2 μ m	0.5 μ m	0.7 μ m	
320-1220	320-1220	320-1220	400				99% 99.9% 99.99% 99.999%
480-1800	480-1800	480-1800	1000				
610-2400	610-2400	610-2400	1000	4.120	4.220	4.240	
910-3400	910-3400	910-3400	1700				
1210-4400	1210-4400	1210-4400	2400				

Note: Other specifications for reference.

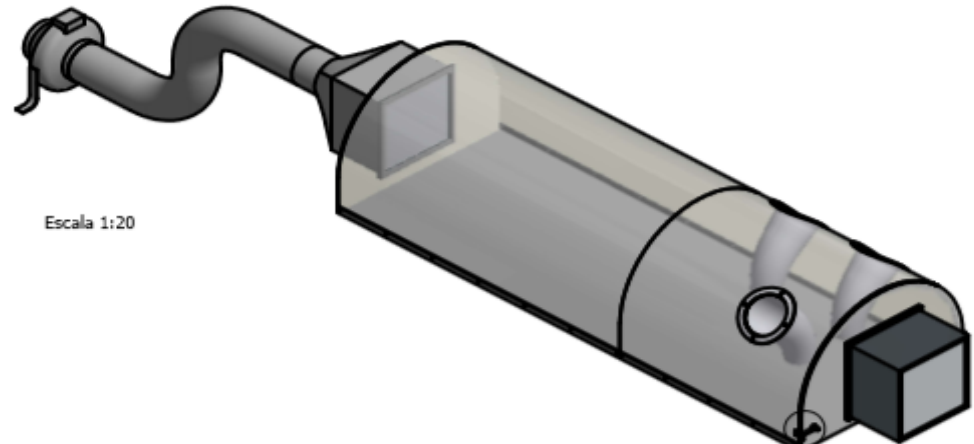
15.6. Cotización de Filtros y sistema de extracción

 SOLDEINSA CIA. LTDA SOLUCIONES EN PROYECTOS DE INGENIERÍA MECÁNICA		AIRE ACONDICIONADO VENTILACIÓN MECÁNICA REFRIGERACION INDUSTRIAL SISTEMAS DE VAPOR E INCENDIOS			
Rocafda 0a7-154 y Muniva Email: gerencia@soldeinsa.com Quito - Ecuador 023200110 / 0993742565 WWW.SOLDEINSA.COM					
OFERTA of19112					
QUITO, 19 de diciembre 2020		PROFORMA S-1912-2020			
Señores:					
Atención: Ing Bairon Pinguil					
De nuestras consideraciones:					
A continuación presentamos la siguiente oferta:					
PROYECTO:					
EMPRESA:		PROVINCIA: PICHINCHA			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
SUMINISTRO Y EXTRACCION DE AIRE					
M001	Filtro Hepa 12"x12"x6" 99,97	U	2,00	100,00	200,00
M002	extractor DBTX 200A	U	1,00	150,00	150,00
M003	caja porta ventilador y filtro	U	1,00	120,00	120,00
				TOTAL	\$ 470,00
ESTE VALOR NO INCLUYE IVA					



Escala 1:20

A



Escala 1:20

B

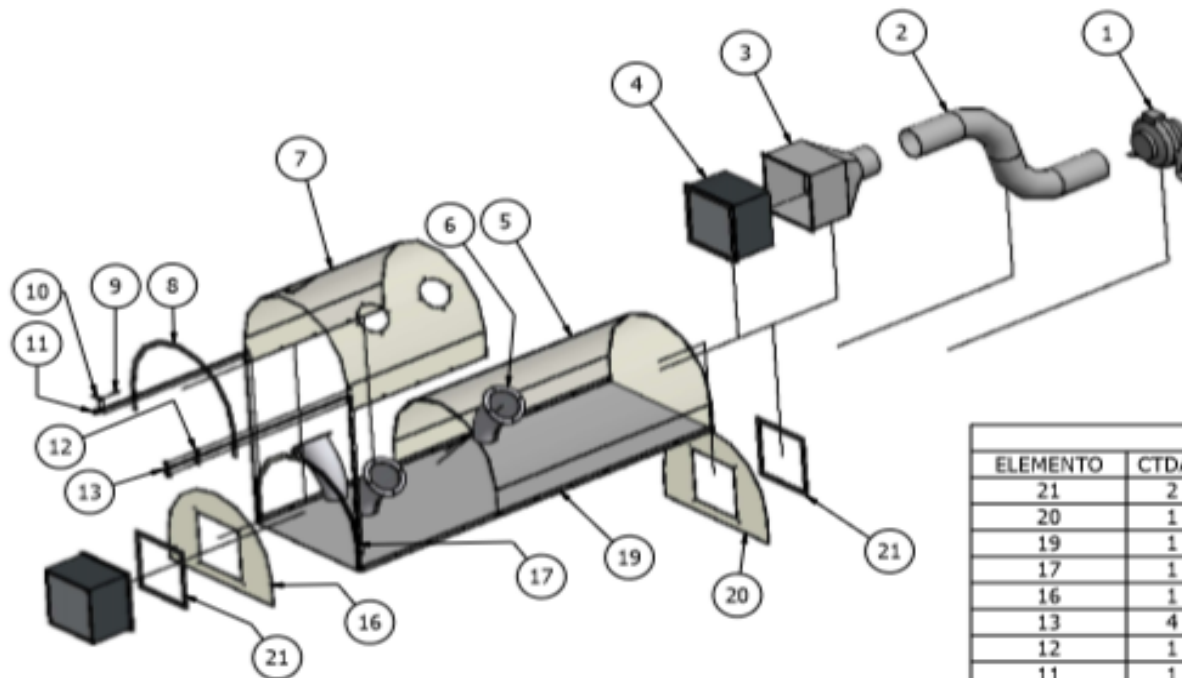
A (1:5)



B (1:5)



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	<i>Vista Isométrica</i> <i>Cámara de Aislamiento</i>		<i>Ingeniería Mecánica</i> <hr/> <i>Lámina N° 1/17</i>

