

Documentación, análisis y reflexión sobre el proceso de diseño de un respirador de alto flujo

Trabajo Final de Grado - Plan 2013

Autores:

Franco Pacilio - 4.856.039-3

Gabriel Maassardjian - 4.801.149-9

Tutora:

Sarita Etcheverry, EUCD - FADU, G4

Co-tutor:

Alejandro Gutierrez, FING, G4



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo
UDEL



Escuela Universitaria
Centro de Diseño



Agradecimientos

Queremos agradecer a las instituciones de la UdelaR; EUCD, FIng y Fmed por hacer posibles los proyectos interdisciplinarios que se dieron en el transcurso de la pandemia.

A los referentes del Fondo Covid-19 Udelar, Espacio Interdisciplinario, Junta Departamental de Montevideo y a Fundación Ricaldoni por el apoyo financiero para la realización de los proyectos y los tres prototipos de OAF.

A los docentes que originalmente conformaban el equipo de diseño, por convocar a estudiantes como nosotros para integrarnos de forma activa y participativa.

A Rodrigo Beltrameli y su equipo por recibirnos y atender nuestras consultas de manera cálida y atenta en el Hospital de Clínicas.

A Rafael Canetti por responder nuestras preguntas y facilitarnos información desde su área, y a Ignacio Franco por recibirnos y ayudarnos durante las jornadas en los talleres de la FIng.

A Katherine Lima, Mariana da Luz y Patricia Larrosa por sus aportes esenciales sobre ergonomía que posteriormente nos basamos para seguir el trabajo de grado.

A Mauricio Passegi por su buena disposición hacia nosotros durante los proyectos interdisciplinarios.

A Sarita Etcheverry y Alejandro Gutierrez, quienes fueron nuestros principales guías durante el proyecto de Alto Flujo y posteriormente tutores en la elaboración de este trabajo de grado.

Al tribunal de este T.G, por sus valiosos aportes, consejos y recomendaciones.

Queremos dedicar cálidos agradecimientos a nuestras familias, amigos y pareja que nos acompañaron y motivaron durante este proceso

Por último un saludo y agradecimiento especial a Santiago Merlo, tercer integrante del equipo de diseño con quien codo a codo desarrollamos todas las soluciones con su ingenio, buen humor y valiosos aportes sobre tecnología.

ÍNDICE

1 **INTRODUCCIÓN** 4

Resumen
Objetivos
Metodología
Glosario

2 **ANTECEDENTES** 10

Internacionales
Investigación local
VentUy - Ventilador de
Emergencia

3 **PROYECTO "OAF"** 29

Oxigenoterapia
Proyecto "OAF"
Objetivos del Proyecto

4 **DINÁMICA DE TRABAJO** 38

Virtualidad
Idear, fabricar y probar
Requisitos del Producto

5 **CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO** 49

Descripción general
Componentes externos
Componentes internos

6 **ANÁLISIS ERGONÓMICO** 63

Situación de uso
Interfaz con el usuario
Análisis ergonómico
Validación del producto

7 **CORRECCIONES Y OPTIMIZACIONES** 71

Modelo 3D
Caja electrónica
Envolvente metálica
Soportes de válvulas

8 **REFLEXIONES Y CONCLUSIONES** 81

Interdisciplina y Virtualidad
Ideación y fabricación digital
Reflexiones finales

9 **BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS** 94

Entrevistas
Proceso de diseño
Antecedentes ergonómicos

CAPÍTULO 1

Introducción

Resumen
Objetivos
Metodología
Glosario



Resumen

En el marco de la pandemia mundial provocada por el virus Sars-Cov 2, los sistemas sanitarios de los países más afectados sufren una saturación por falta de recursos médicos. Nuestro país podría encontrarse en esta situación si ciertas medidas preventivas no son llevadas a cabo en su debido momento.

A raíz de esto, desde la Universidad de la República se ejecutan diversos proyectos para atender a esta necesidad. Entre estos, desde la Facultad de Ingeniería en conjunto con la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, asesorados por personal médico del Hospital de Clínicas, se propone el diseño y fabricación de equipos de oxigenoterapia de alto flujo frente a una posible escasez de los mismos.

Se conforma entonces un equipo transdisciplinario, compuesto por estudiantes y docentes de la Escuela Universitaria Centro de Diseño y docentes de la Facultad de Ingeniería. De esta manera, se empieza el proceso de co-diseño del dispositivo en cuanto a su morfología, organización espacial, materiales y cadena de producción, brindándole al proyecto un carácter transversal.

Dada la coyuntura causada por la situación sanitaria que atravesaba el país y el mundo, el proyecto Alto Flujo se veía obligado a tener una dinámica excepcional. Aún así se obtiene un resultado positivo ya que se logra producir prototipos funcionales aplicados en pacientes reales dentro del Hospital de Clínicas.

Por tanto, utilizaremos esta experiencia como base fundamental para el presente trabajo de grado. Expondremos de manera integral la información sobre el origen y antecedentes del proyecto, el proceso de diseño y metodología empleada, considerando las vicisitudes experimentadas. Además, se proporcionará una descripción detallada del producto, su carpeta técnica y análisis ergonómico, estos posibles gracias a una reconstrucción exhaustiva del modelo 3D con mínimos ajustes.

A partir de esta retrospectiva vamos a incorporar conclusiones y reflexiones de lo que fue un proceso proyectual tanto particular como exitoso, que justifica su documentación y lugar en el repositorio académico.

Objetivos

General

Producir la documentación técnica y proyectual de un dispositivo médico experimental desarrollado en el marco de la emergencia sanitaria a raíz del virus Covid-19.

Específicos

Generar una memoria descriptiva que muestre de manera organizada las etapas del proceso de diseño.

Organizar y complementar la documentación técnica (láminas técnicas, flujo productivo, aspectos ergonómicos, etc.)

Proponer modificaciones y/o optimizaciones al diseño del dispositivo.

Indagar en el aporte y las interacciones de los actores participantes.

Elaborar reflexiones y conclusiones respecto al trabajo interdisciplinario y al proceso de diseño de este dispositivo.

Metodología

La elaboración del presente trabajo de grado parte de los registros y documentación producida durante el proyecto "Oxigenoterapia de Alto Flujo". Para ello, se realiza la recopilación y organización de dicha información, que contempla registros fotográficos y/o auditivos, presentaciones y/o diagramas, documentos oficiales, conversaciones por WhatsApp, documentación técnica y de análisis ergonómico, gráficas y modelos 3D.

Por consiguiente, la información estará siendo categorizada y organizada en sus respectivas etapas del proceso de diseño, obteniendo una representación cronológica del mismo. Además, se analiza la documentación técnica y ergonómica existente, generando un registro formal de la producción y características del dispositivo.

Para lograrlo, se recreará totalmente el modelo 3D del producto logrado, añadiendo todas las partes, piezas, e insumos correspondientes para poder generar una carpeta técnica que contenga toda la documentación pertinente de los detalles del producto.

La misma consta de: láminas de explotada isométrica, tablas de componentes e insumos, vistas generales y específicas, láminas axonométricas, manual de armado, lámina de cortes y diagramación de pliegues.

Se realizan entrevistas cualitativas a los actores involucrados en el proyecto y otros profesionales en el tema, integrándose a la elaboración de conclusiones respecto a los procedimientos de trabajo, la forma en que se desarrollaron las tareas, el rol de los actores involucrados y la evaluación de la implementación médica del producto. De esta manera, obtenemos diversas perspectivas a nivel personal, profesional y académico.

Por último, se elaboran diferentes reflexiones y conclusiones basadas en la información recopilada, la experiencia vivida durante el transcurso del proyecto OAF, la culminación del prototipo y su respectiva aplicación dentro del contexto del Hospital de Clínicas, en el marco de los proyectos interdisciplinarios de la Udelar en tiempos de pandemia.

Glosario

Abreviaciones

FIng: Facultad de Ingeniería

EUCD: Escuela Universitaria Centro de Diseño

FCiencias: Facultad de Ciencias

HC: Hospital de Clínicas

Udelar: Universidad de la República

Fmed: Facultad de Medicina

OAF: Oxigenoterapia de alto flujo

OMS: Organización mundial de la salud

PLA: Polylactic acid (ácido poliláctico)

FDM: Fused Deposition Modeling (Modelado por deposición fundida)

SLA: Stereolithography (Estereolitografía)

T.G: Trabajo de Grado

Dispositivo médico

Instrumento, herramienta, máquina, implemento de prueba o implante que se usan para prevenir, diagnosticar o tratar una enfermedad u otras afecciones.

Estereolitografía

La estereolitografía es un proceso de fabricación por adición que emplea resina que cura mediante luz ultravioleta en un tanque, y un láser ultravioleta para construir los objetos. Los objetos tridimensionales se obtienen mediante la adición sucesiva de finas capas, impresas una encima de otra.

¹(*Estereolitografía, Wikipedia*)

Fabricación digital

“La fabricación digital consiste en el uso de un sistema integrado y asistido por ordenador compuesto por herramientas de simulación, visualización en 3D, análisis y colaboración con el objetivo de crear definiciones de procesos de producto y de fabricación simultáneamente”.

²(*Fabricación Digital, 2022*)

¹. *Estereolitografía. Wikipedia.*

Retrieved 2022, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Estereolitograf%C3%ADa>

². *Fabricación Digital,*

Retrieved 2022, from <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/digital-manufacturing/13157>

Interdisciplina

Se puede definir en forma conveniente una disciplina como todo dominio relativamente autocontenido y aislado de la experiencia humana que posea una comunidad propia de expertos. La mejor forma de entender la interdisciplinariedad es como aquello que conjuga los componentes distintivos de una o más disciplinas.

³(Nissani, 1997, 201-216)

Modelado por deposición fundida

“FDM construye partes capa por capa depositando selectivamente material fundido en un camino predeterminado y utiliza polímeros termoplásticos que vienen en forma de filamentos.”

⁴(What Is FDM (Fused Deposition Modeling) 3D Printing? | Hubs)

Oxigenoterapia de alto flujo

La oxigenoterapia de alto flujo es una terapia de soporte respiratorio no invasiva que suministra aire calentado, humidificado y enriquecido con oxígeno a los pacientes. Suele utilizarse en pacientes con respiración espontánea que necesitan oxígeno a un flujo mayor.

PLA

“El filamento PLA, ácido poliláctico, es un termoplástico fabricado a base de recursos renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar. A diferencia de otros materiales de la industria hechos principalmente a base de petróleo”

⁵Guía filamento PLA en la impresión 3D

Respirador mecánico

Un respirador o ventilador mecánico es una máquina que ayuda a respirar cuando una persona no puede respirar en la medida suficiente por sus propios medios.

³. Nissani, M. (1997). Diez Aplausos por la Interdisciplinariedad. Social Science Journal, Retrieved from: <https://drnissani.net/mnissani/pagepub/10Aplausos.htm>

⁴. What is FDM (fused deposition modeling) 3D printing? | Hubs. 3D Hubs. Retrieved 2022, from <https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-fdm-3d-printing/>

⁵. Guía filamento PLA en la impresión 3D.

Retrieved 2022, from <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/digit-al-manufacturing/13157>

CAPÍTULO 2

Antecedentes

Internacional
Investigación local
VentUy - Ventilador de emergencia



En el año 2020, la aparición del virus Sars-Cov2 generaba paulatinamente estados de emergencia sanitaria en distintas partes del mundo. Como respuesta, actores estatales y privados de diversos países emprendieron una búsqueda de soluciones alternativas a los síntomas provocados por la pandemia, que van desde los problemas de salud de la persona enferma a las consecuencias del consumo y producción de productos para la prevención del contagio. Dentro de esta gama de propuestas, se encuentra la fabricación alternativa de dispositivos médicos.

"El ámbito médico estaba atento a las consecuencias del virus en los países del exterior, qué medidas se tomaban y sus resultados. Esto permitió prepararse con mayor eficacia previo a la llegada del covid: se aumentó la dotación de personal médico y de enfermería, la cantidad de camas y se formó al personal para la atención de los casos. Se destaca la participación honoraria de varios profesionales para la elaboración de protocolos y la colaboración en distintos proyectos a nivel público y privado."

*- Prof. Adj. Dr. Rodrigo Beltramelli,
Asistente Grado 2 del Laboratorio de
Exploración Funcional Respiratoria en
CTI en 2020*

Internacional

Grandes empresas industrializadas y distintas universidades Europeas destinaban recursos a la investigación y producción alternativa de dispositivos médicos en el menor tiempo posible, dentro de los cuales se encontraba el desarrollo de respiradores mecánicos. Podemos nombrar algunos ejemplos como el proyecto “Oxygen”, producido por la empresa automotriz Seat, con el fin de fabricar un respirador mecánico y brindar libremente la información necesaria para su fabricación en la modalidad de “código abierto”, mientras en EE.UU. el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) realizaba otro dispositivo dentro del “Emergency Ventilator Project” con una colaboración honoraria de un gran número de profesionales. Hay que destacar que en ambos casos las herramientas de fabricación digital fueron ampliamente utilizadas tanto para el prototipado como para la producción de los componentes finales.

Estos son solo un par de ejemplos de los varios proyectos de fabricación de respiradores de emergencia desarrollándose por todo el mundo, que inspiraron a los profesionales uruguayos.



Respirador de Emergencia del MIT



Respirador OxyGen durante pruebas



Primer prototipo funcional de OxyGen

Investigación local

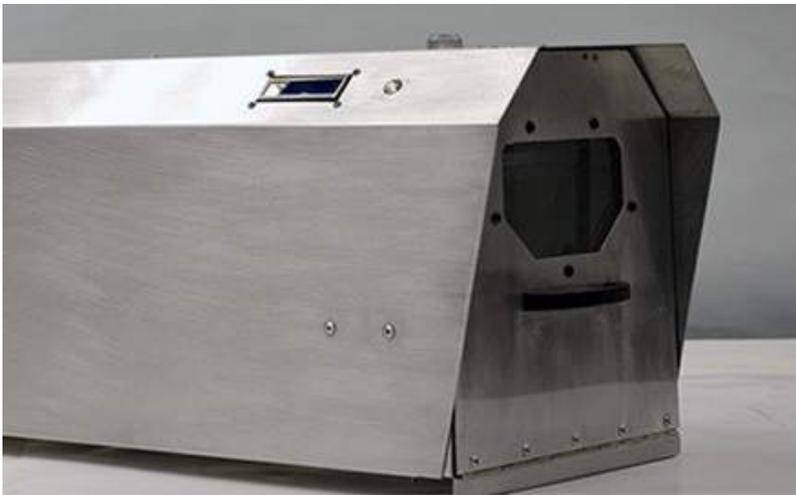
Uruguay, siguiendo de cerca los aciertos y errores en el exterior, no fue la excepción. Uno de los entrevistados perteneciente al grupo de trabajo, docente y médico del Hospital de Clínicas, nos contaba cómo todo el ámbito médico estaba atento a las consecuencias y desarrollo del virus en los países del exterior, qué medidas se tomaban y sus resultados. Esto permitió prepararse con mayor eficacia previo a la llegada del covid: se aumentó la dotación de personal médico y de enfermería, la cantidad de camas y se formó al personal para la atención de los casos. Sumado a esto se destaca la participación honoraria de varios profesionales para la elaboración de protocolos y la colaboración en distintos proyectos a nivel público y privado.

En comunicación constante y de forma simultánea, en FIng (Facultad de Ingeniería) se realizaba una convocatoria en la que distintos profesionales y docentes presentaron proyectos para atender distintas problemáticas que podrían acarrear la emergencia sanitaria inminente. Entre ellas se encontraban: la desinfección de mascarillas y equipos médicos, diagnóstico y detección del virus, mantenimiento y fabricación de respiradores. En principio, los proyectos eran propuestos e iniciados

de forma honoraria, obteniendo apoyo económico de diferentes llamados y fondos que surgirían en el tiempo.

Dados los síntomas que genera el covid-19, en etapas avanzadas, la asistencia con un respirador mecánico es la diferencia entre la vida y la muerte en varios casos. Se percibe en ese momento que la emergencia sanitaria en varios países ocasiona una escasez de equipamiento médico disponible. Esto fue lo que motivó a la fabricación alternativa de dispositivos como el respirador mecánico.

Es allí que surge el proyecto VentUy: Un grupo de profesionales, docentes y estudiantes de FIng, propone el desarrollo alternativo y local de un respirador mecánico.



Equipamiento para la desinfección de mascarillas M-95 desarrollado por equipo de EUCD+Fing+FCiencias+HC



Test serológico para el diagnóstico de covid-19 desarrollado por profesionales de la facultad de ciencias, de química y de medicina.

RespirOne

Utilizando como base información de investigación de fabricantes españoles e italianos un equipo de uruguayos genera el diseño de respirador neumático de emergencia cuyo funcionamiento se articula a través de dos partes; una mecánica que inyecta aire a partir de un pistón neumático, por otro lado, una electrónica que cuenta con un controlador arduino y sensores que realizan las mediciones volumétricas del flujo generado por sus mecanismos.



Modelo final de RespirOne

“Mediante un llamado a propuestas junto al Ministerio de Industria, Energía y Minería, se destinaron UYU 6.000.000 para el diseño y producción de respiradores pulmonares para enfrentar al COVID-19. Las empresas Ingenca y Pensur, en el corto tiempo previsto implementaron 25 respiradores que se destacan por ser fácil de transportar, limpiar y esterilizar, y por tener una autonomía de más de dos de horas funcionando a batería, pero que resulta adaptable en caso de que un centro hospitalario lo necesite utilizar por más tiempo.”(...) Se busca diseñar y fabricar 50 respiradores de fabricación rápida, confiables, completos, seguros, en funcionamiento comprobado y avalados por los estándares de las organizaciones médicas correspondientes. Deben ser fáciles de limpieza y esterilización. De fácil construcción y replicabilidad. Los componentes deben ser de bajo costo y fácilmente adquiribles en plaza. Se realizará una ventilación automática de tipo de control por volumen..”

¶(Agencia Nacional de Investigación e Innovación - RESPIRADOR RESPIRONE)

¶. Agencia Nacional de Investigación e Innovación - RESPIRADOR RESPIRONE (2020, 4 de Junio). ANII. Extraído en 2022, desde <https://www.anii.org.uy/casos-destacados/130/respirador-respirone/>

Respiradores Neumáticos Modulares de Emergencia (RNME)

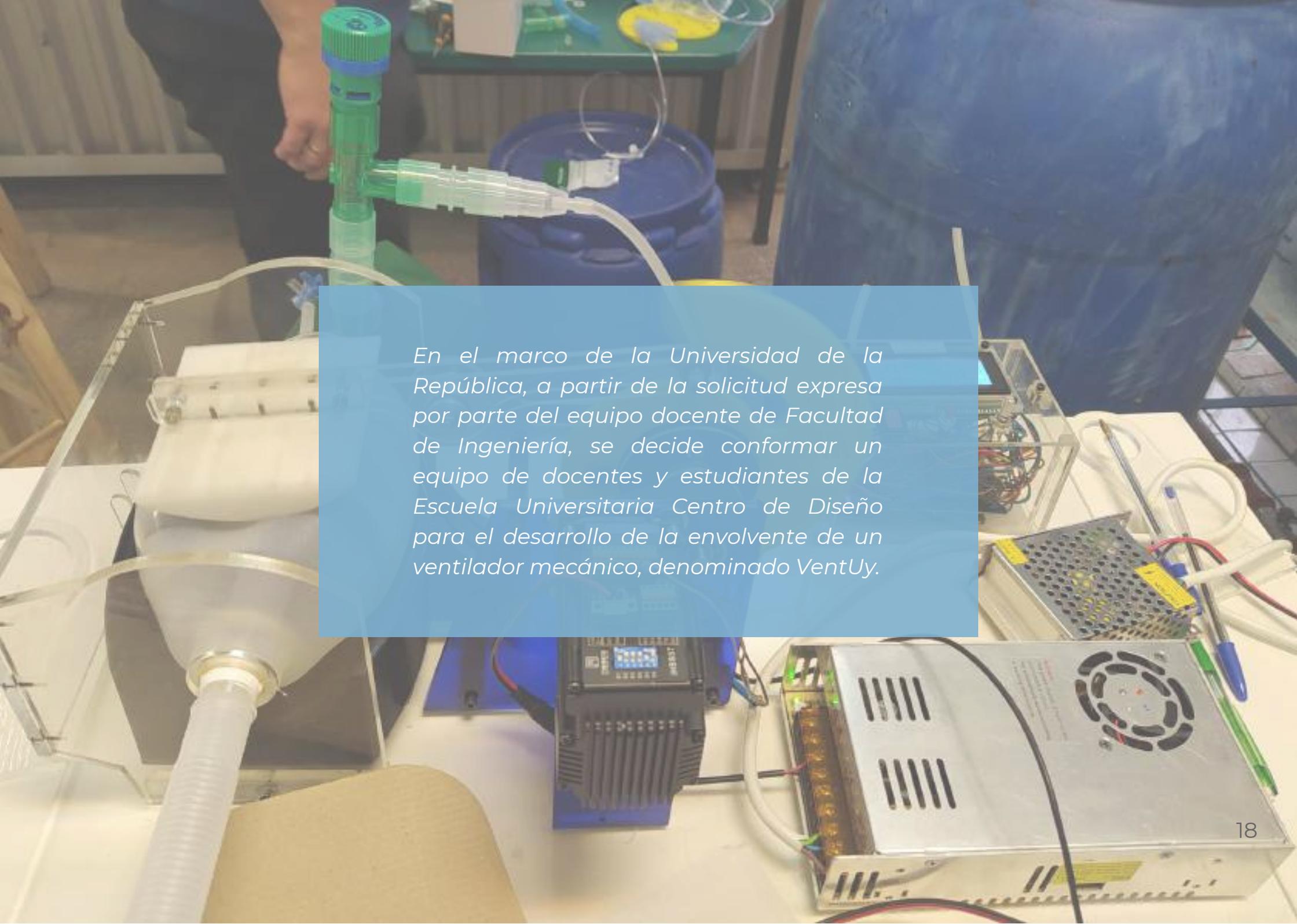
El RNME es un modelo móvil, de gran velocidad y efectividad, que cubre una amplia variedad de patologías respiratorias. Este posee una parte neumática la cual recibe un suministro de aire medicinal y de oxígeno proveniente de una red de abastecimiento del hospital dónde se disponga el producto. Cuenta con electroválvulas comandadas por el equipo de control electrónico que regulan los tiempos de inspiración y espiración controladas por el médico que luego se mezclan generando la fracción inspirada de oxígeno "FIO₂" y se entrega al paciente mediante una mascarilla nasal.

Se diseñó un equipo pequeño, fácilmente transportable en ambulancias y pasible de ser instalado tanto en hospitales como en lugares no convencionales. Con una batería que permite autonomía de hasta cuatro horas, el dispositivo cuenta con dos modos de respiración: uno controlado por volumen y otro por presión. Además de ser muy intuitivo y sencillo de programar, es fácil de limpiar y esterilizar. El respirador fue desarrollado en base a insumos asequibles, a los efectos de generar un dispositivo económico, por debajo del valor de mercado.

“Bajo la modalidad de llamado a propuestas realizado por la Agencia Nacional de Investigación (ANII) y el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), consorcios de empresas crearon dos modelos de respiradores artificiales con el asesoramiento de instituciones académicas y científicas (...) la ANII y el MIEM seleccionaron dos iniciativas para desarrollar 50 respiradores pulmonares, que fueron apoyadas con 140 mil dólares. Producto de la labor conjunta de tecnólogos, ingenieros y profesionales de distintas disciplinas, se creó un modelo de respirador modular, orientado a expandir la capacidad de los hospitales, y otro modelo móvil, fácilmente transportable. Ambos equipos cumplen con las normas internacionales para la fabricación de respiradores rápidos en el marco de la actual emergencia sanitaria.”

⁷(Talento: Uruguay desarrolla respiradores para enfrentar el COVID-19 - Noticias. (2020, 16 de Julio.)

⁷ Talento: Uruguay desarrolla respiradores para enfrentar el COVID-19 - Noticias. (2020, 16 de Julio). Uruguay XXI. Extraído en 2022, desde <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/noticias/articulo/talento-uruguay-se-anticipa-a-dificultades-y-desarrolla-respiradores-para-enfrentar-el-covid-19/>



En el marco de la Universidad de la República, a partir de la solicitud expresa por parte del equipo docente de Facultad de Ingeniería, se decide conformar un equipo de docentes y estudiantes de la Escuela Universitaria Centro de Diseño para el desarrollo de la envolvente de un ventilador mecánico, denominado VentUy.

Proyecto VentUy

"Ventilador de Emergencia"

En el marco del inicio de la emergencia sanitaria a raíz de la aparición del COVID-19 y debido a los antecedentes de los colapsos del sistema de salud en otros países, la Universidad de la República convoca estudiantes y docentes voluntarios de la Facultad de Ingeniería y de la Escuela Universitaria Centro de Diseño, que trabajarán en conjunto al asesoramiento de médicos del Hospital de Clínicas y Facultad de Medicina.

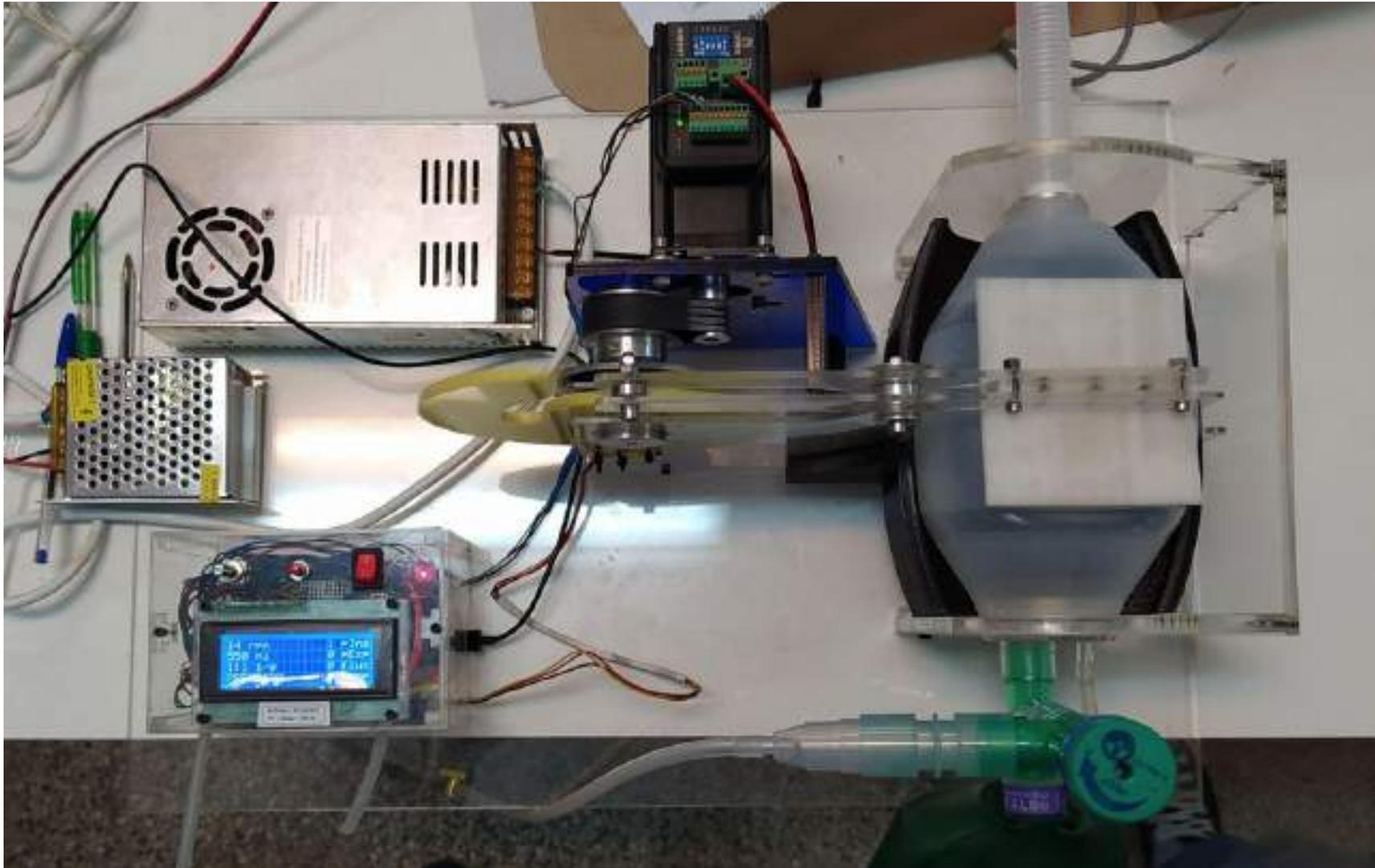
En este contexto la Facultad de Ingeniería daba inicio a proyectos en torno a la fabricación de dispositivos médicos alternativos. Dentro de estos se generó el proyecto "VentUy - Ventilador de Emergencia", el cual parte fundamentalmente de utilizar la información recaudada por diversos grupos que se formaban mundialmente; específicamente de un grupo de España el cual generó un dispositivo basado en el ambú, un equipo manual para proporcionar ventilación con presión positiva para asistir a la respiración. Este diseño se conforma por una interfaz electrónica constituida por una tarjeta micro controladora y sus respectivos interruptores que accionan los componentes mecánicos constituidos

por un sistema de levas impulsado por motores reductores de pasos.

El operario programa los tiempos del ciclo respiratorio mediante los parámetros del programa. Estos valores así como el circuito fluidodinámico, ambos fueron diseñados para cumplir normas especiales de diseños experimentales, que especifican parámetros del ciclo respiratorio del paciente.

También permite medir (durante su operación) parámetros respiratorios que el personal de salud debe monitorear para seguir su evolución clínica.

Asimismo mide concentración de oxígeno suministrado, temperatura de mezcla, y posee la capacidad de activar alarmas cuando algunos parámetros de operación alcanzan valores no deseados preestablecidos.

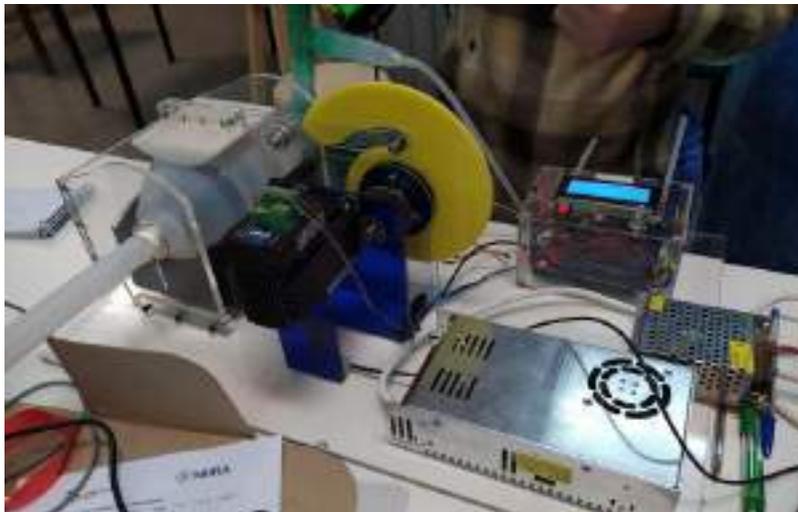


Primer encuentro del equipo de la EUCD con el diseño propuesto por FIng

02.03

El desarrollo del prototipo implicó un componente interdisciplinario dentro de la Facultad de Ingeniería, en conjunto a la EUCD (Escuela Universitaria Centro de Diseño). Participaron docentes y funcionarios de los Institutos de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Química, además de estudiantes y docentes de la EUCD.

El prototipo resultante de este proyecto fue sometido a diversos ensayos en ambientes controlados tales como la Empresa Medifix y el Centro de Tratamiento Intensivos del Hospital de Clínicas, ambos superándose con éxito.



Imágenes del respirador antes de ser reconfigurado y dispuesto en su envoltente



Imágenes del respirador después de ser reconfigurado y dispuesto en su envoltente

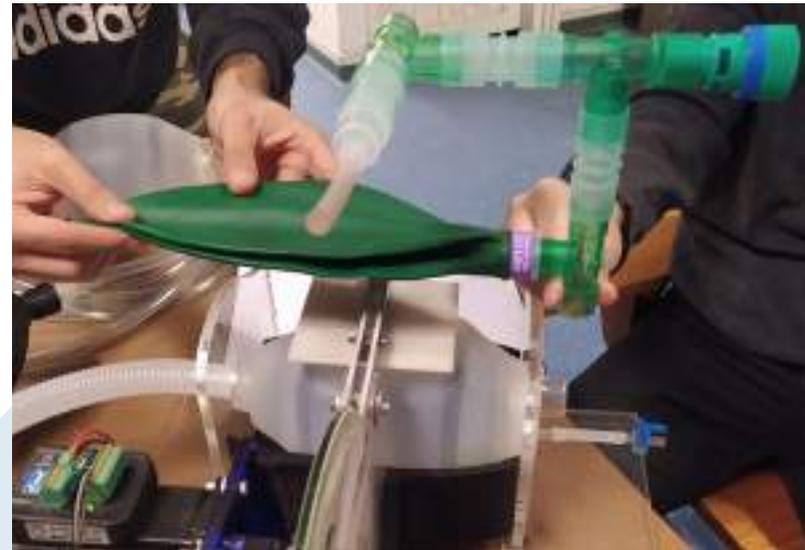
02.03

Por parte de la EUCD se generaron dos subgrupos que trabajaron de forma interdisciplinaria con los docentes y miembros de la Facultad de Ingeniería y la de Medicina. Debido a la urgencia planteada se establece una forma de trabajo poco usual en Diseño y es regida por la resolución inmediata y la necesidad de entregar un prototipo funcional dentro de los requisitos y características dadas por el contexto.



Relevamiento de uno de los componentes médicos

Por un lado el denominado “Equipo 1” (Tecnológico-Productivo) que se ocupó principalmente de definir los aspectos constructivos y materiales, además de los morfológicos y de disposición de los componentes, a partir de la diagramación y el prototipo generado por el equipo de FIng anteriormente.



Búsqueda de optimización del espacio por parte del Equipo 1.

02.03

Los primeros pasos del Equipo 1 consistieron en conocer las características del prototipo, como el funcionamiento, dimensiones y disposición espacial de los elementos, mientras que el Equipo 2 estudiaba el contexto de uso, los usuarios, los requisitos ergonómicos y su usabilidad.

Mediante el intercambio con los ingenieros a cargo, se propusieron y realizaron mejoras relacionadas a la disposición y fabricación digital de algunas piezas, necesarias para conformar el prototipo en su nueva configuración, optimizando el funcionamiento, tamaño y transporte del producto.



Fotografía del conjunto interno del respirador mecánico previo a los cambios propuestos por la EUCD.

Evaluando las propuestas presentadas, luego se realizaría un prototipo funcional, que constaba del respirador artificial dentro de una carcasa y de un soporte móvil regulable donde se apoyaba.



Fotografía del conjunto interno del respirador mecánico posterior a los cambios por la EUCD durante su proceso de diseño.

02.03



Render de la proyección que el Equipo 1 planteaba para la morfología de VentUy



02.03

Por otro lado el denominado “Equipo 2” (Ergonomía) se ocupó de definir los aspectos ergonómicos relacionados a la interfaz y experiencia de usuario en el contexto de uso proyectado, los tipos de botones y su disposición, altura e inclinación adecuada para su manejo. Dentro de este contexto, se desarrollaron distintas fases que estuvieron compuestas principalmente por:

- Investigación de usuarios y situación de uso
- Investigación de requisitos ergonómicos
- Desarrollo de simuladores y guías de usabilidad
- Evaluación, facilidad y rapidez de uso
- Investigación de aplicación del ventilador en pacientes
- Investigación de interfaz de usuario para el operador
- Investigación de morfología de antecedentes de ventiladores



Render de la proyección que el Equipo 2 planteaba para la interfaz de usuario de VentUy



Render de la proyección que se planteaba al equipo completo

02.03



Renders de propuestas finales para el respirador mecánico

02.03

A pesar de haber llegado a la instancia de prototipado, se decidió no continuar con el proyecto Ventuy por dos motivos: El primero fue que el respirador artificial actuaba en pacientes en estado de gravedad avanzado, siendo invasivo y teniendo bajas probabilidades de recuperar al paciente; en segundo lugar, a nivel mundial se empieza a implementar con mayor éxito la “oxigenoterapia de alto flujo”, utilizándose un dispositivo que algunos integrantes del equipo de ingeniería comenzaron a buscar replicar de forma local.

Al culminar el proyecto VentUy, no se logró un prototipo fiel a lo propuesto por el equipo, dada la falta de tiempo y recursos disponibles. Aún así se llega a un dispositivo funcional gracias al trabajo interdisciplinar donde fueron alimentadas las prácticas entre equipos de diferentes áreas y se logró el desarrollo de ideas en conjunto.



A white medical device is positioned on a wooden table. To its right, several mechanical components are laid out, including a blue-handled valve and various metal fittings. The background is slightly blurred, showing a laboratory or workshop setting.

Dada la experiencia positiva generada, es que se decide incorporar nuevamente algunos de los participantes para trabajar en un proyecto de forma interdisciplinar. En este caso, en vistas de una mayor eficiencia para el tratamiento de síntomas ocasionados por el SARS COV2, se trata del desarrollo de un prototipo funcional para la Oxigenoterapia de Alto Flujo. En este contexto, y con el fin de trabajar interdisciplinariamente en la colaboración de tal desarrollo y a partir del primer acercamiento al problema, se estableció como meta producir un prototipo funcional que permita la Oxigenación de Alto Flujo.

CAPITULO 3

Oxigenoterapia de Alto Flujo

Oxigenoterapia

Proyecto "OAF"

Objetivos del Proyecto



Oxigenoterapia

La oxigenoterapia de alto flujo (OAF) consiste en aportar, a través de una cánula nasal, un flujo de oxígeno mezclado con aire. La fracción inspirada de oxígeno (FIO₂) es la concentración o proporción de oxígeno en la mezcla del aire inspirado. Este gas se humidifica y se calienta hasta obtener un valor cercano a la temperatura corporal del paciente. Este mecanismo contribuye a establecer mejores fracciones de gases alveolares, facilitando la oxigenación y pudiendo mejorar la eliminación de CO₂. Por ende, requiere de una fuente de gas (aire y oxígeno), un humidificador calentador, un circuito que impida la condensación de agua, unas cánulas nasales cortas y un generador de flujo. El gas calentado y humidificado disminuye la resistencia en la mucosa nasal inducida por el gas seco y frío, este punto es de vital importancia para el proceso dado que estas constituyen casi el 50% de la resistencia total del sistema respiratorio.

⁸(Quijada, Oxigenoterapia)

- Reduce el trabajo metabólico necesario para calentar y humidificar el aire externo.
- Produce un efecto beneficioso sobre el movimiento ciliar y el aclaramiento de secreciones. Mejorando la compliancia y el volumen pulmonar.
- Evita la respuesta broncoconstrictora que provoca el gas frío y seco.
- Aporta cierto grado de presión faríngea positiva (4-8 cmH₂O) durante la espiración, que favorece la reducción del trabajo respiratorio.
- Permite la entrega de oxígeno de manera más eficiente, con menor arrastre y mezcla de aire ambiente.
- El flujo y ajuste de oxígeno impide tener que cambiar de dispositivo para entregar oxígeno
- Aportan mayor confort ya que te permite hablar, comer, beber, expectorar, sin discontinuar el tratamiento.
- Permite tratar pacientes con hipoxemia que no corrigen con máscaras de oxígeno convencionales.

⁹(Pilar Orive, 2021, Alto Flujo)

⁸. Quijada, D. A. J. Oxigenoterapia.

<http://himfg.com.mx/descargas/documentos/planeacion/guiasclinicasHIM/oxigenotrepia.pdf>

⁹. Pilar Orive, F. J., López Fernández, Y. M. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP). Hospital Universitario de Cruces. Barakaldo. (2021). Alto flujo. https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/18_alto_flujo.pdf

03.01

Algunas definiciones son:

Fracción inspirada de O₂ (FiO₂): porcentaje de O₂ disuelto en el aire inspirado.

Hipoxemia: disminución del O₂ disuelto en sangre arterial.

Hipoxia: disminución del suministro de O₂ a los tejidos.

Ventilación alveolar: renovación periódica del gas alveolar a través del movimiento de gases desde la atmósfera a los alvéolos, y viceversa.

Alvéolos: Concavidad semiesférica situada al final de los bronquios, en la que se realiza el intercambio de oxígeno con la sangre.

Compliancia pulmonar: es la distensibilidad (propiedad que permite el alargamiento o distensión de una estructura) pulmonar determinada por su cambio de volumen con la presión.

Perfusión pulmonar: flujo sanguíneo a nivel del capilar pulmonar, que debe ser adecuado en volumen, y distribuido uniformemente en todos los alvéolos ventilados. La eficacia del intercambio gaseoso depende de una adecuada relación entre ventilación y perfusión.

¹⁰(Centro Hospitalario Pereira Rossell, 2020)

¹⁰. Centro Hospitalario Pereira Rossell. (2020, December 1). Oxigenoterapia. SciELO Uruguay. Retrieved 2022, from http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492020000700026

Proyecto OAF

“Oxigenoterapia de Alto Flujo”

A diferencia de los ventiladores, la oxigenoterapia se utiliza en la etapa previa a la derivación de los pacientes a las unidades de cuidados intensivos. Esta modalidad terapéutica fue validada para el tratamiento de pacientes diagnosticados con el virus SARS-CoV-2 en una etapa avanzada de la pandemia. Consiste en administrar al paciente una mezcla de aire y oxígeno, con una proporción conocida y niveles elevados de humedad, previamente calentada. Además, su aplicación se extiende a otras patologías, lo que conlleva a esta técnica un amplio rango de utilidad clínica.

La Facultad de Ingeniería hizo un desarrollo teórico del funcionamiento y de los componentes internos necesarios del dispositivo en el que trabajaron docentes especializados en mecánica de los fluidos, ingeniería química y electrónica; apoyando este trabajo en profesionales del diseño de la EUCD y médicos del Hospital de Clínicas para obtener un prototipo funcional a la espera de validación de las autoridades sanitarias.

El proyecto siguió la misma metodología de trabajo llevada a cabo en VentUy. Se conservó la lógica de trabajo en relación a que existían dos equipos en constante comunicación; uno enfocado específicamente a la morfología y fabricación del producto, el otro en profundizar y brindar requisitos de carácter ergonómico.

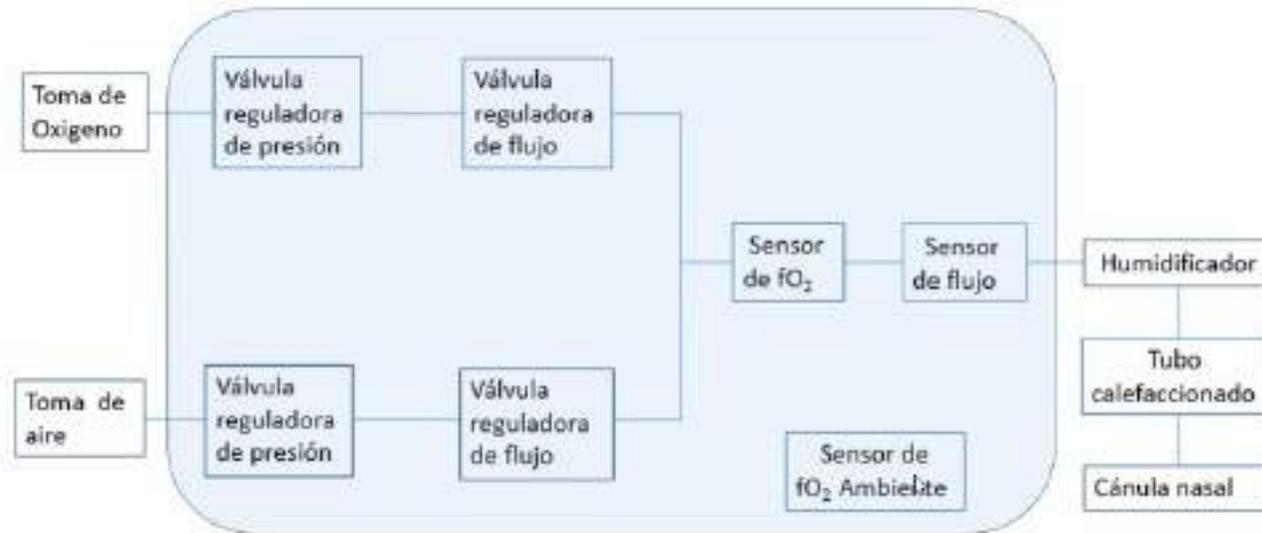


Diagrama del circuito elemental de gases y fluidos establecido por el equipo de FING



Primer modelo funcional basado en el diagrama de circuito elemental de gases y fluidos

03.02

Se avanzó de manera coordinada en el desarrollo de los componentes físicos para el suministro, acondicionamiento y regulación de la mezcla de gases, en el desarrollo de los componentes electrónicos para el control de la misma a través de una interface con el personal médico, y en el desarrollo de los aspectos de diseño para el montaje de los elementos, en una unidad compatible con las prestaciones requeridas en una unidad de cuidados intermedios.

El primer objetivo era obtener un prototipo con similares prestaciones a las de un equipo comercial; el segundo objetivo, producir algunas unidades para el Hospital de Clínicas y el tercer objetivo, disponibilizar el diseño para que otros actores a nivel local y mundial puedan producirlo.

Luego de que se investigaron diversas alternativas, se analizó la posibilidad de adaptar algunos componentes y de producir otros; el grupo de trabajo desarrolló un diseño que comprende el circuito de gases, los mecanismos y la electrónica de medición y control, el diseño físico del equipo para su usabilidad en un contexto hospitalario, y la interfase con el personal médico.

Hasta el presente se produjeron tres equipos que han sido utilizados en el Hospital de Clínicas, para los que fue necesaria una búsqueda y adquisición de materiales e insumos, trabajos de electrónica, tornería, impresión 3D, corte y plegado de chapas, calibración de sensores de oxígeno y de medidores de caudal, entre otras actividades.

En este proyecto se visualizó la importancia de la interdisciplinariedad e interinstitucionalidad, como también la capacidad de adaptar los proyectos y las situaciones que son muy dinámicas, reconociendo los desafíos y formulando respuestas a la altura de las circunstancias.



Fotografía del primer prototipo OAF y el realizado en VentUy

03.02



Fotografía de los dos prototipos resultantes del Proyecto OAF antes de ser enviados al Hospital de Clínicas



Acercamiento al prototipo final de OAF

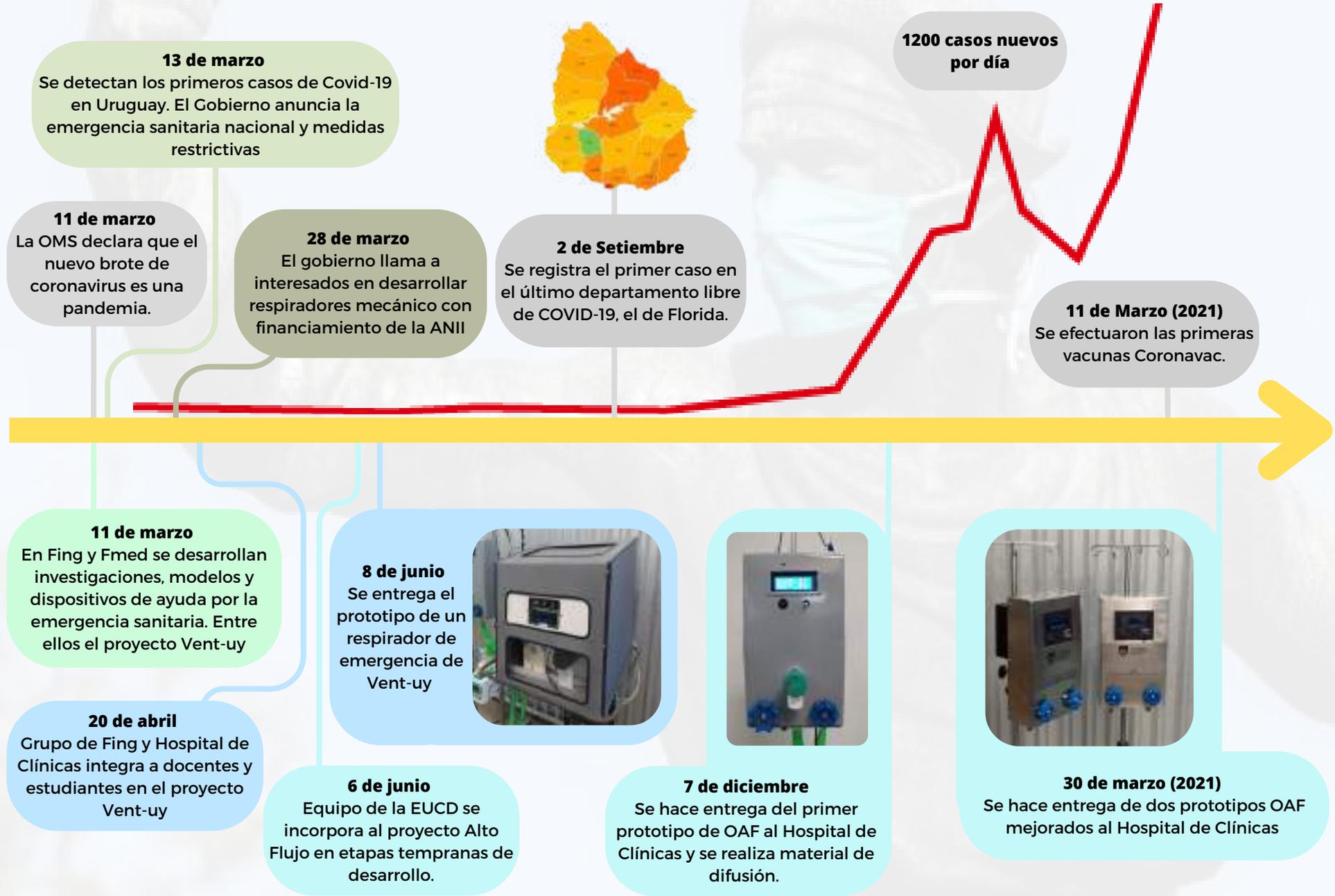
Objetivos del proyecto

El proyecto presentaba distintas facetas, diferenciadas según las necesidades que se debían satisfacer. Para ello existían tres pilares; por un lado, lo que llamamos Modelo Estructural (liderado por FING), por otro lado, el Modelo Conceptual (liderado por la EUCD), y por último, el Modelo Médico (liderado por la FMED).