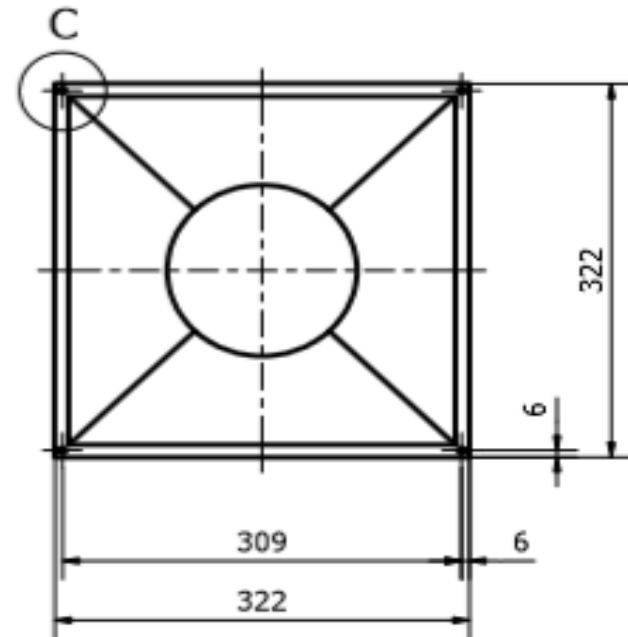
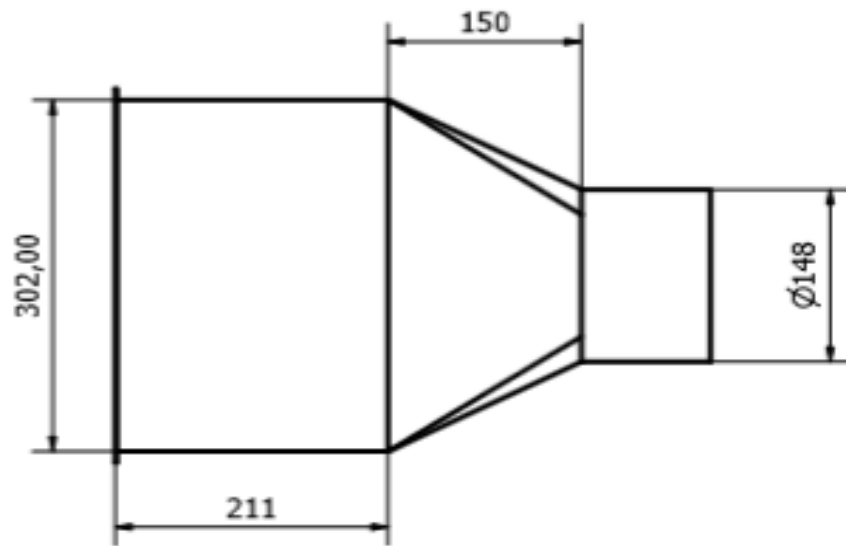


Escala 1:20

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL
21	2	Empaque Filtros	EVA
20	1	Puerta_posterior	Acrílico
19	1	base	Aluminio 5083
17	1	Marcos	Acrílico
16	1	Puerta_ingreso	Acrílico
13	4	bisagra	Aluminio 5083
12	1	Angulo	Aluminio 5083
11	1	Seguro_fijo	Aluminio 5083
10	1	Seguro_movil	Aluminio 5083
9	1	Sujetador Seguro movil	Acero 304
8	1	Empaque de Marcos	EVA
7	1	cabina lado paciente	Acrílico
6	3	Anillo Superior de Mangas	Teflón
5	1	cabina	Acrílico
4	2	Filtro HEPA	
3	1	Toma de Extraccion	Aluminio 5083
2	1	Ducto Flexible	Aluminio 5083
1	1	Extractor	

	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
Dibujado	22/03/21	BARON PINGUL	
Comprobado	22/04/21	ING. NELSON JARA	
ESCALA: Indicadas	Despiece Cámara de Aislamiento		Ingeniería Mecánica Lámina Nº 2/17

Escala 1:5




C (1:2)



Espesor=1.5mm

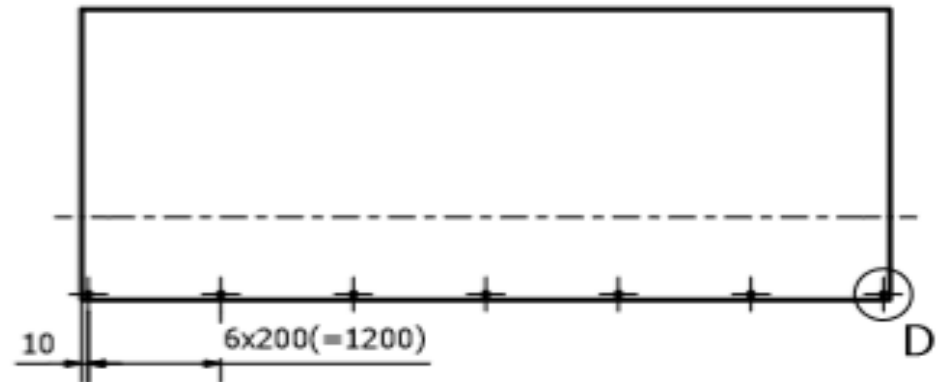
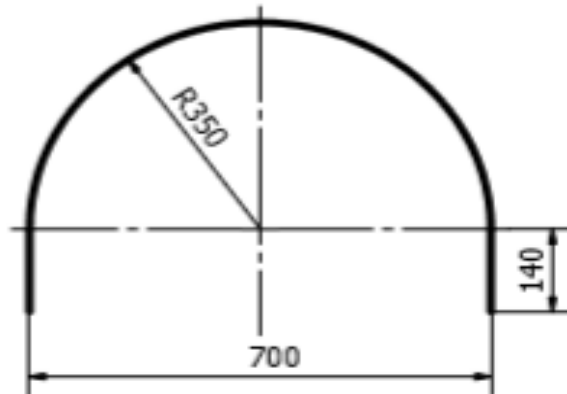
LISTA DE PIEZAS

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL
3	1	Toma de Extraccion	Aluminio 5083

	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
Dibujado	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
Comprobado	22/04/21	ING. NELSON JARA	

ESCALA: Indicadas	<i>Cámara de Aislamiento</i>	Ingeniería Mecánica
		Lámina Nº 3/17