Cada uno de estos plantea diferentes objetivos y aspectos que el proyecto debe cumplir tanto en su transcurso como en el resultado final. Para esto fue imprescindible la comunicación y el trabajo grupal entre las disciplinas, a los efectos de conocer las interacciones que se tienen en torno a un dispositivo médico de oxigenación dentro de su contexto real, además del diseño y producción en el ámbito uruguayo utilizando herramientas de fabricación locales brindadas por la Universidad de la República.

- Articular vínculos entre la Facultad de Medicina, Facultad de Ingeniería y Escuela Universitaria Centro de Diseño.
- Introducir e incorporar la práctica y concepto del Co-Diseño al ámbito productivo de la Universidad de la República.
- Producir tres prototipos funcionales para disponer en el Hospital de Clínicas para ser utilizados en caso de saturación.
- Llegar a un producto final que brinde la posibilidad de industrialización y replicabilidad en términos de fabricación.
- Generar y disponibilizar la documentación técnica pertinente para que otros entes tengan la posibilidad de replicar la fabricación del producto.
- Utilizar insumos locales para la fabricación del prototipo (materiales, componentes electrónicos, componentes médicos, medidores, tuberías).
- Fabricar el producto utilizando herramientas de fabricación digital brindadas por la Universidad de la República para producir los prototipos.
- Producir un dispositivo de bajo costo en relación a los disponibles en plaza tanto a nivel internacional como nacional.
- Compartir con la comunidad académica de forma gráfica los avances y logros obtenidos como resultado del trabajo conjunto de los diferentes rubros de la Universidad de la República.

Línea del tiempo Marzo 2020 a Marzo 2021 - Proyectos en FIng y situación en Uruguay



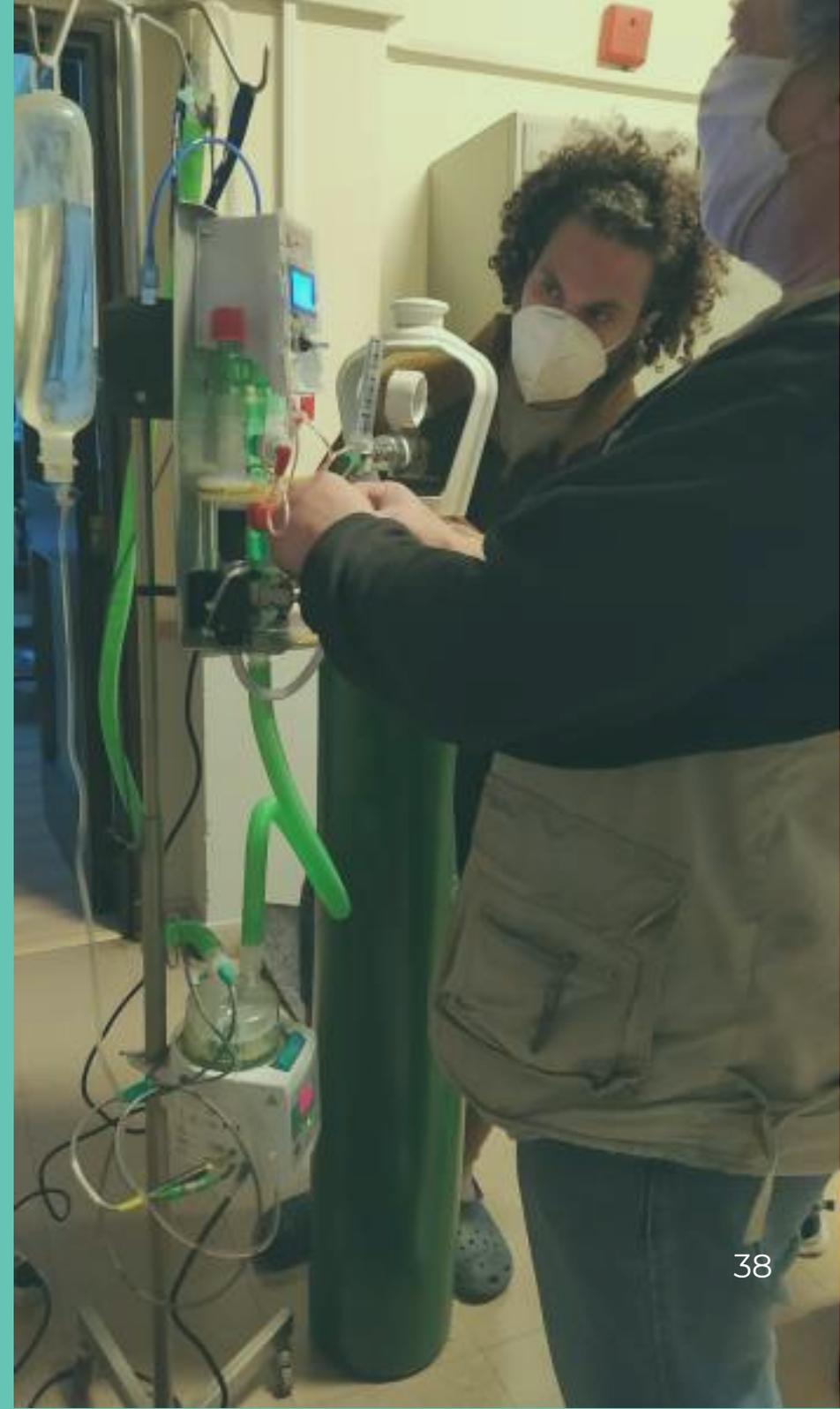
CAPÍTULO 4

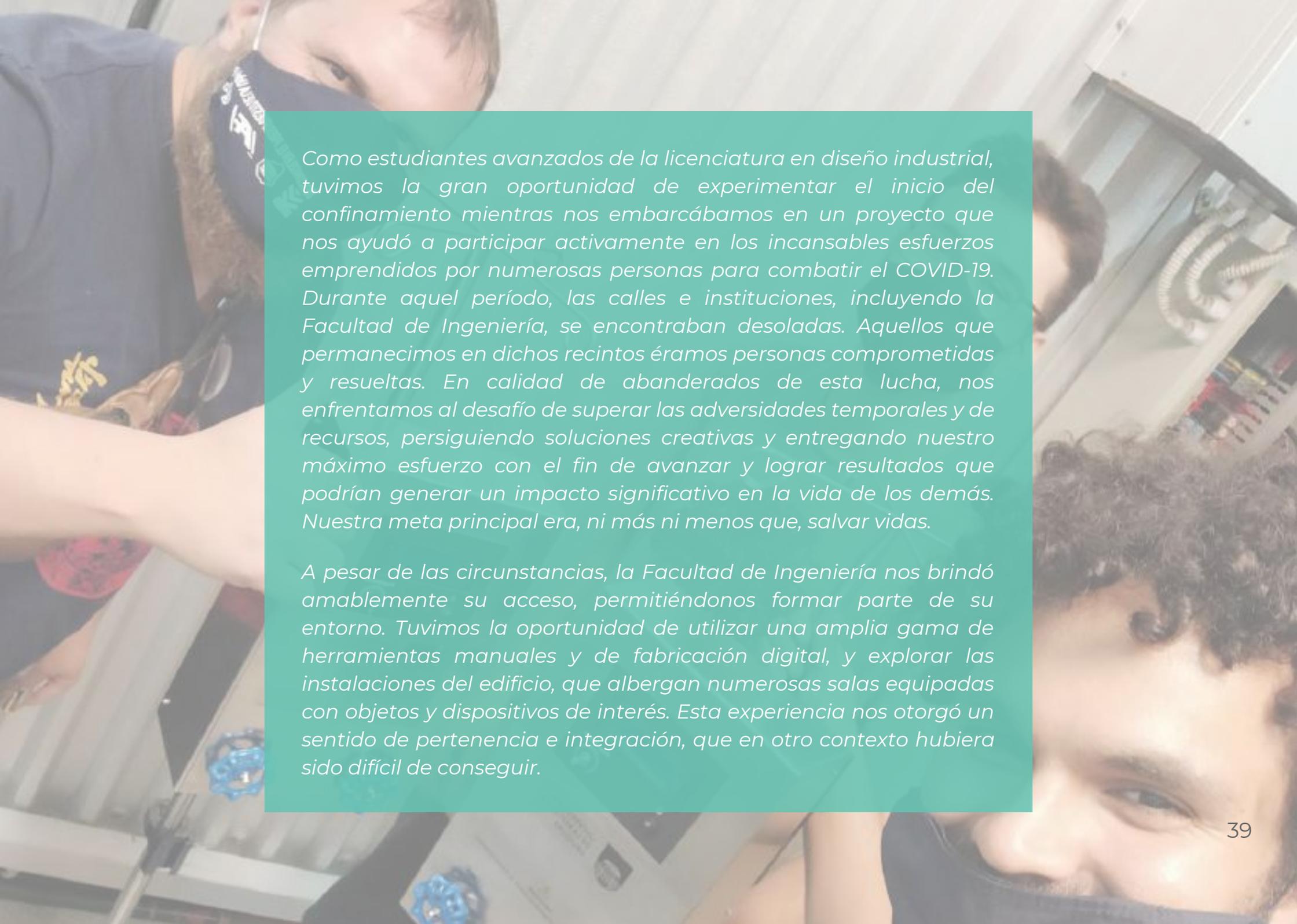
Dinámica de trabajo

Virtualidad

Idear, fabricar y probar

Requisitos del Producto





Como estudiantes avanzados de la licenciatura en diseño industrial, tuvimos la gran oportunidad de experimentar el inicio del confinamiento mientras nos embarcábamos en un proyecto que nos ayudó a participar activamente en los incansables esfuerzos emprendidos por numerosas personas para combatir el COVID-19. Durante aquel período, las calles e instituciones, incluyendo la Facultad de Ingeniería, se encontraban desoladas. Aquellos que permanecimos en dichos recintos éramos personas comprometidas y resueltas. En calidad de abanderados de esta lucha, nos enfrentamos al desafío de superar las adversidades temporales y de recursos, persiguiendo soluciones creativas y entregando nuestro máximo esfuerzo con el fin de avanzar y lograr resultados que podrían generar un impacto significativo en la vida de los demás. Nuestra meta principal era, ni más ni menos que, salvar vidas.

A pesar de las circunstancias, la Facultad de Ingeniería nos brindó amablemente su acceso, permitiéndonos formar parte de su entorno. Tuvimos la oportunidad de utilizar una amplia gama de herramientas manuales y de fabricación digital, y explorar las instalaciones del edificio, que albergan numerosas salas equipadas con objetos y dispositivos de interés. Esta experiencia nos otorgó un sentido de pertenencia e integración, que en otro contexto hubiera sido difícil de conseguir.

Virtualidad

La coordinación y el diálogo para llevar a cabo las tareas de intercambio se vieron afectados dada la exhortación al distanciamiento social por parte del gobierno y protocolos que adoptó la Udelar para fortalecer el cuidado sanitario. Para la realización de este proyecto se realizaban reuniones de manera virtual, salvo excepciones que ameritaba una reunión presencial, como actividades en el taller y la inspección de los equipos generados. Hubo un gran intercambio durante reuniones presenciales, pero a nivel general se dió a través de mails, Zoom y Whatsapp.

A través de Zoom, se asistía de forma virtual a reuniones de nivel institucional o en reuniones generales del grupo de trabajo. Permitted intercambiar ideas en tiempo real, exponer avances de parte de cada equipo para luego establecer caminos y objetivos en conjunto.

El uso del WhatsApp cobró gran importancia pudiendo agrupar los integrantes de un equipo o sub-equipo de trabajo en un chat único, como también permitir intercambios entre pares de forma individual. Permitted generar intercambios de información y opinión entre varios integrantes del grupo de forma rápida, ante la necesidad de tomar decisiones en un tiempo acotado, dar reporte del estado actual de las actividades y coordinar encuentros presenciales y/o virtuales.



Captura de pantalla de una de las primeras reuniones por Zoom para definir objetivos iniciales del proyecto en conjunto con docentes y estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Escuela Universitaria Centro de Diseño

Idear, fabricar y probar

El conocimiento y disponibilidad de herramientas de fabricación digital fue clave para el desarrollo del dispositivo. Estos brindaban una forma ágil y eficaz de producir simulaciones y maquetas. Se utilizaron programas de modelado y renderizado tridimensional, que permitieron definir medidas con alta precisión. Asimismo, podíamos compartir y exponer de forma visual las distintas propuestas a los demás integrantes del proyecto, permitiendo un trabajo colaborativo en red.

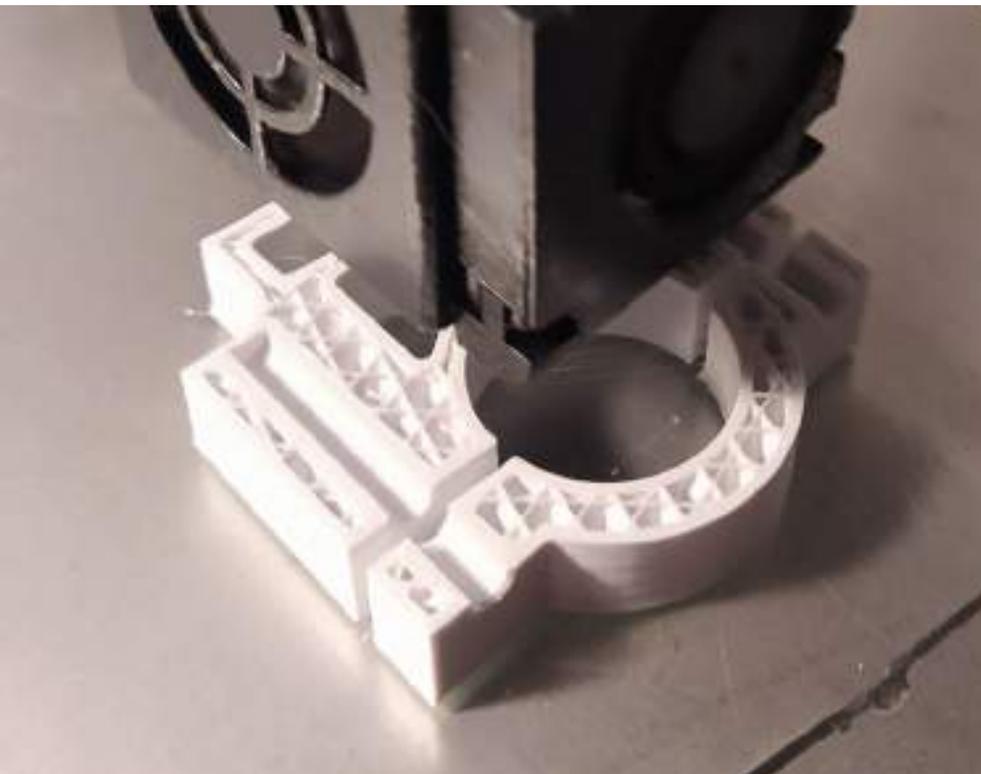
A la par que se definían avances en el diseño, el equipo pasaba directamente a fabricar maquetas utilizando los diversos equipamientos de fabricación digital que la FIng disponibiliza con gran libertad de uso, tales como impresoras FDM (Filamento), SLA (resina) y una máquina de Corte Láser. Si bien todos estos fueron utilizados en gran medida, debido a la urgencia en términos de tiempos de producción, frecuentemente se debía recurrir al uso de Impresoras FDM personales de los miembros del Equipo 1. Además, en etapas más avanzadas del proyecto se debieron tercerizar otros servicios tales como corte plasma, plegado CNC de acero inoxidable y tornería para tuberías personalizadas de cobre.

Por otro lado, FIng brindaba un amplio acceso a sus diferentes talleres que contaban con múltiples y diversas herramientas eléctricas y manuales, permitiendo producir elementos cruciales para las maquetas, simuladores y prototipos, tanto en etapas tempranas del proyecto como cerca de su finalización.



Renders presentados como propuesta para sustituir mecanismo de soporte de humidificador en plaza

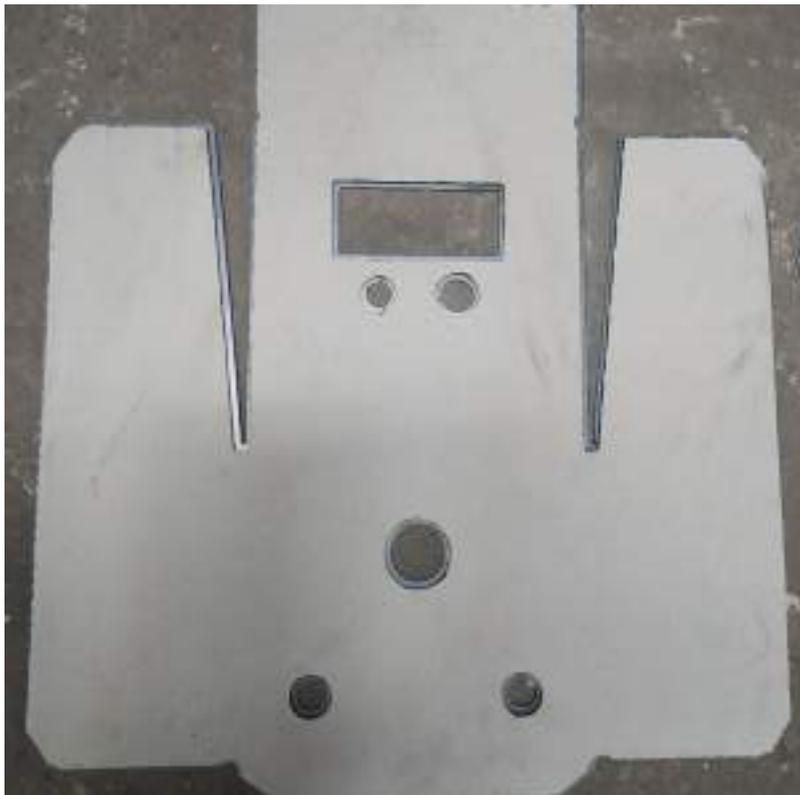
04.02



Impresión de una de las alternativas para el soporte del humidificador



Prueba del soporte del humidificador



Plantilla impresa láser que se utilizó como guía de corte para cortadora plasma manual



Resultado del corte y plegado manual de uno del primero prototipo del OAF



Fotografías de diferentes etapas del primer prototipo fabricado principalmente con métodos manuales

Requisitos del producto

Se entendía importante coordinar enlaces entre todos los equipos y avanzar en los abordajes propuestos de manera conjunta. A raíz de esto, se definieron diferentes tipos de requisitos y elementos que el producto final debe cumplir.

Se requerían ciertas resoluciones materiales y tecnológicas para alcanzar una etapa de validación funcional en el Hospital de Clínicas. Para ello es importante identificar elementos mecánicos que requieran ser redefinidos y construirlos en material y tecnología disponibles de manera local. En igual sentido, se propuso determinar los elementos eléctricos (fuente, fusibles, etc.) y electrónicos (motherboards, display, etc.) que se van a aplicar en el dispositivo final, ya que estos determinaban aspectos de funcionalidad y espacialidad determinantes para el desarrollo del producto.

Asimismo, se indicó especificar los insumos que se requieren para mantener una conexión de oxigenación segura (tubos, uniones, etc). Se sugirió realizar una lista de elementos válidos y de proveedores de insumos médicos a los que recurrir para incorporar los accesorios necesarios. Además,

Se analizó a profundidad el contexto de uso para establecer pautas métricas, de funcionamiento y mantenimiento que el dispositivo debe cumplir para permitir su correcto uso por los médicos, enfermeros y personal de limpieza.

Requisitos propuestos por FIng

- Tanto los elementos de la caja electrónica (carcasa contenedora del circuito electrónico) como de la caja eléctrica (carcasa contenedora del circuito eléctrico) deben estar contenidos en ambientes separados entre ellos y también en relación al sistema de tuberías, medidores y fluidos.
- Debe existir un contenedor para los elementos electrónicos tales como fuente, fusibles, entrada de energía, etc.
- Debe existir un contenedor para los elementos eléctricos tales como motherboard, pantalla, botones de control, etc.
- Debe existir un ambiente lo más aislado posible del exterior para el sistema de tubos, medidores y fluidos.
- Los circuitos eléctricos y el circuito de gases deben estar separados entre sí, evitando la invasión de oxígeno a los ambientes electrificados.
- Debe existir una conexión USB de fácil acceso para que un operador pueda realizar configuraciones a la motherboard en caso de un desequilibrio en las mediciones.
- Debe existir la posibilidad de poder desmontar y acceder al interior del dispositivo para realizar posibles modificaciones y/o ajustes a los componentes electromecánicos.
- El operador debe tener la posibilidad de utilizar de manera simultánea la interfaz electrónico y la manipulación de las válvulas.
- El producto debe contar con un instructivo para su correcta operación y mantenimiento.

Requisitos propuestos por la EUCD

- Organizar y distribuir los componentes de manera que el tamaño del producto sea lo más compacto posible.
- El producto final debe ser fácilmente transportable.
- La operación y usabilidad del dispositivo debe ser fácil e intuitiva.
- El producto debe contar con la capacidad de regular su altura.
- El producto debe tener contemplado en su diseño los ángulos y medidas pertinentes para permitir su uso y manejo de forma cómoda para el operador.
- Debe contar con indicadores gráficos para su usabilidad y accesibilidad.

Requisitos propuestos por FMed

- El producto debe contener un conjunto de tuberías médicas que permitan el flujo y mezcla de los fluidos.
- El producto debe poseer la posibilidad de que un médico operador pueda modificar los flujos de O₂ y Aire Medicinal mientras la máquina está en uso.
- Los insumos médicos se deben obtener a través de las distribuidoras en plaza.
- La superficie exterior del producto debe ser un material liso, poco poroso que permita su limpieza y desinfección.
- Se debe prestar especial atención a minimizar el riesgo de ingreso de sustancias contaminantes (productos de limpieza y agentes infecciosos) al producto a través de las uniones y ventilaciones en las superficies y aristas del producto.

¹¹. Para ver el análisis ergonómico realizado para varios de los requisitos, ir a la sección de "Ergonomía" pág. 138 en los Anexos

CAPÍTULO 5

Caracterización

Descripción del producto
Envolvente metálica
Caja eléctrica
Caja electrónica
Sistema de mezcla
Soportes



"El primer prototipo fue entregado junto a un manual de uso y una breve explicación de uso a distintos funcionarios. El dispositivo cuenta con indicaciones gráficas y una disposición de los elementos pensada para su uso intuitivo.

Este y los siguientes dos prototipos fueron utilizados con éxito en varios casos de afecciones respiratorias, siendo covid positivos o no. A pesar de tomarse como última opción para los tratamientos, dada su falta de certificaciones, forman parte del equipamiento a disposición del hospital hasta hoy.

La implementación de los prototipos tuvo su dificultad en las diferencias con los

equipos comerciales actuales en cuanto a la interfaz, pero que con una breve instrucción y el manual se superaba. Otro aspecto a tener en cuenta era su peso y mayor tamaño, que al contar con un atril móvil no generó problemas.

Un aspecto positivo remarcado fue el de ser un dispositivo mecánico, que una vez medidas las variables, podría continuar funcionando sin energía eléctrica, permitiendo el uso de otros equipos que necesiten conectar."

- Prof. Adj. Dr. Rodrigo Beltramelli, Asistente Grado 2 del Laboratorio de Exploración Funcional Respiratoria en CTI

Descripción del producto

El dispositivo de OAF consta de tres grupos principales de componentes: un mezclador de aire y oxígeno, un humidificador y calentador de la mezcla, y un atril con ruedas para disponer y trasladar el producto.

El mezclador de aire y oxígeno es el producto diseñado en conjunto por los equipos de trabajo. Este lo conforma una envolvente metálica, caja electrónica, caja eléctrica, los soportes y el sistema de mezcla de gases. Se diseñó el equipo con énfasis en que estos sean de producción nacional e insumos en plaza. Cada decisión en su ideación y fabricación responde a los requisitos planteados anteriormente.



Fotografía del prototipo final encendido y conectado a un tanque de oxígeno

05.01

El humidificador utilizado, el cual es obtenido en plaza, es la base humidificadora IS 7000 de la marca Intersurgical. Posee una interfaz intuitiva, con elección de temperatura visualizada en el display, la posibilidad de operarse manualmente, memoria de "últimos ajustes" y un panel de alarmas con elección de prioridad. El mismo es sujetado a un soporte instalado en el atril, diseñado y fabricado en impresión 3D FDM con PLA+.

El atril es tipo tripie, con pie en forma de estrella, modelo 51005 de la marca Ortiz. Es fabricado en acero inoxidable con terminación pulida, de altura regulable de 1442 mm a 2439 mm, posee cuatro ganchos porta suero en la parte superior y una base de 24" de cinco patas con ruedas de 2,5" para su traslado¹².



Humidificador

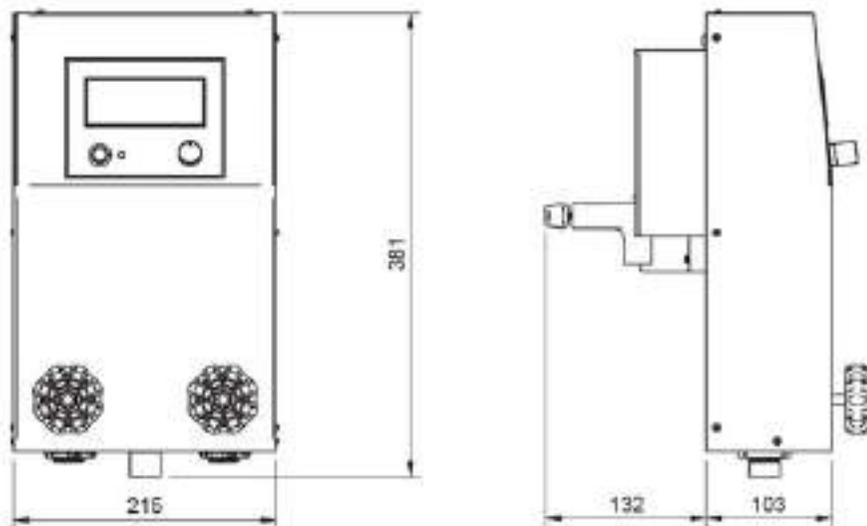


Equipo de OAF completo

¹². Consultar Anexo "Soporte humidificador y mezclador" pág 114 para ver el proceso de diseño del soporte, en la sección "humidificador" pág 158 y en "atril portasueros" pag 144 por datos de los mismos

Mezclador de aire y oxígeno

Sus dimensiones generales están comprendidas entre 318 cm de altura, 215 cm de ancho y 103 cm de profundidad. Las mismas han sido definidas a partir de la disposición espacial mínima encontrada para sus componentes internos, que permitiera a su vez una adecuada manipulación de los mismos¹³.



Vista Frontal y Lateral Izquierda del dispositivo OAF



Dispositivo con carga eléctrica y conectado a tanque de oxígeno

¹³. Consultar dimensiones en Carpeta Técnica

Componentes externos

Envolvente metálica

Su envolvente principal está fabricada a partir de una chapa de 1,2mm de acero inoxidable pulido, mediante corte por chorro de agua, plegado CNC y soldado de aristas. Se compone por una parte trasera, donde son instalados la totalidad de los componentes, y una parte frontal que los recubre y se sujeta mediante tornillos. El acero inoxidable favorece la limpieza de la superficie mientras que su armado brinda la mayor accesibilidad posible a los componentes internos. En su frente, presenta una indicación generada en la superficie a partir de un vinilo sobre cada una de las válvulas especificando el nombre del gas que pasa por ellas, y un cartel de precaución por el control de la presión del aire (0.5kg/cm²).¹⁴



Componente frontal y trasero de la envolvente metálica

¹⁴. Consultar las páginas 132 a 137 de anexos para ver el proceso de diseño de este componente.
Consultar Carpeta Técnica para ver desglose de la chapa sin plegar con sus indicaciones

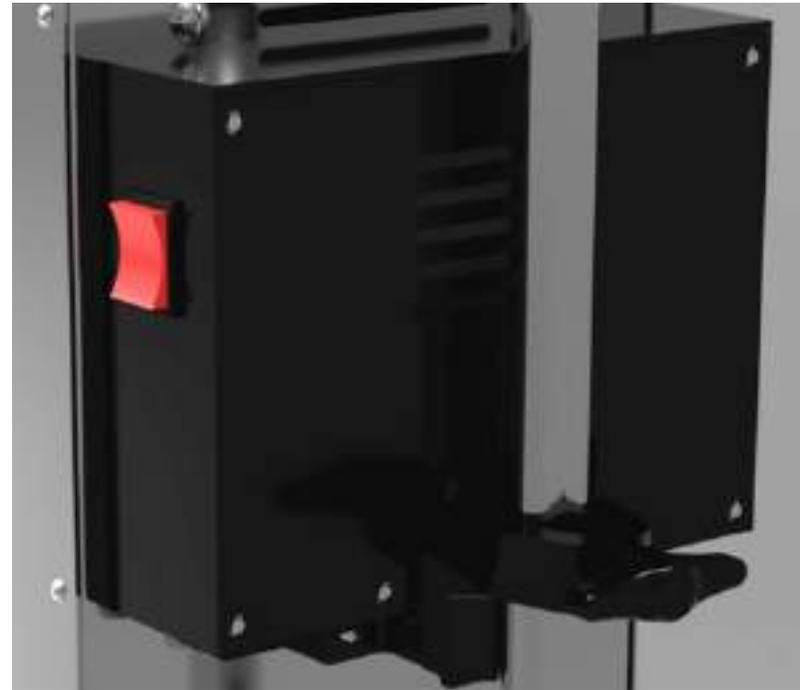


Renders del dispositivo OAF sin y con la parte frontal de la Envolvente

Caja Eléctrica

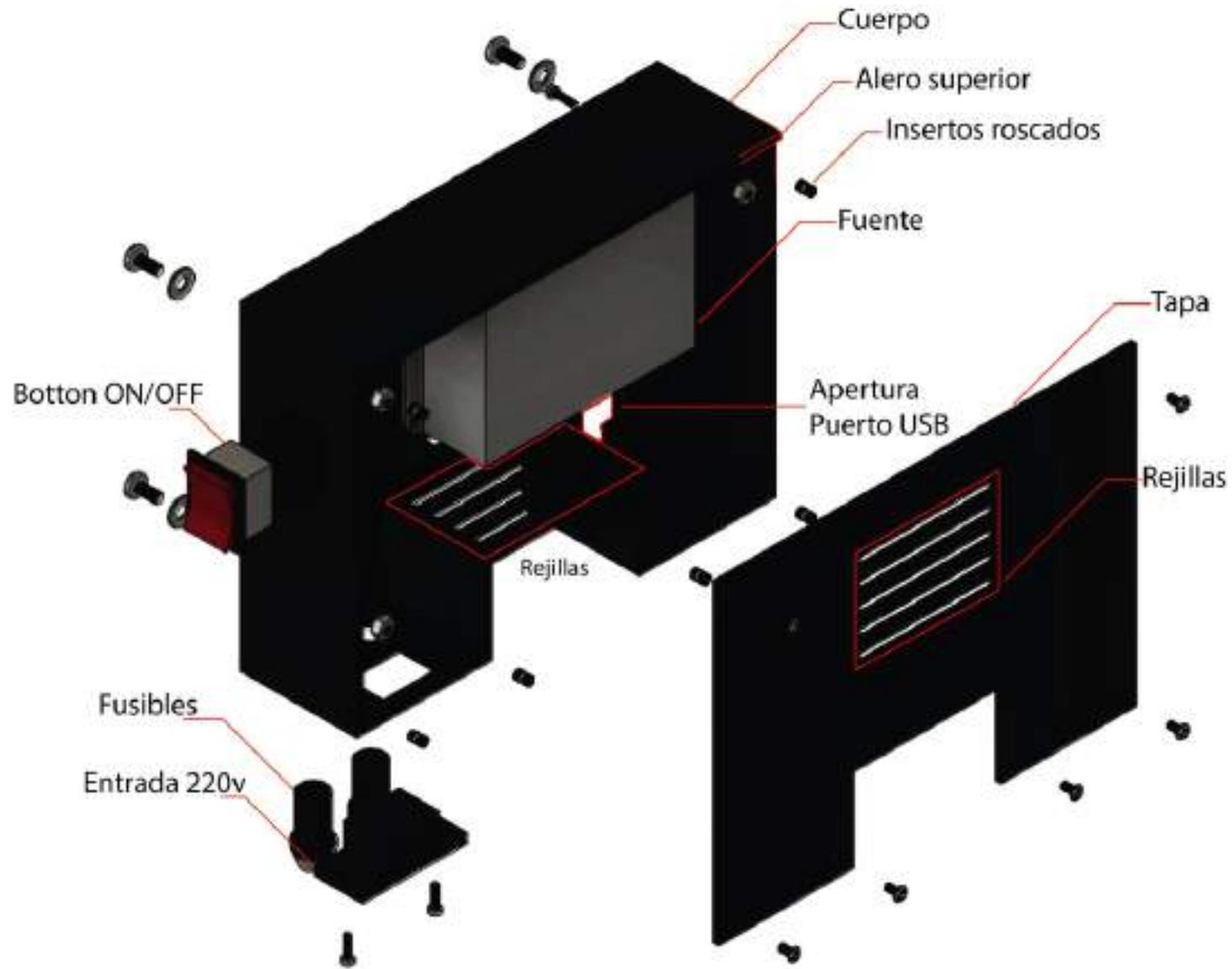
Este equipo se encuentra atornillado a la parte trasera de la envolvente metálica. Utiliza una conexión eléctrica de 220V, el cual se enciende y apaga mediante un interruptor On/Off en la cara lateral del equipo. La caja contiene el circuito eléctrico compuesto por los fusibles, la fuente y su respectivo cableado que ingresa a la envolvente metálica, para energizar a los componentes electrónicos.

Esta caja es fabricada mediante Impresión 3D utilizando el material PLA+, el cual fue avalado por los médicos ya que permite una buena higienización. El mismo presenta rejillas tanto en su cara trasera como inferior que permiten un flujo de aire para la refrigeración de la fuente. Además, su tapa está acompañada por un alero en la arista horizontal superior que en conjunto a la disposición de sus rejillas minimiza el riesgo de filtración de fluidos de limpieza o contaminantes por derrame. También posee una abertura para el puerto USB que permite el fácil acceso a la programación de los componentes electrónicos. Su unión con el resto del cuerpo de la caja es posible gracias a insertos roscados y tornillos.¹⁵



Render de la vista posterior del producto con la Caja Eléctrica, los Soportes y el Atril

¹⁵. Consultar las páginas 126 a 131 de anexos para ver el proceso de diseño de este componente.



Explotada de la Caja Eléctrica dónde se pueden visualizar los sub-componentes

Soportes

Tanto el humidificador como el sistema de mezcla de gases son colocados en soportes generados por el equipo de diseño. Los mismos también permiten regular la altura de la posición de los dispositivos a lo largo del atril. A causa del alto costo del soporte original del humidificador presente en plaza, se decidió fabricar uno a partir de tecnología de impresión 3D que se adapte correctamente. Dado su buen desempeño y bajo costo de producción, se decidió replicar el soporte para sostener la envolvente metálica con todos sus componentes¹⁶.



Soporte que se encontraba disponible en plaza



Render del conjunto de soportes para sujetar la envolvente metálica al atril tripie

¹⁶ Consultar las páginas 114 y 115 de anexos para ver el proceso de diseño de este componente.

Componentes internos

Caja electrónica

En el interior de la envolvente, atornillado a su parte trasera, se encuentra una caja de plástico que contiene los principales componentes del circuito electrónico del dispositivo. Mediante una pequeña abertura, se comunica directamente con la fuente de energía que lo energiza. Este circuito está compuesto por una placa, display, botones, sensores, cables, tubos blandos, y está contenido en una carcasa fabricada en PLA+ (ácido poliláctico; material termoplástico) por FDM que soporta los componentes y los aísla ante pérdidas de oxígeno en la zona de mezcla.



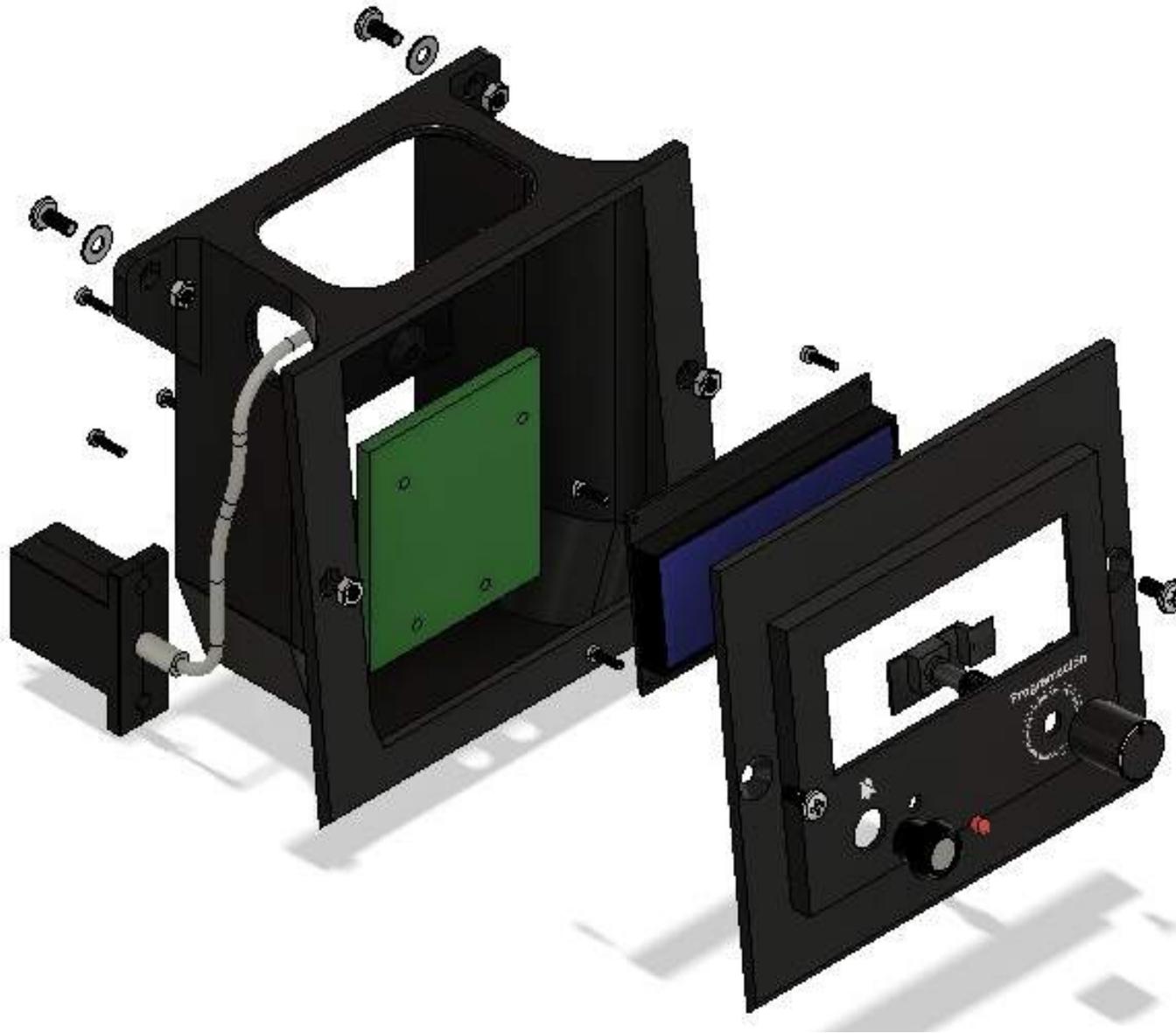
Render de la caja electrónica sin su tapa

El dispositivo cuenta con un display para la visualización de los valores de caudal de gases y el seteo de alarmas. Mediante un pulsador tipo encoder se selecciona el valor para el seteo de la alarma de porcentaje de oxígeno en la mezcla de aire suministrada y la del porcentaje de oxígeno dentro de la envolvente para la detección de ocasionales pérdidas u obstrucción del sistema que pudiera elevar los niveles. Mediante un pulsador se apaga la alarma al ser atendida. El pulsador y el encoder son acompañados por gráficas para un entendimiento intuitivo de sus funciones y accionamiento¹⁷.



Render de la caja electrónica vista en el interior de la envolvente

¹⁷. Consultar las páginas 123 a 125 de anexos para ver el proceso de diseño de este componente.



Render explotada de la caja electrónica diagramando sus partes internas

Sistema de mezcla

El aire y el oxígeno deben ser suministrados por separado a través de mangueras conectadas al circuito de mezcla de gases¹⁸. Los caudales de ambos gases son controlados en la entrada del circuito mediante válvulas, que por convención se les designa el color blanco para el aire y verde para el oxígeno. Estos gases fluyen en paralelo para luego unificarse, resultando en una mezcla homogénea (fO₂) en donde se ubica el sensor que mide la concentración de oxígeno en ella, pasando luego a través de una *placa orificio*¹⁹, ubicada entre las tomas de sensores de presión para la medición del caudal. Por último, el fO₂ resultante, se conecta directamente al humidificador para finalmente suministrar al paciente.

Adicionalmente, el presente sistema se mantiene en posición vertical en el interior de la Envoltura mediante la utilización de dos soportes²⁰ destinados a las válvulas. Estos soportes aseguran al grupo de componentes al emplear un sistema de rosca, logrando su integración con la Envoltura Metálica.

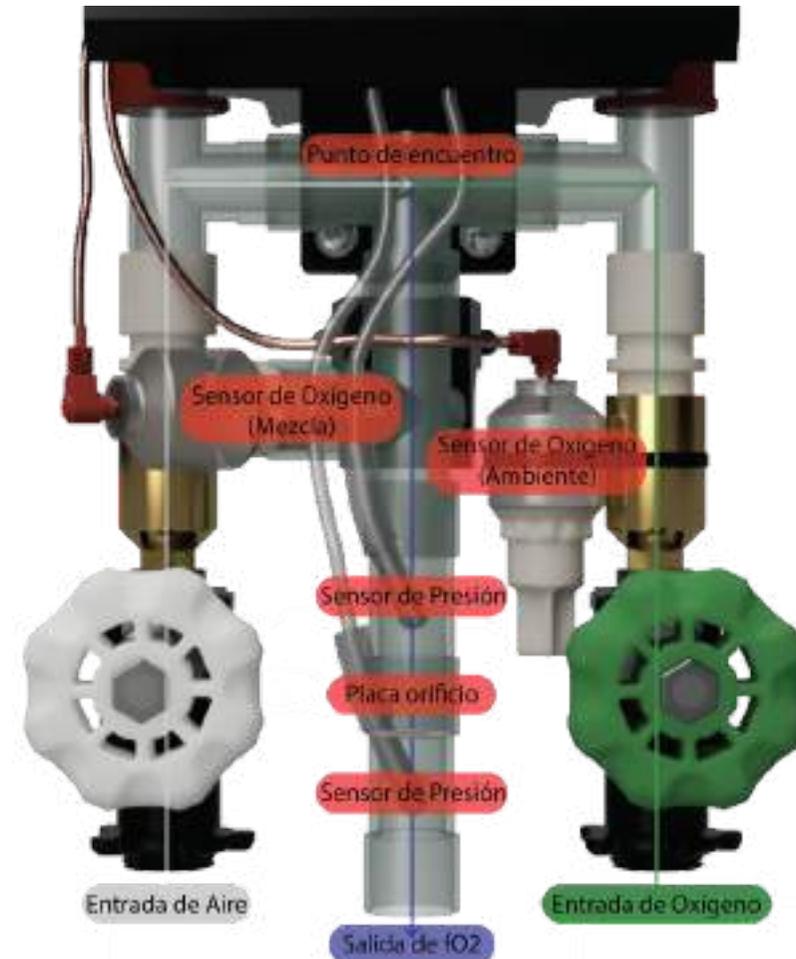
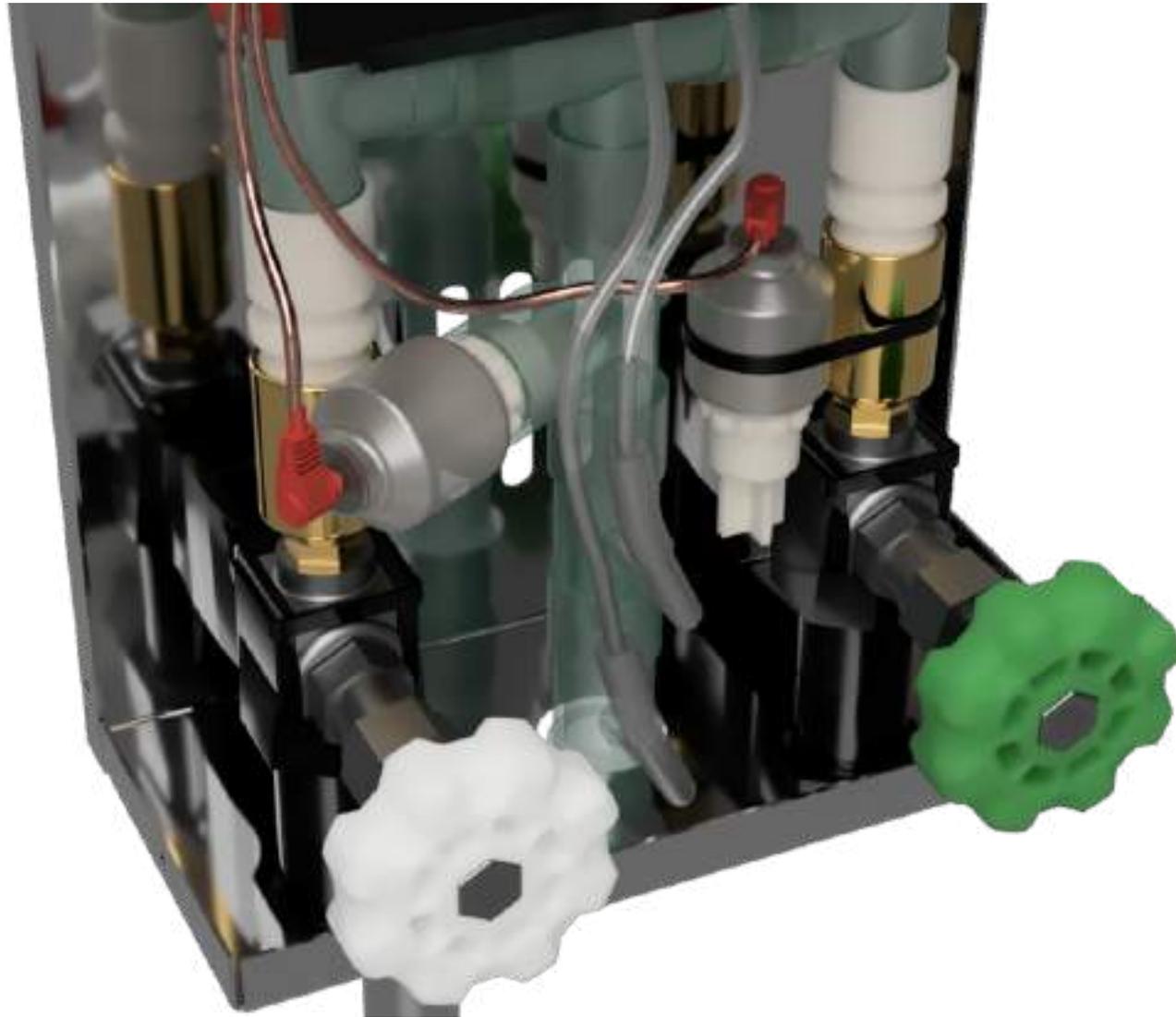


Diagrama de fluidos en el sistema de mezcla de aire y oxígeno

¹⁸. Consultar las páginas 108 y 109 de anexos para ver el proceso de configuración de este componente.

¹⁹. La placa de orificio es un dispositivo que permite medir el caudal de un fluido que pasa por una tubería. Consta de un disco con un orificio en el centro, que se coloca perpendicular a la tubería

²⁰. Consultar las páginas 117 a 121 de anexos para ver el proceso de diseño de este componente.