Escala 1:10

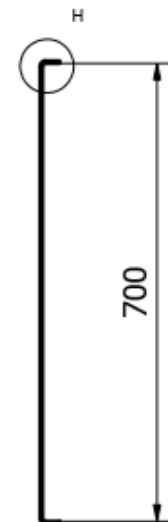
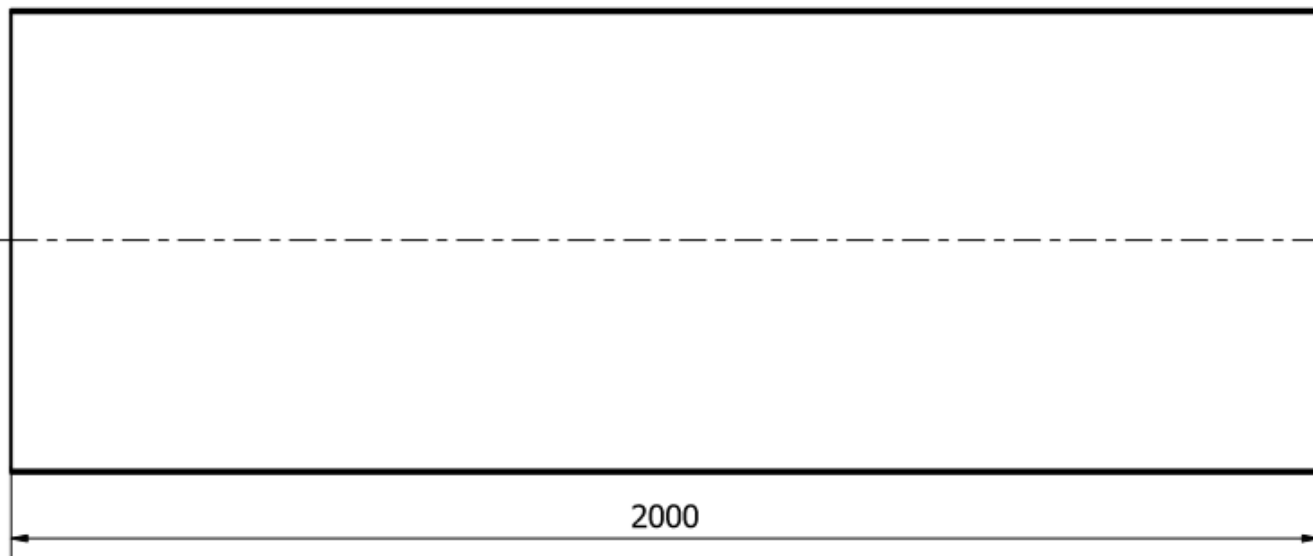
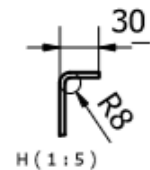
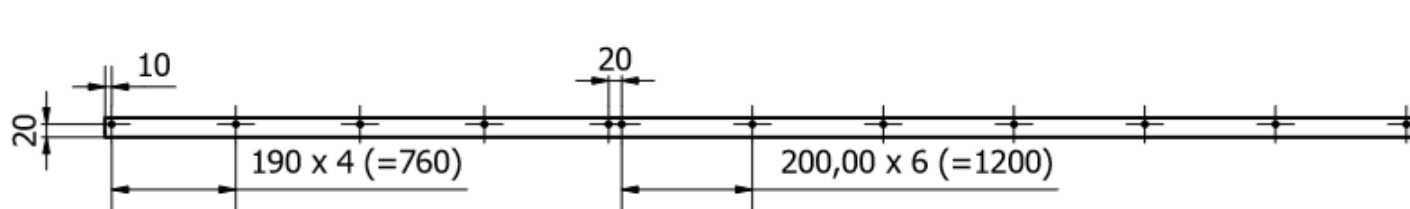


D (1:2)



Esesor = 4mm

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
5	1	cabina	Acrílico
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	<i>Cámar de Aislamiento</i>		<i>Ingeniería Mecánica</i>
			<i>Lámina Nº 4/17</i>



Espesor = 3/16"

Escala 1:10

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
19	1	base	Aluminio 5083

	Fecha	Nombre
Dibujado	22/03/21	BAIRON PINGUIL
Comprobado	22/04/21	ING. NELSON JARA



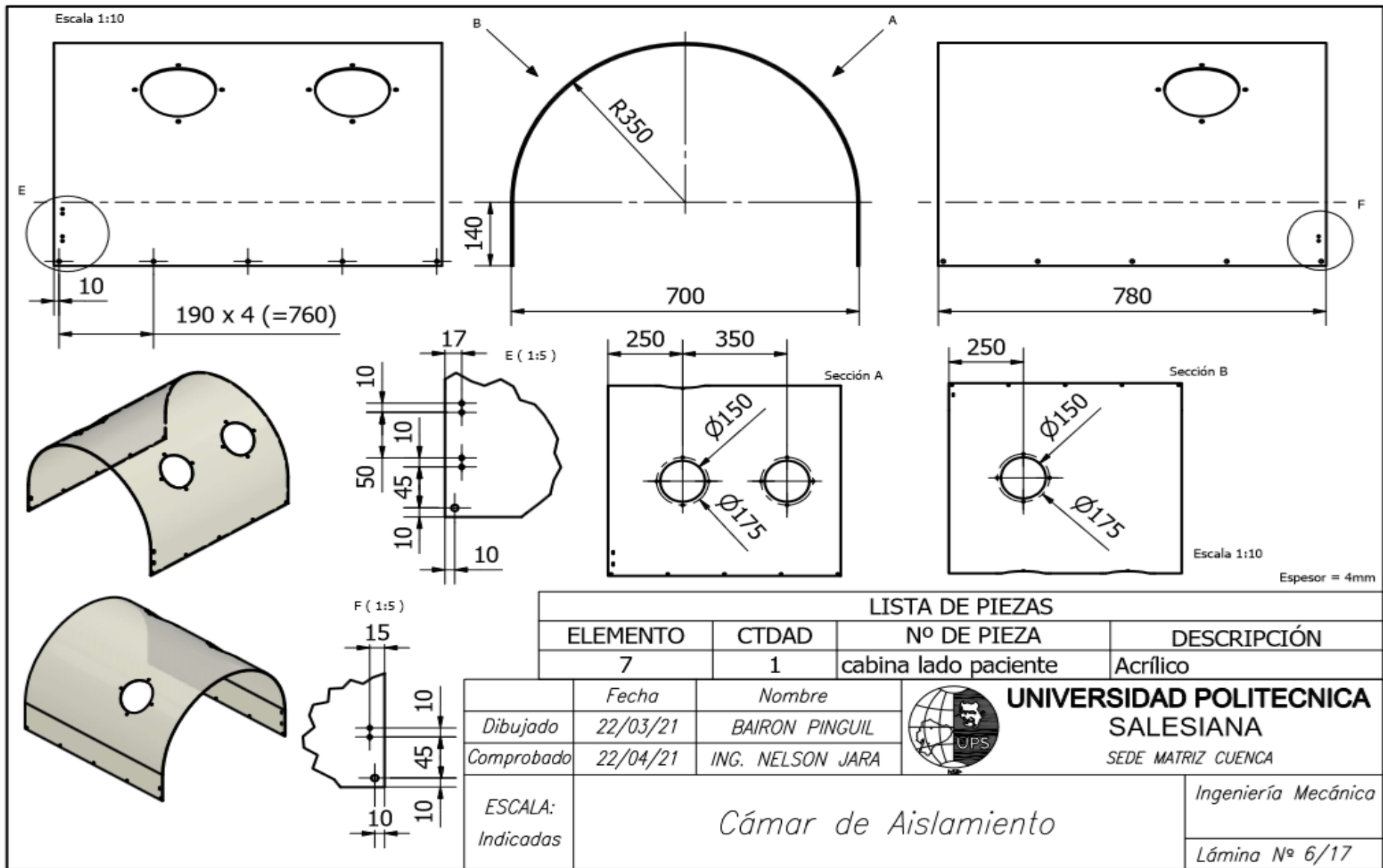
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE MATRIZ CUENCA

ESCALA:
Indicadas

Cámara de Aislamiento

Ingeniería Mecánica

Lámina Nº 5/17



LISTA DE PIEZAS

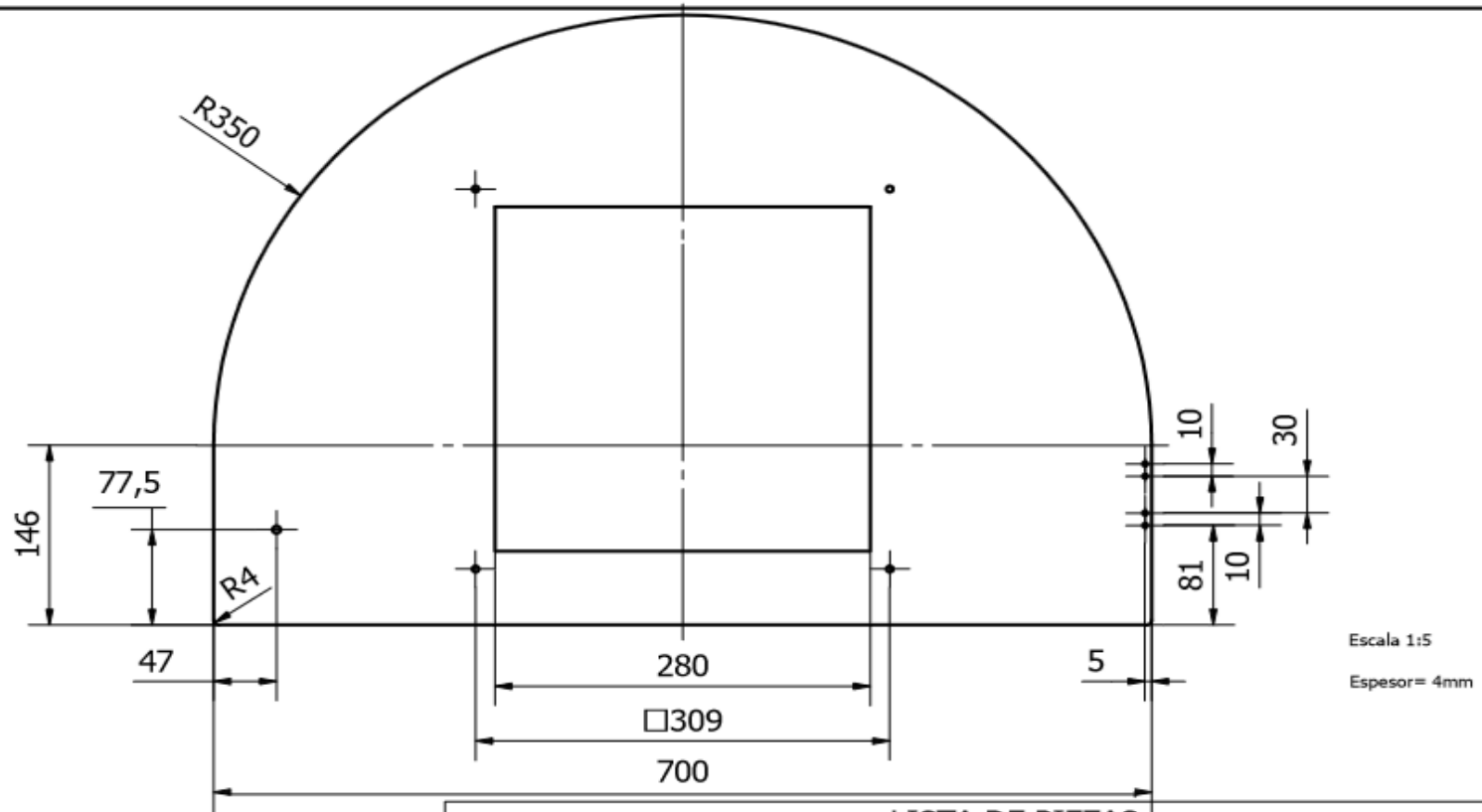
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
7	1	cabina lado paciente	Acrílico

	Fecha	Nombre
Dibujado	22/03/21	BAIRON PINGUIL
Comprobado	22/04/21	ING. NELSON JARA



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE MATRIZ CUENCA

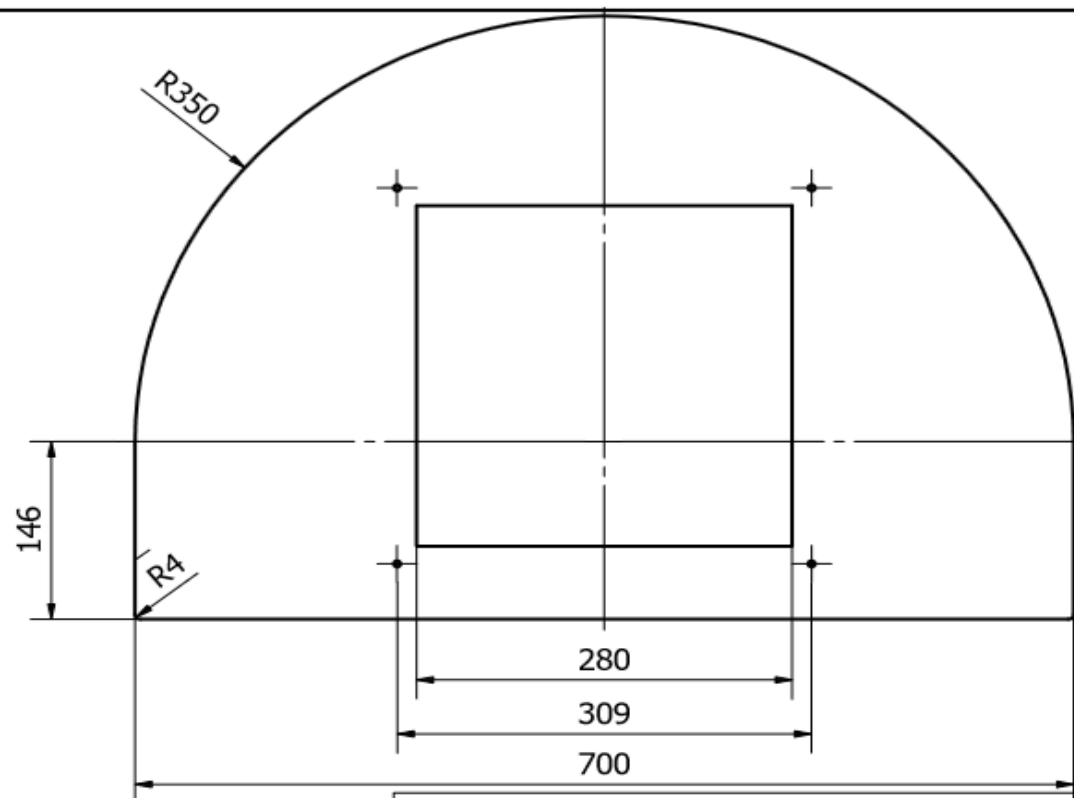
ESCALA: Indicadas	<i>Cámar de Aislamiento</i>	Ingeniería Mecánica
		Lámina Nº 6/17