Render de exposición del sistema de mezcla de aire y oxígeno¹⁹

CAPÍTULO 6

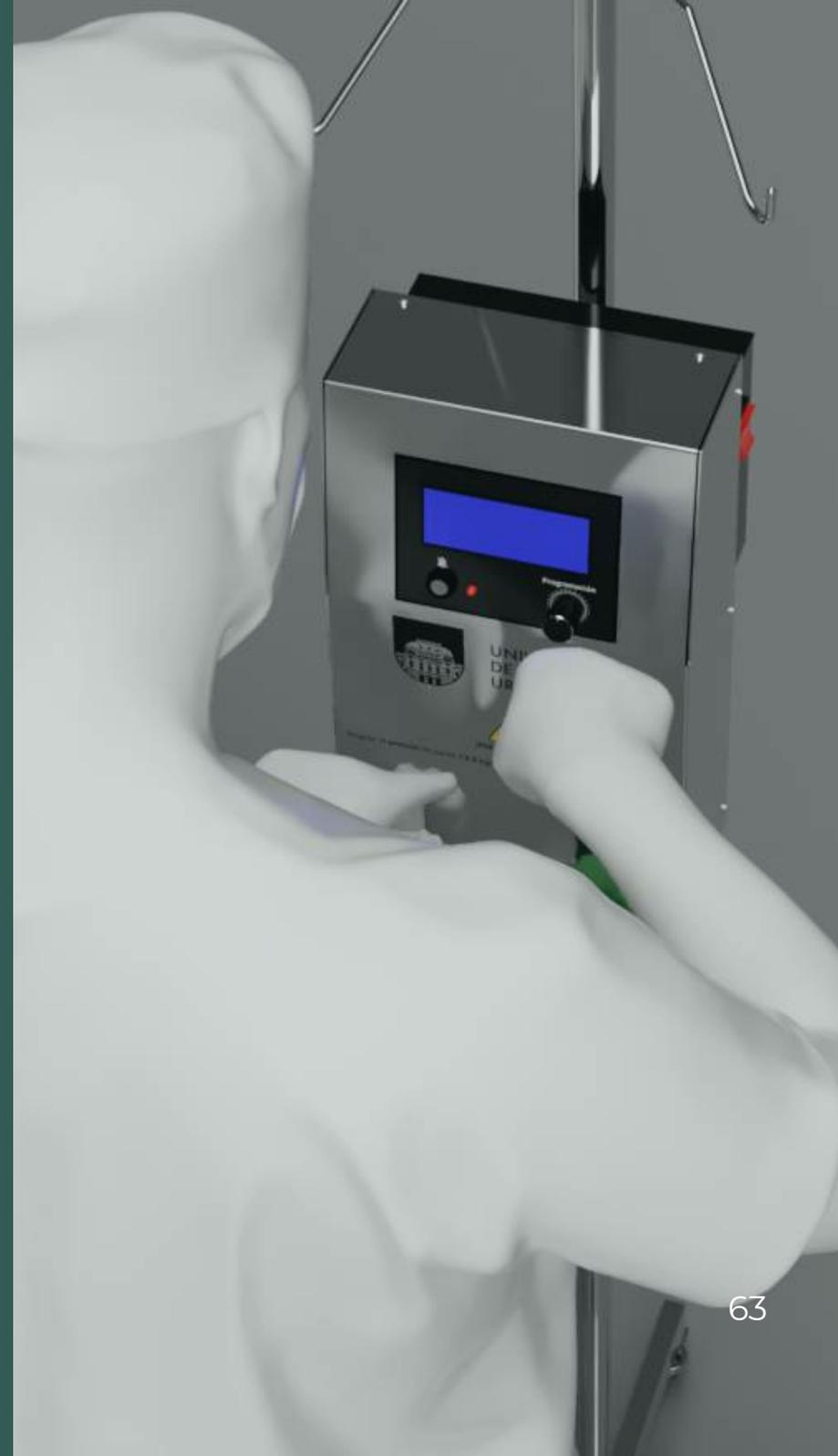
Aspectos ergonómicos

Situación de uso

Interfaz con el usuario

Análisis ergonómico

Validación del producto



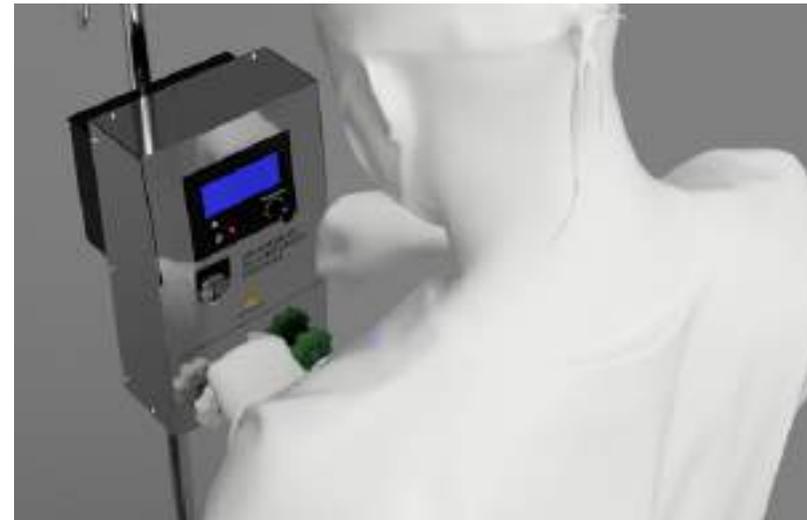
Situación de uso

El prototipo fue ideado para su utilización dentro de salas de internación con suministro general de aire y de oxígeno. Se posiciona cerca del paciente a una altura cómoda para el uso por parte de los funcionarios. Desde un principio se maneja de forma central el concepto de que el dispositivo sea compacto y posea facilidad de traslado y regulación.



Imagen de estación de suministro de electricidad, aire, oxígeno y otros gases médicos del hospital de clínicas

Debido a las circunstancias provocadas por el Covid, se considera imprescindible contemplar que el producto será utilizado por diferentes operadores con diferentes complejiones físicas en diferentes lugares y/o posiciones en una misma y acotada franja de tiempo.



Render de proyección de uso por operario del cuerpo médico



Render de proyección de situación de uso dónde un operario configura los valores del dispositivo.



Paciente en tratamiento de oxigenoterapia de alto flujo utilizando el primer prototipo realizado.

Interfaz con el Usuario

Zona Azul - Única pantalla y principal fuente de datos para el operador. Se pueden visualizar los valores de caudal de la mezcla de gases, su porcentaje de oxígeno y el seteo de alarmas.

Zona Blanca - El pulsador y el encoder son acompañados por gráficas para un entendimiento y accionamiento intuitivo de sus funciones.

Zona Amarilla - El área central del producto se conforma por dos ítems. El logo distintivo de la Universidad de la República. Y un mensaje de precaución en relación a valores que el operador debe respetar para el funcionamiento correcto del dispositivo.

Zona Naranja - Se incluyen textos por encima de las válvulas para facilitar la distinción de los gases al operador.

Zona Verde - El dispositivo consta en su frente con válvulas tipo aguja que regulan el caudal de aire y oxígeno. Cada una de ellas posee el color acorde al gas que controlan según el sistema establecido en el ámbito medicinal.



Frente del dispositivo con esquema de colores de usos

Análisis ergonómico

Zona A - Corresponde a la altura promedio codo-suelo. Gracias a los soportes y el atril, es posible regular la altura del dispositivo acorde al operador.

Zona B - Corresponde a la zona de operación de dispositivos de control manual.

Zona C - Corresponde a la zona de visión de dispositivos visuales de uso constante.

Zona Verde - Corresponde a la línea de visión que se establece entre el operador y la pantalla del dispositivo. El área del display y botones se encuentra inclinada con un ángulo de 6° para una visibilidad cómoda para el usuario.

Zona Amarilla - Corresponde a los soportes diseñados con el fin de permitir libertad de disposición a la hora de fijar el producto y/o el humidificador al atril.

Zona Marrón - Corresponde al ajuste que posee el atril para poder ajustar la altura del mismo.

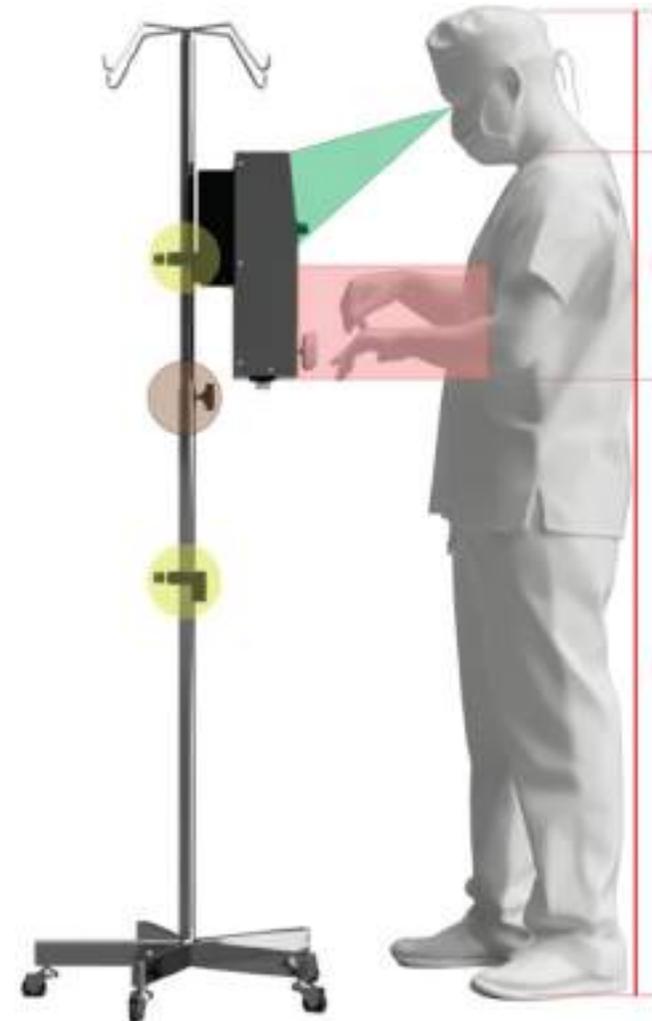


Diagrama ergonómico del uso del dispositivo

Validación del producto

El Hospital de Clínicas nos compartía sus necesidades y exigencias, contando con los equipos de testeo de dispositivos médicos, abriendo puertas para que se lleven a cabo pruebas, relevamientos e investigaciones. En el caso del prototipo OAF al ser una terapia poco invasiva, no requería de rigurosos controles o certificaciones para ser aplicados sin representar un riesgo para el paciente.

Los prototipos entregados fueron testeados allí mediante un sensor de calibración TSI de la marca Fluke. El primer prototipo adjuntaba su manual de uso y se les instruía de forma breve a distintos funcionarios. Este y los siguientes dos prototipos fueron utilizados con éxito en varios casos de afecciones respiratorias, siendo covid positivos o no. Su implementación inicialmente fue dificultosa debido a las diferencias con los equipos comerciales actuales en cuanto a la interfaz de usuario, pero que con una breve instrucción y el manual de uso, se superaba. Otro aspecto a tener en cuenta era su peso y mayor tamaño, que al contar con un atril móvil no generó problemas.

Un aspecto positivo remarcado por el cuerpo médico fue de que gracias a que el funcionamiento de mezcla de gases es puramente mecánico; una vez medidas las variables, podría continuar funcionando sin energía eléctrica, permitiendo el uso de otros equipos que necesiten conexión.

Afortunadamente, la llegada y aplicación de las vacunas muestra su eficacia, poniendo en segundo plano la necesidad de la fabricación alternativa de equipos médicos, por lo que los distintos entes y áreas retiran el apoyo para continuar los proyectos. Actualmente los dispositivos no están en uso, pero se encuentran a disposición en caso de escasez de equipos.



Artefactos para realizar mediciones, pruebas y uso de dispositivos médicos. A la derecha superior el instrumento de testeo del OAF.

CAPITULO 7

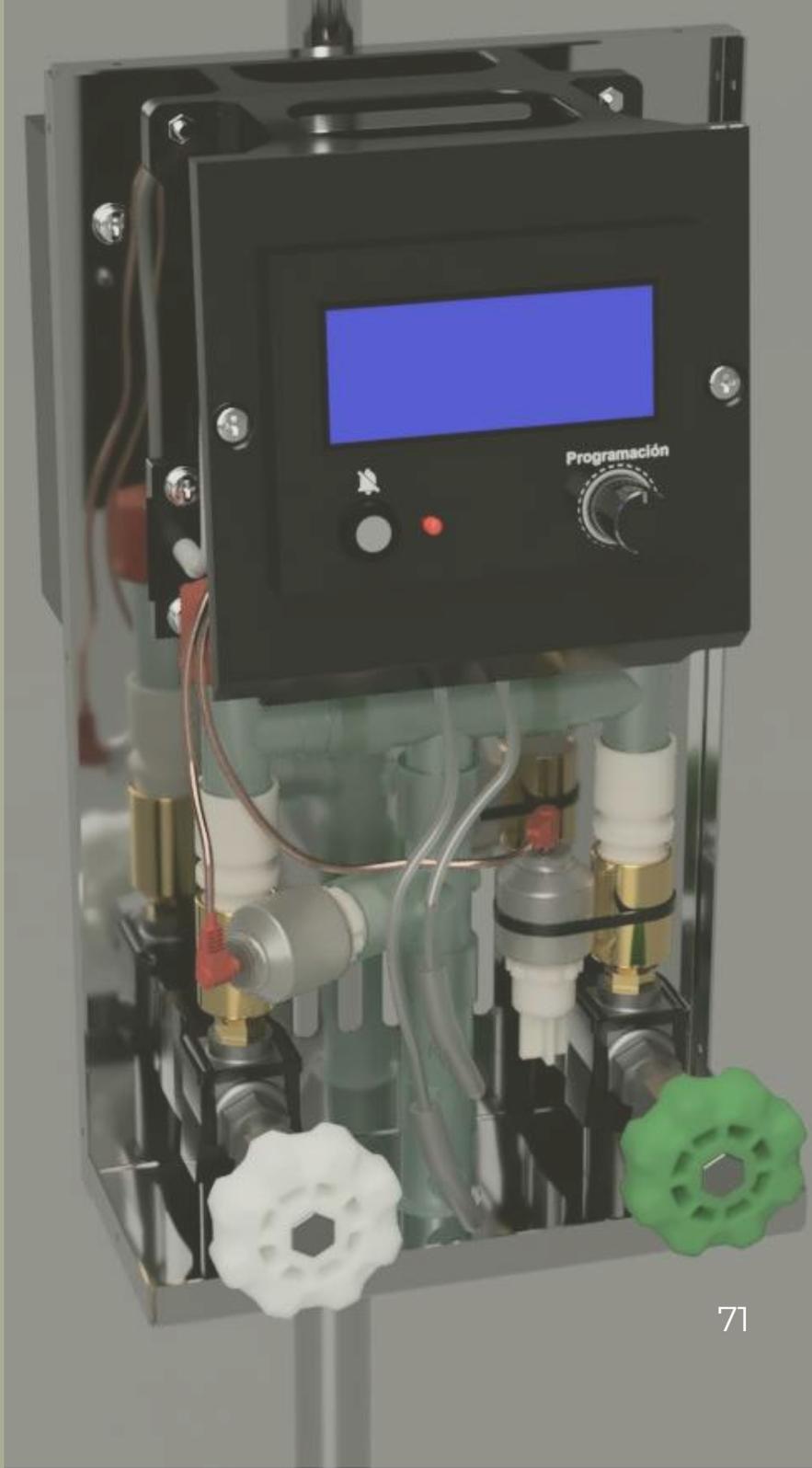
Modificaciones y optimizaciones

Modelo 3D

Caja electrónica

Envolvente metálica

Soporte para válvulas

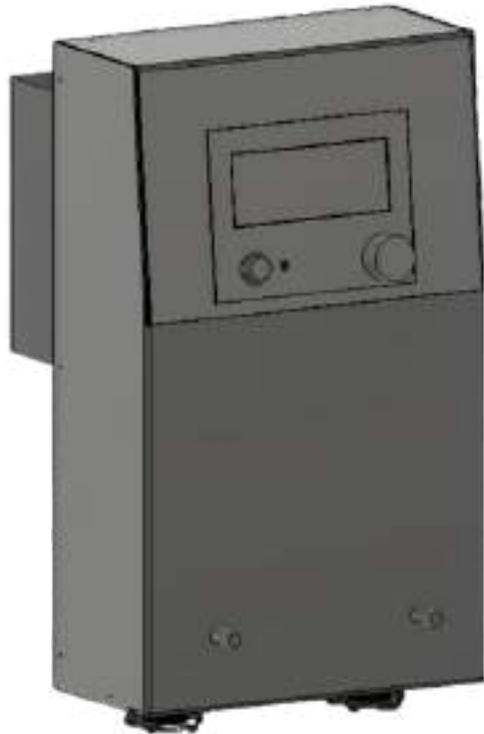


The image shows an exploded view of a mechanical assembly. On the left, a vertical silver pole has several components attached to it, including a black bracket and a black knob. In the center, there is a grey rectangular housing with a cutout, and below it, a more complex assembly with a green cylindrical component and various bolts. On the right, a larger grey cabinet is shown, featuring a window, a logo, and the text 'UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA JR. GUAY'. The cabinet has two large green knobs at the bottom. A semi-transparent green text box is overlaid on the central part of the image.

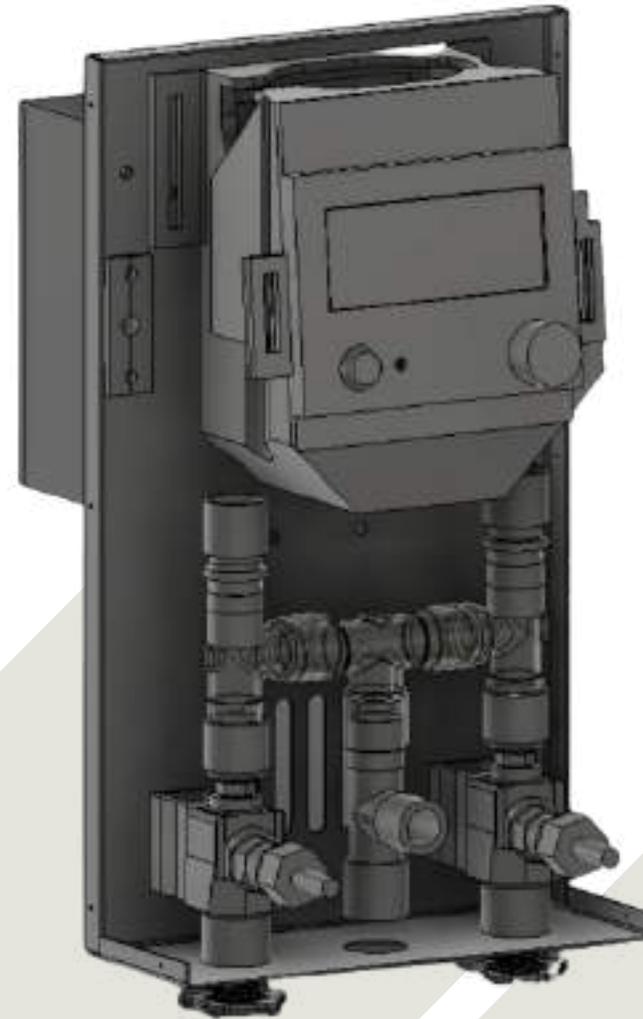
En el cierre del Proyecto OAF, se detectaron algunos inconvenientes durante el montaje de los prototipos finales. Por lo tanto, consideramos necesario realizar correcciones en el diseño de los componentes. Para lograrlo, llevamos a cabo la reconstrucción de todos los modelos 3D, lo que nos permitió generar nuevo material técnico y visual de gran valor para mejorar la exposición y comprensión del dispositivo.

Modelo 3D

El equipo realiza completamente desde cero un nuevo modelo 3D, incluyendo colores, texturas y materiales. Se modelan e incorporan nuevos insumos tales como volantes, cableado, medidores, tapones, adhesivos, atril, tornillos, tuercas, arandelas e insertos roscados; con el fin de generar un modelo realista que permita diagramar y exponer el producto.



Estado del 3D visto desde afuera previo al T.G



Estado del 3D visto desde adentro previo al T.G



Estado del 3D final visto desde afuera



Estado del 3D final visto desde adentro

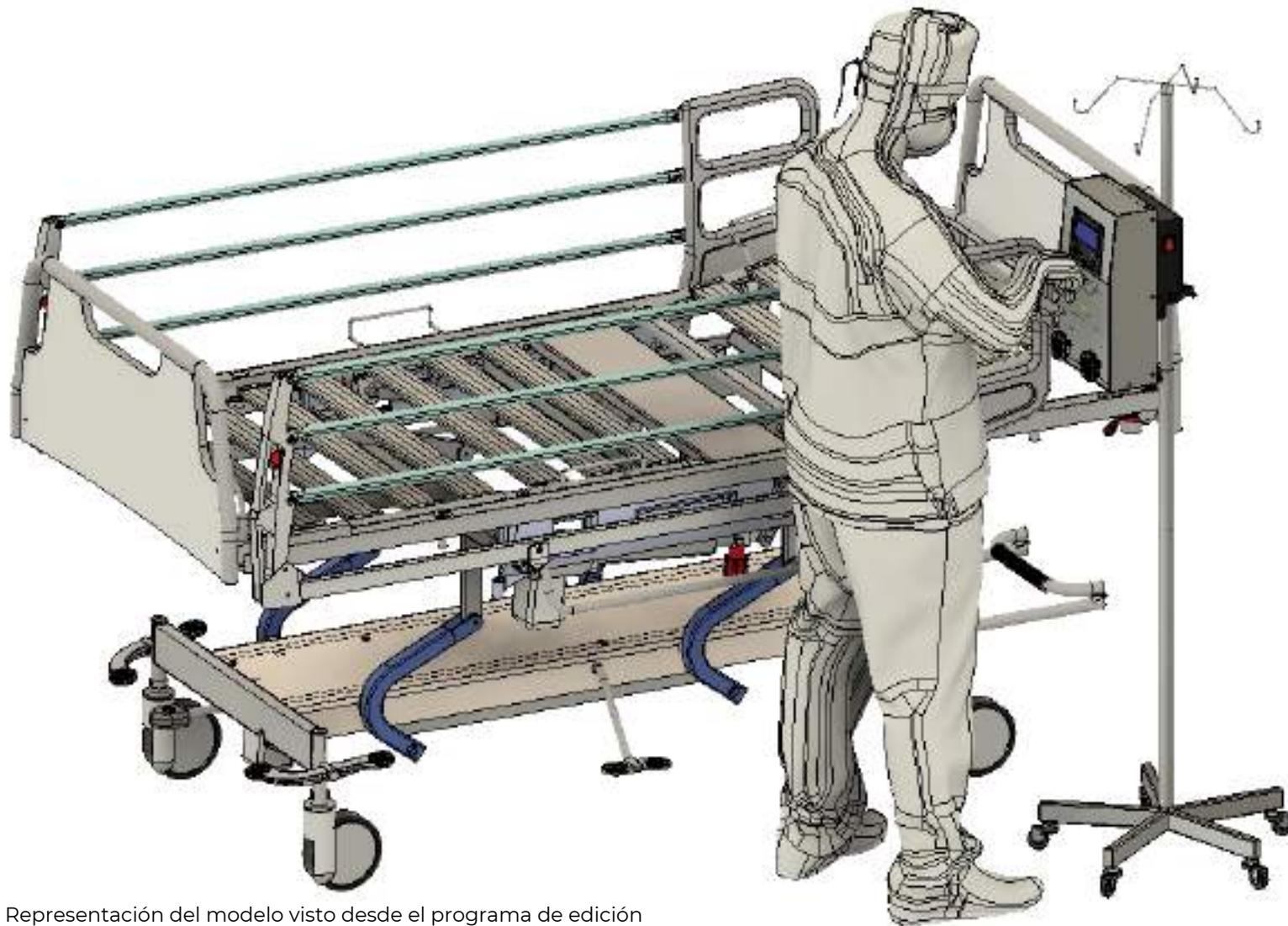
Se importa desde librerías online insumos 3D tales como la cama de hospital y el médico para obtener una representación de la situación de uso que suplemente la falta de imágenes del producto en actividad dentro el hospital de clínicas. El modelo 3D del atril tripie fue diseñado por el equipo del T.G replicando las medidas y especificaciones de la ficha técnica del insumo en plaza.



Render de la cama de hospital y atril tripie



Render de operario con el OAF



Representación del modelo visto desde el programa de edición

Caja electrónica

Respetando las dimensiones generales, se modificó la unión con su tapa para un resultado más firme y rígido, al igual que su unión con la carcasa metálica. Para esto se diseña el componente desde cero, con el fin de obtener una pieza estilizada, suprimiendo irregularidades y defectos en el diseño.

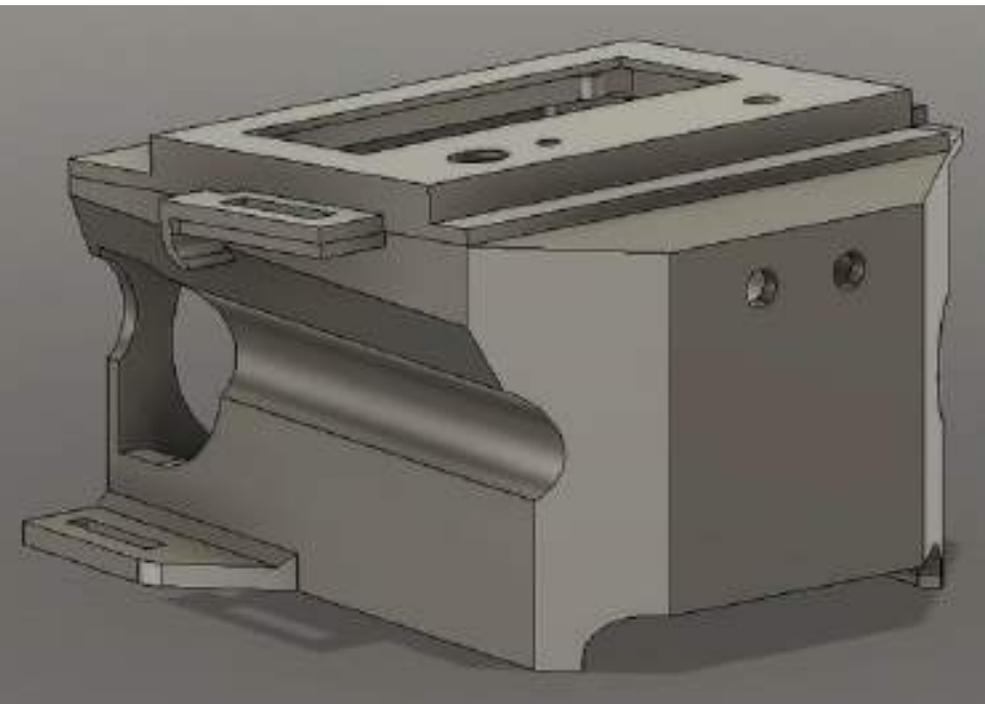


Disposición los tubos internos y externos a la caja de electrónica.

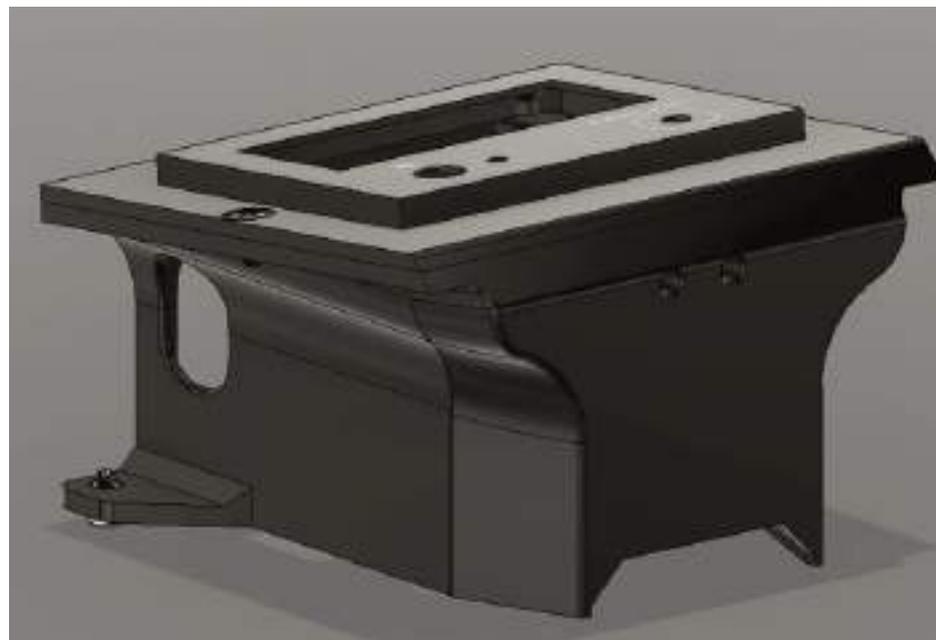
Se ajustan dimensiones y morfología de la pieza para mejorar la organización de los componentes que lo rodean dentro de la envolvente metálica.



Disposición los tubos internos y externos a la caja de electrónica.



Estado inicial del cuerpo de la caja electrónica



Estado final del cuerpo de la caja electrónica

Envolvente metálica

Se amplían los diámetros de los orificios para los ejes de las válvulas y se realizan correcciones en el posicionamiento y diámetro de los orificios de la cara inferior.



Simetría y tolerancias logradas a partir del nuevo modelo.

Se corrige el posicionamiento y amplía el margen de encastre entre el frente de la caja electrónica y su correspondiente ventana en la envolvente metálica.



Demostración del margen entre la tapa de la caja electrónica y la ventana de la envolvente metálica.

Se ajustan tolerancias en lo que refiere a pliegues y espacios de unión entre el frente de la envolvente metálica y la parte trasera, en función a dificultades que surgieron en el armado de los prototipos durante la etapa final del Proyecto OAF.



Espacios de aire para contemplar el movimiento del metal al realizar el soldado.

Soportes para válvulas

Se añadieron perforaciones a los soportes de las válvulas para facilitar la colocación de precintos, ya que de lo contrario se levantaban las válvulas al conectar los ingresos de aire/oxígeno desde abajo.



Vista desde abajo de los ingresos para aire/oxígeno



Nueva perforación para precintos en el soporte para válvulas

CAPITULO 8

Conclusiones y Reflexiones

Interdisciplina y Virtualidad
Ideación y fabricación digital
Reflexiones finales





A partir de la experiencia de diseño y fabricación del prototipo, acompañado por la síntesis del proceso proyectual realizada en este trabajo, surgieron varias observaciones que nos permitieron elaborar conclusiones y reflexiones. A continuación se engloban las mismas en diferentes aspectos que fueron fundamentales para el desarrollo del proyecto.

Trabajo interdisciplinar y virtualidad

La integración del equipo de diseño al proyecto OAF sucede cuando FIng propone un primer prototipo funcional del dispositivo (elementos mecánicos esenciales). Al ser componentes e insumos obtenidos en plaza y ensamblados esquemáticamente, el equipo de diseño pudo re-configurar la disposición de los mismos con mayor libertad, a diferencia del proceso en Ventuy, donde fue necesario el rediseño y fabricación de piezas que influyen directamente en el funcionamiento del modelo, obligando a retomar aspectos de etapas anteriores. Consideramos entonces que una integración temprana del equipo de diseño al proyecto optimiza el trabajo y los resultados, pudiendo en conjunto aportar ideas y tomar decisiones acertadas.

Al haber transcurrido el proyecto en medio de una emergencia sanitaria, que obligaba a las personas a mantener aislamiento o distanciamiento social, fue necesario realizar las reuniones de trabajo de forma virtual a través de una aplicación. Esto permitió que cada uno de los convocados pueda asistir con mayor facilidad a la reunión desde su casa o lugar de trabajo, suprimiendo tiempos de viajes y sin la necesidad de coordinación de un espacio físico, a diferencia de las

reuniones presenciales. Se logra así una mayor asistencia y la posibilidad de generar reuniones de manera más rápida, brindando facilidad a los integrantes de los equipos para poner en común los avances, nueva información e ideas; generalmente al final de las reuniones quedaban definidas las rutas y caminos a seguir para todos los integrantes. En contraparte, las plataformas de reuniones virtuales son limitantes ya que condicionan a que el usuario disponga de un dispositivo adecuado con buena conexión a internet y un ambiente apto para establecer comunicación fluida con los demás participantes. Si esto se cumple, nos parece una herramienta efectiva y versátil para establecer y llevar a cabo reuniones entre varios integrantes.

Por otro lado, durante las reuniones presenciales la comunicación interpersonal era notoriamente mejor, con mayor fluidez, pudiendo interactuar con los materiales y objetos de trabajo. En este ámbito, la resolución de problemas y la generación de ideas era más productiva y ágil en relación a los encuentros virtuales, a pesar de que en varias ocasiones fue necesario recurrir a una llamada o videollamada para realizar una consulta o toma de decisiones con el referente del tema. Los encuentros presenciales con los profesionales de la FIng, dieron lugar a que se genere una dinámica de Co-Diseño durante el transcurso del proyecto, principalmente a la hora de desarrollar la morfología exterior y disposición interna de los elementos del dispositivo. En varias ocasiones, miembros del grupo de ingeniería generaban aportes en cuanto al diseño, de la misma forma que los estudiantes de la EUCD incidieron en algunas decisiones sobre el funcionamiento.

Esto resultó sumamente positivo en términos de calidad de ideas para la continua mejora y optimización del dispositivo de OAF. Otro aspecto a destacar fue la experiencia y conocimiento particular de cada uno de los miembros del equipo de diseño en distintas áreas tales como física, mecánica, maquetación, fabricación digital y otros; como recurso para la generación de nuevas ideas. Por consiguiente, observamos que los encuentros presenciales permiten que se generen mejores ideas y un mayor entendimiento entre los integrantes, mientras que las reuniones virtuales eran más efectivas para la puesta en común y manejo de información.

Como se mencionaba anteriormente, para la toma de decisiones el equipo de diseño activamente reportaba sus avances al equipo de ingeniería. Era en ese momento dónde se discutían las optimizaciones, ya sea de prueba o finales, o bien se buscaba una solución en conjunto. El uso de WhatsApp jugó un papel clave como medio para la evacuación de dudas mientras se trabajaba en algún elemento del diseño del producto. Esto se daba tanto por chat como por videollamada, permitía en ocasiones avanzar de forma rápida. Sin embargo, si bien whatsapp brinda una comunicación constante entre las partes, eso también ocasionó en algunas oportunidades desorganización en las ideas y caminos acompañado por discusiones y malentendidos.

En nuestra experiencia, WhatsApp fue una buena plataforma que nos permitió un intercambio ágil entre los miembros del grupo pero consideramos que no brinda una interfaz ni herramientas apropiadas para la adecuada organización de un proyecto académico.

De la mano con esto, debido al contexto y los cortos tiempos que se manejaban, surgieron discrepancias entre las metodologías, formas de trabajar y concebir los diseños de los profesionales de FIIng con los equipos de la EUCD. Si bien esto forma parte de la interdisciplinariedad y resultaban en intercambios que enriquecieron al proyecto y a la práctica de los integrantes, también hubo situaciones en las que resultó contraproducente al avance del proceso de diseño. Estimamos que la falta de coordinación previa entre los distintos equipos de trabajo, sin establecer metodologías en común, pudo haber dificultado el desarrollo efectivo de algunas etapas del proceso de diseño. No obstante, esta práctica interdisciplinaria toma gran valor para nuestra formación académica como estudiantes de diseño industrial, donde pulimos las habilidades de relacionamiento interpersonal y trabajo en equipo con profesionales de otras áreas.

Ideación y fabricación digital

Durante el transcurso del proyecto, las instituciones tanto de la Facultad de Ingeniería como la Escuela Universitaria Centro de Diseño abrieron sus puertas para que el equipo encargado del diseño y prototipado del producto pueda utilizar libremente el equipamiento de Fabricación Digital. FIng por su parte contaba con talleres equipados con variedad de herramientas, máquinas de fabricación digital como Cortadora Láser CNC, múltiples Impresoras 3D FDM, una Impresora 3D SLA y Cortadora Plasma Manual. La EUCD contaba en sus talleres con Impresoras 3D FDM y un Router de Fresado CNC. Sumado a esto los integrantes del equipo de Diseño disponían de Impresoras 3D FDM y SLA personales. De tal manera, parte del presupuesto del proyecto se dirigió a la compra de filamento PLA+, PET-G y Resina Casteable para solventar los gastos de los estudiantes e incentivar a utilizarlas en su máximo.

Debido al carácter de emergencia de la situación sanitaria del país, era indispensable llegar a un producto funcional en tiempo récord. Para que esto suceda, la disponibilidad de las herramientas mencionadas anteriormente, jugaron un rol fundamental. Dichas máquinas, acompañadas por un

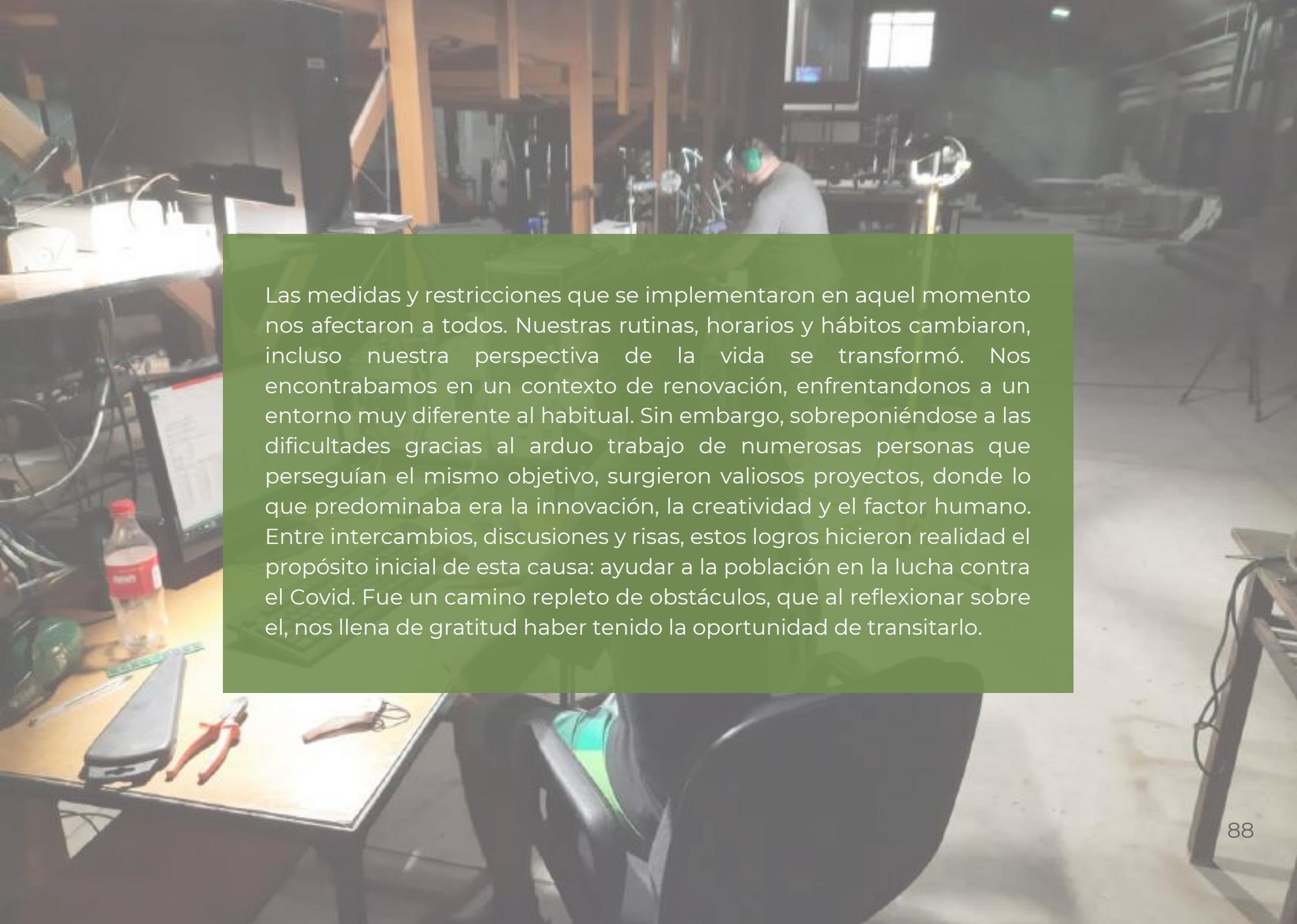
equipo con experiencia en el uso de programas de Modelado 3D para el diseño y desarrollo de productos, permitieron generar de manera rápida, activa y diaria, pruebas físicas y digitales durante todas las etapas del proyecto. Algunas de estas pruebas fueron; simuladores, maquetas, prototipos, etc. ²¹(consultar Anexo "Memoria Descriptiva del Proyecto").

Varios componentes del producto se proyectaron para ser fabricados utilizando Impresión 3D FDM, ya que este permite generar de forma local una producción en serie a pequeña escala con alta precisión y bajo costo, llegando a un producto resistente y funcional digno de una versión final. Hoy en día la Fabricación Digital se encuentra en auge, en donde muchas instituciones poseen en alguna de sus instalaciones equipamiento de este carácter, lo cual amplía las posibilidades de producción nacional a pequeña y gran escala, generando una red global de productos e información.

Esto último cobra gran importancia dentro del contexto del momento, ya que uno de los objetivos del proyecto fue generar un repositorio online para compartir con la comunidad académica del resto del

²¹. Consultar Anexo "Proceso de desarrollo tecnológico-productivo"

mundo los planos, archivos y programación del producto; con el fin de realizar nuestro aporte al universo de soluciones que se desarrollaban frente a la escasez de dispositivos médicos profesionales y la sobrecarga de los centros de salud a raíz de la emergencia sanitaria causada por el virus Covid-19.



Las medidas y restricciones que se implementaron en aquel momento nos afectaron a todos. Nuestras rutinas, horarios y hábitos cambiaron, incluso nuestra perspectiva de la vida se transformó. Nos encontramos en un contexto de renovación, enfrentándonos a un entorno muy diferente al habitual. Sin embargo, sobreponiéndose a las dificultades gracias al arduo trabajo de numerosas personas que perseguían el mismo objetivo, surgieron valiosos proyectos, donde lo que predominaba era la innovación, la creatividad y el factor humano. Entre intercambios, discusiones y risas, estos logros hicieron realidad el propósito inicial de esta causa: ayudar a la población en la lucha contra el Covid. Fue un camino repleto de obstáculos, que al reflexionar sobre el, nos llena de gratitud haber tenido la oportunidad de transitarlo.

Reflexiones

Si bien se logró llegar a tres prototipos funcionales los cuales atravesaron evaluaciones médicas dentro del Hospital de Clínicas, el resultado carece de carácter industrial y comercial. Por lo cual, es meramente experimental y de emergencia frente a una realidad que exigía resultados rápidos, siendo su diseño final pasible de varias mejoras. Aún así, los prototipos formaron y forman parte del equipamiento médico del hospital (en caso de escasez de equipos médicos), siendo utilizados en varios pacientes de manera exitosa. Resulta destacable el acierto por parte de los profesionales médicos e ingenieros involucrados al redirigir sus esfuerzos hacia la producción de este dispositivo, en contraposición a los respiradores financiados y fabricados que no han sido implementados. Sin embargo, hasta ahora no se había evidenciado adecuadamente gran parte del esfuerzo realizado por los involucrados, los recursos destinados, y la compleja dinámica atravesada.

En su debido momento se llevó a cabo un breve video explicativo y reseña del proyecto difundido a través de la página de FIng describiendo los resultados y características generales del producto. Dados los tiempos de actuación determinados por el contexto de emergencia sanitaria, era un desafío lograr planificar, ordenar y documentar el recorrido del proyecto. Por ello, el material publicado no fue suficiente para reflejar la cantidad de esfuerzo, horas y recursos dedicados por todos los profesionales y estudiantes de EUCD, FIng y Fmed.

Debido a que actualmente a nivel nacional existen pocos proyectos con estas características, consideramos que la realización de este trabajo aporta valioso conocimiento empírico al repositorio académico, formalizando el registro de un antecedente de carácter universitario que puede ser consultado en futuros proyectos. Por este motivo, es que consideramos importante detallar en profundidad los antecedentes, génesis, proceso de co-diseño y la documentación técnica del producto.

El continuo intercambio de ideas y conceptos entre profesionales de diversas áreas (Ingenieros, Médicos, Diseñadores, Talleristas) fue propicio para nuestro crecimiento en lo que refiere al relacionamiento interpersonal académico y profesional. Los referentes de FIng abrieron las puertas a que el equipo de Diseño pueda conocer la dinámica de trabajo interna de la institución, sus diferentes áreas, actividades, talleres, entre otros. Esto generó en el equipo una sensación de inclusión y pertenencia a los estudiantes de la EUCD, en un proyecto que se desarrollaba dentro de la FIng.

Estas prácticas proyectuales nos enriquecieron tanto a nivel profesional como personal, donde nos nutrimos de aspectos positivos para el trabajo en equipo, como la escucha del otro, la cooperación, el aporte de ideas, ganando confianza para el encare de futuros proyectos. Por ello creemos que estas oportunidades son esenciales para la formación de cualquier estudiante, pero especialmente para estudiantes de la Lic. en Diseño Industrial, donde el trabajo interdisciplinar y el co-diseño es necesario para el buen ejercicio de su profesión.



CAPÍTULO 9

ANEXOS

Bibliografía

Entrevistas

Proceso de desarrollo
tecnológico-productivo

Ergonomía



Bibliografía	94	Ergonomía	138
Entrevistas	97	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes ergonómicos • Imágenes del entorno • Elementos del entorno • Conclusiones de los componentes • Ergonometría y situación de uso • Humidificador IS7000 • Mezclador de Gases 	<ul style="list-style-type: none"> 140 141 144 149 154 158 170
Desarrollo tecnológico-productivo	106		
<ul style="list-style-type: none"> • Maquetación • Trabajo de taller • Fabricación de componentes <ul style="list-style-type: none"> • Envolverte para compresores • Soporte de humidificador y mezclador • Soporte de tubos exteriores • Soporte de válvulas • Carcasas contenedoras de los circuitos eléctricos y electrónicos • Evolverte metálica 	<ul style="list-style-type: none"> 108 110 111 112 114 116 117 122 132 		

Bibliografía

Oxigenoterapia de Alto Flujo. Facultad de Ingeniería, Udelar.

Retrieved 2022, from:

<https://www.fing.edu.uy/es/node/39707#:~:text=Este%20equipo%20permite%20brindar%20al,el%20esfuerzo%20respiratorio%20del%20paciente>

ANII. Agencia Nacional de Investigación e Innovación. Proyectos. RESPIRONE (2020).

Retrieved 2022, from:

https://anii.org.uy/proyectos/FSI_S_2020_1_161476/respirone/

ANII. Agencia Nacional de Investigación e Innovación. Casos Destacados. RESPIRONE (2020).

Retrieved 2022, from:

<https://www.anii.org.uy/casos-destacados/130/respirador-respirone/>

Uruguay XXI Gub. Talento: Uruguay desarrolla respiradores para enfrentar el COVID-19 (2020).

Retrieved 2022, from:

<https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/noticias/articulo/talento-uruguay-se-anticipa-a-dificultades-y-desarrolla-respiradores-para-enfrentar-el-covid-19/>

El País. Respirone y RNME: estos son los respiradores hechos en Uruguay presentados hoy (2020).

Retrieved 2022, from:

<https://www.elpais.com.uy/informacion/salud/crisis-convirtio-oportunidad-salinas-paganini-presentaron-respiradores-construidos-uruguay.html>

Estereolitografía. Wikipedia.

Retrieved 2022, from:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Estereolitograf%C3%ADa>

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. UNIT-ISO 129-1:2018, Documentación técnica de producto. Montevideo, Uruguay. (2019).

Retrieved 2022, from:

www.unit.org.uy

Fabricación Digital.

Retrieved 2022, from:

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/digital-manufacturing/13157>

Nissani, M. (1997). Diez Aplausos por la Interdisciplinaridad. *Social Science Journal*, 34(2), 201-216.

Retrieved 2022, from:

<https://drnissani.net/mnissani/pagepub/10Aplausos.html>

What is FDM (fused deposition modeling) 3D printing? | Hubs. 3D Hubs.

Retrieved 2022, from:

<https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-fdm-3d-printing/>

Guía filamento PLA en la impresión 3D.

Retrieved 2022, from:

<https://www.3dnatives.com/es/guia-filamento-pla-en-la-impresion-3d-190820192/>

Oxygen, un respiro de genialidad y talento.

Retrieved 2022, from:

<https://elpais.com/economia/especial-rsc/2020-11-23/oxygen-un-respiro-de-genialidad-y-talento.html>

MIT Emergency Ventilator Project. Copyright © 2023

MIT Emergency Ventilator.

Retrieved 2022, from:

<https://emergency-vent.mit.edu/>

INTI (2009) Proceso de diseño: fases para el desarrollo de productos. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI.

Nesta (2014) DIY Desarrollo e Impacto, ¡Ya!. Herramientas prácticas para impulsar y apoyar la innovación social.

Londres: Nesta.

Flores, Cecilia (2001) Ergonomía para el Diseño.

Gui, Bonsiepe (1998) Del objeto a la interfase

Simons, Helen (2012) El estudio de caso: Teoría y práctica.

Hernandez Sampieri, Roberto (2000) Metodología de la Investigación.

Martínez, Fernando (2010) El diseño: la más práctica de las teorías.

Papanek, Victor (1977) en "Diseñar en el mundo real".

Pilar Orive, F. J., López Fernández, Y. M. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP). Hospital Universitario de Cruces. Barakaldo. (2021). Alto flujo. Retrieved 2022, from:
https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/18_alto_flujo.pdf

Centro Hospitalario Pereira Rossell. (2020, December 1). Oxigenoterapia. SciELO Uruguay. Retrieved 2022, from:
http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492020000700026

Ander-Egg, E. (2011) Aprender a investigar: nociones básicas para la investigación social. 1ra Edición. Argentina: Editorial Brujas.

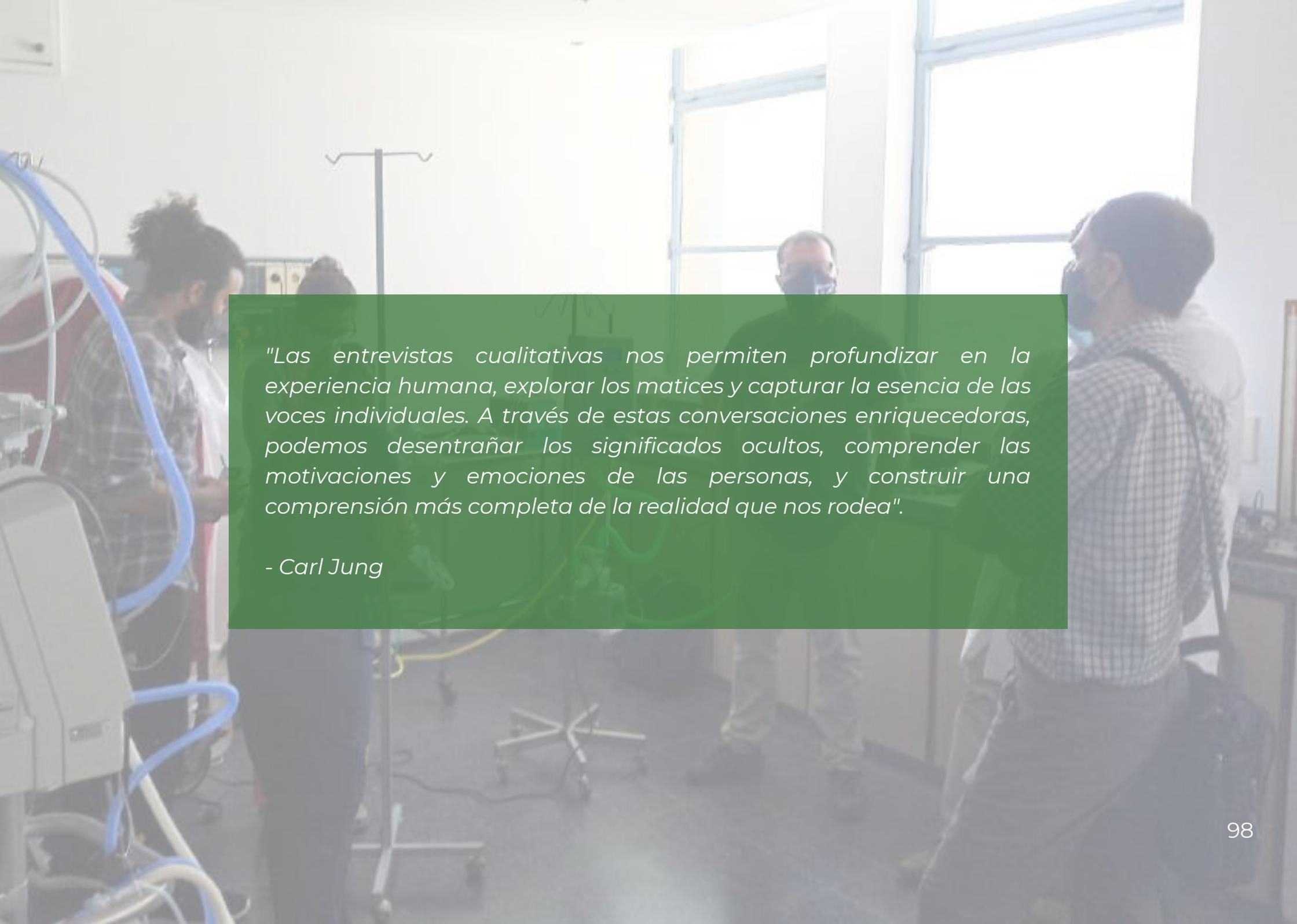
FADU (2016) Seminario taller ; Ideas y acciones integrales. Montevideo: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.

Entrevistas

Ing. Alejandro Gutierrez

Prof. Adj. Dr. Rodrigo Beltramelli





"Las entrevistas cualitativas nos permiten profundizar en la experiencia humana, explorar los matices y capturar la esencia de las voces individuales. A través de estas conversaciones enriquecedoras, podemos desentrañar los significados ocultos, comprender las motivaciones y emociones de las personas, y construir una comprensión más completa de la realidad que nos rodea".

- Carl Jung

Ing. Alejandro Gutierrez

Esta entrevista guiada con el Ing. Alejandro Gutierrez, integrante del equipo de trabajo y principal contacto dentro de la Facultad de Ingeniería, se llevó a cabo de manera virtual a través de la plataforma Zoom en la fecha 06/04/2022, con el fin de recabar información respecto al proyecto VentUy y OAF

¿Qué llamadas, convocatorias y proyectos surgieron a raíz de la emergencia sanitaria inminente? ¿Cómo se financiaban?

Mediante una convocatoria interna en la FIng, distintos profesionales y docentes presentaron proyectos para atender distintas problemáticas que podrían acarrear la emergencia sanitaria inminente. Entre ellas se encontraban: la desinfección de mascarillas y equipos médicos, diagnóstico y detección del virus, mantenimiento y fabricación de respiradores. En principio, los proyectos eran propuestos e iniciados de forma honoraria, obteniendo apoyo económico de diferentes llamados fondos que surgirían en el tiempo.

¿Por qué se decide involucrar al Diseño Industrial (EUCD) en el proyecto? ¿Cómo se gestionó esa interacción?

El decanato gestiona varios grupos de diferentes facultades, donde se contacta a un representante de la EUCD al momento de necesitar generar un envolvente para el prototipo del ventilador mecánico. Este contacto se logra por recomendación.

¿Cuáles eran los actores externos involucrados? (Hospital de clínicas, Ricaldoni, etc)

Hay una comunicación constante con profesionales de Facultad de Medicina y el Hospital de clínicas.

¿Cuál fue el llamado al que presentaron el proyecto VentUy? Descripción del proyecto? Integrantes y roles? ¿Quién o quienes lo gestionaban?

El proyecto VentUy fue propuesto en la convocatoria interna de FIng para atender la emergencia sanitaria, junto a otros proyectos. La ANII abre un llamado a proyectos de respiradores artificiales al cuál se presenta VentUy, entre otros proyectos respiradores,

pero sin conseguir apoyo. Posteriormente, a partir de la generación del Fondo Coronavirus, se obtiene un monto para la compra de materiales de la fabricación del prototipo.

¿Cuál es el motivo por el que se descarta VentUy?

La utilización de respiradores mecánicos empieza a generar desconfianza entre los médicos, dada la invasividad del tratamiento, estado delicado del paciente, operativa compleja y su baja efectividad en la recuperación del paciente.

¿Cuáles son los motivos por los que se decide inclinarse hacia el modelo del Alto flujo?

La OAF empieza a utilizarse como tratamiento en algunos pacientes en tratamientos intermedios, y los médicos comparten con los miembros de la FIng sus experiencias positivas en cuanto a la recuperación del paciente y simpleza en el uso. El grupo de Ventuy a partir de sus comentarios, la aparición de artículos sobre su efectividad contra los síntomas del Covid-19 a nivel mundial, y una aparente fabricación simple, deciden enfocarse a la generación de un prototipo de OAF.

¿Cuál fue el llamado al que presentaron el proyecto alto flujo? Integrantes y roles

Se elabora la descripción del proyecto dentro de la FIng y se presenta a la Alianza Francesa, la cual decide no brindar apoyo. Luego es presentado a la Junta Departamental de Montevideo, donde un excedente genera fondos destinados a la emergencia alimentaria y sanitaria, obteniendo la financiación de los materiales para la fabricación. Se suma el Polo Tecnológico-Industrial del Cerro y empresas privadas para el aporte de materiales e insumos.

¿Cómo eran financiados los proyectos? ¿Cómo se gestiona ?

El espacio interdisciplinario y la fundación Ricaldoni brindan financiación para la horas docentes invertidas en la investigación.

¿Cuáles eran los actores externos involucrados? (Hospital de clínicas, Ricaldoni, etc) ¿Cuáles eran sus roles? ¿Cuáles eran los actores, institutos y áreas universitarias involucradas? (Comunicación, Mecánica de los fluidos, etc) ¿Cómo eran los roles y cómo se comunicaban entre ellos?

IMFIA, IIQ, IIE, Comunicación y el sector legal, EUCD, Medicina.

Interacción con el hospital de clínicas. ¿Por qué con ellos? ¿Cuáles eran los principales vínculos y roles?

El hospital de clínicas pertenece al estado y brinda su espacio y equipamiento a la Universidad, para la formación de estudiantes de varias carreras de medicina. Es allí donde yace el interés, el mayor conocimiento de equipos médicos y medicina en general y donde surgieron las ideas de los proyectos, en comunicación con sus distintos profesionales.

¿Qué sucede con los prototipos luego de que estos se llevan al hospital de clínicas para ser utilizados? ¿Por qué se decide no continuar fabricando más productos?

La llegada de las vacunas pone en segundo plano la necesidad de la fabricación alternativa de equipos médicos, por lo que los distintos entes y áreas retiran el apoyo para continuar los proyectos.

Prof. Adj. Dr. Rodrigo Beltramelli

Esta entrevista guiada se llevó a cabo de manera presencial en una sala del Hospital de Clínicas en la fecha 26/04/2022 junto a otros miembros del equipo médico involucrado en asistir al proyecto OAF por parte del Hospital de Clínicas y la Facultad de Medicina.

*¿Cuál era la situación en el área médica y el hospital de clínicas frente a la inminente llegada del COVID?
¿Qué problemas prevén y qué acciones se toman?
¿Cuales actores se involucraron para brindar apoyo?*

Todo el ámbito médico estaba atento a las consecuencias del virus en los países del exterior, qué medidas se tomaban y sus resultados. Esto permitió prepararse con mayor eficacia previo a la llegada del covid: se aumentó la dotación de personal médico y de enfermería, la cantidad de camas y se formó al personal para la atención de los casos. Sumado a esto se destaca la participación honoraria de varios profesionales para la elaboración de protocolos y la colaboración en distintos proyectos a nivel público y privado.

Los gastos extras generados fueron en gran parte financiados por el llamado Fondo Covid que el gobierno decreta a partir de un porcentaje de los sueldos públicos mayores a \$80000 pesos, llamados de la ANII, apoyo de la UdelaR a nivel económico y de personal, y el apoyo de diferentes personas físicas y empresas.

¿Cómo surge la propuesta de fabricar respiradores mecánicos? ¿Por qué se elige este método de ayuda a la respiración?

Dados los síntomas que genera el covid-19, en etapas avanzadas, la asistencia con un respirador mecánico es la diferencia entre la vida y la muerte en varios casos. Se percibe en ese momento que la emergencia sanitaria en varios países ocasiona una escasez de equipamiento médico disponible. Esto fue lo que motivó a la fabricación alternativa de dispositivos como el respirador mecánico.

¿Qué actores se involucraron con la propuesta? ¿Han llegado a utilizar alguno de los prototipos fabricados? ¿Surgieron inconvenientes?

La ANII realizó un llamado para la financiación en la fabricación de respiradores mecánicos a nivel local. Si bien algunas empresas llegaron a realizar prototipos, no ha sido necesaria la utilización de los mismos.

¿Por qué y cómo surge el vínculo con FING? ¿Qué propuestas y proyectos se generaron en esa interacción? ¿Cómo inició la propuesta del VentUY?

El contacto con la Facultad de Ingeniería surge por vínculos personales entre funcionarios de ambos ámbitos, dada la necesidad de probar el respirador mecánico que se estaba generando en FIng, utilizando un dispositivo de pruebas del Hospital de Clínicas. A parte del proyecto VentUY surgen otros como la generación de un desinfectante de mascarillas M95, purificador de aire con ozono y OAF. En FIng se contaba con el conocimiento para generar dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos, mientras en el Hospital de Clínicas proporcionaban las necesidades, exigencias y cuenta con los equipos de prueba para el testeado de los dispositivos.

Mientras se estaba trabajando en el proyecto Ventuy, ya se estaba pensando en la OAF. ¿Cuál fue la incidencia del hospital de clínicas en la decisión de optar por el método Alto Flujo? ¿Cómo surge la propuesta?

La utilización del respirador mecánico presentaba una tasa de mortalidad bastante alta, que motiva la búsqueda de otros métodos para la recuperación de los pacientes. Uno de ellos era la Oxigenoterapia de Alto Flujo, bajando la tasa de pacientes que pasaban a cuidados intensivos. En Europa, al percatarse de esto, comenzaron a comprar y utilizar casi la totalidad de los dispositivos de OAF que ingresaban al mercado, lo que provoca un desabastecimiento de estos equipos para el exterior. Entonces surge la idea de generar dispositivos a nivel local, valorando su baja complejidad de fabricación y funcionamiento en relación a los respiradores, y su utilización sencilla.

¿Cómo fue la participación del hospital de clínicas en el desarrollo del proyecto de oxigenoterapia de alto flujo? ¿Quiénes integraban el equipo? ¿Cuál consideran que fue su rol?

El grupo del Hospital de Clínicas se encargaba de transmitir cuáles eran las necesidades y situación prevista en el área médica. Estando en contacto con los participantes de distintos proyectos, facilitaban la obtención de insumos y el contacto con proveedores y abrían las puertas para la realización de pruebas, relevamientos y entrevistas.

¿Cómo fue su interacción con el equipo de diseño? ¿Cuál consideras que fue su aporte a la fabricación/concepción del producto que se logró?

Se consideró una experiencia positiva, con varias reuniones virtuales y algunas presenciales, donde se construían los requisitos del prototipo a realizar y se relevaron medidas.

¿Cómo se dió la implementación de los prototipos al hospital de clínicas? ¿Se utilizaron con pacientes que padecían COVID?

El primer prototipo fue entregado junto a un manual de uso y una breve explicación de uso a distintos funcionarios. El dispositivo cuenta con indicaciones gráficas y una disposición de los elementos pensada para su uso intuitivo.

Este y los siguientes 2 prototipos fueron utilizados con éxito en varios casos de afecciones respiratorias, siendo covid positivos o no. A pesar de tomarse como última opción para los tratamientos, dada su falta de certificaciones, forman parte del equipamiento a disposición del hospital hasta hoy.

¿Surgieron inconvenientes durante su uso? (Contexto de uso, manejos, operador, conexiones, limpieza, estructura, incomodidades) Aspectos positivos y negativos

La implementación de los prototipos tuvo su dificultad en las diferencias con los equipos comerciales actuales en cuanto a la interfaz, pero que con una breve instrucción y el manual se superaba. Otro aspecto a tener en cuenta era su peso y mayor tamaño, que al contar con un atril móvil no generó problemas.

Un aspecto positivo remarcado fue el de ser un dispositivo mecánico, que una vez medidas las variables, podría continuar funcionando sin energía eléctrica, permitiendo el uso de otros equipos que necesiten conectar.

Al día de hoy, ¿Todavía está en uso? ¿Son utilizados para tratar otras enfermedades? ¿Existe un registro de los pacientes tratados con estos prototipos?

Actualmente no están en uso, pero se encuentran a disposición en caso de escasez de equipos. No se llevó un registro de pacientes que lo usaron.

¿Qué opinas del desarrollo y culminación del proyecto?

Consideramos que fue un proceso positivo, destacándose la fabricación de un dispositivo terminado y la conjunción del conocimiento y trabajo de distintos profesionales y estudiantes de diversas áreas dentro de la UdelaR.

Proceso del desarrollo Tecnológico-Productivo

Maquetación

Trabajo de taller

Fabricación de componentes





El proceso de diseño del proyecto OAF fue excepcional en muchos sentidos. Para que sea posible su reconstrucción en este T.G fue necesario llevar a cabo un arduo trabajo de recolección y organización de datos. En esta sección se describen en detalle los hitos más destacados del proceso de diseño atravesado por el equipo de trabajo tecnológico-productivo, organizado por actividad y componentes. Evidenciamos de esta forma parte del tiempo y esfuerzo que fue dedicado mediante múltiples iteraciones para alcanzar la fabricación de un dispositivo apto para su aplicación en pacientes reales.

Maquetación



Circuito de gases desde la entrada de oxígeno y de aire, hasta el paciente, pasando por el humidificador, en su versión inicial.

En primera instancia, ya comprendido el funcionamiento de los componentes y varios requisitos establecidos, se plantea la elaboración de maquetas para evaluar la disposición espacial de los distintos elementos y la morfología de la envolvente.

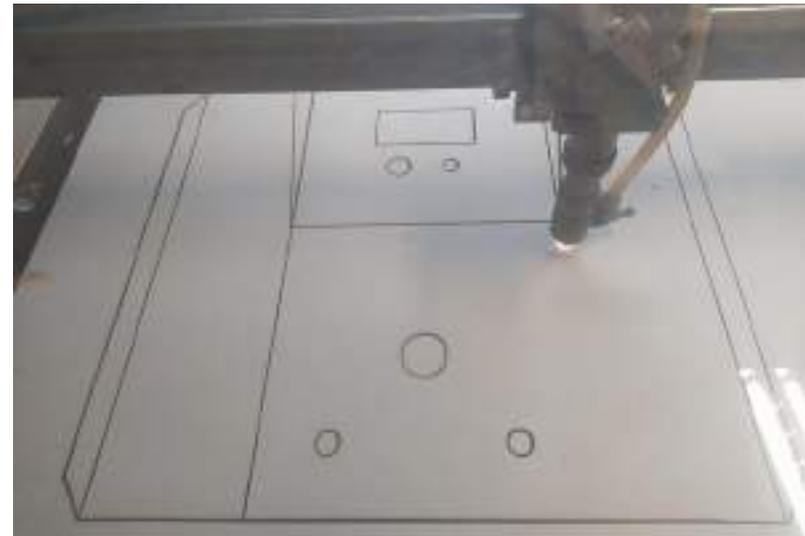


Tramo del circuito destinado a la mezcla de gases en su configuración más compacta lograda

Para esto, se recibe el circuito completo de gases, desde el suministro de aire y oxígeno, hasta el paciente. Solo el tramo destinado a la mezcla de gases requería de una carcasa que contenga los componentes ensamblados.

Primeramente se prueban varias configuraciones de conexión entre los distintos componentes, respetando su orden y la distancia recorrida por el flujo de aire y de oxígeno, las cuales debían ser iguales hasta su encuentro para garantizar un correcto control de parámetros. Se logra configurar la opción más compacta, para luego trabajar en una envolvente que se le ajustara.

Con previa realización de bocetos, se fabrica una maqueta en cartón, por medio de corte láser CNC, para evaluar su forma y dimensiones.



Cortadora laser CNC fabricando la envolvente de la maqueta a partir de cartón gris.

Trabajo de taller

En varias ocasiones se contó con el apoyo y asesoramiento del encargado del taller de FIng para la realización de piezas, principalmente en metal. Cuando no había disponibilidad del mismo, el equipo 2 realizó trabajos manuales utilizando herramientas allí dispuestas. Esto fue posible dado el acercamiento y conocimiento previo de algunos integrantes, ya sea por las prácticas en la carrera o por experiencia personal.



Trabajo manual dentro de los talleres de la Fing

Fue necesario idear formas de trabajo según nuestro conocimiento, materiales y maquinaria de la que disponíamos en ese momento y lugar.



Corte plasma manual utilizando matrices de cartón.

Fabricación de componentes

Ante la ausencia de insumos y la dificultad de su adquisición en el mercado, varios componentes fueron generados a partir de la fabricación digital, principalmente en impresión 3D. Esto permitió generar un diseño 3D en un software que se evaluaba en conjunto para imprimir los componentes necesarios. Una vez tangibles, se realizaban pruebas para su desempeño y detectar las modificación que requería, en caso de necesitarlo.

En los siguientes párrafos e imágenes mostraremos el desarrollo del proceso para la elección de las distintas alternativas para cada componente.

Envolvente para compresores

Al principio, la idea principal para suministrar el aire al equipo era mediante el uso de dos compresores en paralelo. Los mismos tomarían aire del ambiente de la sala directo hacia la válvula de entrada del mezclador, pasando luego por filtros de partículas para mezclarse con el oxígeno. La propuesta fue pensada para el caso de una emergencia sanitaria extrema, como sucedía en otros países, en la que la terapia de OAF debiera ser aplicada fuera del hospital o alejado del suministro de aire a presión.



Compresores de aire conectados al mezclador de gases en sus primeras etapas

Estos compresores emitían un ruido muy molesto, por lo que el equipo se propuso realizar una cabina que los insonorice de forma tal que sea tolerable. En búsqueda de este resultado, se probaron distintos materiales aislantes como yeso, poliuretano expandido y cartón.



Pruebas con poliuretano expandido dentro de una estructura de cartón, para medir ruidos.

El equipo diseñó y fabricó un soporte para los compresores tal que entraran en el mínimo espacio posible, aumentando las probabilidades de insonorizarlos y reduciendo costos.



Soporte en forma de "S" para los compresores con uno de ellos instalados debajo. El restante se coloraría arriba.

Desafortunadamente las pruebas no fueron satisfactorias. Se necesitaba de más tiempo, conocimiento y recursos, sumado a que se perdía el interés en su utilización, ya que se vislumbraba un mejor panorama para la situación de los hospitales.

Fue así que dado el momento se descartó continuar con su investigación y fabricación, y junto a ellos se prescindió de la utilización de filtros de aire en el mezclador.

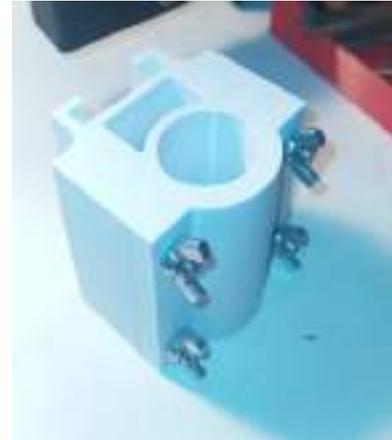


Luego de las válvulas se aprecian los filtros de aire que al retirarse, permitió reducir el tamaño del mezclador.

Soporte de humidificador y mezclador

Se decide sustituir una pieza de soporte del humidificador dado su alto precio en el mercado. Se lograría un ahorro de \$7000 aproximadamente por cada sustitución de pieza.

Fueron fabricadas 3 opciones para probarlas y optar por una de ellas, mediante impresión 3D FDM con PLA+.



Pieza de soporte del humidificador disponible en el mercado



Piezas de prueba para sustitución de soporte del humidificador

Fueron realizadas pruebas de usabilidad evaluando su colocación y ajuste, y pruebas de resistencia sometiéndolo a esfuerzos mayores de los que debía soportar para asegurarnos, en parte, su durabilidad. Se optó por la opción de la derecha.

Esta misma opción fue posteriormente usada como soporte para el mezclador de aire y oxígeno, generando una adaptación que se detalla más adelante.



Una de las alternativas diseñadas para sujetar el humidificador



Otra propuesta para sujetar el humidificador que después se utilizaría como final

Soporte de tubos exteriores

Se fabrican soportes de tubos para mantenerlos organizados. Se evaluó la mejor disposición de los tubos y se tomaron medidas. Fue realizada una segunda versión con mayor separación.



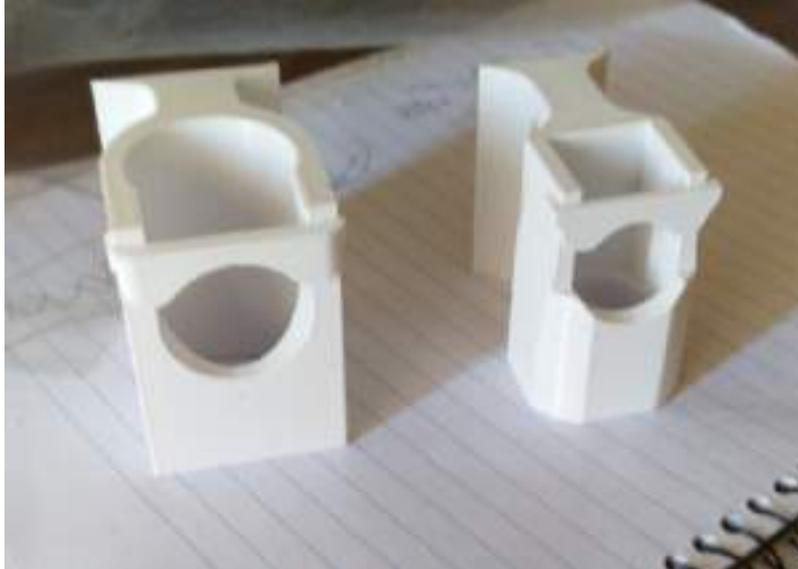
Propuesta de agarre triple para sujetar y organizar los tubos del respirador.



Acercamiento a la unión al atril aprovechando flexibilidad del PLA de las impresiones 3D.

Soporte para válvulas

Para las válvulas de regulación de aire y oxígeno eran necesarios soportes que ajustaran su cuerpo a la carcasa por ser los componentes de mayor peso y manipulación durante el funcionamiento. Primero se replicó la forma y dimensiones de las válvulas en un software vectorial 3D, para luego generar soportes adaptados a las mismas e imprimirlos en PLA+ por FDM. Debiendo agilizar el acceso a una impresora, utilizamos nuestras impresoras personales para generar los prototipos.



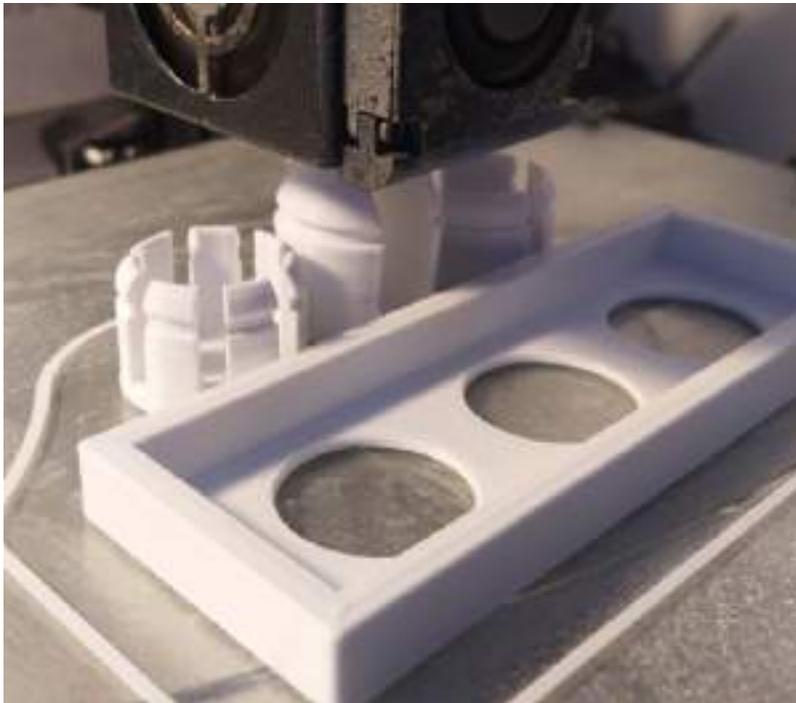
Propuesta de soporte para sujetar las válvulas genebre al cuerpo de la envolvente metálica

Fueron fabricadas varias pruebas, algunas que surgían en el transcurso del proyecto. Cuando contábamos con los recursos y tiempo necesarios, se desarrollaban tres propuestas diferentes de forma simultánea para evaluar la mejor opción en conjunto.



Acercamiento a la válvula genebre colocada en su soporte

Se modeló y realizó la impresión de tres encastramientos diferentes junto a una simulación de la porción de chapa de destino para probarlos. Una vez elegido se integra la elección al soporte y se imprime, para ser probados en la situación real.

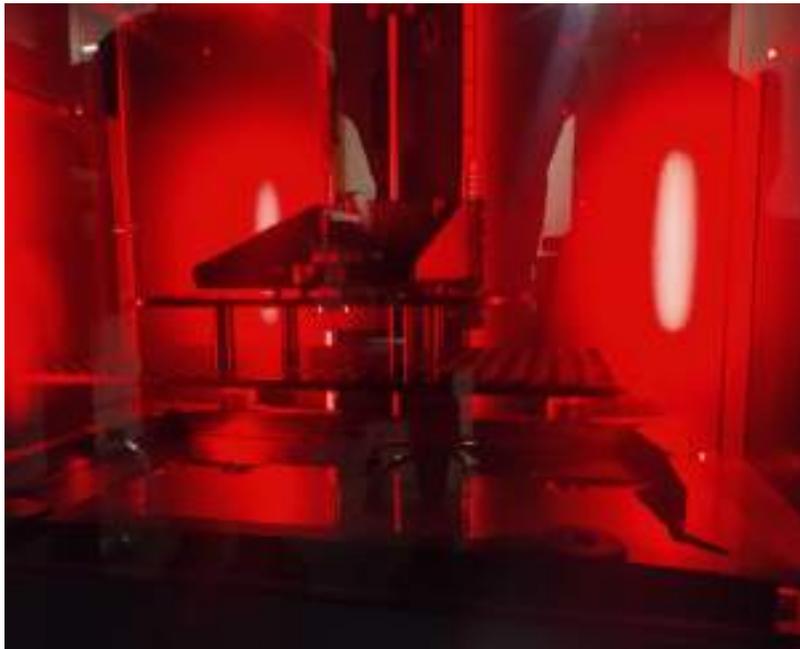


Alternativas de tipos de encastramientos snapfit para unir el soporte de la válvula al orificio de la envoltura metálica



Alternativas de encastramientos posicionados en sus respectivos lugares de la envoltura metálica

Luego de una elección en conjunto y lograr piezas funcionales se decide fabricarlas mediante impresión en resina, utilizando una impresora SLA adquirida por FING. Se obtienen piezas más resistentes con una superficie más lisa. Junto a ellas se diseñan y fabrican tubos con rosca en un extremo para la unión con las válvulas, que no resultan efectivos.



Impresora 3D SLA de la Fing utilizada para realizar pruebas.



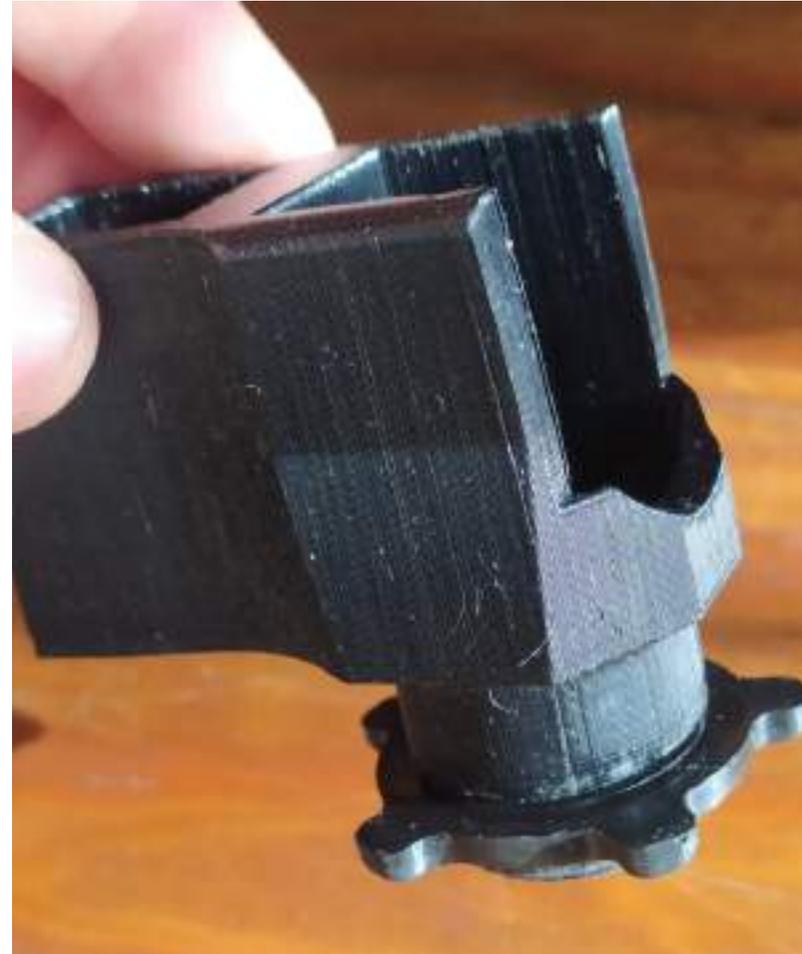
Resultados de algunas de las pruebas en la impresora 3D SLA.

Si bien se obtuvieron piezas más fuertes, eran más costosas y la disponibilidad de la impresora SLA era acotada. Por ello re-imprimimos los soportes en FDM con algunos ajustes para el primer prototipo.

Luego de realizar pruebas, para el segundo y tercer prototipo, modificamos el encastre de los mismos por una fijación con rosca que optimizaba su instalación y firmeza, optando con esta opción como la definitiva.



Primeras pruebas impresas 3D del agarre de tipo rosca



Acercamiento de la pieza armada



Acercamiento de la pieza armada y colocada en su respectivo lugar de la envolvente metálica

Carcasas contenedoras de los circuitos eléctricos y electrónicos

Los prototipos debían contar con circuitos eléctricos y electrónicos, los cuales debían ser debidamente aislados. Para ello junto al grupo de ingeniería establecimos los requisitos del mismo y evaluamos alternativas.

A partir de las medidas de los componentes y el espacio acotado, modelamos y fabricamos digitalmente una carcasa para el circuito eléctrico instalado en el exterior del mezclador, y una para el circuito electrónico en su interior. Se fabrican primeramente con PLA+ por medio de impresión FDM y en placa de acrílico por corte láser CNC.

Carcasa del circuito electrónico o "caja electrónica"

Primera carcasa fabricada para el circuito electrónico fabricado en PLA+, y su tapa y soporte de display y botones fabricado en acrílico por cortadora láser CNC en FIng.

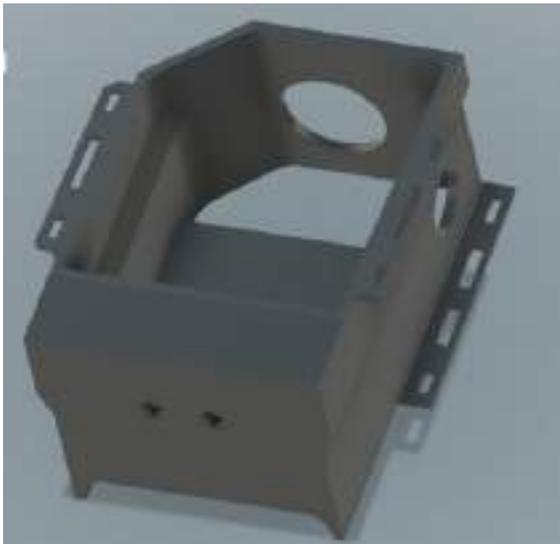


Vista frontal de una de las primeras versiones armadas de la caja electrónica



Vista lateral en dónde se puede apreciar la forma para evitar el tapón de las tuberías

La primera carcasa fabricada del circuito electrónico junto a su tapa con display y botones, fue usada para conformar el primer prototipo de OAF que fabricamos, sin tiempo de realizar modificaciones de las mismas y generar nuevas versiones. Posteriormente fue evaluada su usabilidad y se plantearon mejoras en vistas de los siguientes prototipos.

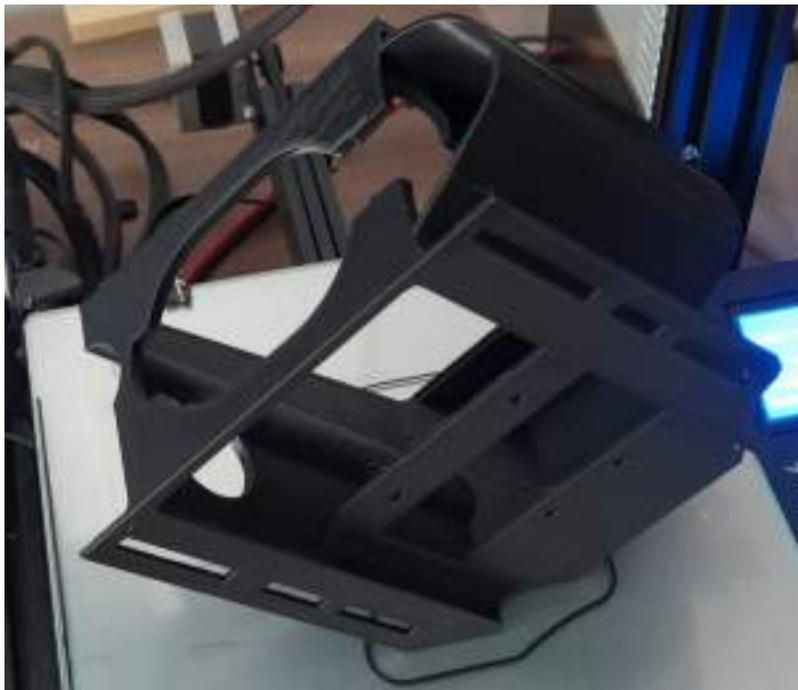


Modelo de la segunda versión de la carcasa de electrónica.



Impresión utilizando filamentos y máquinas de Fing.

Se decidió fabricar la tapa en PLA+ por impresión FDM ya que permitía una instalación más segura y simple de los insumos y componentes electrónicos.



Modelo de carcasa de la electrónica utilizado en los prototipos 2 y 3.



Carcasa de electrónica, con su tapa colocada y sus componentes instalados.

Carcasa del circuito eléctrico o "caja eléctrica"

Se decidió que el circuito eléctrico se encuentre en el exterior del cuerpo metálico del OAF, para minimizar riesgos de contacto con una atmosfera explosiva por una eventual fuga de oxígeno desde los tubos.

Es por ello que se instala en el lado posterior de la envoltente metálica, cerca del circuito electrónico que energizaría.



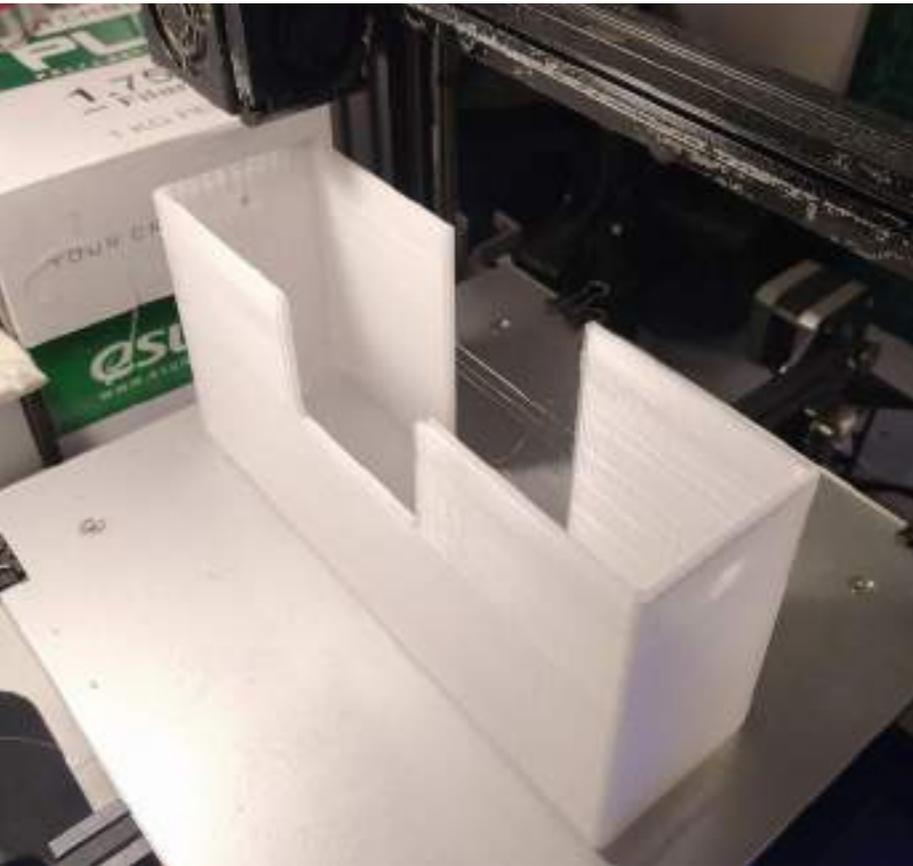
Una de las primeras pruebas de la caja eléctrica impresa utilizando PETG.

También debía proteger al circuito eléctrico de agentes externos como polvo o líquidos, y brindar acceso a todos los componentes de forma cómoda para su mantenimiento o inspección. Es por esto que primeramente los componentes se presentan en la base de la "caja".



Soporte impreso en PETG.

Se decidió integrarle el encastre al soporte, como se puede ver en la foto anterior, dada su cercanía al centro de gravedad del dispositivo. El soporte fue ideado con forma similar al del humidificador por su eficacia y fabricación accesible.

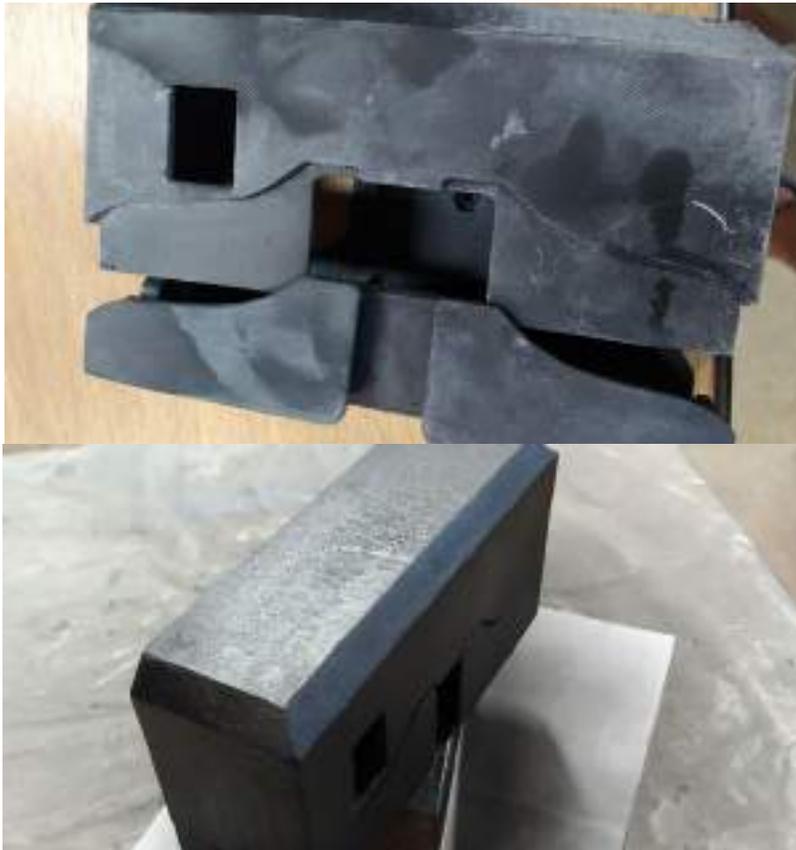


Tapa de la "caja eléctrica" recién fabricada



Base de la "caja eléctrica", donde se instalan los componentes

Luego de evaluar su resistencia, debimos modificar el modelo paramétrico de esta carcasa para una mayor seguridad. La nueva versión fue impresa en SLA y pintada con aerosol.



Pieza recién impresa en resina y luego de ser pintada utilizando aerosol negro



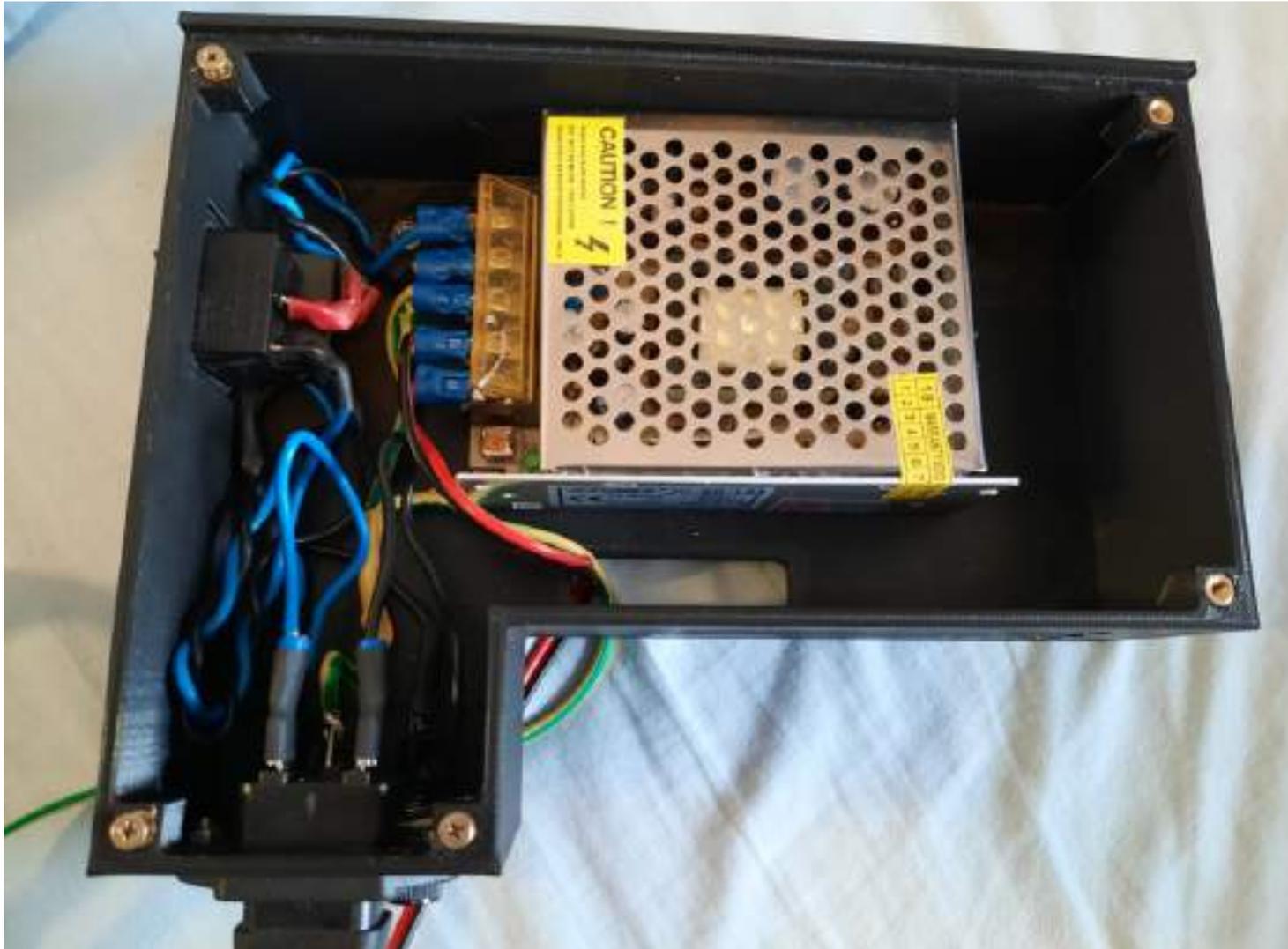
Vista posterior del prototipo 1 con su carcasa del circuito eléctrico y el soporte al atril ya instalados.

Luego de fabricar el primer prototipo, se evaluó nuevamente el desempeño de la "caja eléctrica" y realizamos varias optimizaciones:

- Se separa de la pieza la zona de encastre al soporte, considerando una mayor resistencia.
- Los componentes están reubicados dentro de una carcasa de mayor tamaño que integra al interruptor.
- Se genera una tapa sin componentes instalados, lo cual facilita el armado, instalación y revisión.
- Se añadieron guías de colocación en la tapa.
- Se agregó un alero en la parte superior de la carcasa para evitar el escurrimiento de líquidos entre la carcasa y la tapa.
- Se incorporó una base que facilita y asegura la correcta fijación de la fuente en su lugar.
- Se colocaron insertos roscados y tornillos para brindar mayor seguridad en la colocación de la tapa.
- Su fabricación se realiza en PLA+ con impresora FDM dada su menor complejidad en el post-procesado de la impresión.



Nueva caja electrónica impresa 3D tanto su cuerpo como su tapa



Vista interna de la caja electrónica con su respectivo cableado realizado por un miembro del equipo de Ingenieros de Fing

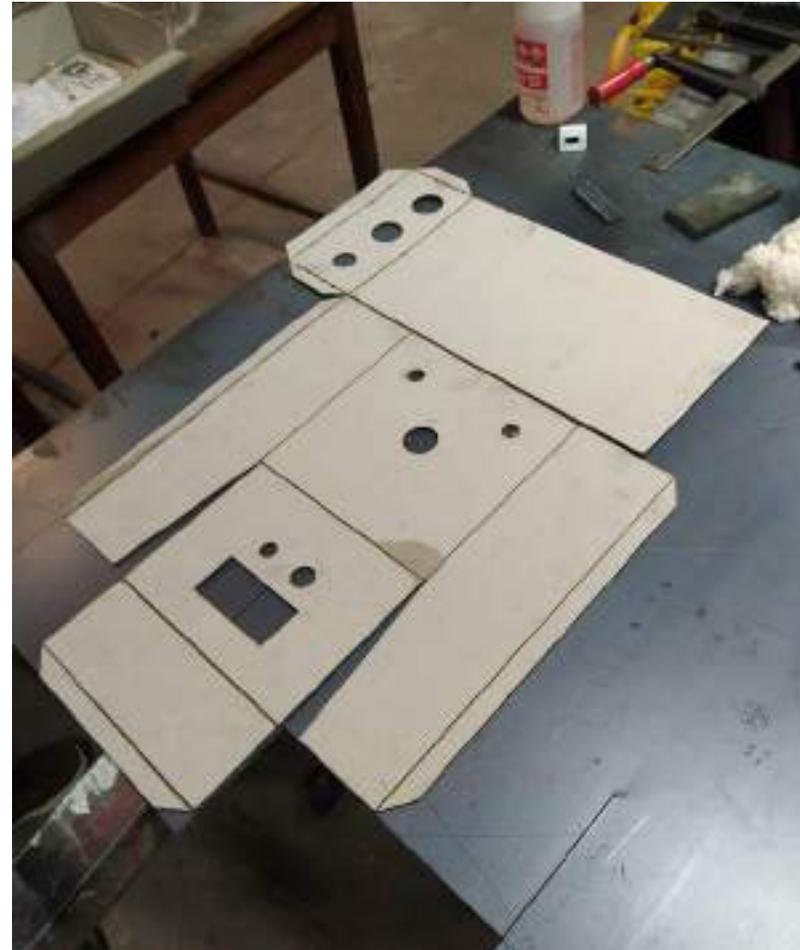


Vista posterior de la caja electrónica con su respectivo cableado realizado por un miembro del equipo de Ingenieros de Fing

Evolvente metálica

La envolvente del dispositivo fue desde el inicio modelada digitalmente previendo su fabricación por corte CNC. Decidimos realizarla conformada por 2 partes: una donde todos los componentes se sujetaran teniendo un cómodo acceso para la inspección y mantenimiento, y la otra que actuara como cubierta y protección de los mismos.

Una vez definida se utilizó el modelo para confeccionar plantillas de cartón con corte láser CNC. Estas servirían como guía para fabricar la carcasa de chapa de hierro lisa, por medio de corte plasma manual, un posterior plegado manual y unión por soldadura. Fue necesario pintarla para generar una superficie lavable, protegerla del óxido (por error se pidieron chapas de hierro), perforar y utilizar tornillos para la unión de ambas partes.



Plantillas de cartón cortadas láser para utilizarlas de guía para corte plasma manual

Fue necesario pintarla para generar una superficie lavable, protegerla del óxido (por error se pidieron chapas de hierro), perforar y utilizar tornillos para la unión de ambas partes.



Plantilla recién cortada y plegada dispuesta para corroborar ángulos de pliegues y tolerancias de cortes



Vista del interior de la primer versión del prototipo final dónde se puede apreciar el sistema de mezcla de gases



Distintos ángulos del primer prototipo final de OAF que fue entregado y utilizado en el Hospital de Clínicas

Tras una evaluación de la experiencia de armado del primer prototipo, para la segunda y tercera versión se realizaron varias modificaciones en el modelado relacionadas a la fijación de los componentes, y se incluyeron los orificios de los tornillos para los ensambles.



Acercamiento a tolerancias de pliegue luego de corte por chorro de agua y plegado CNC.

En esta etapa se fabrican ambos prototipos en acero inoxidable y por medio de corte de chorro de agua y plegado CNC en una empresa local.