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
16	1	Puerta_ingreso	Acrilico

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	<i>Cámar de Aislamiento</i>		<i>Ingeniería Mecánica</i>
			<i>Lámina Nº 7/17</i>

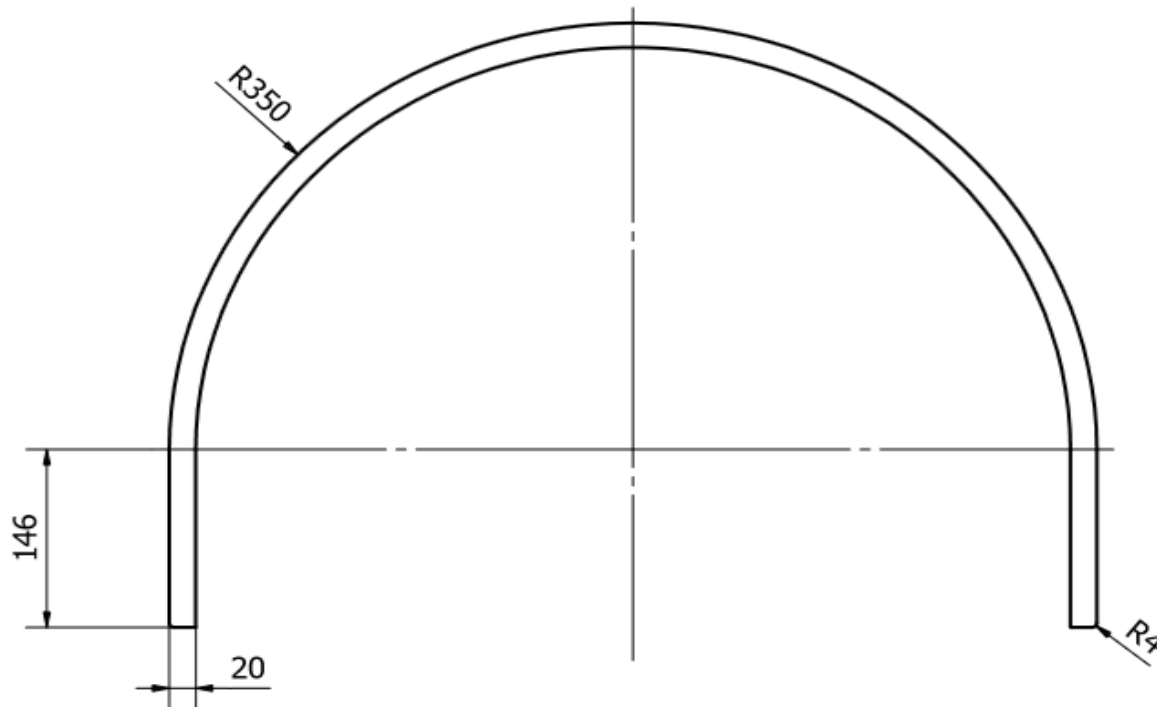


Escala 1:5
Espesor= 4mm

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
20	1	Puerta_posterior	Acrílico

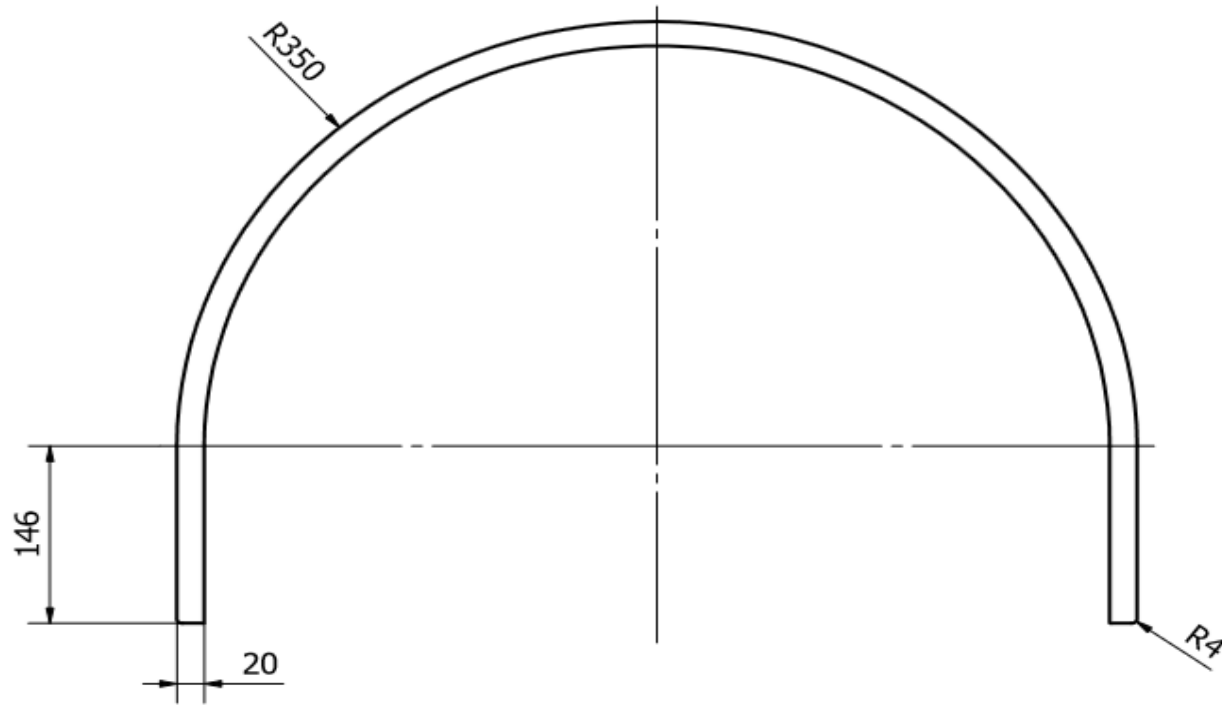
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	<i>Cámar de Aislamiento</i>		<i>Ingeniería Mecánica</i>
			<i>Lámina Nº 8/17</i>



Escala 1:5
Espesor= 4mm

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
17	1	Marcos	Acrilico

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	Cámar de Aislamiento		Ingeniería Mecánica
			Lámina Nº 9/17