Vista de la cara posterior de la envolvente metálica cortada y plegada CNC.



Acercamiento del último prototipo sin terminar el armado



Vista frontal del último prototipo con el armado terminado pero sin los adhesivos



Fotografía del último y ante-último prototipo entregado al Hospital de Clínicas para su utilización con pacientes reales.

Ergonomía

Antecedentes ergonómicos

Imágenes del entorno

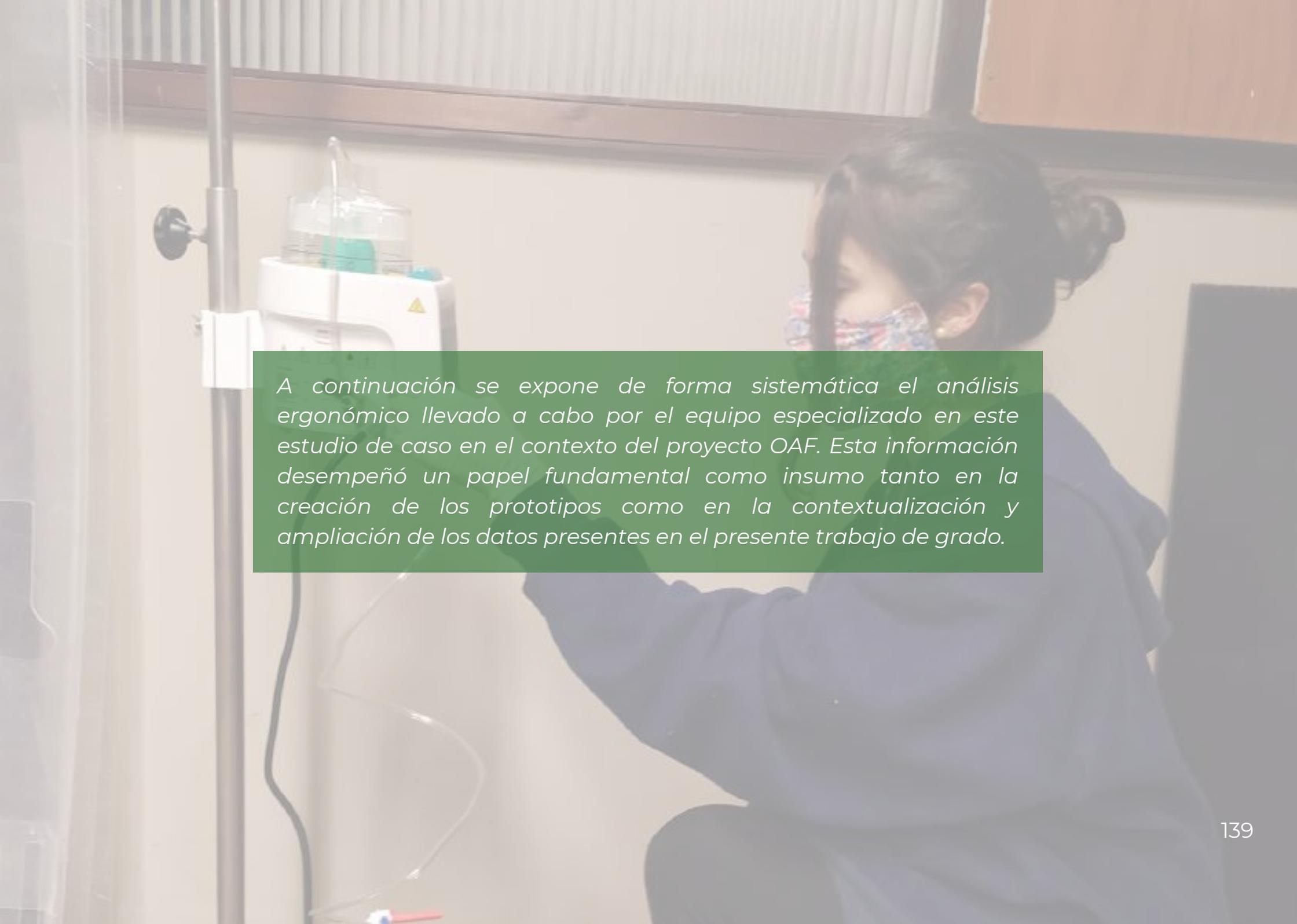
Elementos del entorno

Conclusiones de los componentes

Ergonometría y situación de uso

Humidificador IS7000





A continuación se expone de forma sistemática el análisis ergonómico llevado a cabo por el equipo especializado en este estudio de caso en el contexto del proyecto OAF. Esta información desempeñó un papel fundamental como insumo tanto en la creación de los prototipos como en la contextualización y ampliación de los datos presentes en el presente trabajo de grado.

Antecedentes ergonómicos

Respirador de Alto Flujo

Videos que explican qué es la terapia de alto Flujo, muestran un respirador, sus conexiones, la interfaz y la secuencia de uso:

<https://www.youtube.com/watch?v=AafioQ05990>

<https://www.youtube.com/watch?v=Gf2iubVv5To>

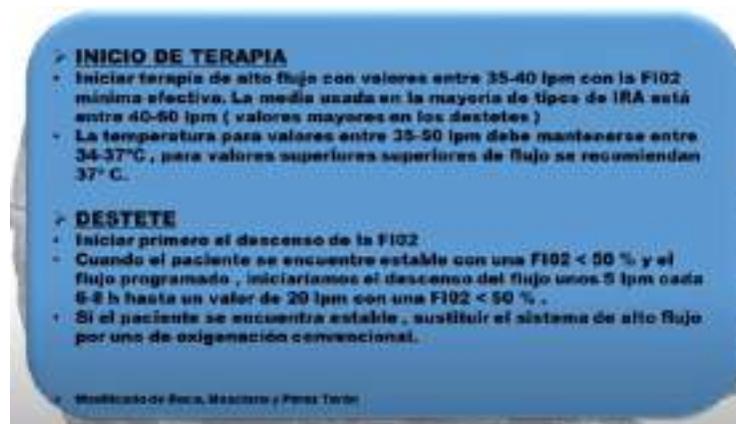
<https://www.youtube.com/watch?v=4XX42P4J61w>

Funcionan con: Humedad, Calor y Flujos Altos hacia un paciente con insuficiencia respiratoria aguda.

Se necesitan 37°, 100 % de humedad relativa y 44 mg de H₂O/L (sí están por arriba o debajo de estos valores el paciente tendrá efectos como mucosidades o hemorragias).

Este tratamiento se usa en muchos casos y no solo en Cuidados Moderados: emergencias, cuidados paliativos (supongo que en casa del paciente), para tratamientos con personas crónicas, entre otros. Hay personas que no toleran técnicas invasivas y esto lo puede sustituir.

En la terapia se modifican las variables en las siguientes ocasiones:



Indicaciones de valores relativos en tratamientos con máquinas de oxigenaciones de alto flujo

Imágenes del entorno



Paciente bajo uso de aparato comercial de oxigenación de alto flujo con diagrama explicativo de componentes



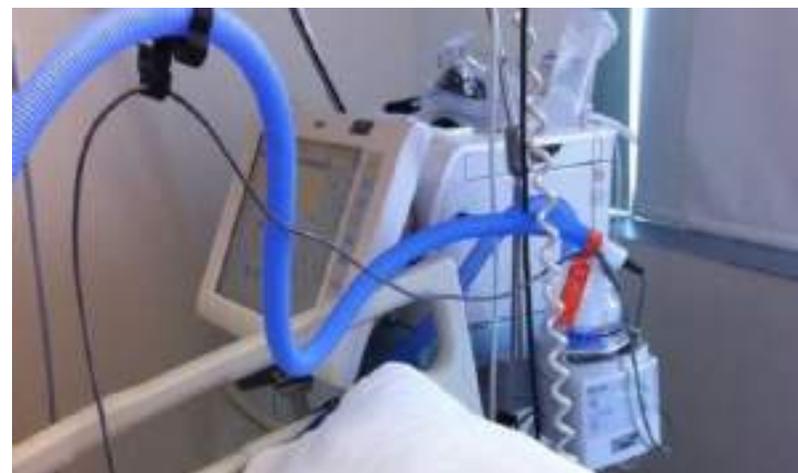
Paciente bajo uso de aparato comercial de oxigenación de alto flujo

Airvo 2: <https://www.fphcare.com/us/covid-19/>

Otros: https://www.alibaba.com/product-detail/New-product-same-as-Airvo-2_60653539652.html



Ejemplos de pacientes utilizando aparatos de oxigenación de alto flujo



Paciente bajo uso de aparato comercial de oxigenación de alto flujo



Paciente bajo uso de aparato comercial de oxigenación de alto flujo



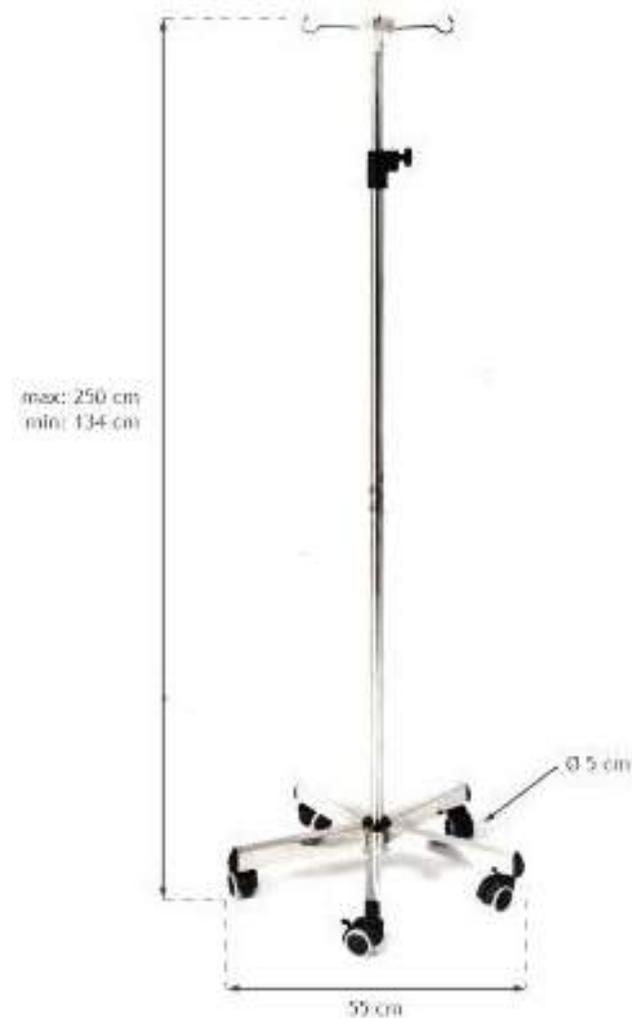
Diferentes ejemplos de aparatos de oxigenación comerciales

Elementos del entorno

Atril porta sueros

Tienen altura regulable por medio de una extensión telescópica, que permite la extensión de 1.1 a 2.1 metros en algunos modelos, y otros de 1.4 a 2.4. Soportan hasta 8 kg.

<https://www.youtube.com/watch?v=K3PtjeCAmyE>



Atril con pie de estrella para portar sueros

Tubos de oxígeno

Existen diversas medidas. Pueden tener porta balón. Su altura puede ir de 13 cm a 187 cm.



Diferentes muestras de tipos de tubos de oxígeno que suelen encontrarse en los centros médicos

Camas hospitalarias

Dimensiones de una cama hospitalaria sin colchón:
Ancho: 80-90 cm; largo: 190-200 cm; altura: unos 70 cm.

La altura es regulable, con el colchón se agregarían 15-20 cm más. Es la altura desde el suelo en la que está acostado el paciente.



Diagramación de componentes y funcionamiento de cama hospitalaria



Ejemplo cama hospitalaria reclinable



Ejemplo de cama hospitalaria articulada

Sistema de canalización de gases



Ejemplos de sistema de canalización de gases encontrado comúnmente en salas hospitalarias



Ejemplos de entradas para conectar mangueras y extraer gases tales como oxígeno de un sistema de canalización.

Tomacorrientes

Sí hay redes de oxígeno, los tomacorrientes están instalados en el mismo lugar a media altura o por arriba de la cama.



Ejemplos de tomacorrientes sobre camas hospitalarias



Ejemplos de tomacorrientes detrás de camas hospitalarias

Conclusiones sobre cada componente de alto flujo

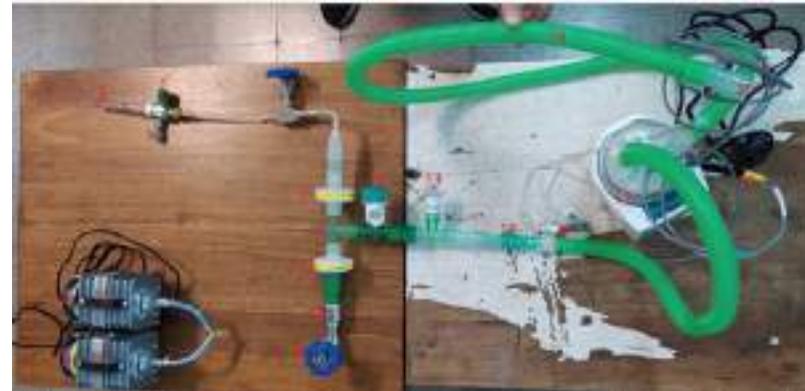
Controlador de Flujo y FiO2

Posición general:

- A partir de los 90 cm podría generarse la posición óptima, la cual tiene como requerimiento que la pantalla se pueda visualizar por arriba de la altura de la cama (entre 90 a 110 cm de altura).
- Es importante que la altura sea ajustable, debido a que la altura de los posibles usuarios es muy dispersa.

Requisitos del sistema:

- Estar conectado a la corriente y en lo posible tener la misma conexión eléctrica que los Motores Generadores (B2).
- Se debe conectar a la canalización o balones de oxígeno/aire.



Modelo funcional inicial



Diagrama de flujo inicial

Requisitos del entorno:

- Tener caños suficientemente largos para la conexión con los balones de oxígeno/aire medianos o chicos (cercanos al porta suero) o alcanzar la canalización de gases (lejanos al porta suero) (por lo general a mediana altura o por arriba del metro y medio. Y a la vez, suficientemente largos para permitir el movimientos del atril hasta 1.5 m.
- Cables de conexión a la corriente con las mismas características.
- Anclaje a Porta suero.

Requisitos ergonómicos del controlador de Flujo:

Controles de oxígeno y Aire:

- Colocarlos por debajo de la altura del codo por ser pesados y rígidos. Son controles que se deben colocar en la zona para controles de más esfuerzo.
- Posicionar con una inclinación de ser posible de 30° desde el plano vertical, para poder leer las inscripciones que estos controles tienen. Otra opción es cambiar los controles a otros que requieran menos esfuerzo.

Display táctil. Se visualizará datos de monitoreo (FiO₂, caudal, O₂ en ambiente) y a la vez, se setean alarmas (variables +/- de los datos monitoreados y sonido ajustable) y control de alarmas (pausado sonido).

- Es importante poder generar todas estas acciones en la pantalla para no agregar botones y que la interfaz de usuario sea similar a la del Vaporizador.
- Altura a mano del usuario es la posición óptima, pudiendo inclinarse hasta 70° sobre la horizontal cuidando a la vez la inclinación de la cabeza al visualizar la pantalla no sea inferior a los 40° por debajo de la horizontal
- Es importante que tengo una inclinación de 60° sobre la horizontal o similar.

Se considera importante que en trabajo que incluya posturas forzadas: contemplar 10 minutos de pausa sin trabajar con la extremidad afectada, cada 40 minutos de trabajo efectivo.

Condiciones impuestas en el uso:

Al estar colocado en una zona media del porta-sueros es posible que quede por debajo o por arriba de la extensión telescópica. Debido a su peso y su dificultad de ajuste a la altura para solo una persona con una sola mano, cuando quede anclado a la extensión telescópica, no va a ser fácil que esta se pueda ajustar, por ejemplo para ajustar la altura de los ganchos donde se colgaría el agua, por lo tanto implica que en estos casos, la altura del porta sueros se decida antes de colocar el controlador.

Humidificador-Calefactor (Caldereta)

Posición general:

- No se puede inclinar porque compromete su funcionamiento.
- Es conveniente que se coloque a un costado del Controlador y no por debajo.
- Con la base por debajo de los 60-70 cm por la condicionante de que el tubular y la caldereta debe estar por debajo del paciente para evitar la condensación del agua. No es la posición óptima para manipular los controles o conexiones ni para visualizar la pantalla, lo que genera que el usuario debe flexionar su tronco (comprobar que no sea mayor a 60° desde posición vertical) o ponerse en posición de cuclillas (con flexión de rodillas 30° a 60° POSTURA FORZADA- no mantener postura constante por más de 10 minutos).

Requisitos del sistema:

- Estar conectado a la corriente.
- Conexión con tubulares paciente/tubulares
- Controlador y conexión con bolsa/botella de agua.

- Cables de conexión a la electricidad suficientemente largos para conectar a la corriente y para permitir el movimiento del atril hasta 1.5 m.
- Se necesitarán pinzas/brazos para posicionar los tubulares del paciente como seguridad para no permitir condensaciones
- Anclaje a Porta suero.

Requisitos ergonómicos:

- No va a estar en una posición óptima para manipular los controles o conexiones ni para visualizar la pantalla, lo que genera que el usuario debe flexionar su tronco (comprobar que no es mayor a 60°) o ponerse en posición de cuclillas (con flexión de rodillas 30° a 60° máximo).
- No se analizó interfaz de usuario tanto para la pantalla como controles o alarmas.
- Se puede probar y ver la secuencia de uso.
- Por su posición al sonar las alarmas solo se oirán y no se visualizarán.

Condicionantes impuestas en el uso:

- El usuario debe flexionar su tronco (comprobar que no es mayor a 60°) o ponerse en posición de cuclillas.
- Comprobar cuantas veces al día o durante el tratamiento se debe interactuar.

Motores generadores

Posición general:

- Debe posicionarse sobre las patas del Porta sueros o lo más abajo posible debido al peso de sus componentes.

Requisitos del sistema:

- Estar conectado a la corriente en conjunto con el Controlador?

Requisitos del entorno:

- Anclaje a Porta sueros.

Requisitos ergonómicos:

- Debe recubrirse con aislación acústica. Evitar contaminación sonora para reducir tensiones en paciente y en usuario funcional.
- Manijas en su parte superior (altura por debajo de medidas codo-suelo) para mejorar el traslado y manipulación.

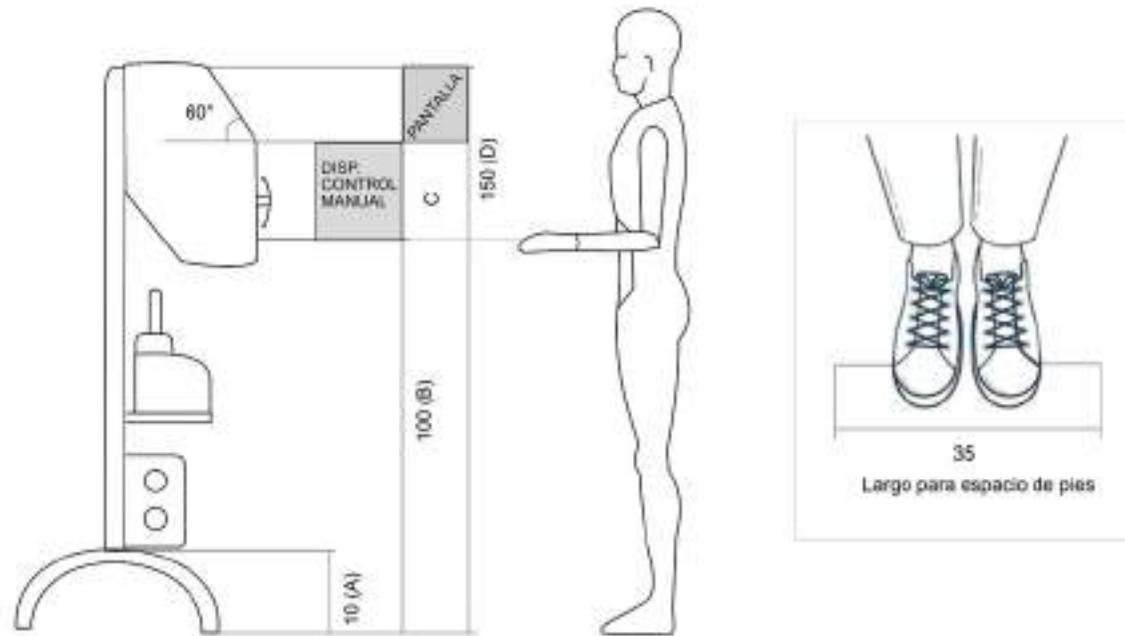
Conclusiones del dispositivo en su conjunto:

- Posición del dispositivo: este será trasladado por el usuario desde la pared hasta el segmento de asiento de la cama (esta zona permite verse cuando el paciente está acostado o sentado) y a la vez con dirección deseada para su correcta visibilidad.
- Es correcto crear dos partes, controlador y motores por separado o es conveniente diseñar un solo objeto, con sus propias ruedas, ganchos para el agua y anexo a caldereta?

Con esto se lograría:

- Equilibrio de los tres componentes con posibilidad de trasladar al igual que el porta sueros.
- Disponer de una sola conexión a la corriente (y utilizar menos tomacorrientes)
- No tener conexiones entre las partes que sean percibidas por el usuario (y como un desorden).
- Se suprime la complejidad de armado del dispositivo por partes.

Ergonometría y situación de uso



- A- Altura para espacio de pies
- B- Altura promedio codo- suelo. Dispositivos de control a partir de esta medida
- C- Zona para dispositivos de control manual
- D- Altura promedio ojos- suelo. Zona para dispositivos visuales de uso constante

Unidad: cm.

Consideraciones antropométricas.

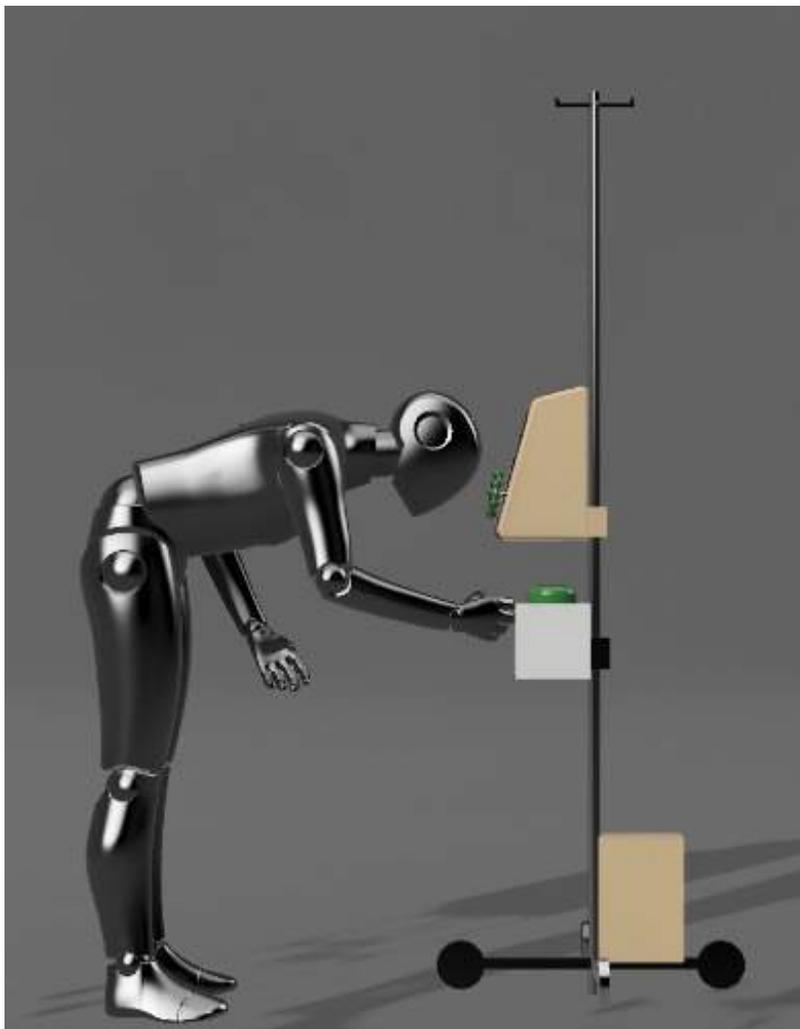
Motores generadores



Alternativa de OAF con atril portasueros, humidificador y motores generadores



Alternativa con portasueros y modelo para posición de uso de conjunto OAF



Alternativa con portasueros y posiciones de uso del humidificador



Alternativa con portasueros y posiciones de uso del humidificador



Alternativa compacta con ruedas

Humidificador IS7000

Análisis



Características del Humidificador IS 7000



Fotografías del Humidificador IS 7000 obtenido en plaza para el Proyecto OAF

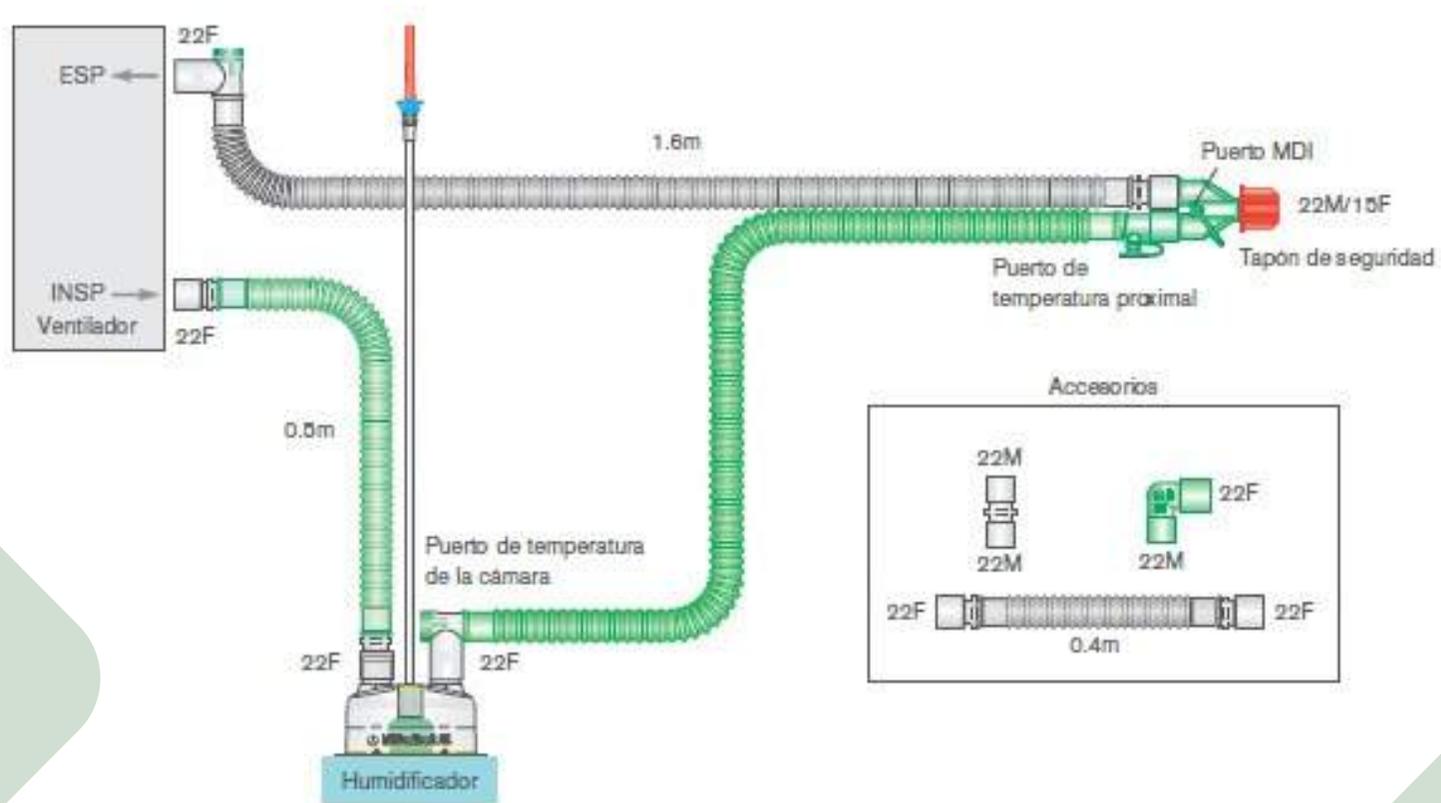
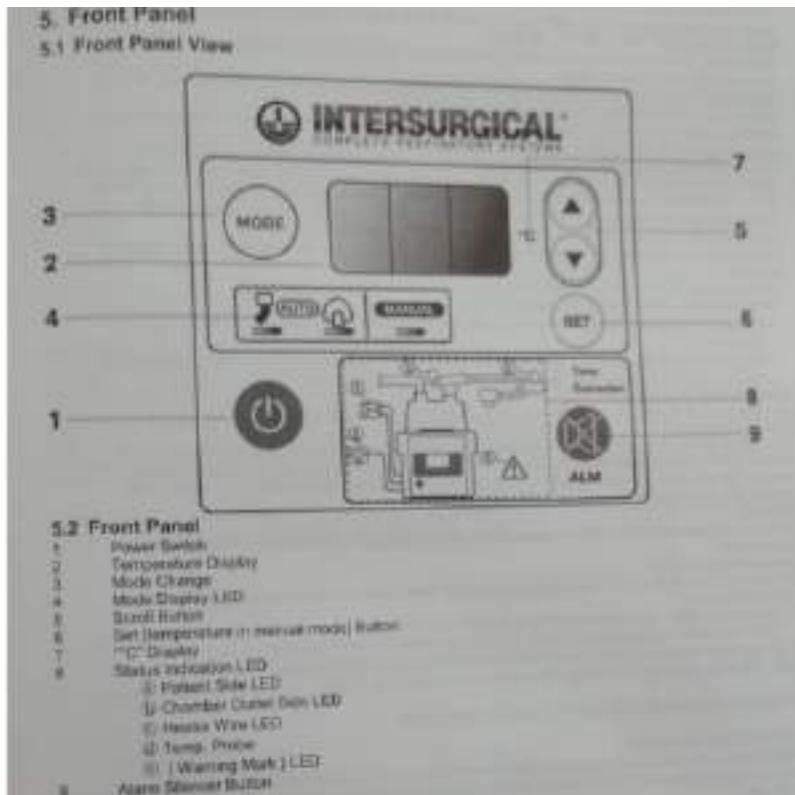
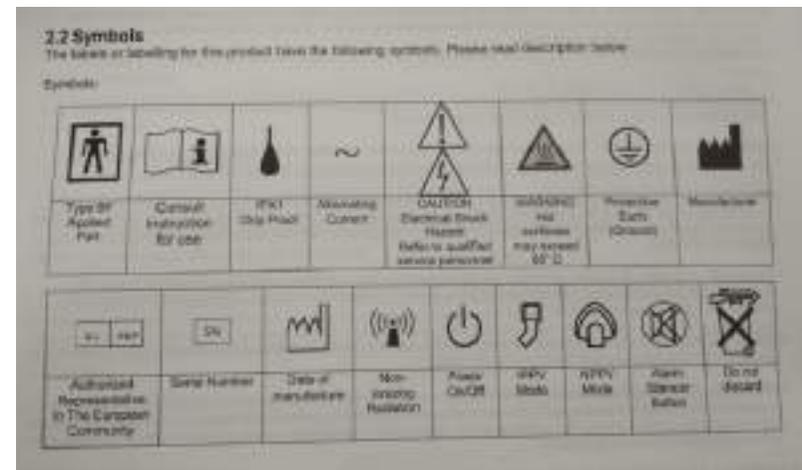


Diagrama de flujo del circuito explicado



Detalles del manual de uso



Detalles de precauciones de uso

Secuencia de Armado

Lista de elementos necesarios:



1. Colocar la Base Humidificadora (BH) en el carril (pinza) del ventilador/porta sueros.



Humidificador siendo colocado en el carril

2. Conectar la BH a la corriente eléctrica.

3. Situar la Cámara de Humidificación (CH) en la base y comprobar que encaja en su sitio.



Colocación de la cámara de humidificación en su base

Asegúrese de que la CH se coloca en una posición más baja que la cabeza del paciente.

4. Añadir agua a la CH. Se puede agregar por Autollenado con una bolsa de agua o agregar agua dentro. Se genera otra secuencia.



Colocación de ingreso de agua al humidificador

5. Colocar el Filtro de bajo volumen y baja resistencia en el ramal inspiratorio del respirador. Se hace esto con el fin de proteger el ventilador.



Colocación del filtro de bajo volumen

6. Colocar el filtro de alta eficacia en el ramal respiratorio.



Colocación del filtro de alta eficacia

7. Retirar el casete protector y conectar el ramal inspiratorio corto



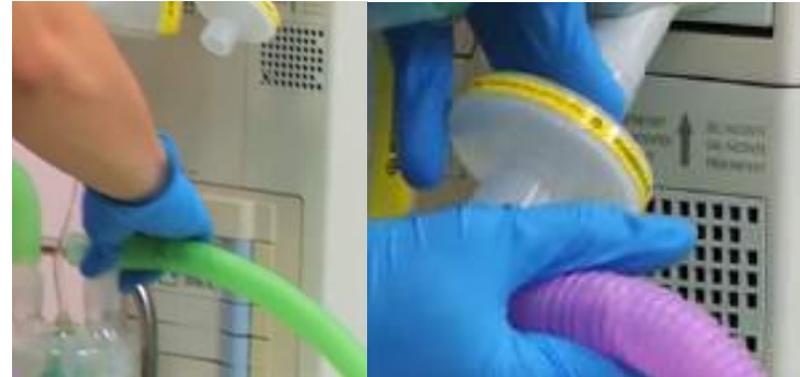
Secuencia para retirar el casete y conectar ramal

8. Conectar el circuito respiratorio. El conector con el puerto de temperatura va en la CH.



Conexión de circuito respiratorio al puerto

9. Colocar el ramal espiratorio en el ventilador



Colocación del ramal espiratorio al ventilador

10. Conectar la sonda de la temperatura



Conexión de sonda de temperatura al cable del humidificador

11. Conectar la conexión trébol al ramal de inspiración y la conexión oval en el ramal espiratorio.

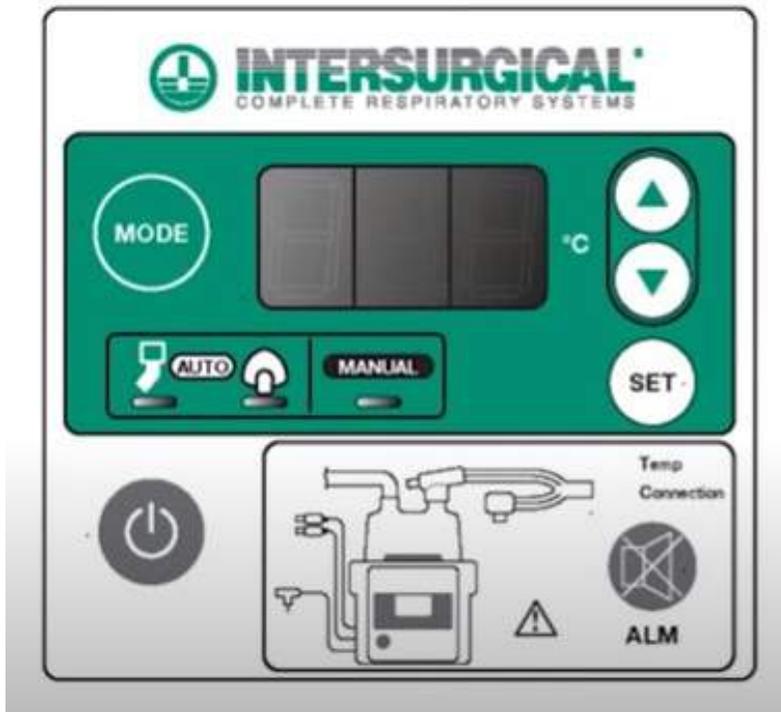


Secuencia de conexión de cableado en ramal espiratorio

12. Conectar el ventilador al suministro de gas y encenderlo. Llevar a cabo el test de presión de acuerdo al protocolo del ventilador.

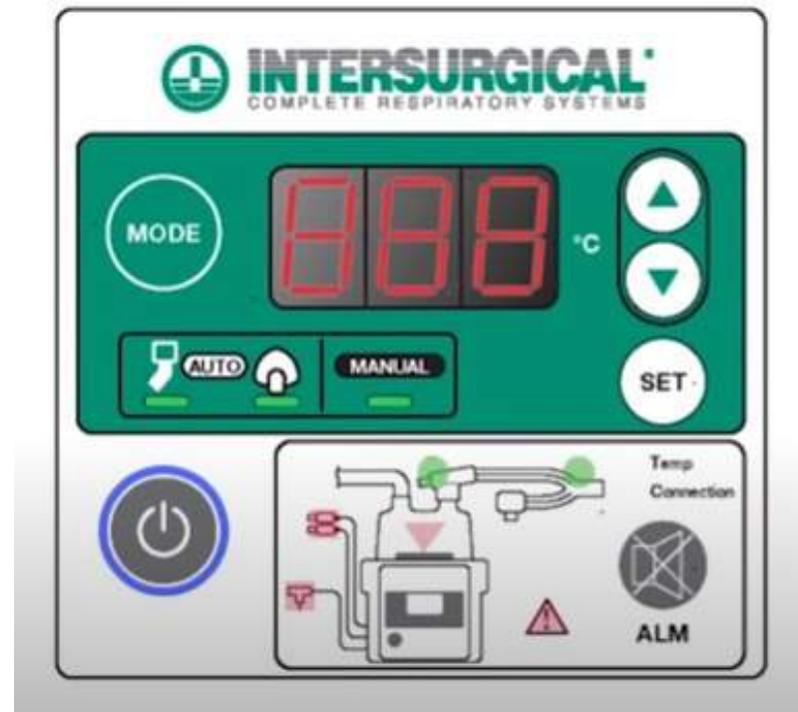
13. Verificar que haya agua suficiente en la CH y encender la BH manteniendo presionado el botón OFF/ON.

Secuencia de configuración básica



Visor de humidificador apagado

A - Encienda la BH manteniendo presionado el botón OFF/ON.



Visor de humidificador encendido

Encendido

B - La unidad hará un test de comprobación mostrando las luces.



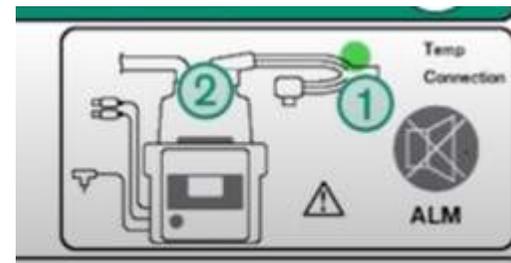
Visor de humidificador realizando test

C - La unidad mostrará la versión de software y volverá a los últimos ajustes realizados.



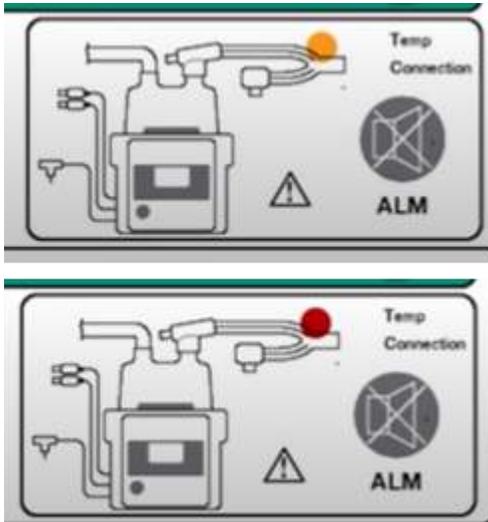
Visor de humidificador realizando test

La unidad humidificadora tiene luces en distintos colores para c/u de los sensores de temp: sensor lado paciente y sensor lado de la cámara. Se indicarán en verde. Si se desea modificar se debe mantener presionado el botón de silenciar alarma: ALM. La alarma no es funcional cuando la base está en proceso de calentamiento. Se debe silenciar.



Acercamiento de indicaciones en el visor

- Cuando se ilumina en verde indica que el sensor de temperatura se muestra en pantalla.
- Cuando se ilumina en amarillo, la sonda detecta qué temperatura es inferior a la seleccionada.
- Cuando se ilumina en rojo, la sonda detecta qué temperatura es superior a la seleccionada.



Acercamiento de indicaciones en el visor

- Las alarmas pueden silenciarse por 2 minutos
- Cualquier alarma que no se resuelva en 10 minutos hará entrar a la BH en Modo de Seguridad Stan-by y la pantalla mostrará "000". En este modo, se debe apagar y volver a encender la unidad.

D- Mantenga presionado el botón Mode para cambiarlo:

Modo invasivo: Temp paciente 40°, Temp cámara 37°.

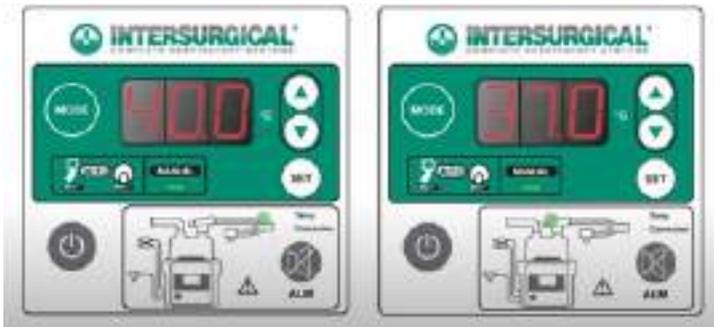
Modo invasivo: Temp paciente 34°, Temp cámara 31°.

Modo Manual.



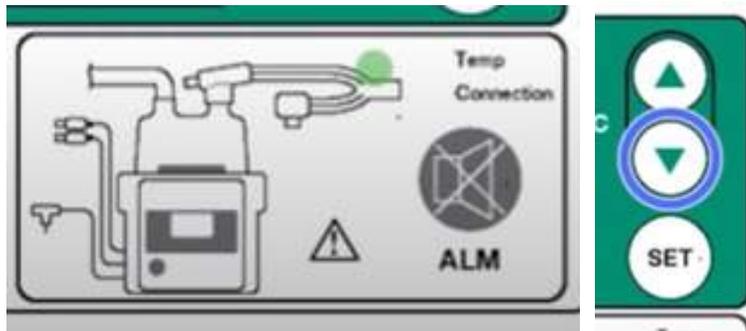
Visor de humidificador realizando test

E - Al seleccionar el modo manual la base mostrará primero la temperatura actual en el lado del paciente. Luego mostrará la temperatura del lado de la cámara.



Visor de humidificador realizando test

F - La luz del lado del paciente parpadeará. La temperatura en boca del paciente ahora puede modificarse usando los botones hacia arriba o hacia abajo.



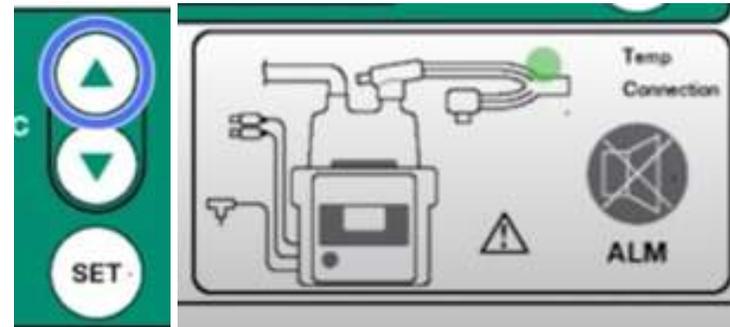
Acercamiento de botones en el visor

G - Presionando el botón SET a la vez que los botones hacia arriba o hacia abajo, podemos modificar la temperatura en el lado de la cámara. Por seguridad la opción modificar está limitada a 5 segundos de inactividad.



Acercamiento de botones en el visor

H - Para re-ajustar la temperatura mantenga presionados los botones de arriba o hacia abajo por 2 segundos.



Acercamiento de botones en el visor

Mezclador de gases

Diagrama del conjunto

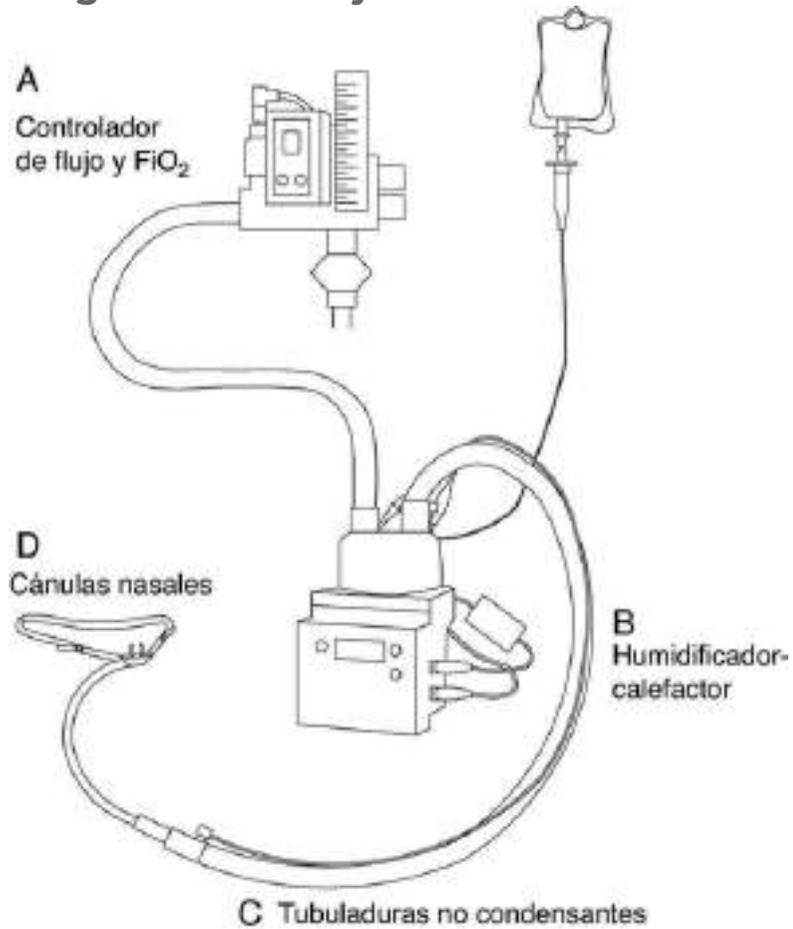


Diagrama de dispositivo de Alto Flujo convencional



Diagrama de Alto Flujo brindado por FING

Características del mezclador

Variables:

No hay variables a setear. Sí se gradúan manualmente mediante manijas el O₂ y el Aire. Por medio de un botón se gradúa la válvula de alivio¹⁵.

Valores de monitoreo:

- FIO₂
- O₂ en ambiente
- Caudal
- Definir qué manija es para cada uno: manija pesada, manija liviana, válvula de alivio.

Se deben setear las alarmas:

- (+/-cierto valor) para FIO₂ y Caudal
- Valor máximo tolerable para el O₂ en el aire.

Botones:

- Encendido/Apagado: detrás del dispositivo.
- Stand by: Para cuando se necesite parar el funcionamiento del controlador, por ejemplo cuando el humidificador tiene algún problema, se prendan o no las alarmas y cuando el Humidificador entra en Stand By.
- Seteo Alarmas/Arriba/Abajo y Confirmación: Es conveniente seguir con la misma programación y botones que se usaron para el seteo del respirador? Qué fueron: control rotativo para comenzar el seteo y modificar las variables; pulsador para confirmación de la acción.
- Silenciar Alarma: mantener igual símbolo que el usado en el humidificador.

Opciones de interfaz del dispositivo



Propuesta inicial de mezclador final

Posteriormente, se corrigió el ángulo de la zona del display dada la altura a la iba a ser colocado. Fueron necesarios dos botones que fueron distribuidos de forma similar a la sugerida.



Alternativas de colores del mezclador

Interfaz de pantalla

INTERFAZ DE PANTALLA PARA ALTO FLUJO

PROPUESTA

Encendido

- Al encender el respirador, se prende la pantalla mostrando en Cuadro de monitoreo en donde aparecen los valores de monitoro.

Cuadro de monitoreo

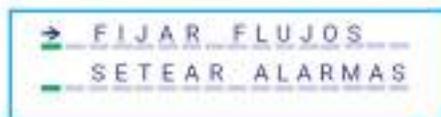
40	60	18
CAUD	FI O2	O2 AM

VALORES
Caudal: 40/50/60/70 L1/min.
FI O2: 21 a 100 %
O2 ambiente: 21 a 100%.

Ingreso a seteos

- Para iniciar el seteo se debera pulsar el encoder y aparece el Cuadro de opciones de seteo.

Cuadro de opciones de seteo



NOTAS

Proponemos posicionar el lugar de desplazamiento del selector hacia el lateral izquierdo (en verde), de modo de generar una lectura de izq a derecha.

El dígito por donde se desplaza la flecha son los marcados en verde.

Si a los 5 segundos de ingresar a cualquier cuadro, no se realizan acciones, el cuadro debe cerrarse y volver al Cuadro de Monitoreo

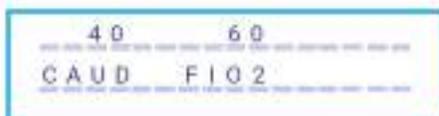
Secuencia

- 1- Al rotar el encoder se selecciona la operación a realizar.
- 2- Al presiona el encoder se confirma la operación a realizar.

Fijar flujos

- Al confirmar la opción de Fijar Flujos, aparece el Cuadro de determinación de flujos mostrando los valores actuales de estos.

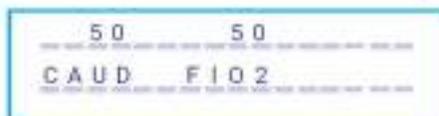
Cuadro de determinación de flujos



Secuencia:

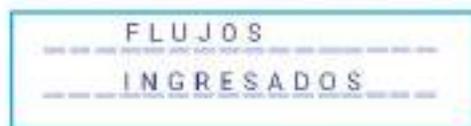
- 1- Al manipular las válvulas correspondientes, el cuadro muestra la variación.

Cuadro de determinación de flujos



2- Cuando ambos valores son los deseados, se fijan los valores presionando el encoder por 1 segundo. Lo que generará que se aparezca el Cuadro de confirmación de flujos por 2 segundos para luego volver a mostrar el Cuadro de monitoreo.

Cuadro de confirmación de flujos



NOTAS

Si al final de este cuadro se puede generar un pitido corto con la alarma sería ideal para dar el aviso de que quedaron activas.

Seteo de alarmas

- Al confirmar la opción de Setear alarmas, aparece el Cuadro de seteo de alarmas mostrando los valores actuales de estas.

Cuadro de seteo de alarmas

→	3	8	40
CAUD	FI O ₂	O ₂ AM	

VALORES

- Alarma Caudal: máx +/- 5 %.
- Alarma FI O₂: máx +/- 10 %.
- Alarma O₂ ambiente: máx, 40 %.

Secuencia:

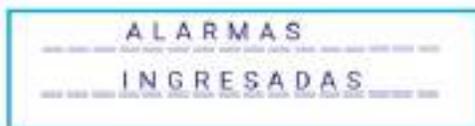
- 1- Al rotar el encoder se selecciona la alarma a modificar.
 - 2- Al presionar el encoder se confirma que esa alarma se va a modificar y comienza a tintinear el valor de la alarma, dando aviso de que ya está apta para modificarse.
 - 3- Al rotar el encoder se modifica el valor de la alarma.
 - 4- Al presionar el encoder se confirma que el valor ingresado es el nuevo valor y deja de tintinear.
- De esta manera se setearán todas las alarmas necesarias.

Cuadro de seteo de alarmas



Para confirmar las nuevas alarmas se deberá mantener presionado el encoder por 1 segundos. Lo que generará que se abra el Cuadro de confirmación de seteo de alarmas por 2 segundos para luego volver a mostrar el Cuadro de monitoreo.

Cuadro de confirmación de alarmas



Cuadro de monitoreo



NOTAS

Si al final de este cuadro se puede generar un pitido corto con la alarma sería ideal para dar el aviso de que quedaron activas.

Alarmas activa de Caudal o FIO2

- Para este ejemplo se ha disparado la alarma de FIO2. La secuencia es igual si se activa por una sola o las dos a la vez.

Cuadro de monitoreo con valor tintineando

50	51	18
CAUD	FIO2	O2AM

NOTAS
El valor de FIO2 debe tintinear.

Secuencia:

- 1- El usuario silencia el sonido de la alarma con el botón correspondiente pero la luz led sigue encendida.
- 2- Al manipular las válvulas correspondientes se ajusta el flujo, el cuadro muestra la variación. Cuando el valor esta dentro del rango de alarmas establecido deja de tintinear y se apaga la luz led.

Cuadro de monitoreo

50	50	18
CAUD	FIO2	O2AM

Alarmas activa de O2 en ambiente

- Cuando se activa la alarma de O2 en ambiente aparece el Cuadro de monitoreo con el valor actual tintineante por dos segundos y luego el Cuadro de protocolo

Cuadro de monitoreo

50	50	41
CAUD	FIO2	O2AM



Cuadro de monitoreo

ACTIVE
PROTOCOLO

Secuencia:

- 1- El usuario silencia el sonido de la alarma con el botón correspondiente pero la luz led sigue encendida. En este caso si es posible se deberá de silenciar por más de dos minutos.
- 2- Activa protocolo según instructivo.
- 3- El O2 en ambiente comenzará a bajar. El tiempo de demora dependerá de cada situación. El usuario podrá controlar la respuesta del protocolo mediante el valor en pantalla.
- 4- Al estabilizarse el valor se apagara la luz led y dejara de aparecer el Cuadro de Protocolo.



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA URUGUAY



PRECAUCION

¡CUIDADO! LA PRESION EN ESTE EQUIPO PUEDE AUMENTAR Y CAUSAR LESIONES PERSONALES.

O2

ARG



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo
UDEU



Escuela Universitaria
Centro de Diseño

Universidad de la República

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - Escuela Universitaria Centro de Diseño

Carpeta técnica

Trabajo de fin de grado plan 2013

Bach. Gabriel Maassardjian - 4.801.149-9

Bach. Franco Pacilio - 4.856.039-3

Carrera /

Licenciatura en Diseño Industrial - Perfil Producto

Tutora /

D.I. Sarita Etcheverry, EUCD, G4

Co-Tutor /

Ing. Alejandro Gutierrez, FING, G4

Contenido /

Tabla de componentes

Tabla de insumos

Axonométrica

Sistema diédrico ortogonal

Detalles constructivos

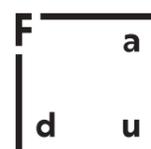
Cortes y secciones

Diagramación de corte

Manual de armado



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo



Escuela Universitaria
Centro de Diseño

Montevideo, Uruguay - 2023



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L1
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:5.5
Axonométrica conjunto general	Unid; mm

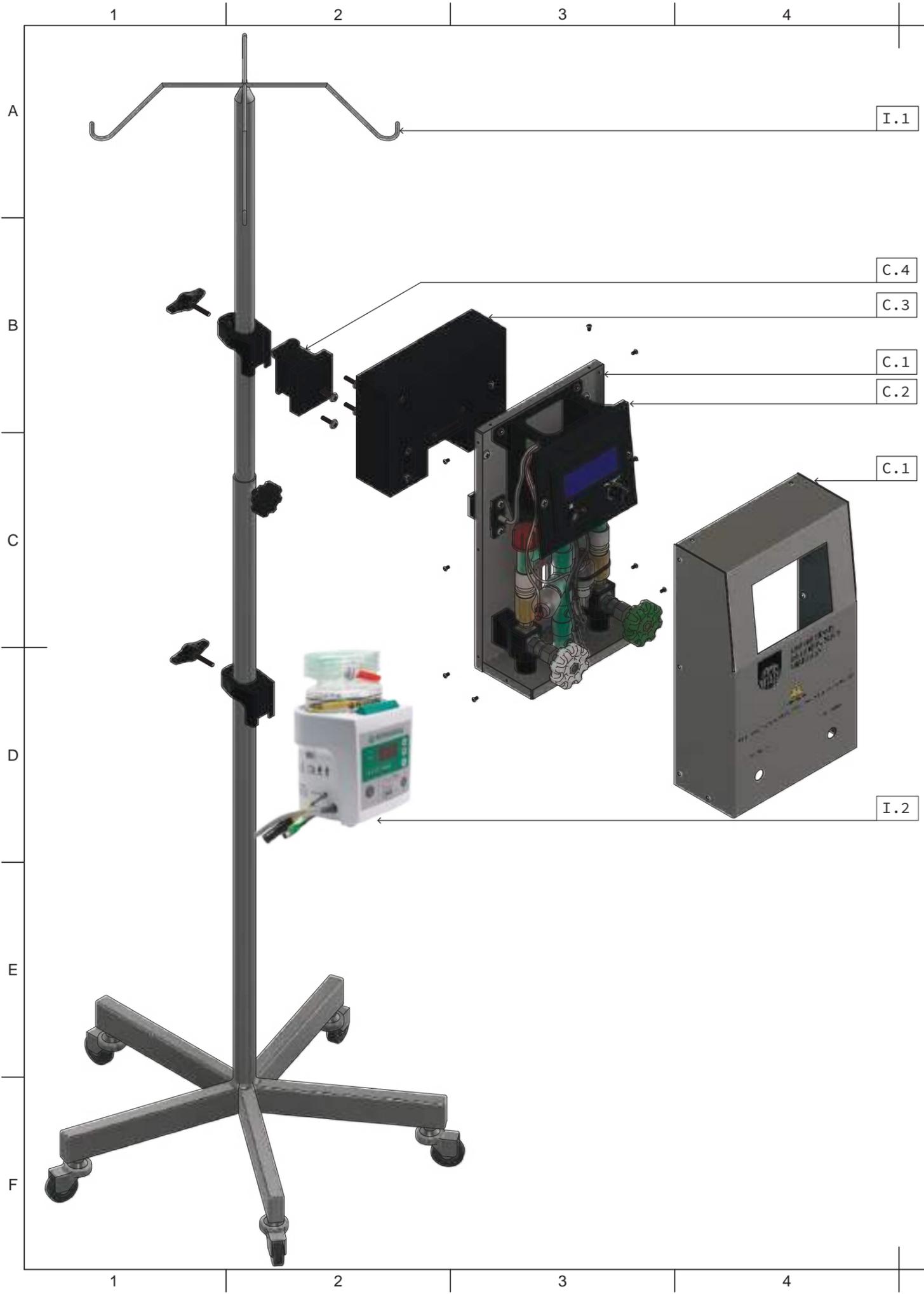


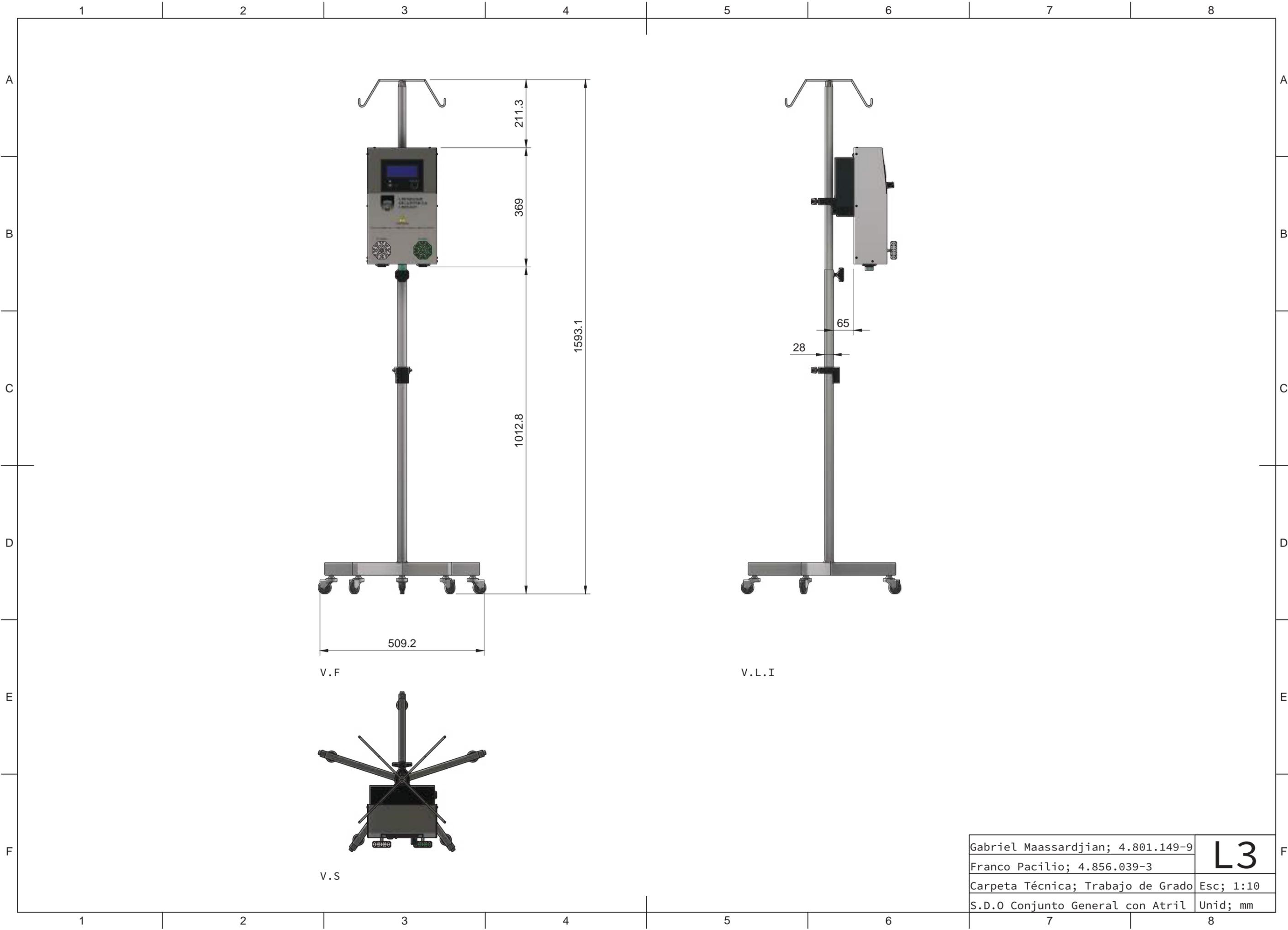
Tabla de Componentes			
ID.	Nombre	Material	P. Productivo
C.1	Envolvente	Acero Inox. 1,2mm	CNC; Corte y pliegue
C.2	Caja electrónica	PLA	CNC; Impresión 3D
C.3	Caja eléctrica	PLA	CNC; Impresión 3D
C.4	Soporte para atril	PLA	CNC; Impresión 3D

Tabla de Insumos		
ID.	Nombre	Marca
I.1	Tripie	Ortiz
I.2	Base humidificadora IS 7000	Intersurgical

I - Insumo
P - Pieza
C - Componente

Se omiten los tubos para fluidos tanto de la base humidificadora como de los insumos de oxígeno y aire medicinal del centro médico.

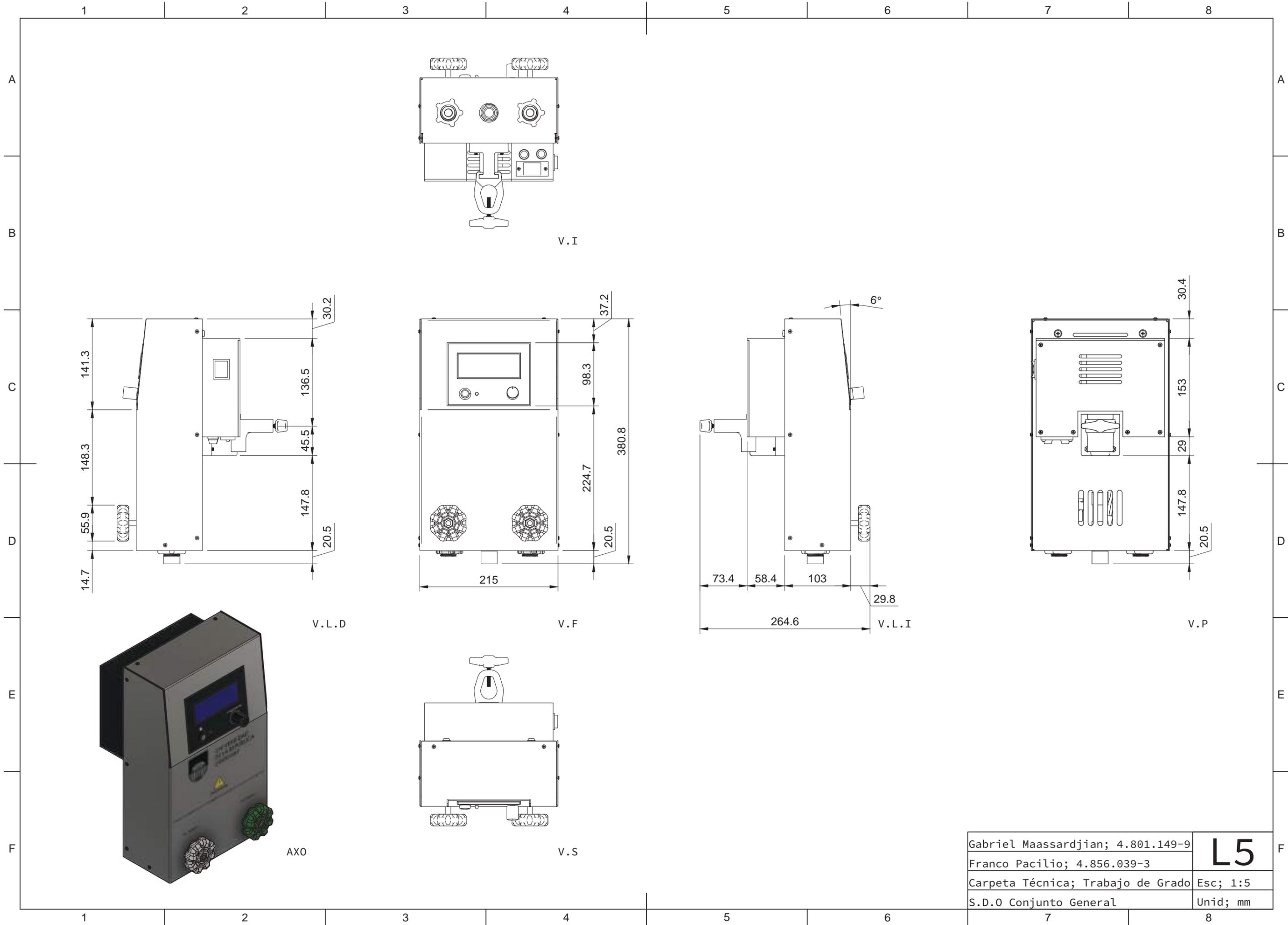
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L2
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:5.5
Explotada Conjunto General	Unid; mm



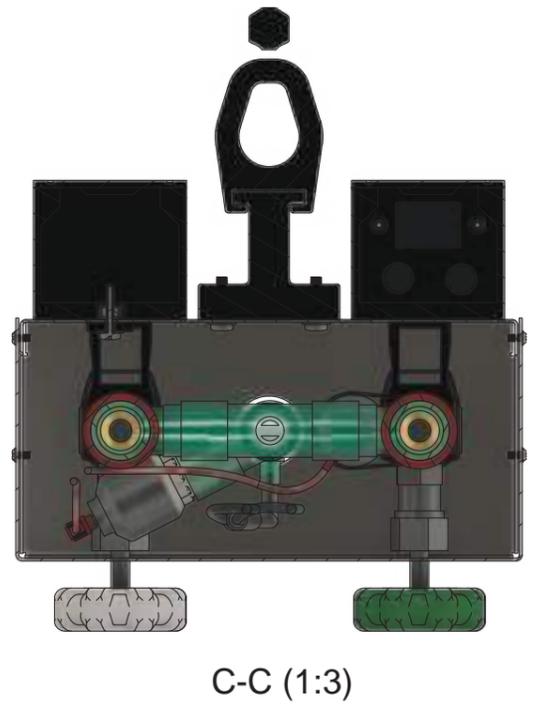
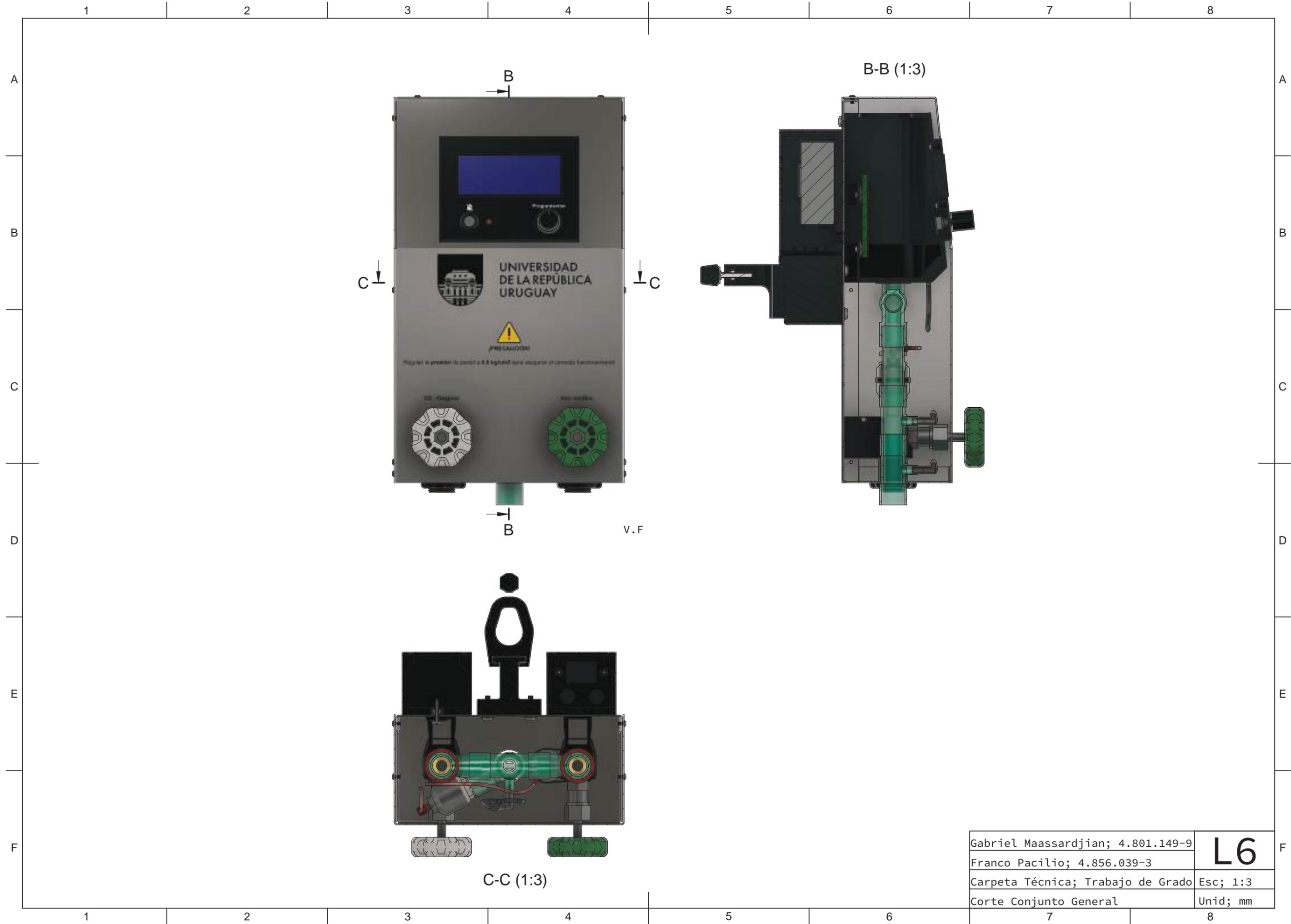
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L3
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:10
S.D.O Conjunto General con Atril	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L4
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2
Axonométrica Conjunto General	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L5
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:5
S.D.O Conjunto General	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L6
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:3
Corte Conjunto General	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L7
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2
Axonométrica Envolvente	Unid; mm

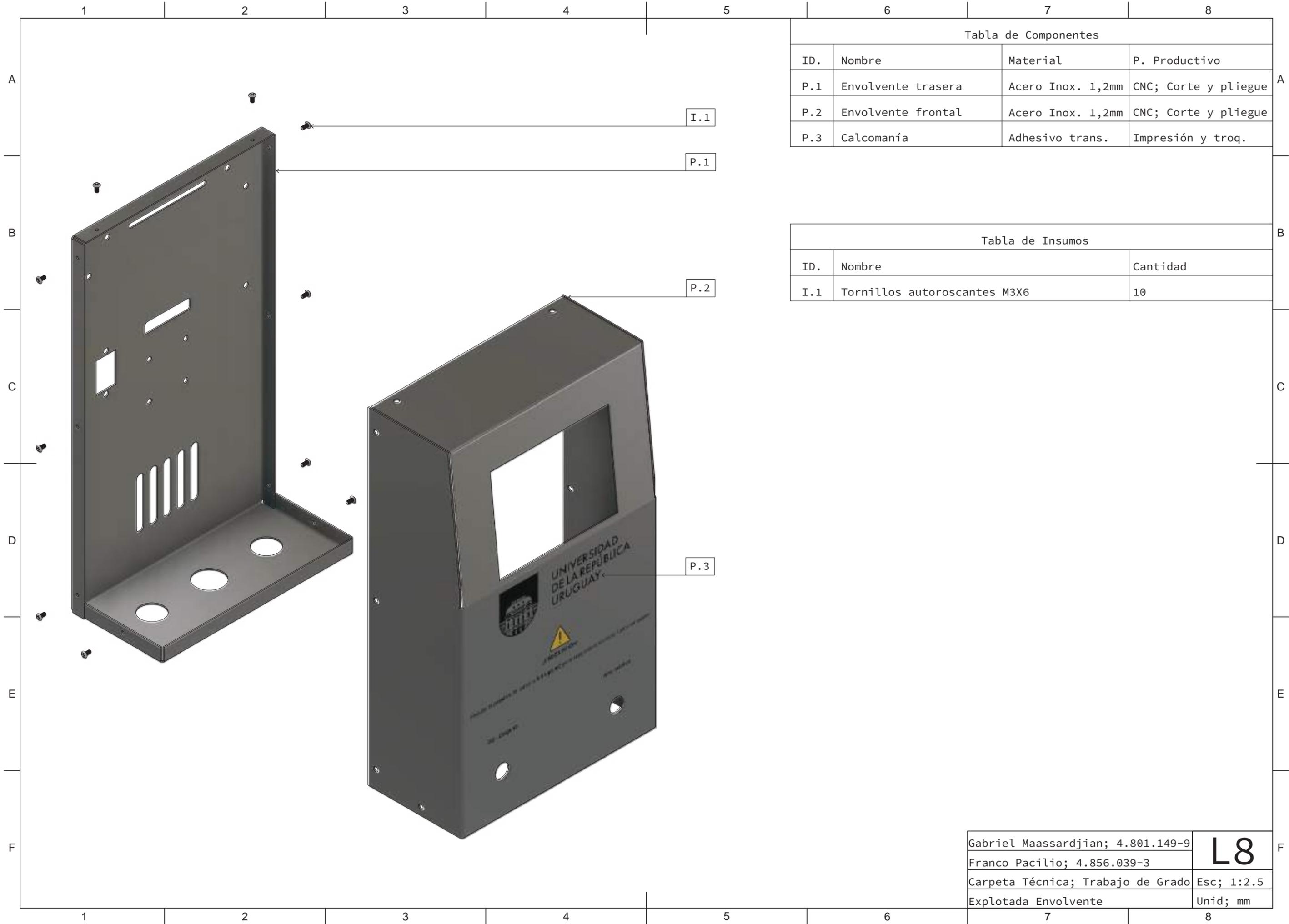


Tabla de Componentes			
ID.	Nombre	Material	P. Productivo
P.1	Envolvente trasera	Acero Inox. 1,2mm	CNC; Corte y pliegue
P.2	Envolvente frontal	Acero Inox. 1,2mm	CNC; Corte y pliegue
P.3	Calcomanía	Adhesivo trans.	Impresión y troq.

Tabla de Insumos		
ID.	Nombre	Cantidad
I.1	Tornillos autoroscantes M3X6	10

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L8
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2.5
Explotada Envolvente	Unid; mm



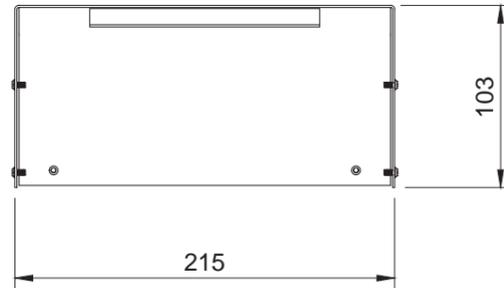
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L9
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2
Axonométrica Envolvente Frontal	Unid; mm



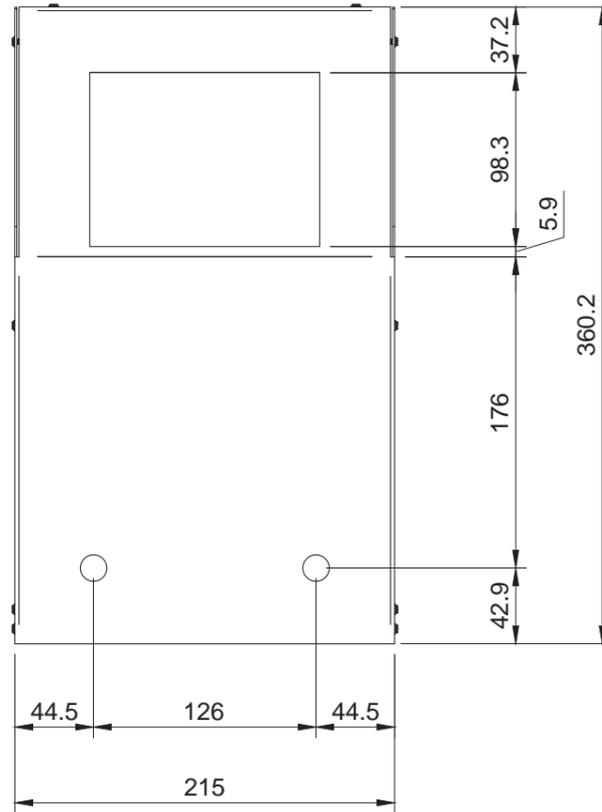
Se utiliza el pliegue de 6° del frente de la envoltente como referencia para posicionar colocar y el adhesivo.

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L10
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1.5
Adhesivo Frente Envoltente	Unid; mm

V.F



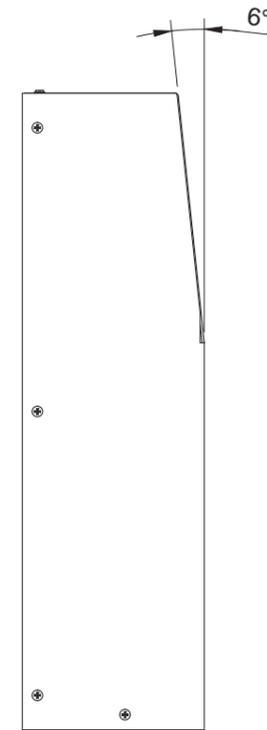
V.I



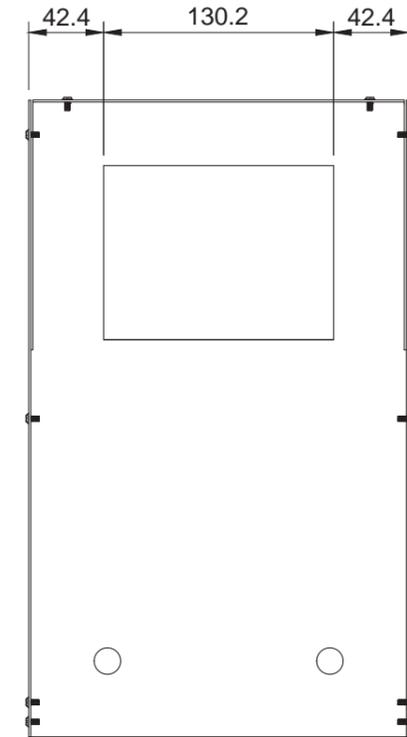
V.F



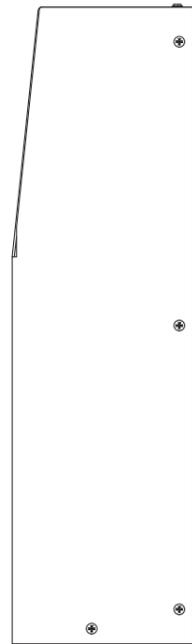
V.S



V.L.I



V.P

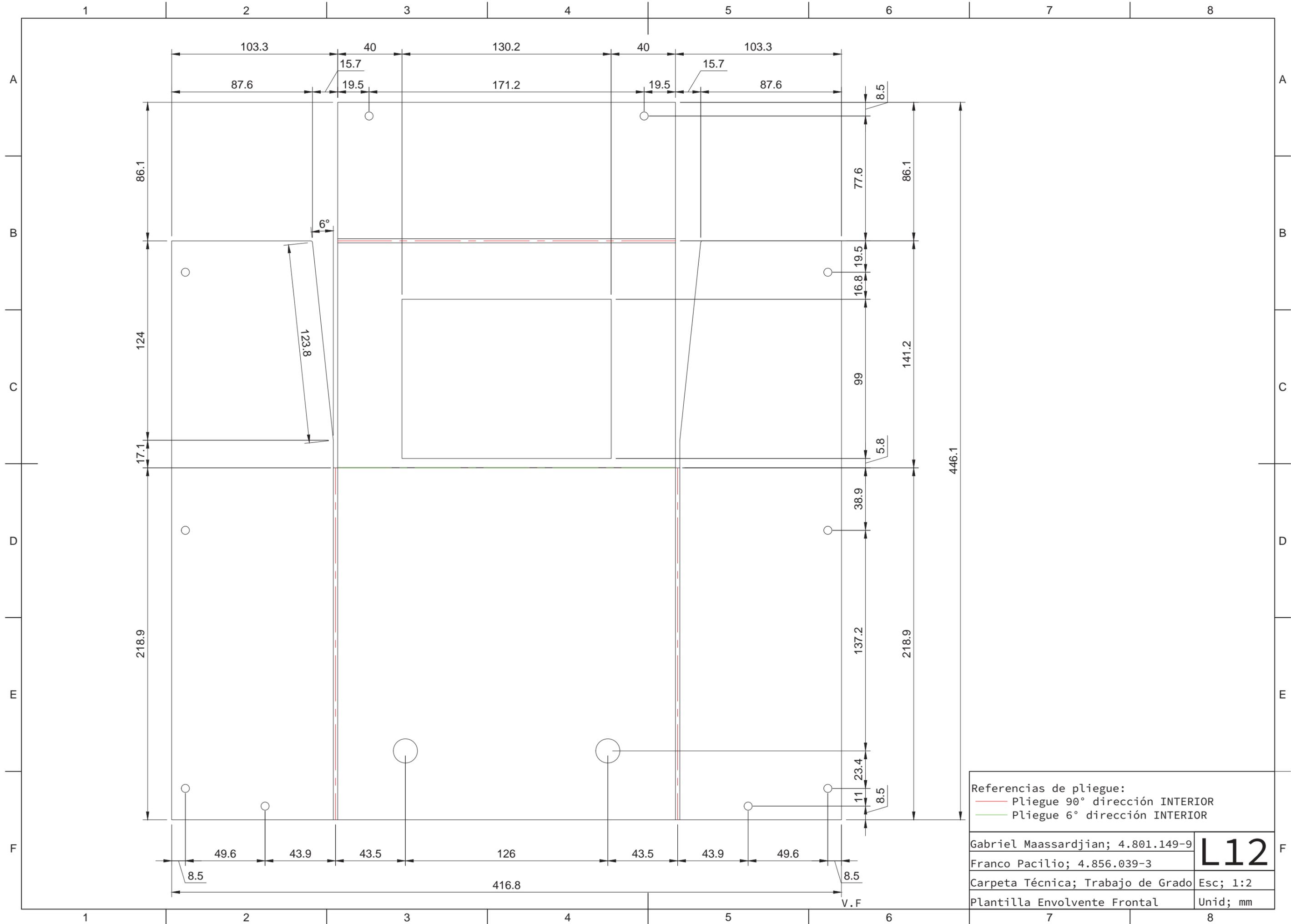


V.L.D



AXO

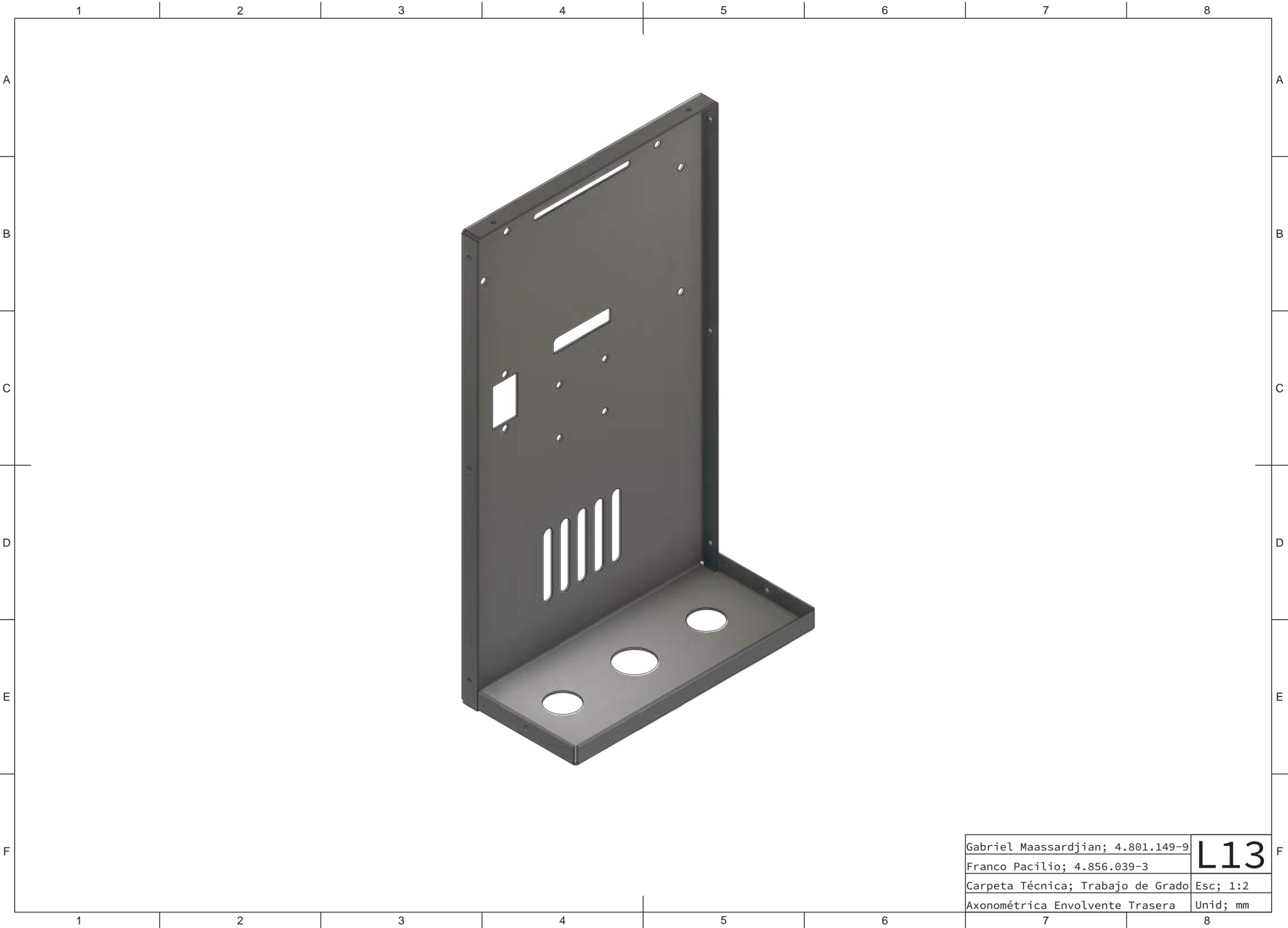
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L11
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:4
S.D.0 Envolverte Frontal	Unid; mm



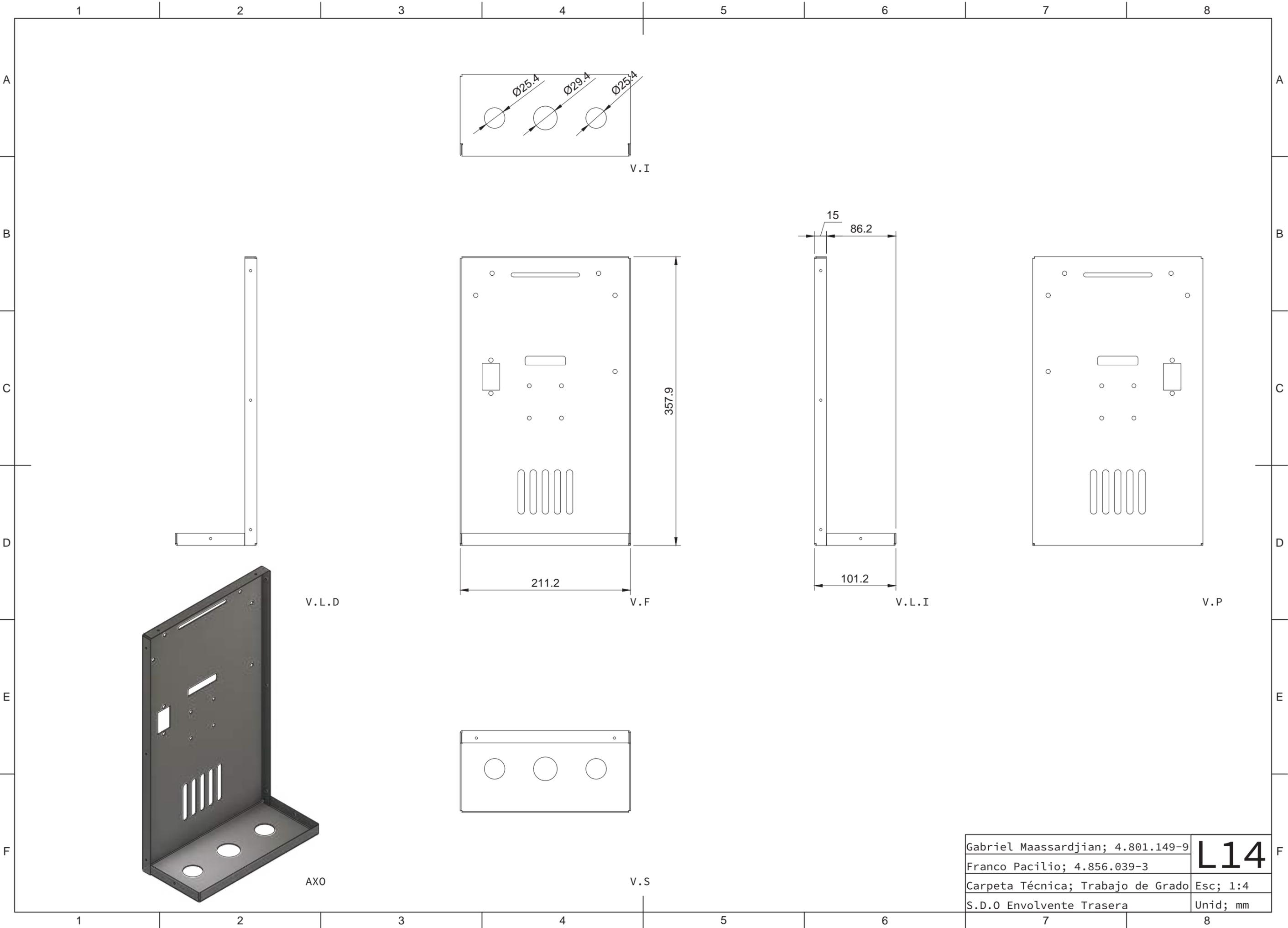
Referencias de pliegue:
 Pliegue 90° dirección INTERIOR
 Pliegue 6° dirección INTERIOR

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9
 Franco Pacilio; 4.856.039-3
 Carpeta Técnica; Trabajo de Grado
 Plantilla Envolvente Frontal

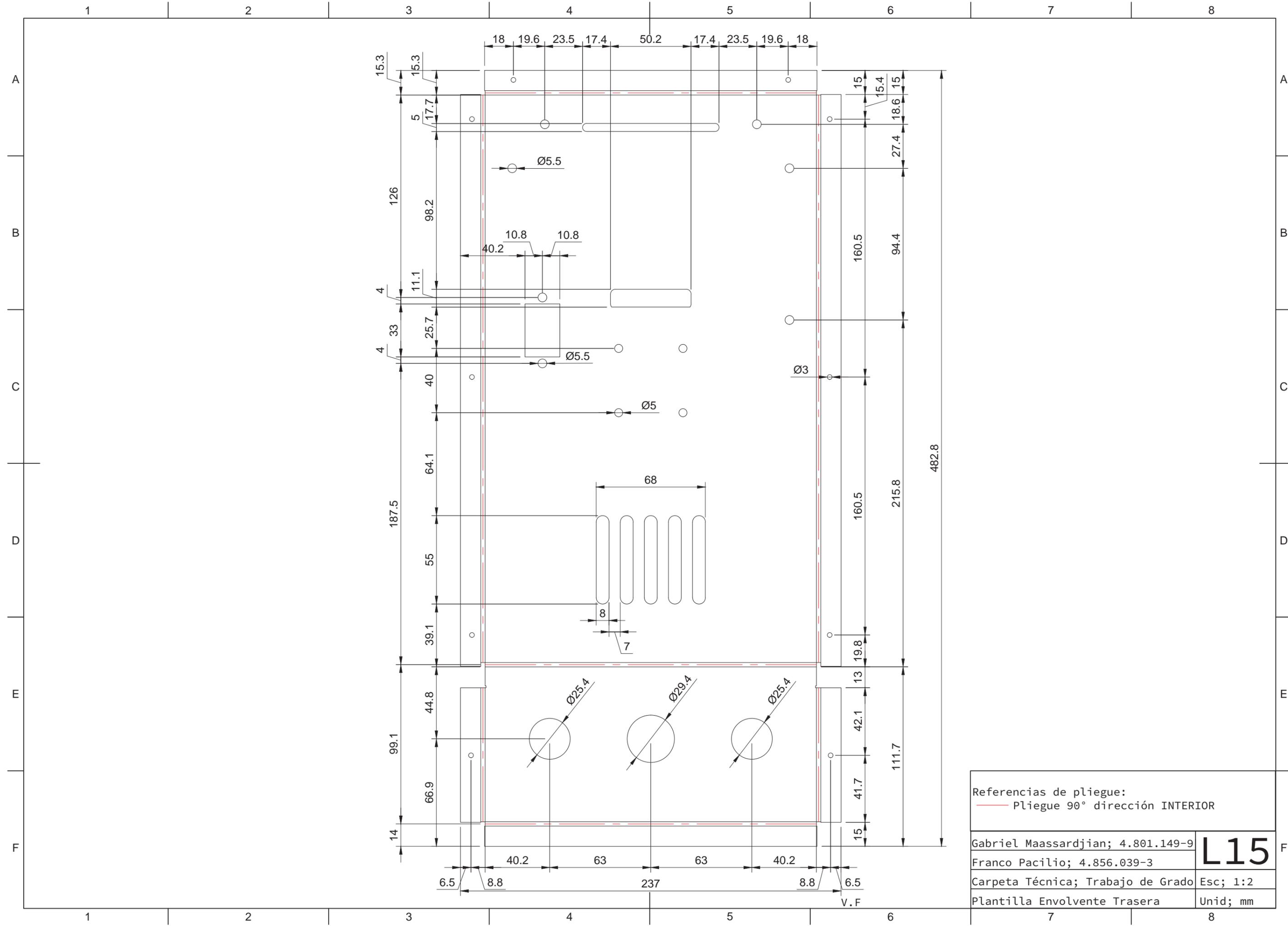
L12
 Esc; 1:2
 Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L13
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2
Axonométrica Envolverte Trasera	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L14
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:4
S.D.0 Envólvente Trasera	Unid; mm



Referencias de pliegue:
 — Pliegue 90° dirección INTERIOR

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9

L15

Franco Pacilio; 4.856.039-3

Carpeta Técnica; Trabajo de Grado

Esc; 1:2

Plantilla Envolvente Trasera

Unid; mm

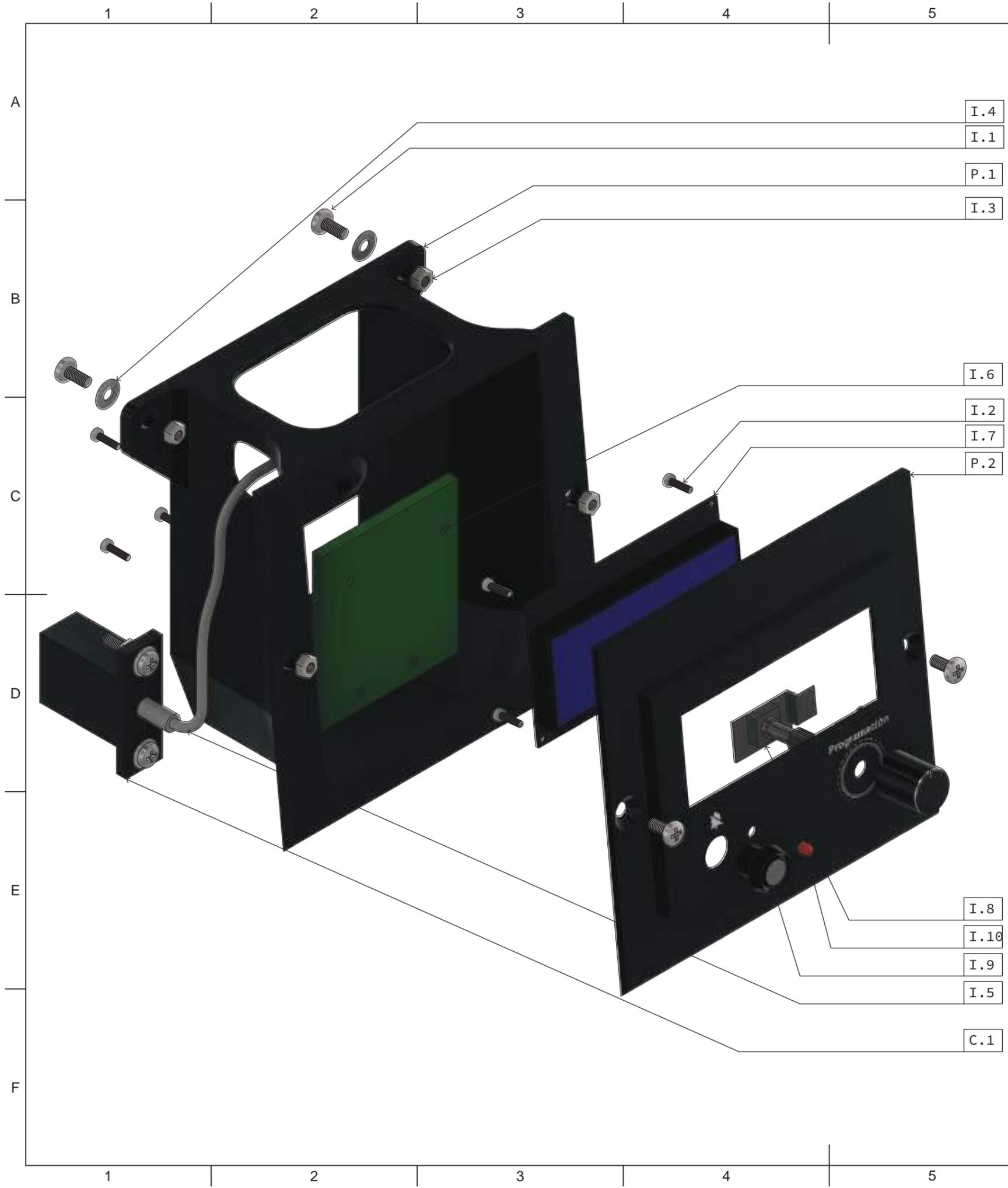


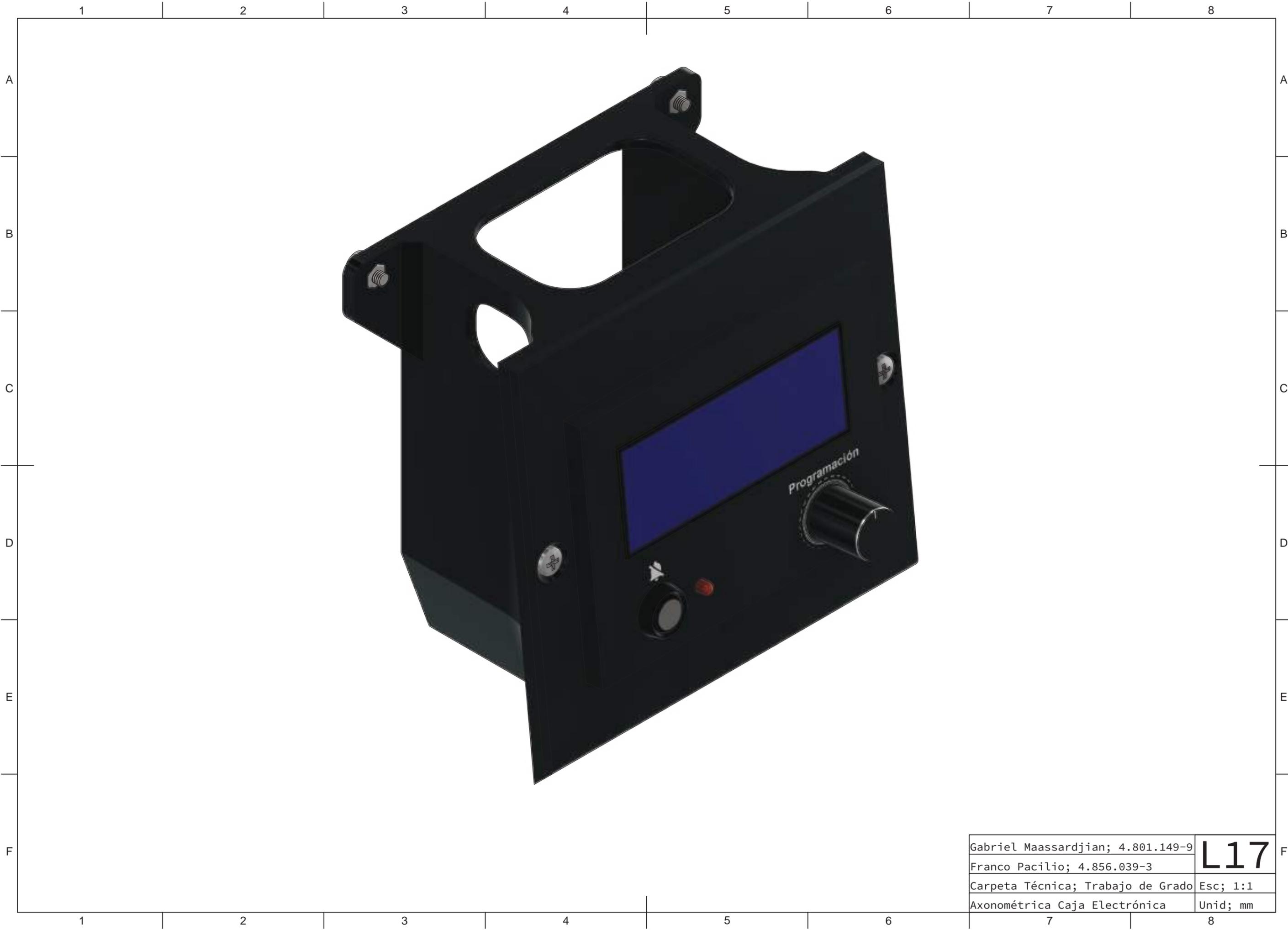
Tabla de Componentes			
ID.	Nombre	Material	P. Productivo
P.1	Cuerpo Caja Electrónica	PLA	CNC; Impresión 3D
P.2	Tapa Caja Electrónica	PLA	CNC; Impresión 3D
C.1	Soporte Puerto USB	PLA	CNC; Impresión 3D

Tabla de Insumos			
ID.	Nombre	Cantidad	Marca
I.1	Tornillos Philips M4.5X10	4	N/a
I.2	Tornillos Philips M2.5X10	8	N/a
I.3	Tuerca M4.5	4	N/a
I.4	Arandela plana 5mm	2	N/a
I.5	Cable USB	0.25 m	N/a
I.6	Arduino UNO	1	Arduino
I.7	Display 4*20 Serie	1	Handson
I.8	Rotary encoder + Push button	1	KY-040
I.9	Switch 1p 1t (Push button)	1	N/a
I.10	LED Rojo	1	N/a
I.11	Zócalo de LED	1	N/a
I.12	Buzzer	1	N/a
I.13	Shield presión diferencial	1	N/a
I.14	Tarjeta de convertidor AD	1	ADS1115
I.15	Cable bifilar, s 0.25 mm ²	0.25 m	N/a

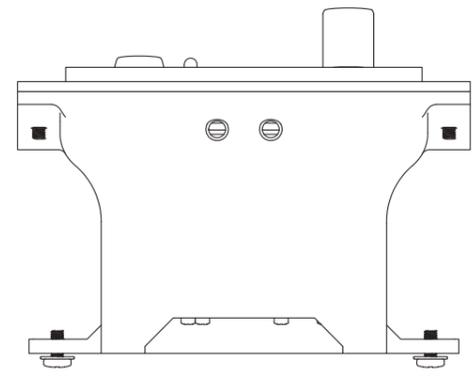
I - Insumo
P - Pieza
C - Componente

Se omite graficar el cableado y subcomponentes de la placa electrónica ya que formaron parte del apartado realizado por el cuerpo de Ingenieros. Asimismo, algunas de las marcas de estos insumos no se lograron obtener a partir de la información brindada.