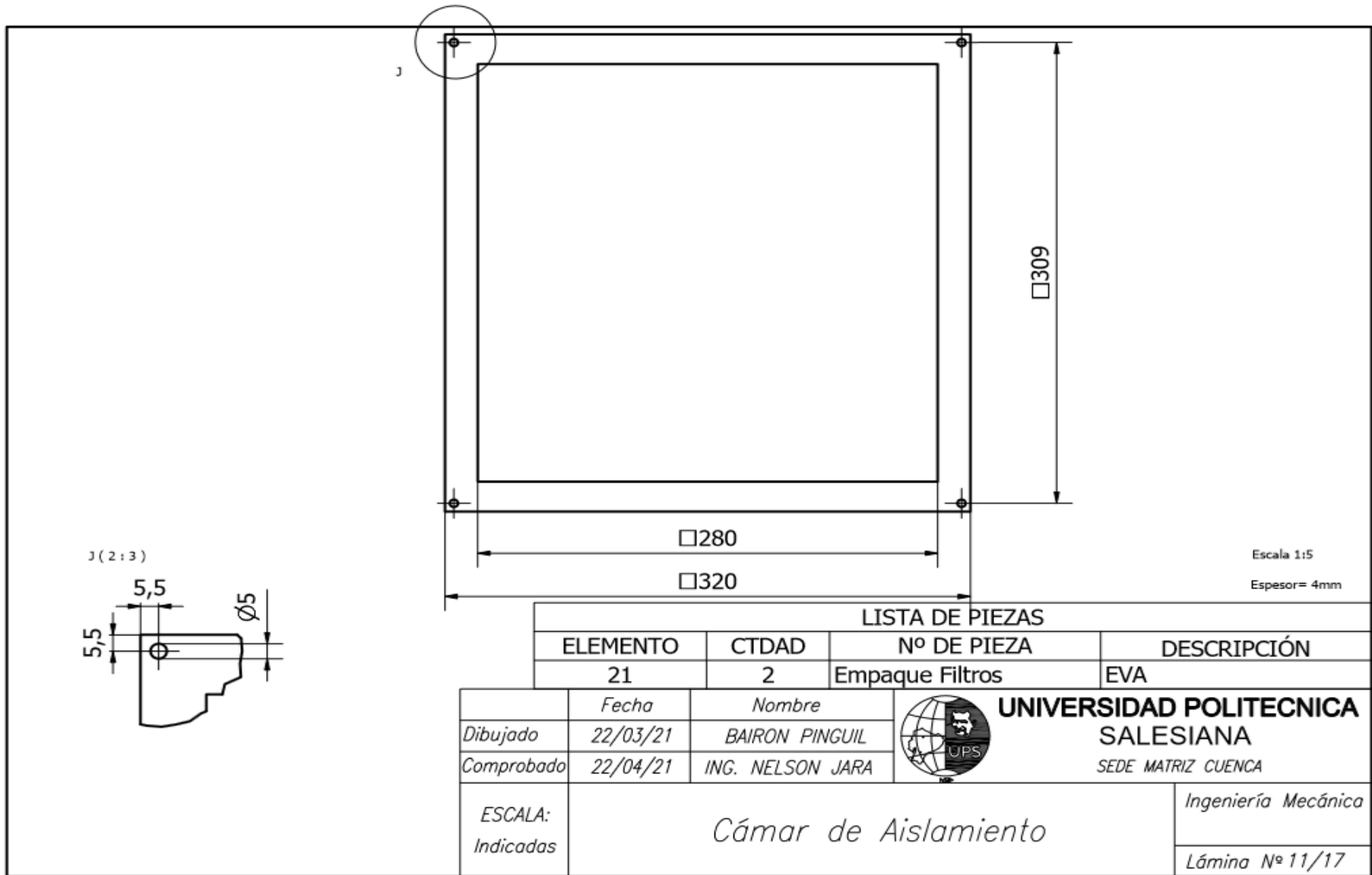


Escala 1:5
Espesor= 4mm

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
8	1	Empaque de Marcos	EVA

	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
Dibujado	22/03/21	BAIRON PINGUIL		
Comprobado	22/04/21	ING. NELSON JARA		
ESCALA: Indicadas	<i>Cámar de Aislamiento</i>			Ingeniería Mecánica
				Lámina Nº 10/17



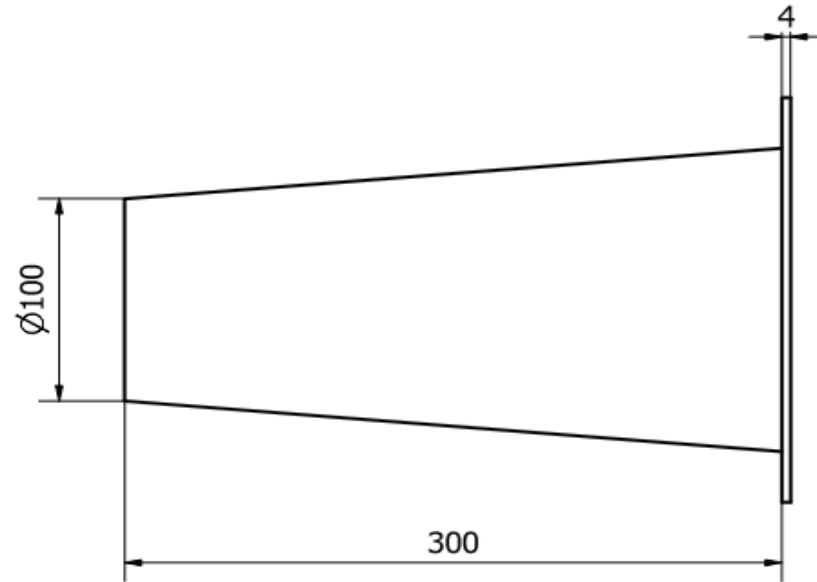
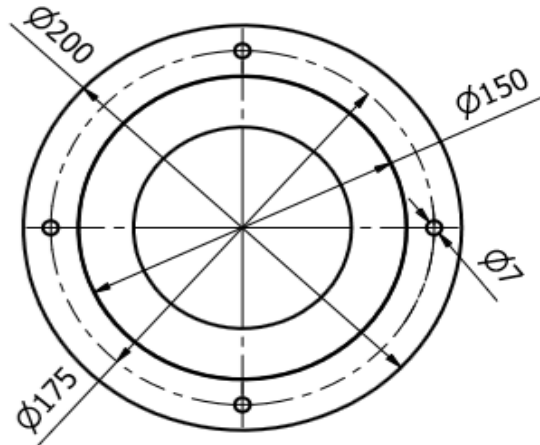
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
21	2	Empaque Filtros	EVA

	Fecha	Nombre
Dibujado	22/03/21	BAIRON PINGUIL
Comprobado	22/04/21	ING. NELSON JARA