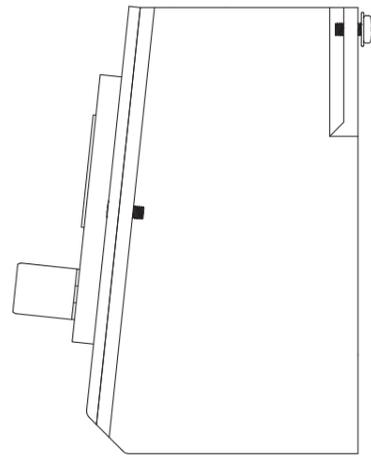
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L16
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1.5
Explotada Caja Electrónica	Unid; mm



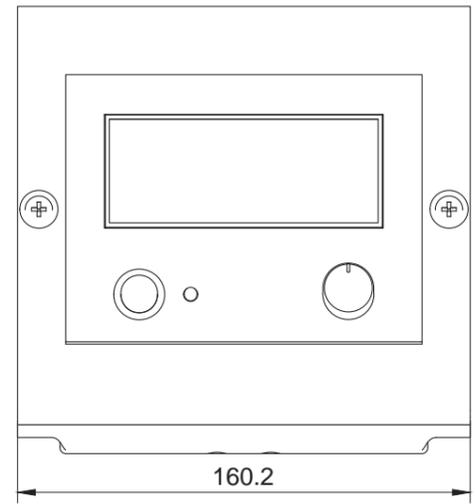
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L17
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
Axonométrica Caja Electrónica	Unid; mm



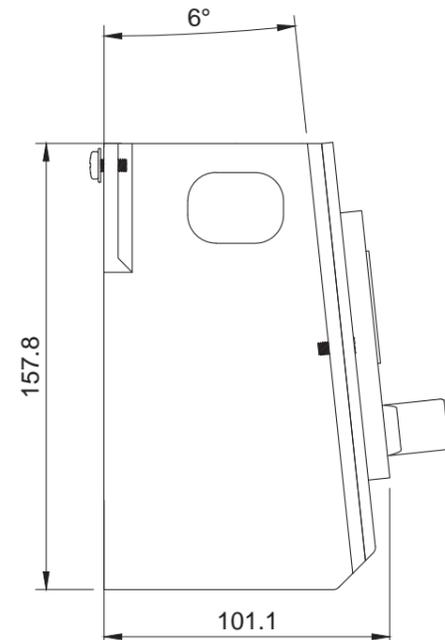
V.I



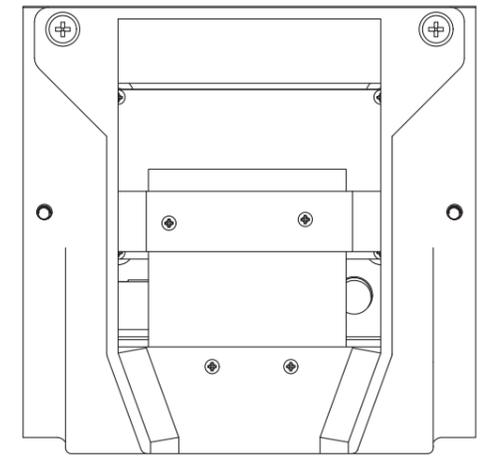
V.L.D



V.F



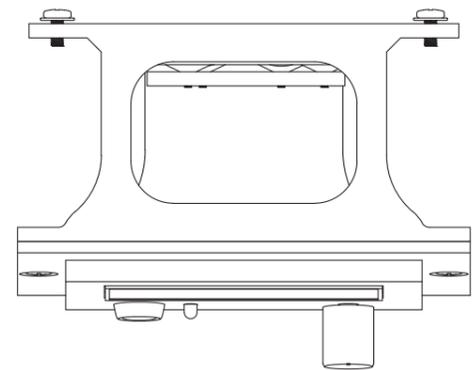
V.L.I



V.P



AXO



V.S

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L18
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2.5
S.D.O Caja Electrónica	Unid; mm



D

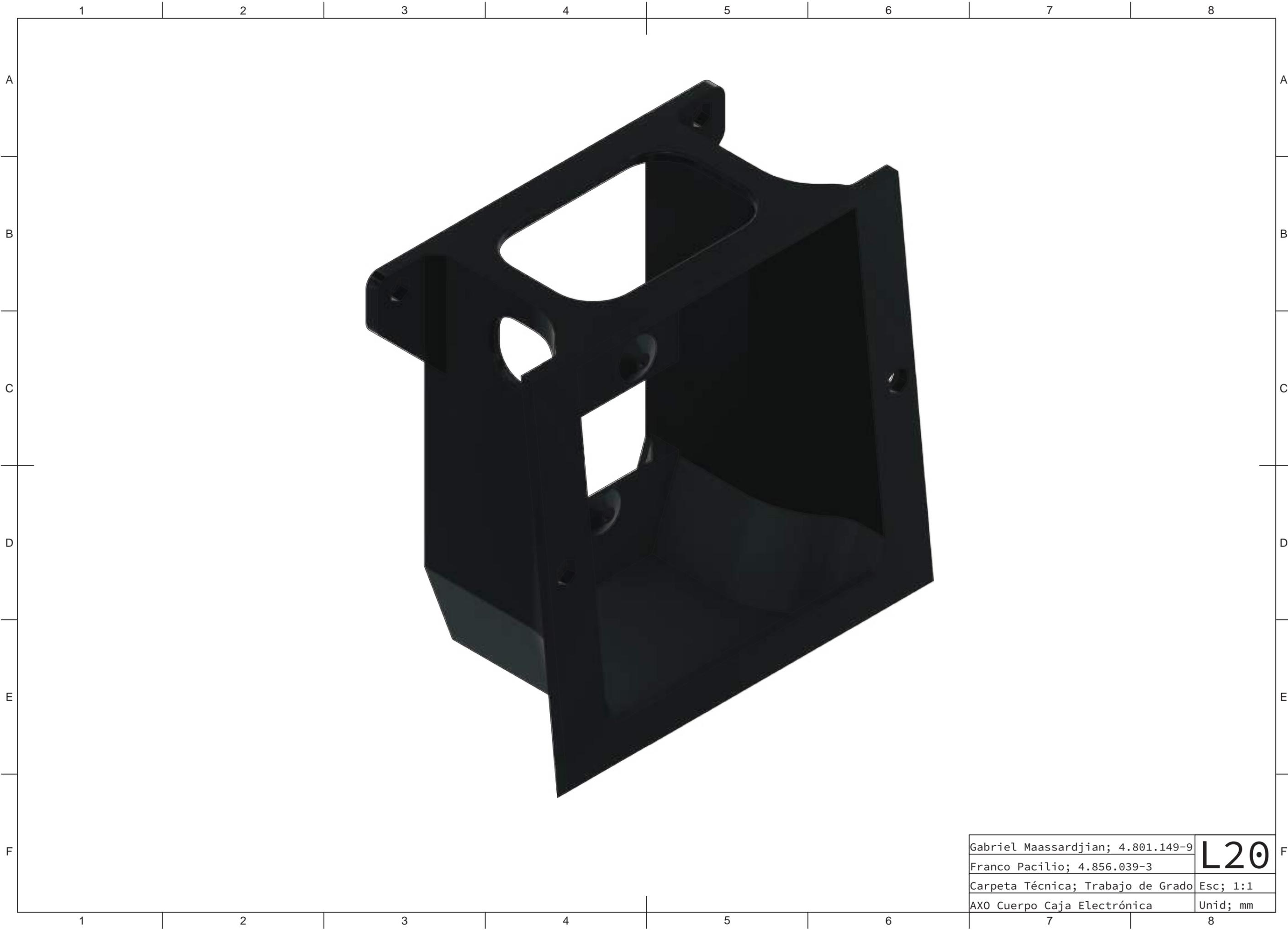
D-D (1:1)

Programación

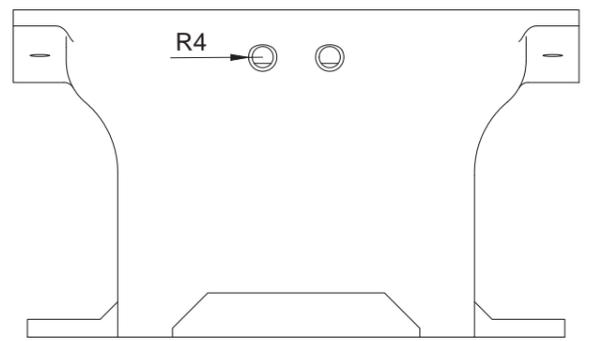
V.F

D

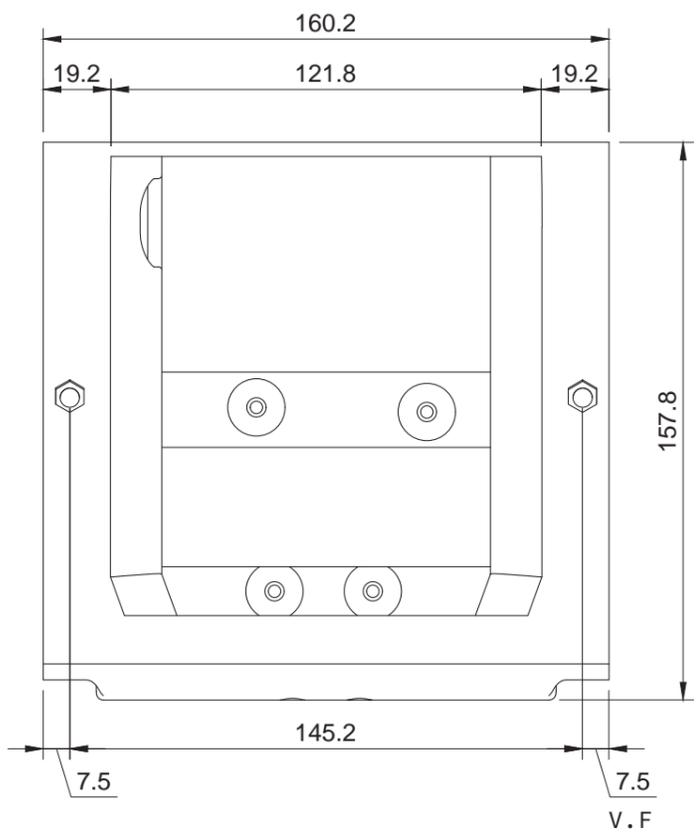
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L19
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
Corte Caja Electrónica	Unid; mm



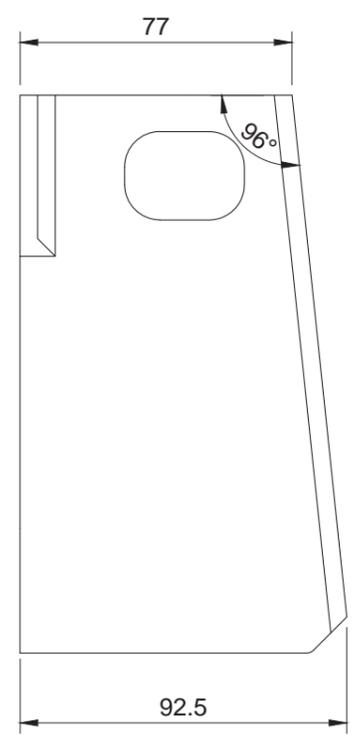
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L20
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
AX0 Cuerpo Caja Electrónica	Unid; mm



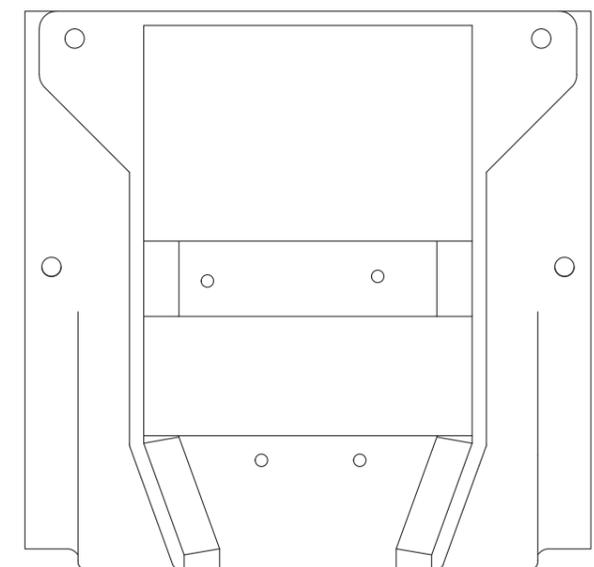
V.I



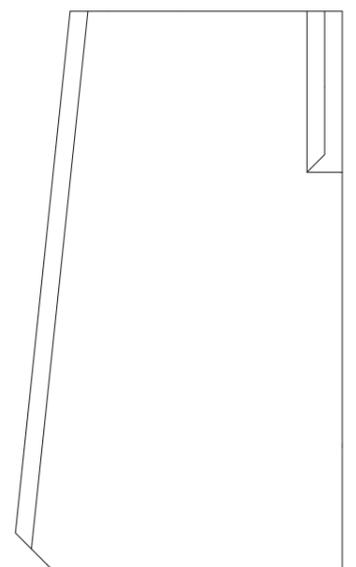
V.F



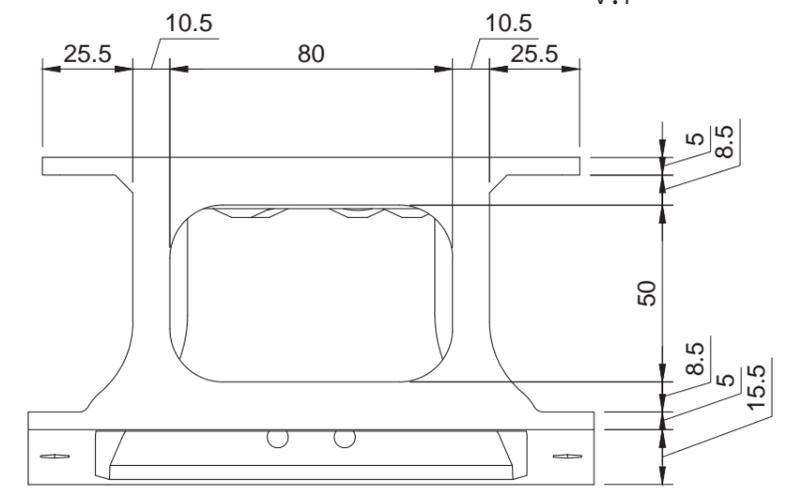
V.L.I



V.P



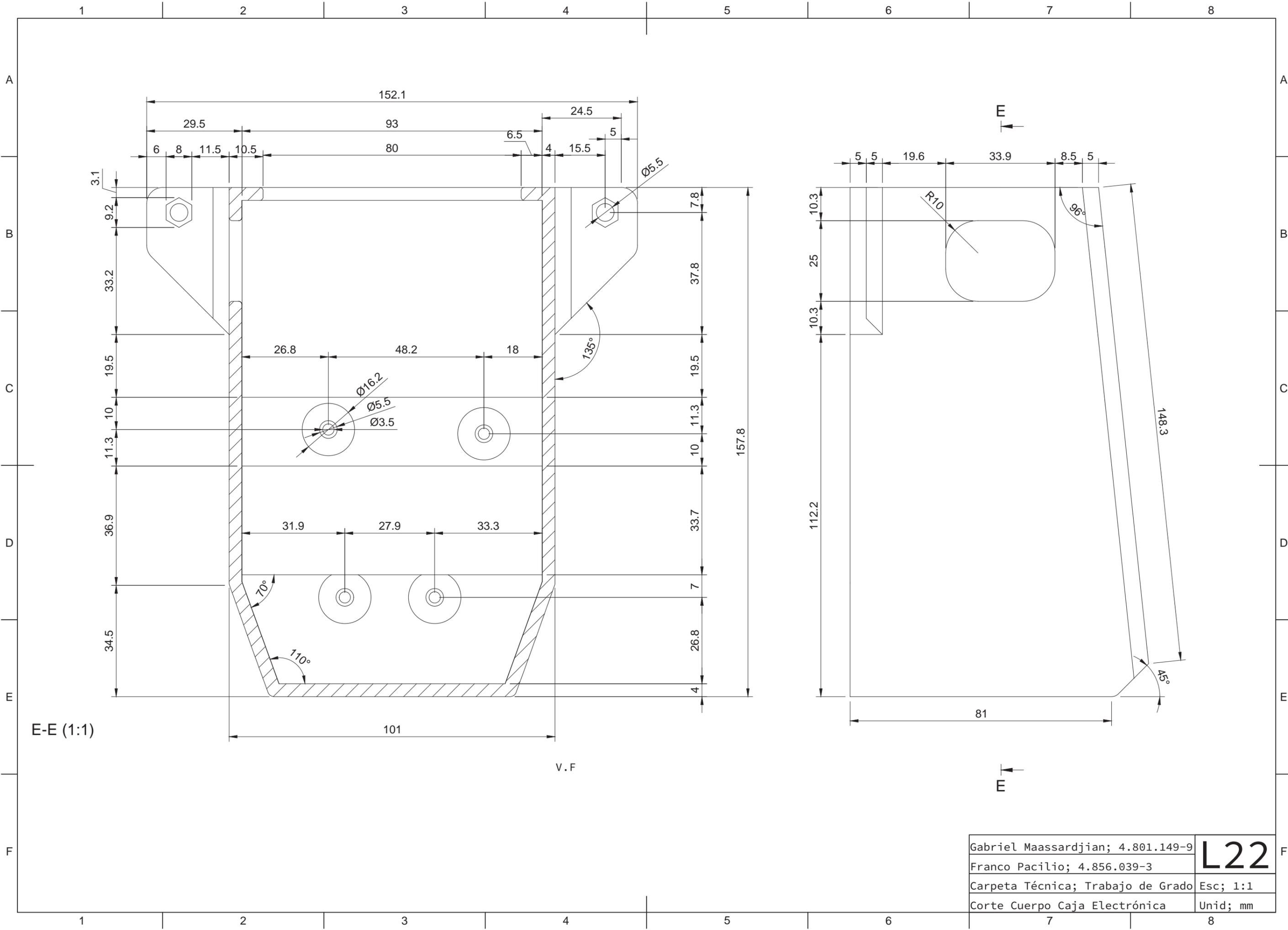
V.L.D



V.S

AX0

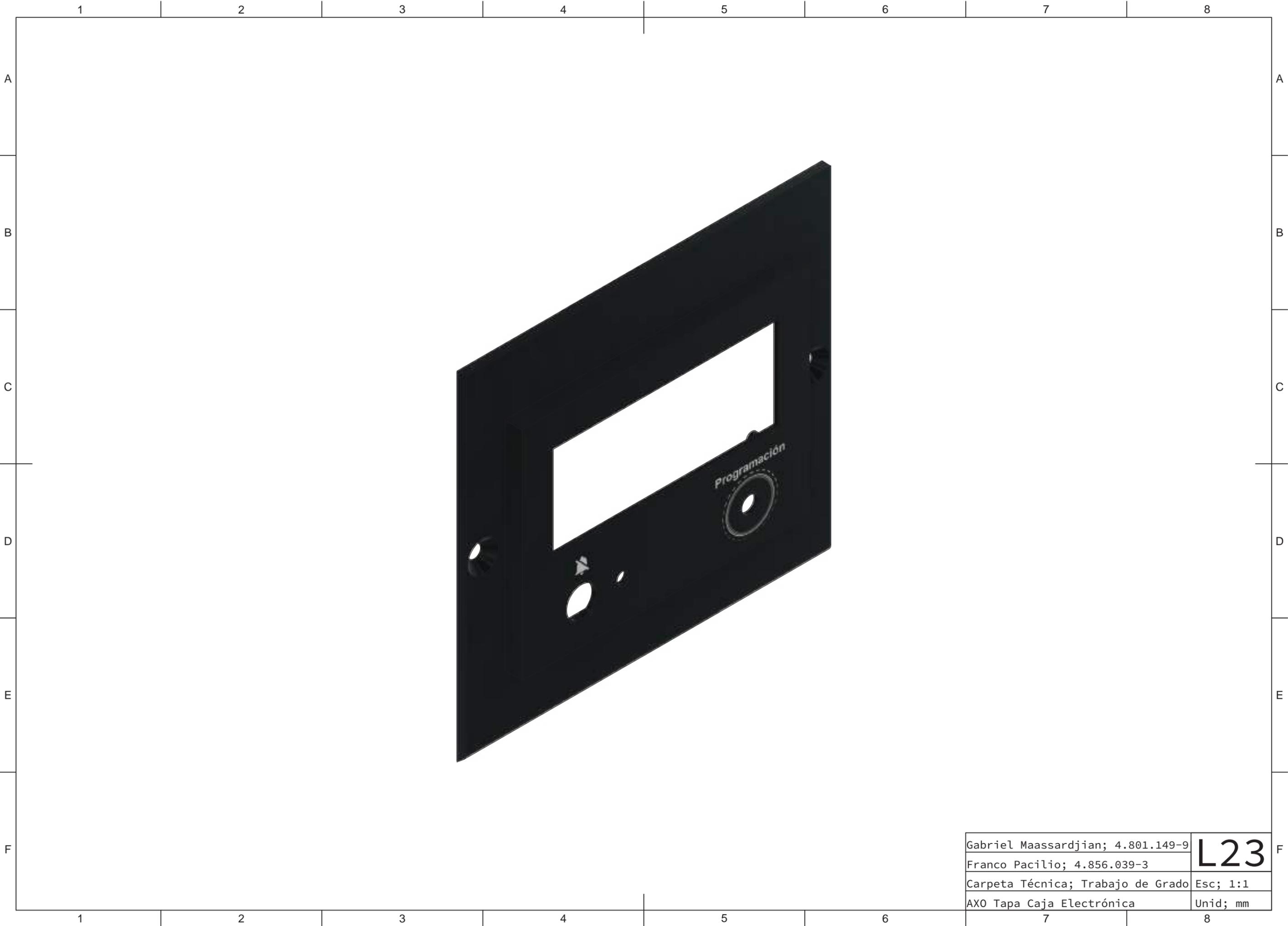
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L21
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2
S.D.O Cuerpo Caja Electrónica	Unid; mm



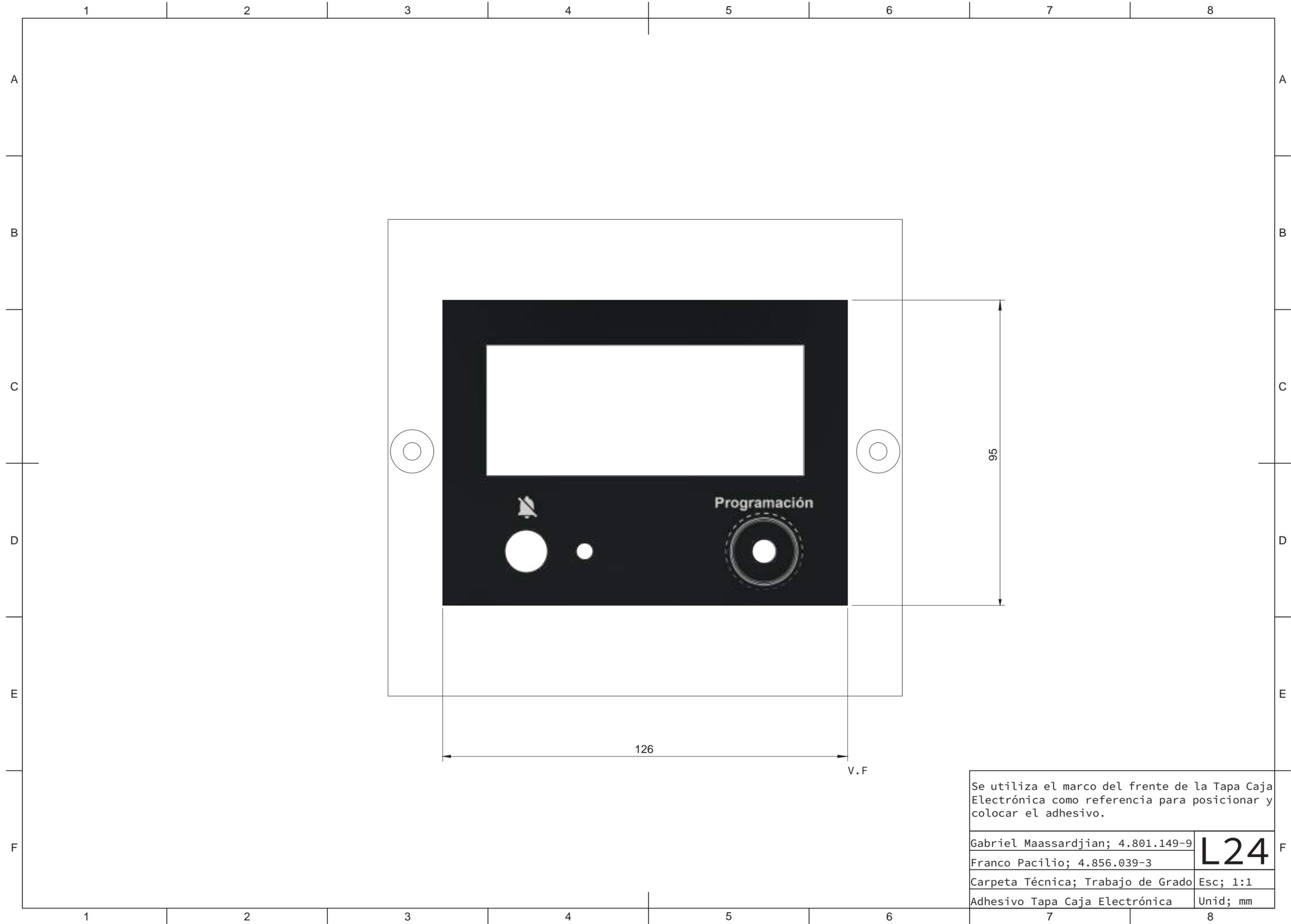
E-E (1:1)

V.F

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L22
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
Corte Cuerpo Caja Electrónica	Unid; mm

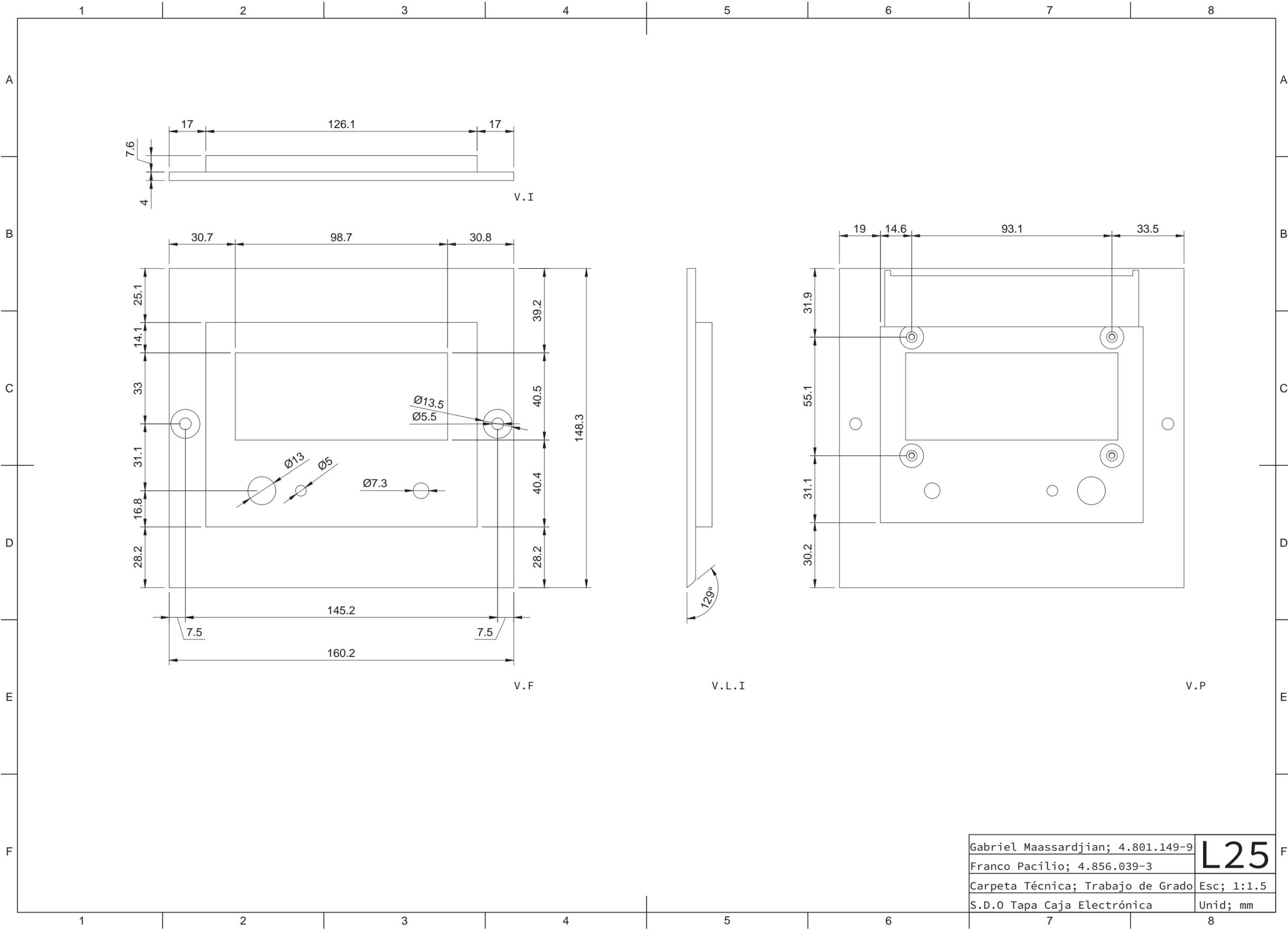


Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L23
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
AX0 Tapa Caja Electrónica	Unid; mm



Se utiliza el marco del frente de la Tapa Caja Electrónica como referencia para posicionar y colocar el adhesivo.

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L24
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
Adhesivo Tapa Caja Electrónica	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L25
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1.5
S.D.0 Tapa Caja Electrónica	Unid; mm

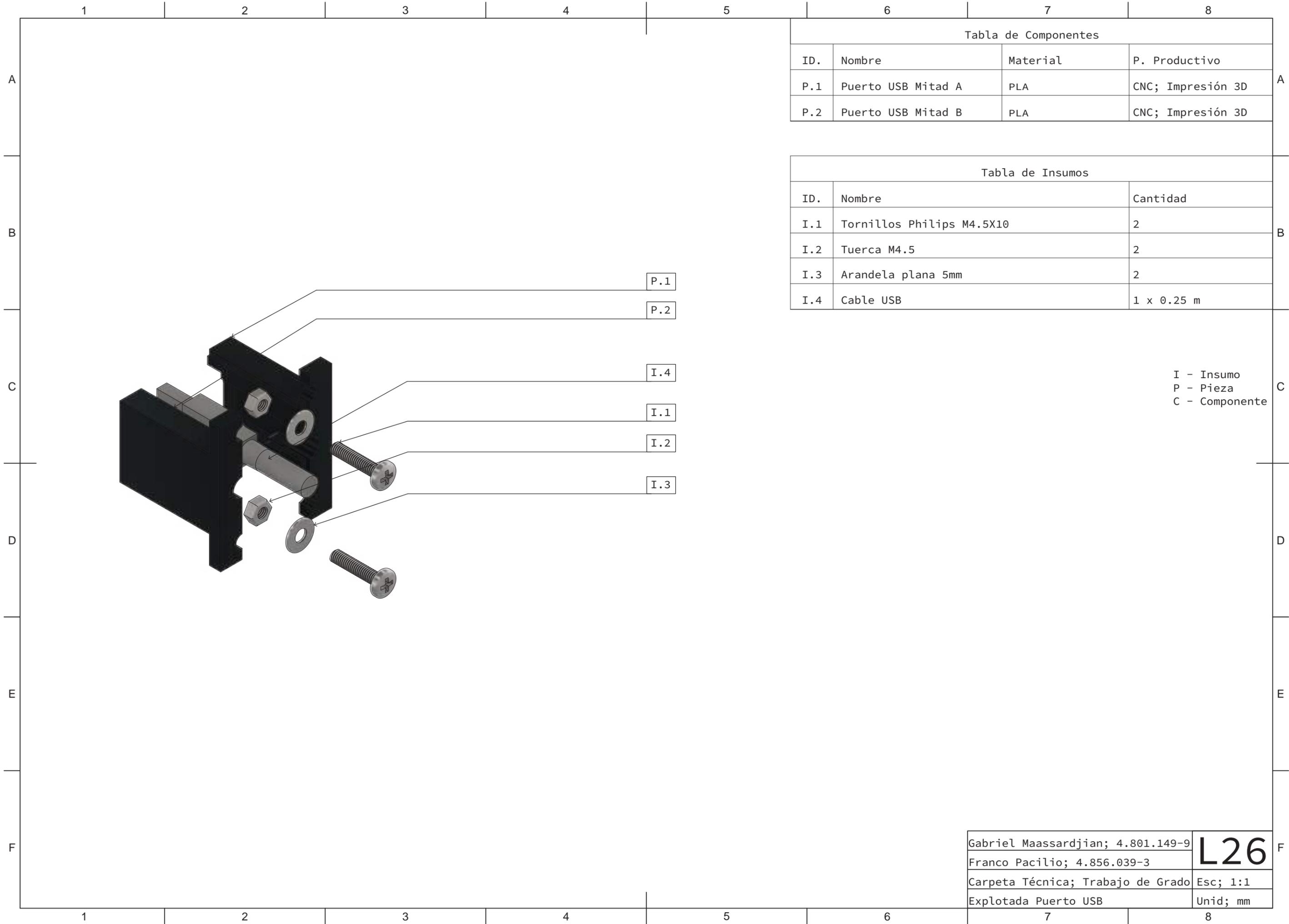
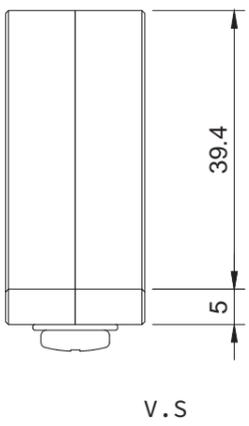
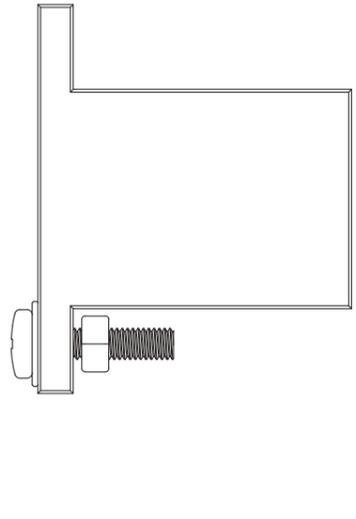
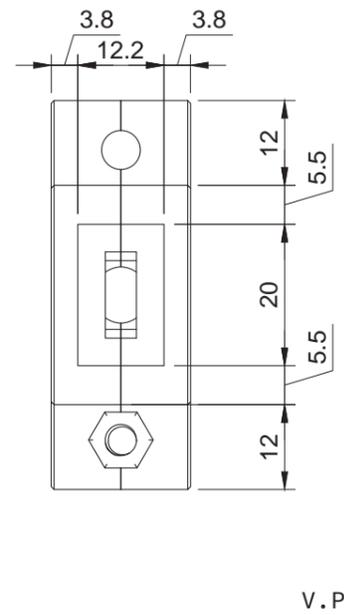
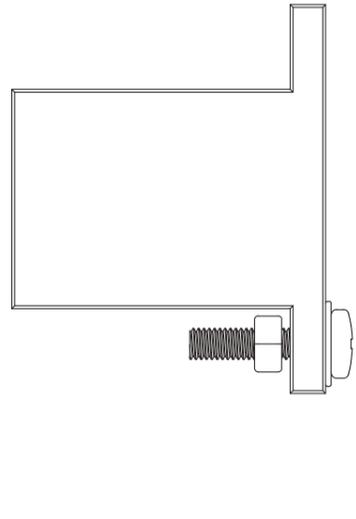
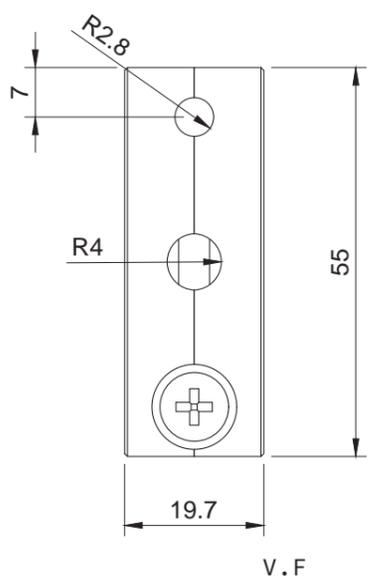
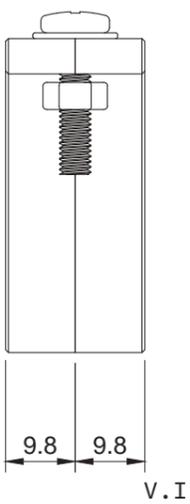


Tabla de Componentes			
ID.	Nombre	Material	P. Productivo
P.1	Puerto USB Mitad A	PLA	CNC; Impresión 3D
P.2	Puerto USB Mitad B	PLA	CNC; Impresión 3D

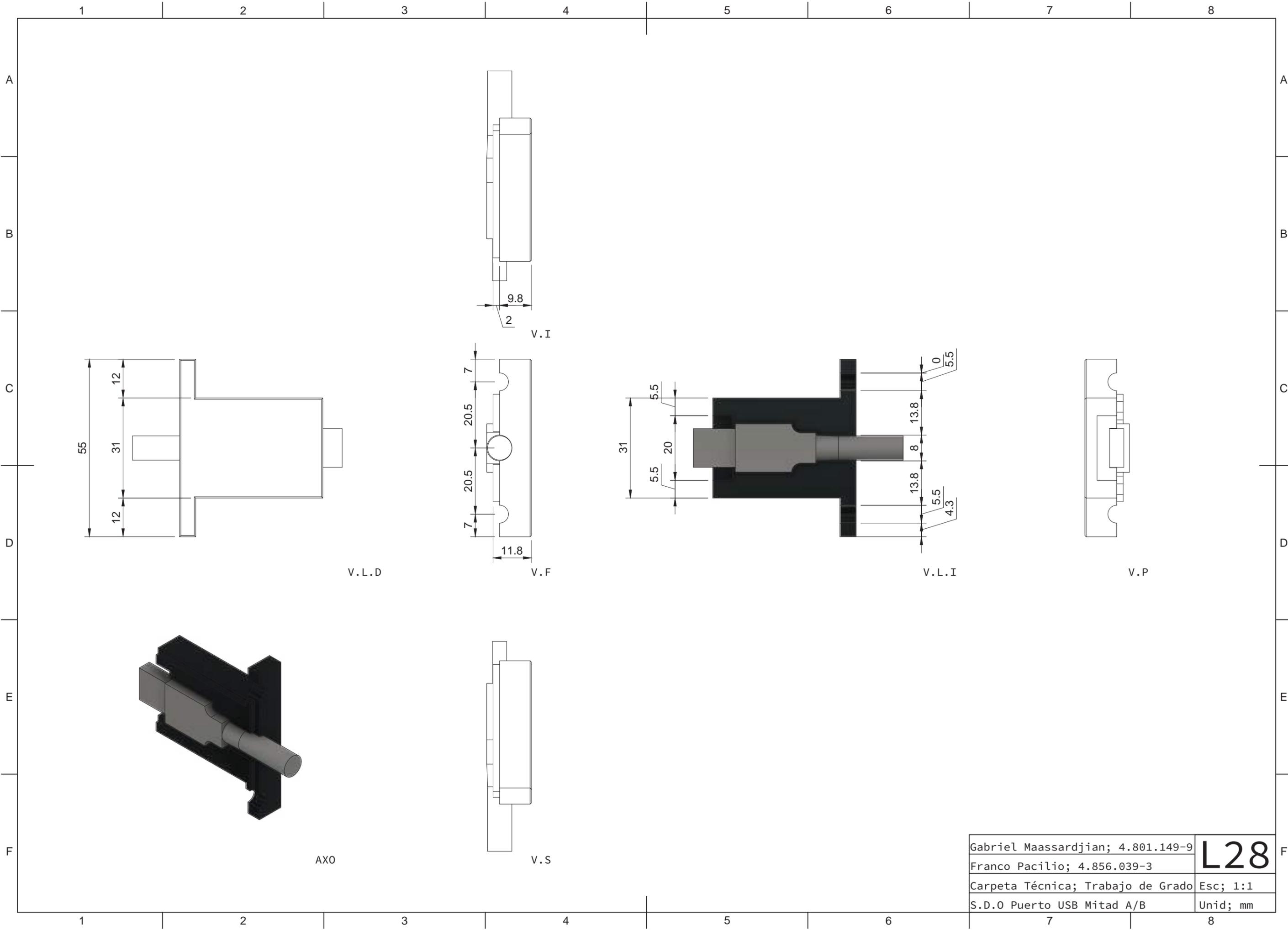
Tabla de Insumos		
ID.	Nombre	Cantidad
I.1	Tornillos Philips M4.5X10	2
I.2	Tuerca M4.5	2
I.3	Arandela plana 5mm	2
I.4	Cable USB	1 x 0.25 m

I - Insumo
P - Pieza
C - Componente

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L26
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
Explotada Puerto USB	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L27
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
S.D.O Puerto USB	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L28
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
S.D.O Puerto USB Mitad A/B	Unid; mm