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE MATRIZ CUENCA

ESCALA: Indicadas	Cámar de Aislamiento	Ingeniería Mecánica
		Lámina Nº 11/17

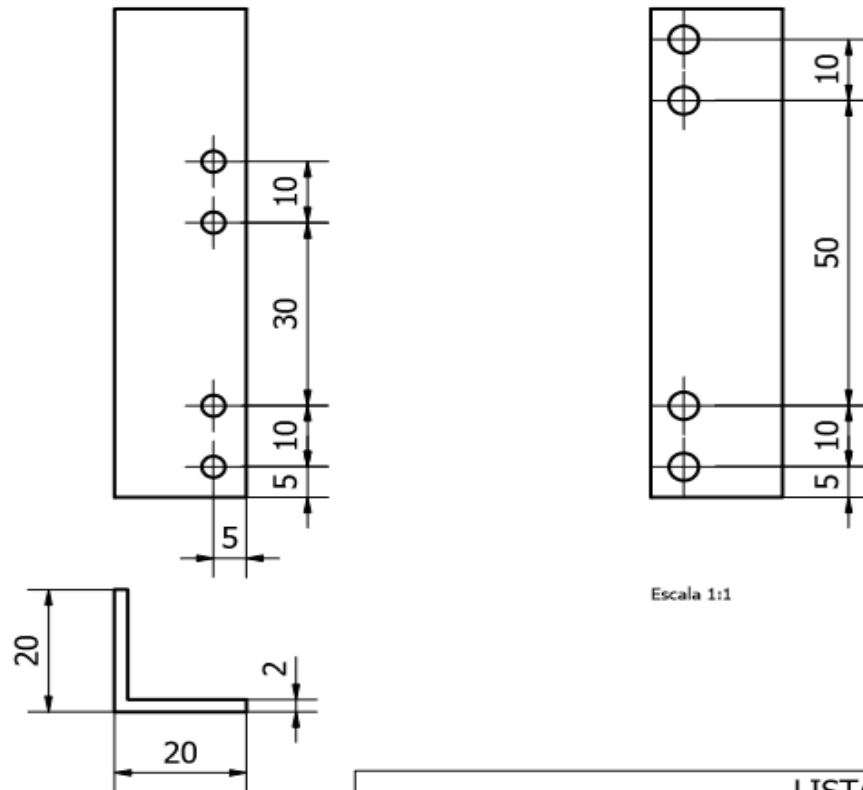


Escala 1:2



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
6	3	Anillo Superior de Mangas	Teflón

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	<i>Cámara de Aislamiento</i>		<i>Ingeniería Mecánica</i>
			<i>Lámina Nº 12/17</i>



Escala 1:1

LISTA DE PIEZAS

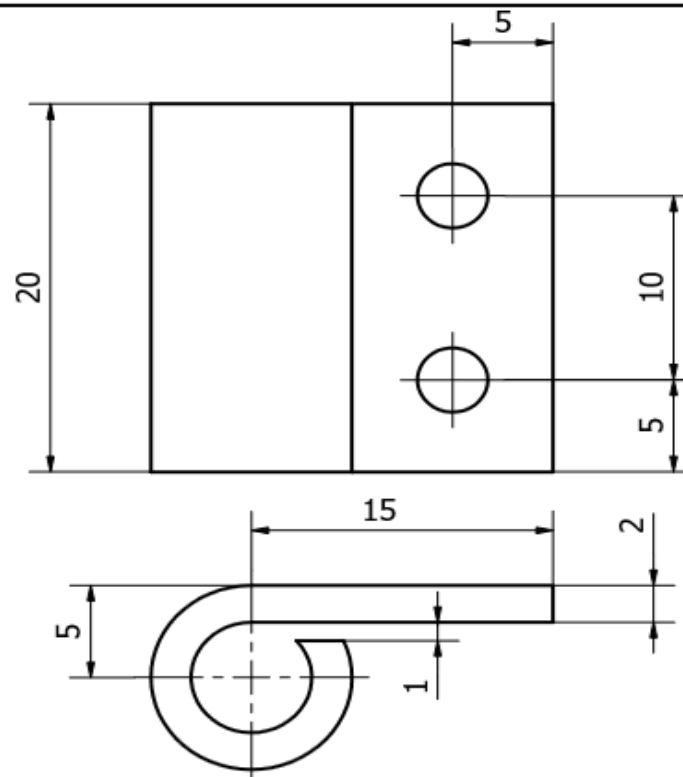
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
12	1	Angulo	Aluminio 5083

	Fecha	Nombre
Dibujado	22/03/21	BAIRON PINGUIL
Comprobado	22/04/21	ING. NELSON JARA



**UNIVERSIDAD POLITECNICA
SALESIANA**
SEDE MATRIZ CUENCA

ESCALA: Indicadas	Cámar de Aislamiento	Ingeniería Mecánica
		Lámina Nº 13/17

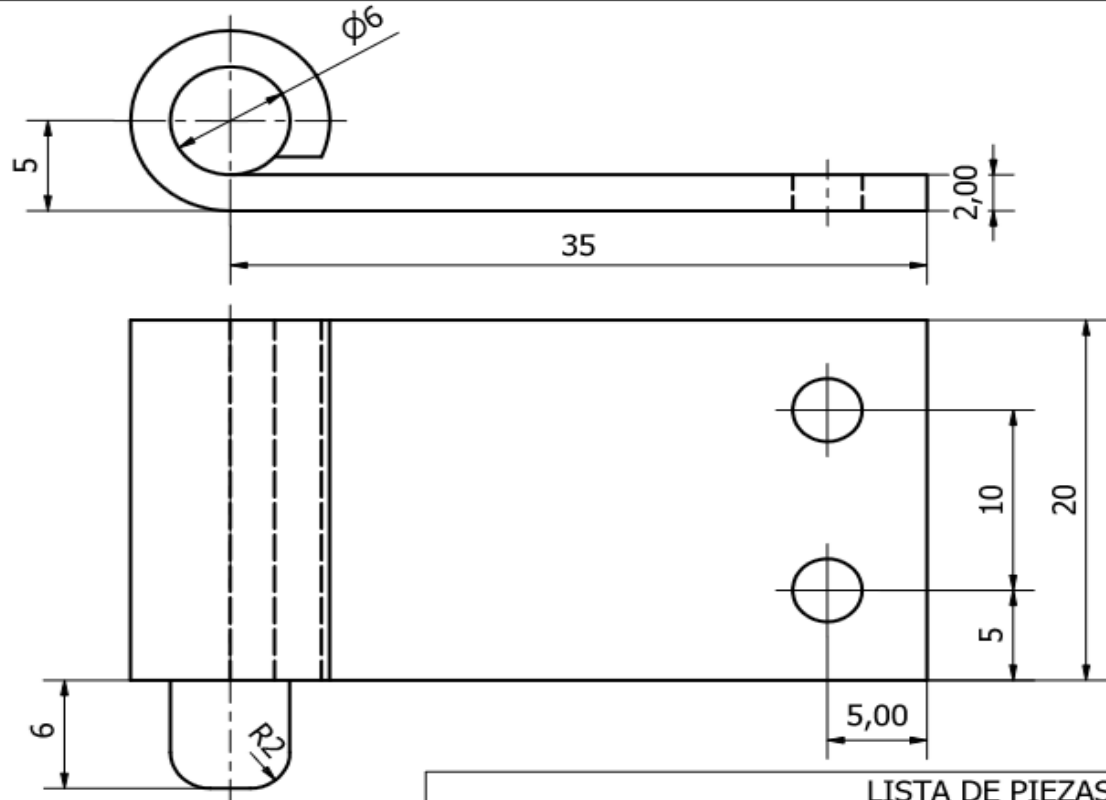


Escala 3:1

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
13	4	bisagra	Aluminio 5083

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	<i>Cámar de Aislamiento</i>		<i>Ingeniería Mecánica</i>
			<i>Lámina Nº 14/17</i>



Escala 3:1

LISTA DE PIEZAS

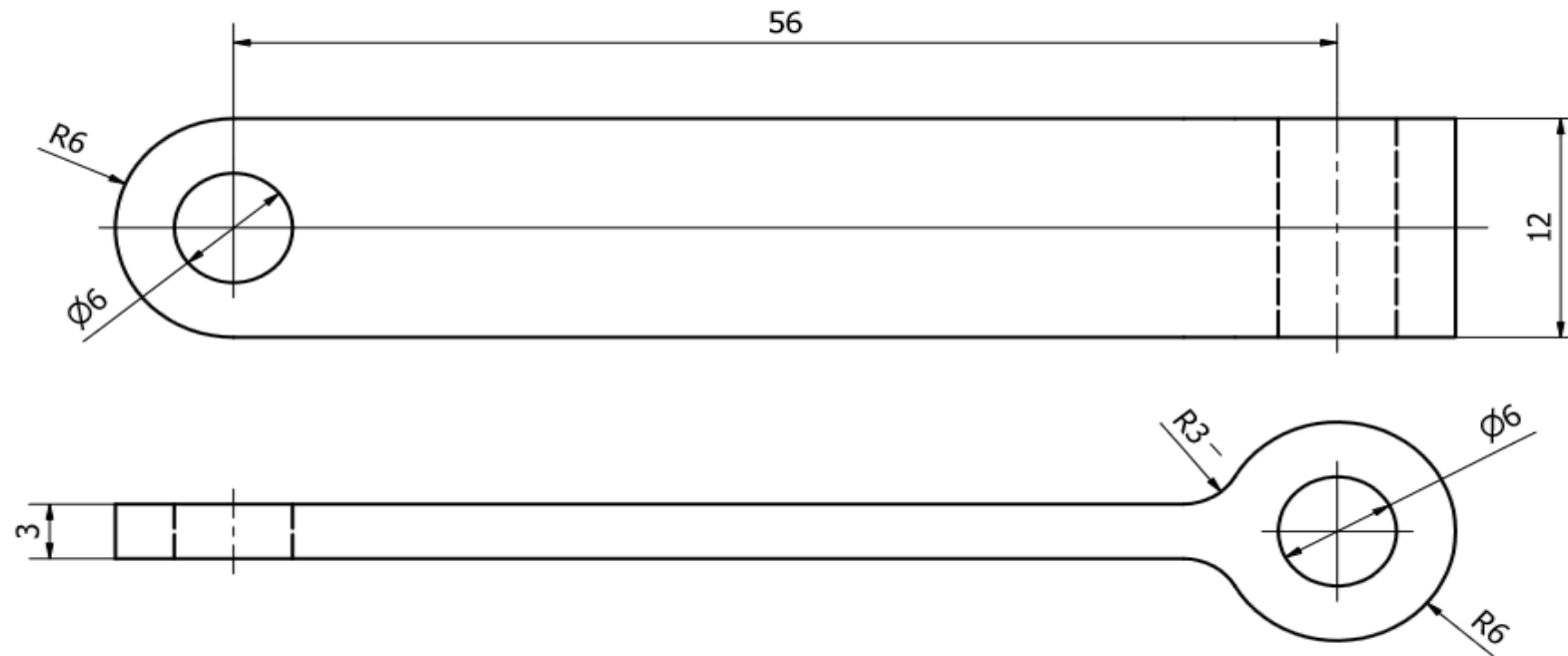
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
11	1	Seguro fijo	Aluminio 5083

	Fecha	Nombre
Dibujado	22/03/21	BAIRON PINGUIL
Comprobado	22/04/21	ING. NELSON JARA



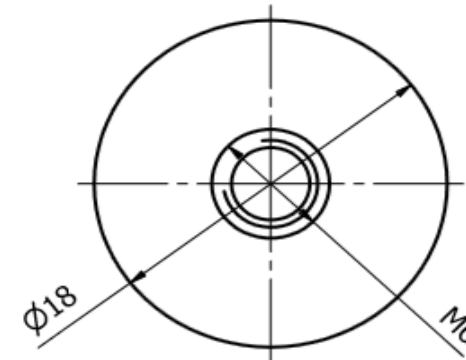
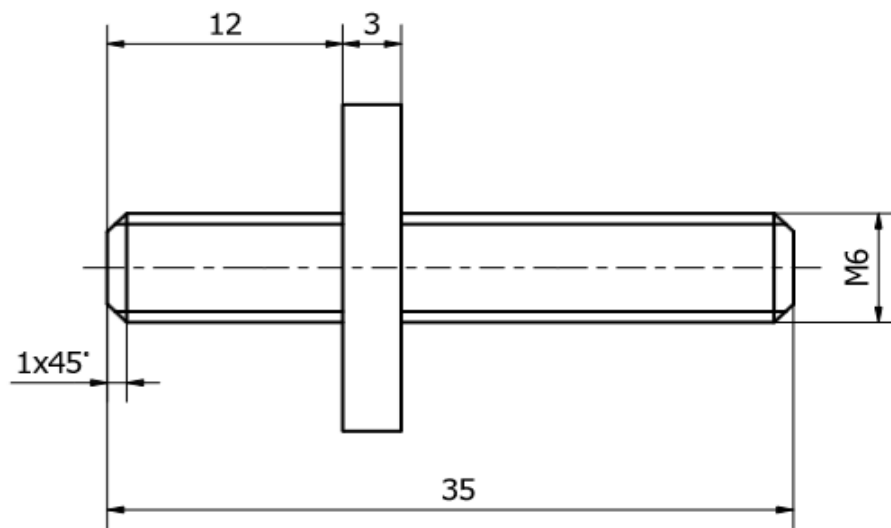
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE MATRIZ CUENCA

ESCALA: Indicadas	Cámar de Aislamiento	Ingeniería Mecánica
		Lámina Nº 15/17



Escala 3:1

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
10	1	Seguro_movil	Aluminio 5083
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	<i>Cámar de Aislamiento</i>		<i>Ingeniería Mecánica</i>
			<i>Lámina Nº 16/17</i>



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
9	1	Sujetador Seguro movil	Acero 304

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
<i>Dibujado</i>	22/03/21	BAIRON PINGUIL	
<i>Comprobado</i>	22/04/21	ING. NELSON JARA	
<i>ESCALA:</i> <i>Indicadas</i>	<i>Cámar de Aislamiento</i>		<i>Ingeniería Mecánica</i>
			<i>Lámina Nº 17/17</i>