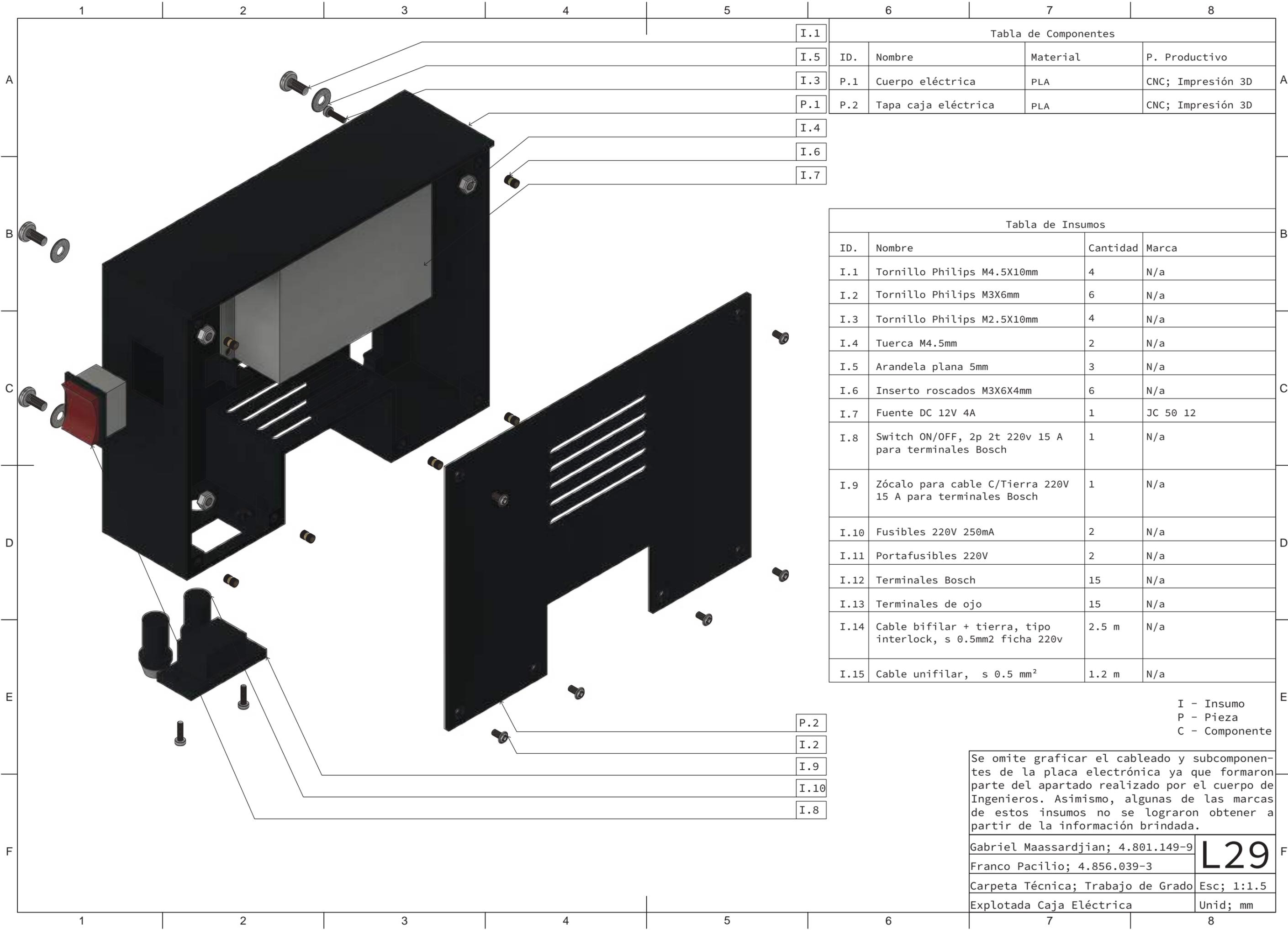


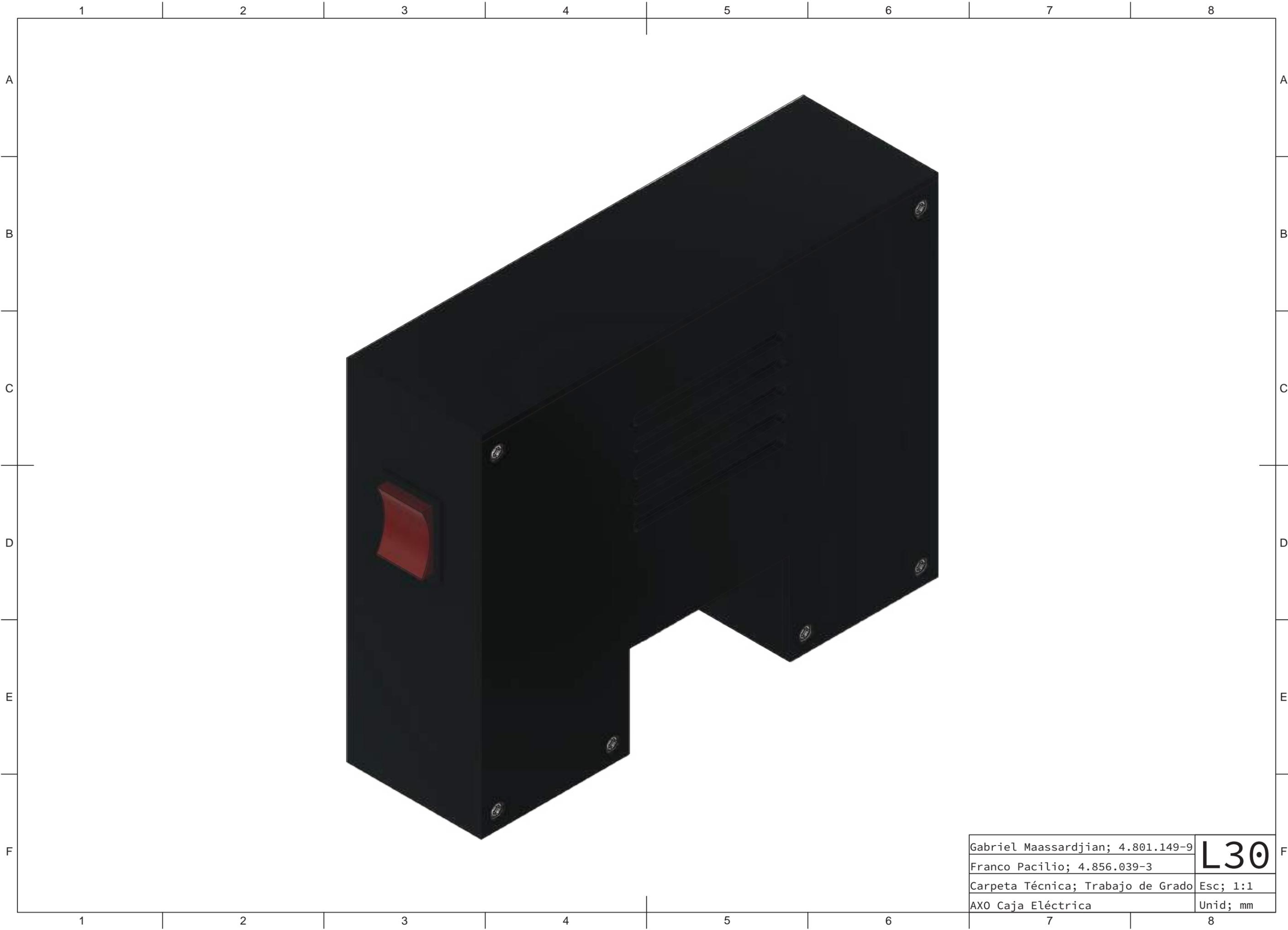
Tabla de Componentes			
ID.	Nombre	Material	P. Productivo
P.1	Cuerpo eléctrica	PLA	CNC; Impresión 3D
P.2	Tapa caja eléctrica	PLA	CNC; Impresión 3D

Tabla de Insumos			
ID.	Nombre	Cantidad	Marca
I.1	Tornillo Philips M4.5X10mm	4	N/a
I.2	Tornillo Philips M3X6mm	6	N/a
I.3	Tornillo Philips M2.5X10mm	4	N/a
I.4	Tuerca M4.5mm	2	N/a
I.5	Arandela plana 5mm	3	N/a
I.6	Inserto roscados M3X6X4mm	6	N/a
I.7	Fuente DC 12V 4A	1	JC 50 12
I.8	Switch ON/OFF, 2p 2t 220v 15 A para terminales Bosch	1	N/a
I.9	Zócalo para cable C/Tierra 220V 15 A para terminales Bosch	1	N/a
I.10	Fusibles 220V 250mA	2	N/a
I.11	Portafusibles 220V	2	N/a
I.12	Terminales Bosch	15	N/a
I.13	Terminales de ojo	15	N/a
I.14	Cable bifilar + tierra, tipo interlock, s 0.5mm2 ficha 220v	2.5 m	N/a
I.15	Cable unifilar, s 0.5 mm ²	1.2 m	N/a

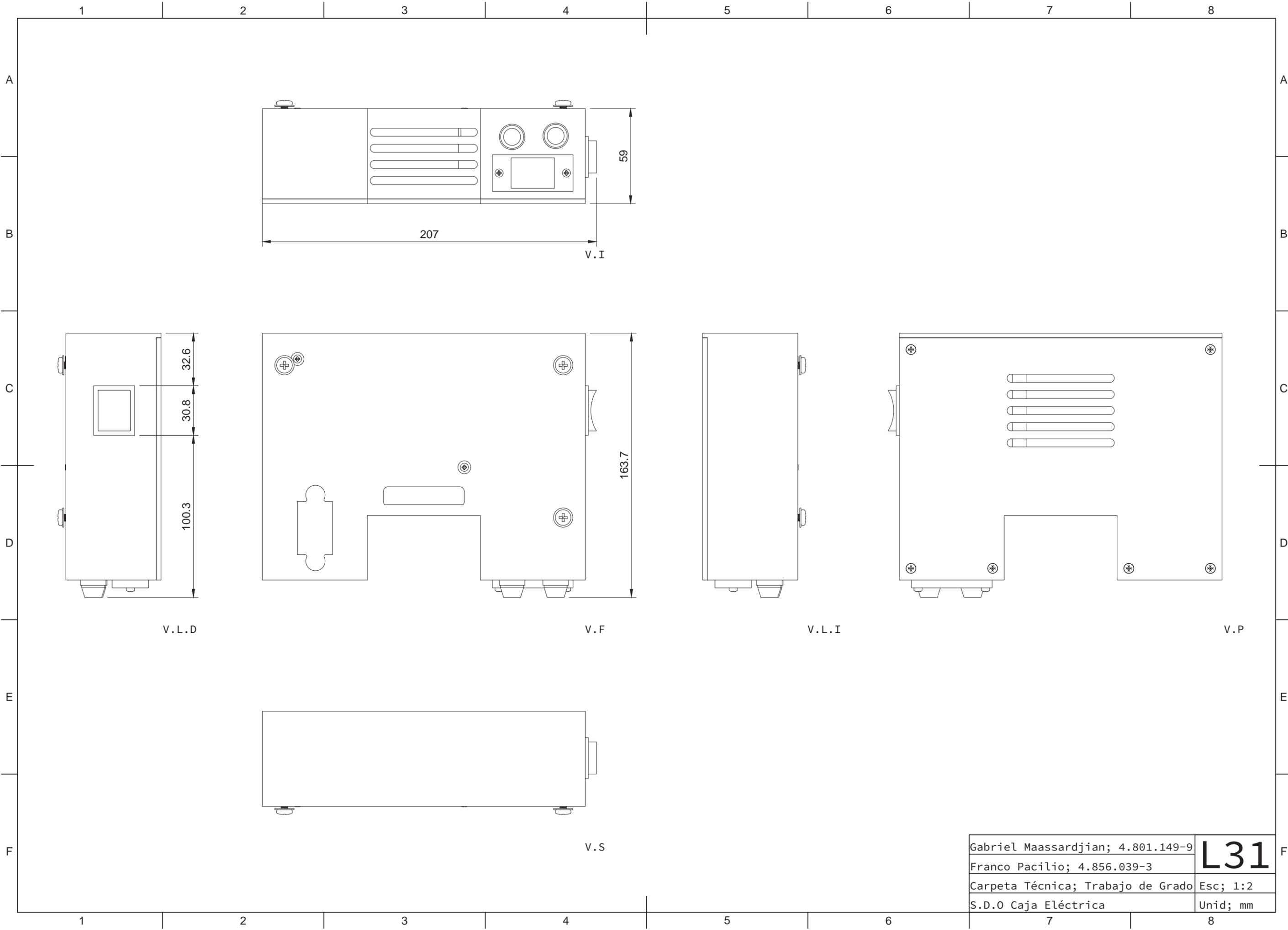
I - Insumo
P - Pieza
C - Componente

Se omite graficar el cableado y subcomponentes de la placa electrónica ya que formaron parte del apartado realizado por el cuerpo de Ingenieros. Asimismo, algunas de las marcas de estos insumos no se lograron obtener a partir de la información brindada.

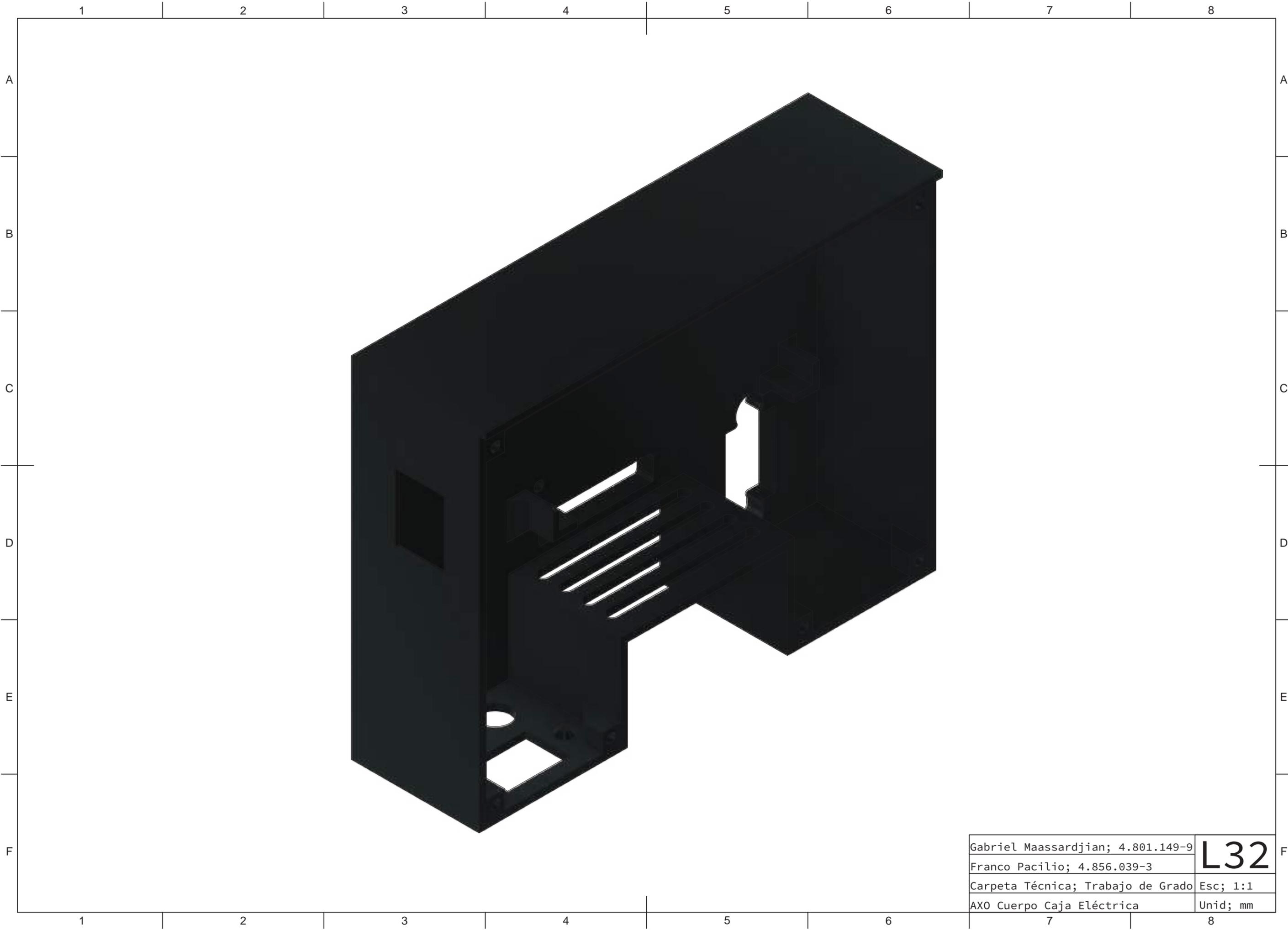
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L29
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1.5
Explotada Caja Eléctrica	Unid; mm



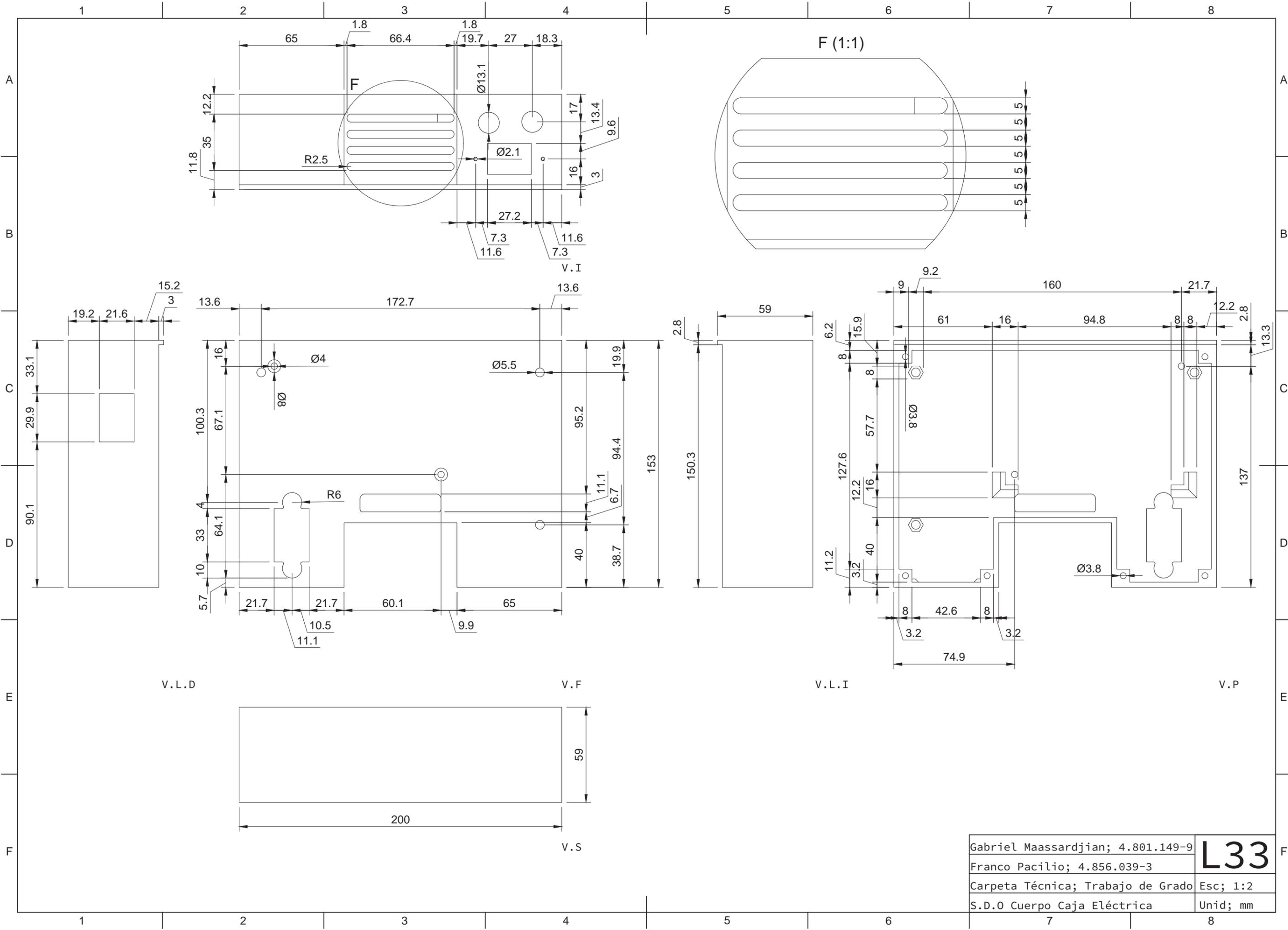
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L30
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
AX0 Caja Eléctrica	Unid; mm



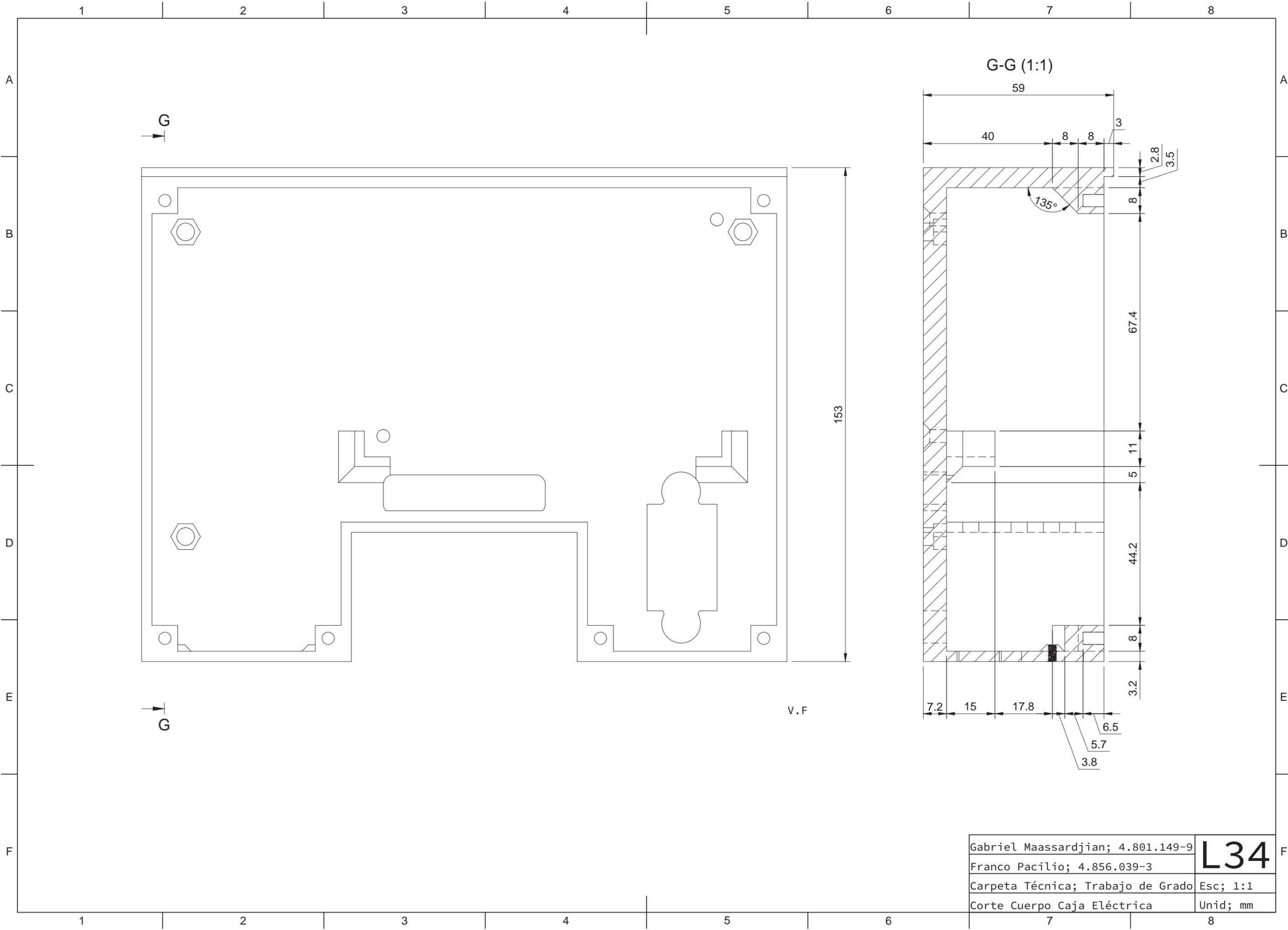
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L31
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2
S.D.O Caja Eléctrica	Unid; mm



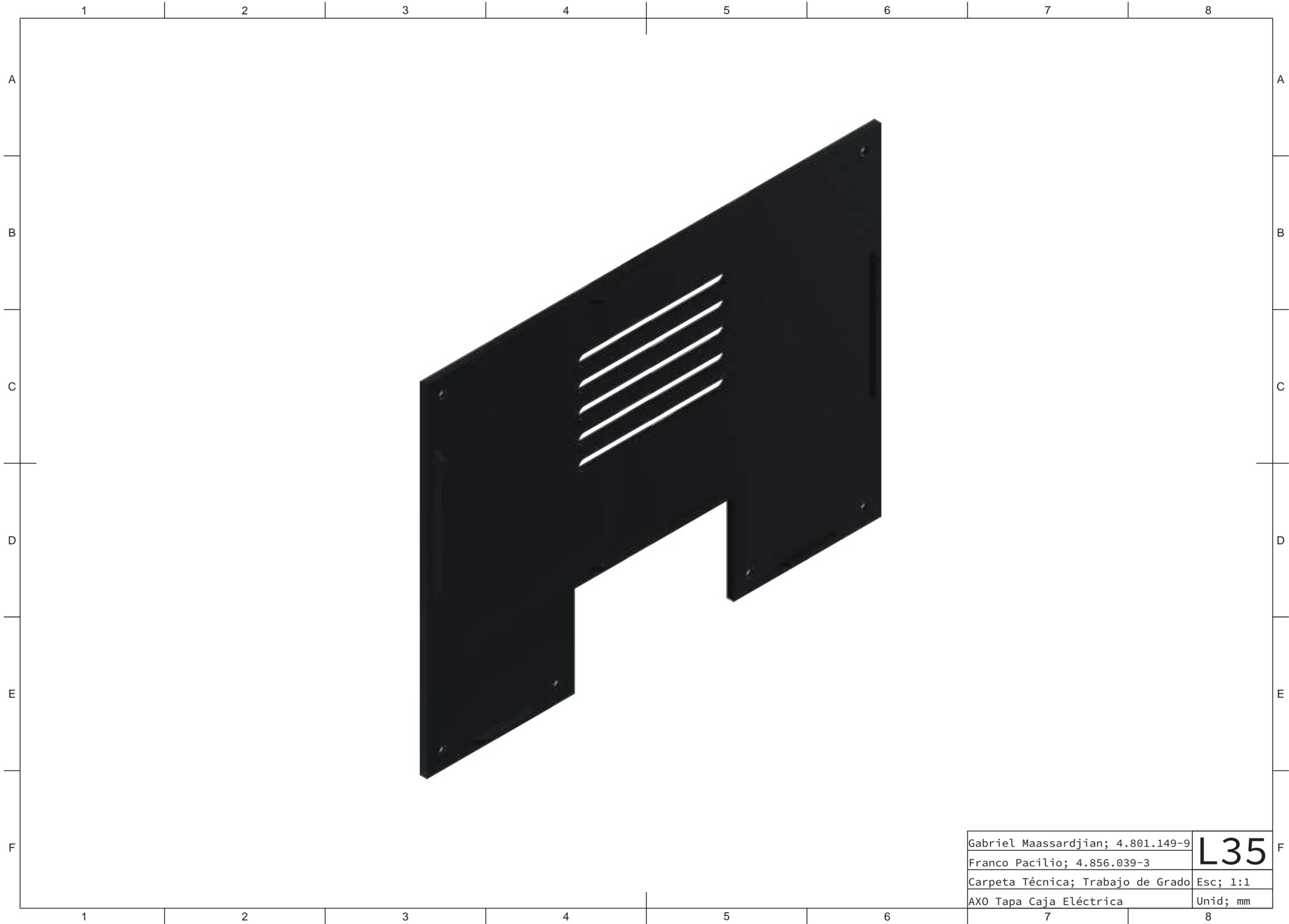
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L32
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
AX0 Cuerpo Caja Eléctrica	Unid; mm

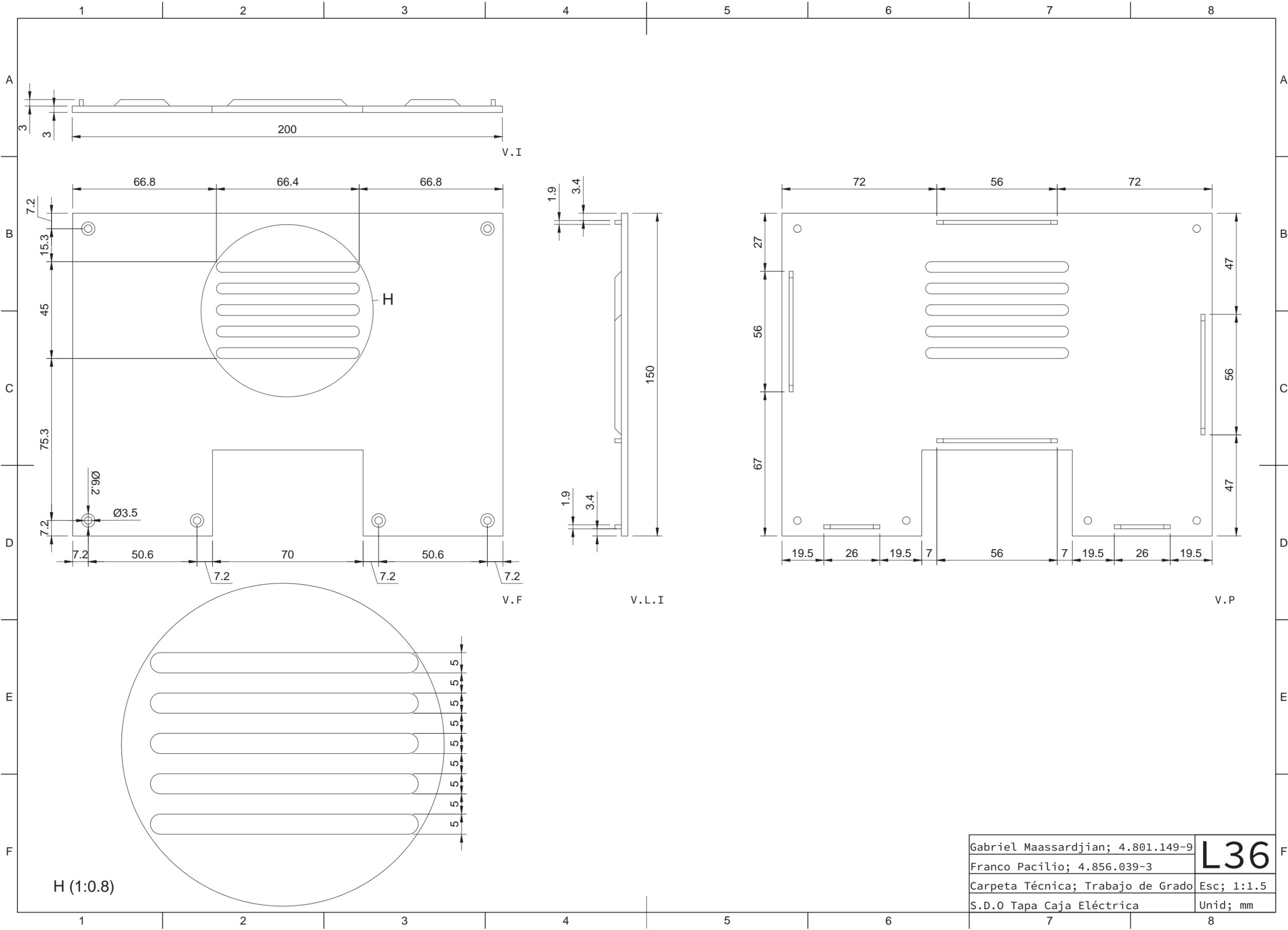


Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L33
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2
S.D.O Cuerpo Caja Eléctrica	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L34
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
Corte Cuerpo Caja Eléctrica	Unid; mm





H (1:0.8)

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L36
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1.5
S.D.0 Tapa Caja Eléctrica	Unid; mm

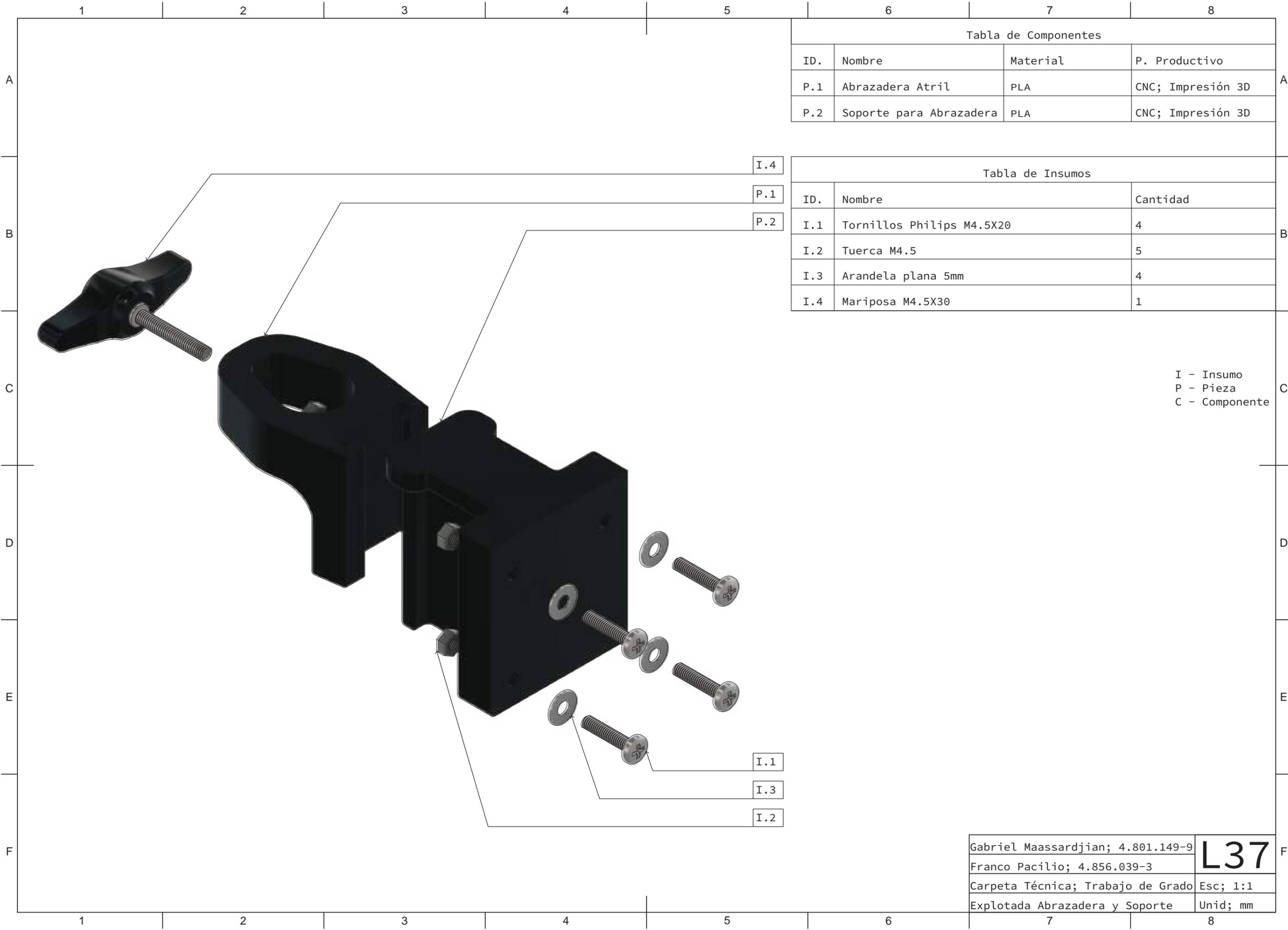
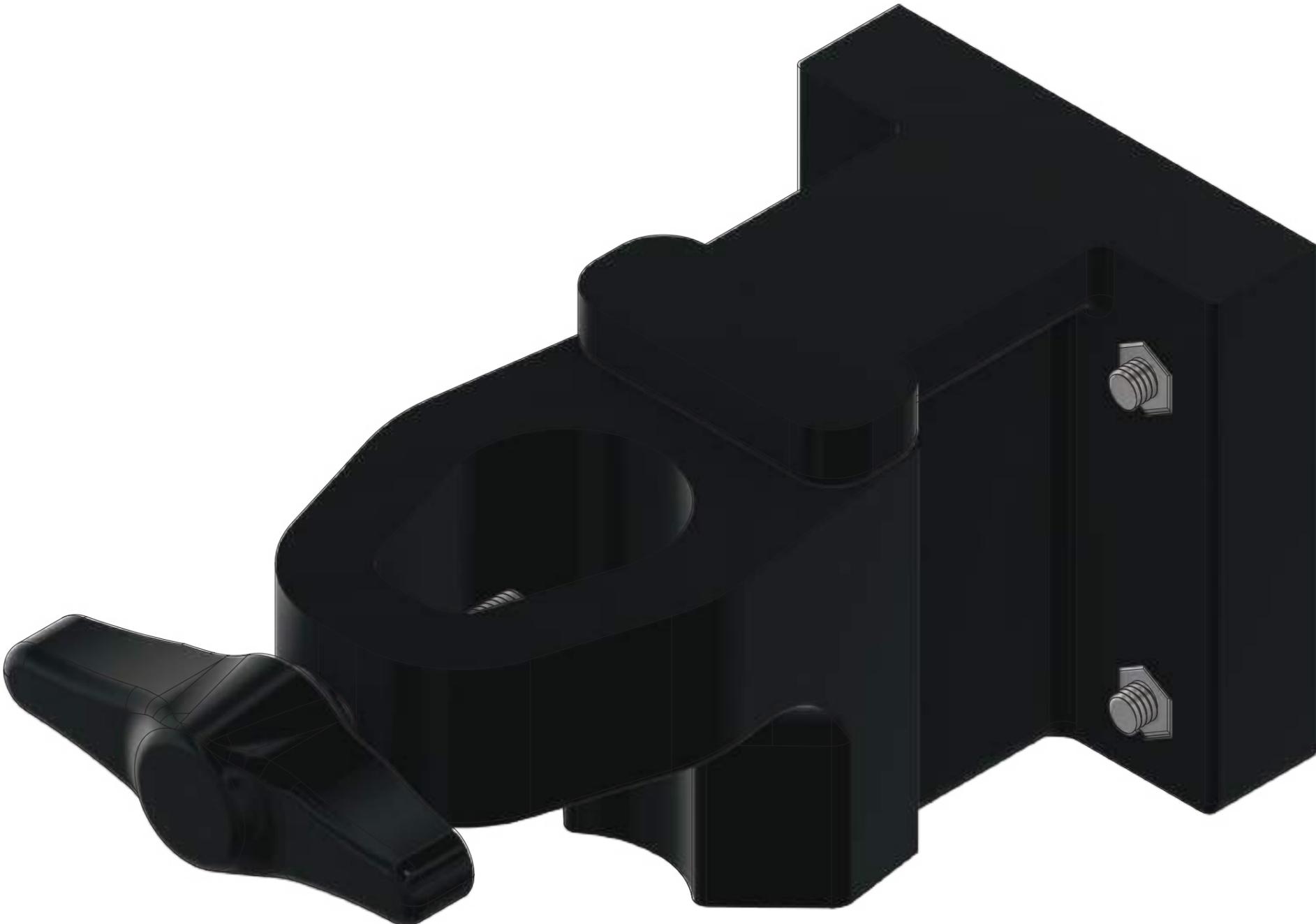


Tabla de Componentes			
ID.	Nombre	Material	P. Productivo
P.1	Abrazadera Atril	PLA	CNC; Impresión 3D
P.2	Soporte para Abrazadera	PLA	CNC; Impresión 3D

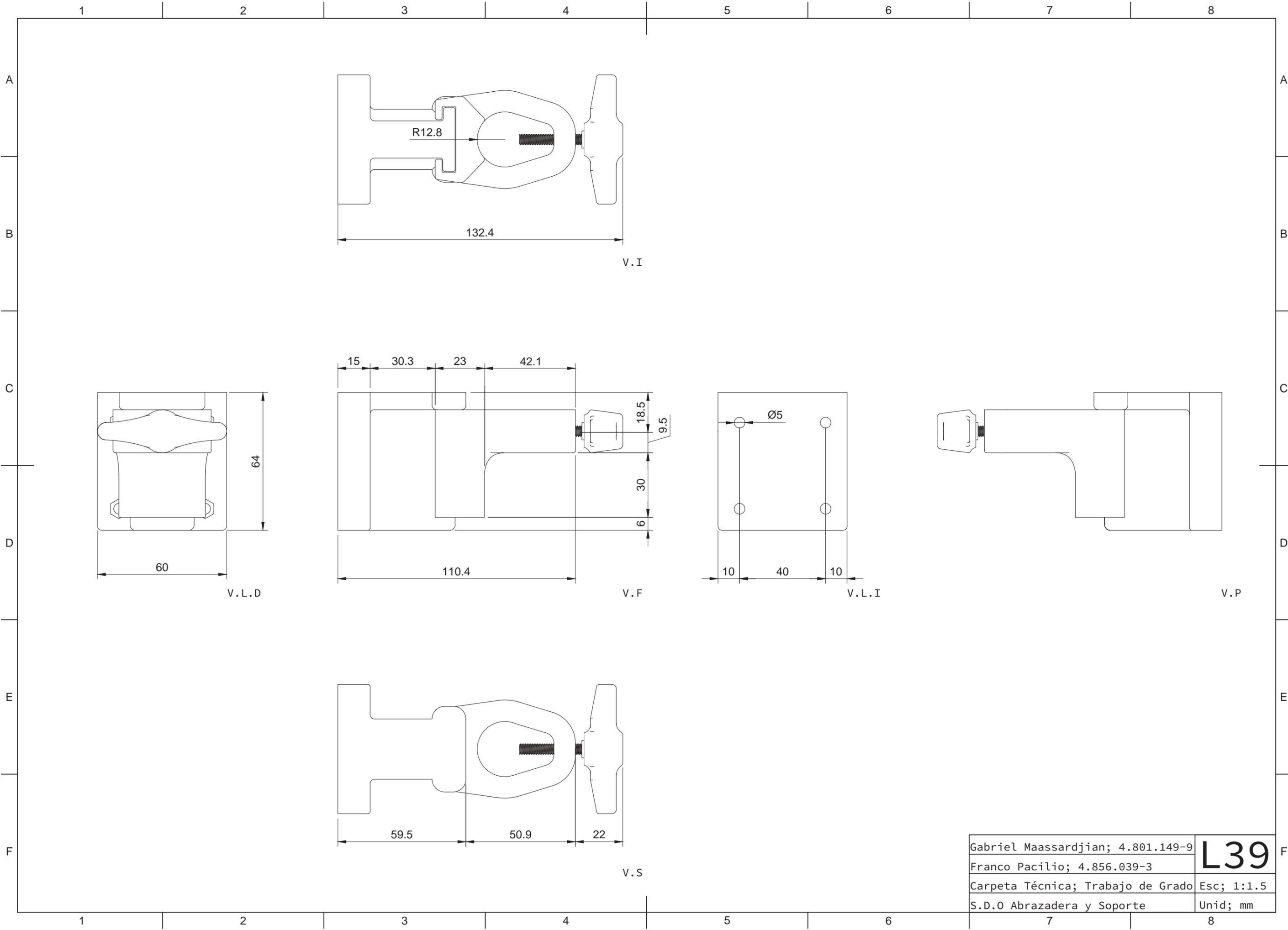
Tabla de Insumos		
ID.	Nombre	Cantidad
I.1	Tornillos Philips M4.5X20	4
I.2	Tuerca M4.5	5
I.3	Arandela plana 5mm	4
I.4	Mariposa M4.5X30	1

I - Insumo
P - Pieza
C - Componente

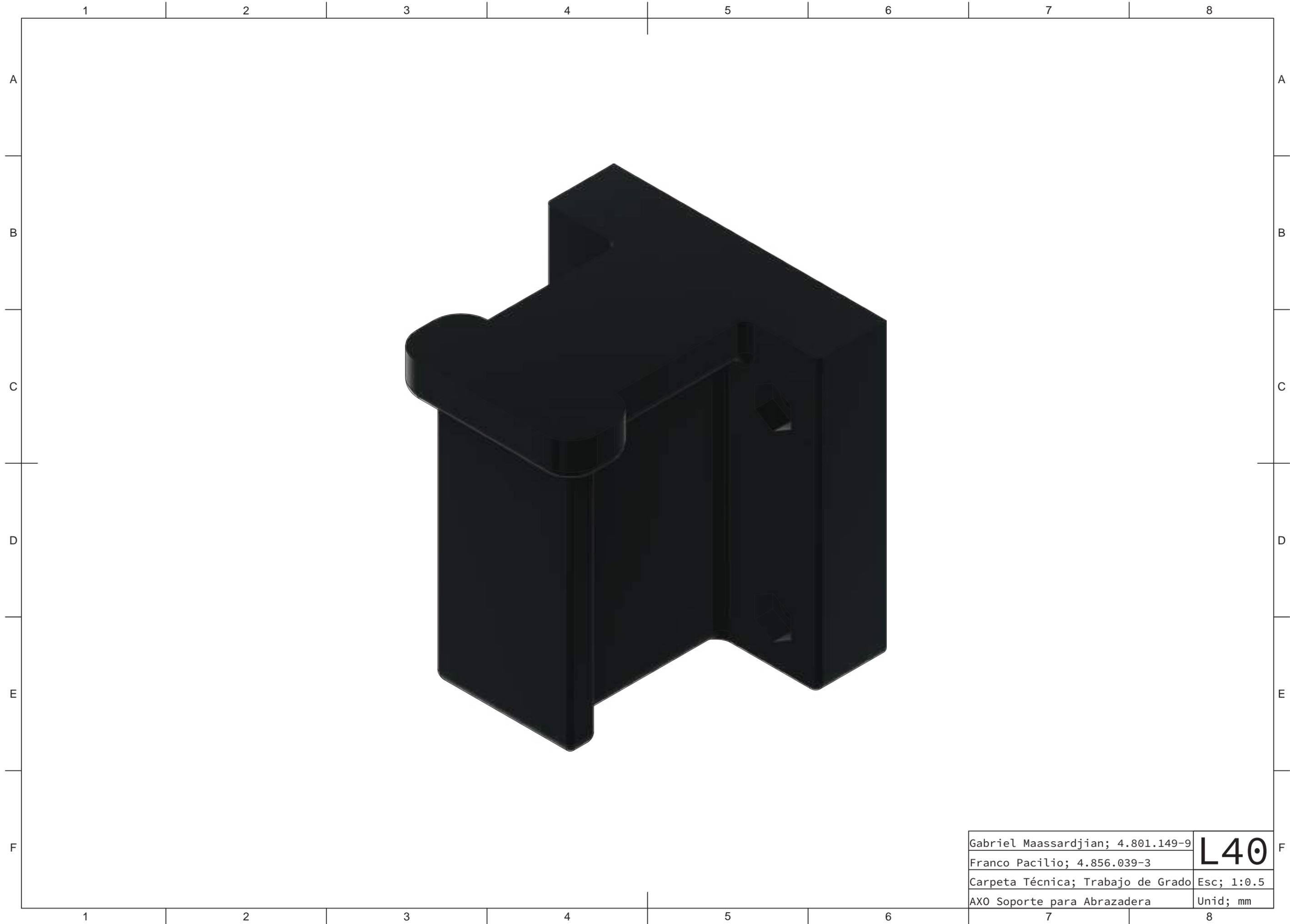
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L37
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
Explotada Abrazadera y Soporte	Unid; mm



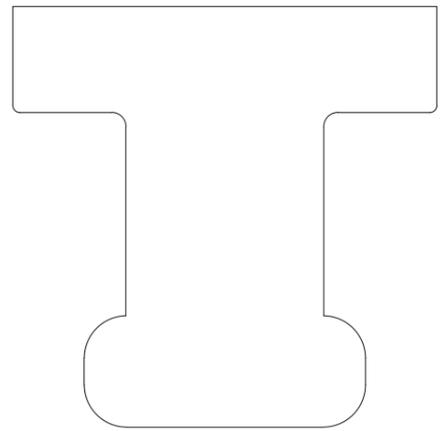
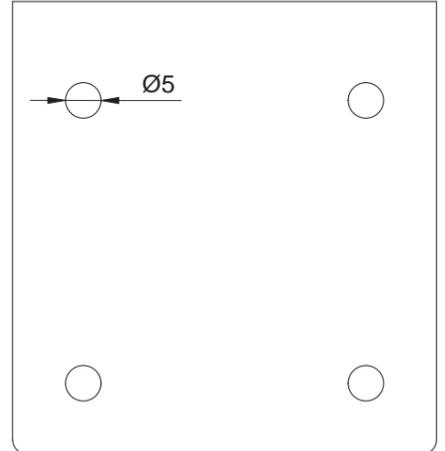
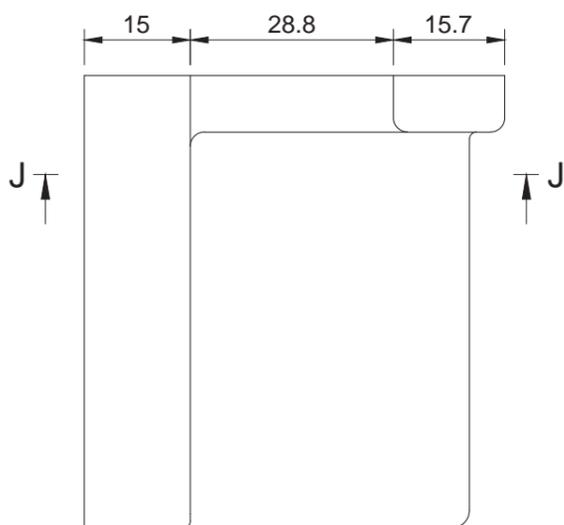
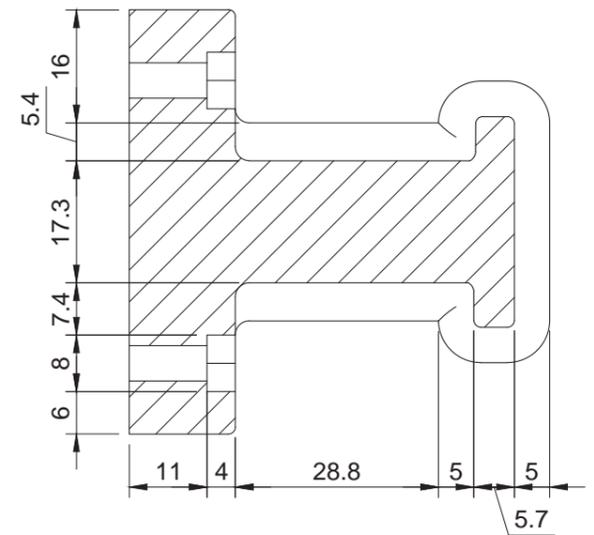
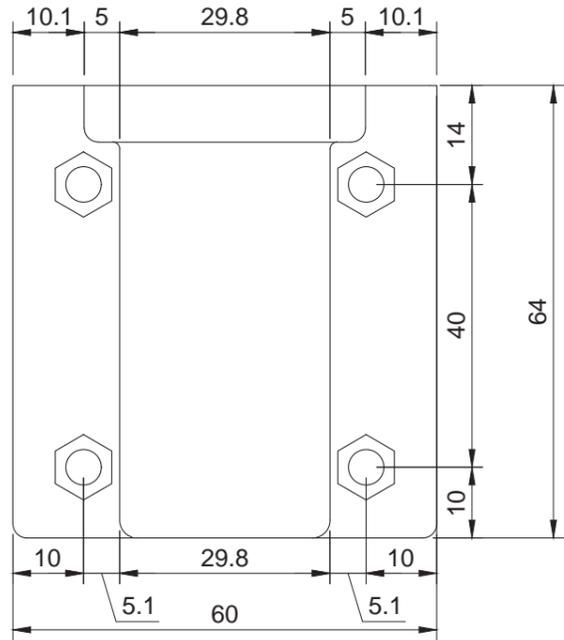
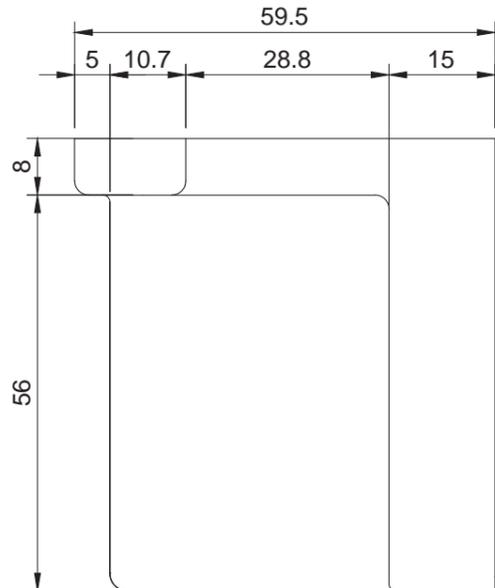
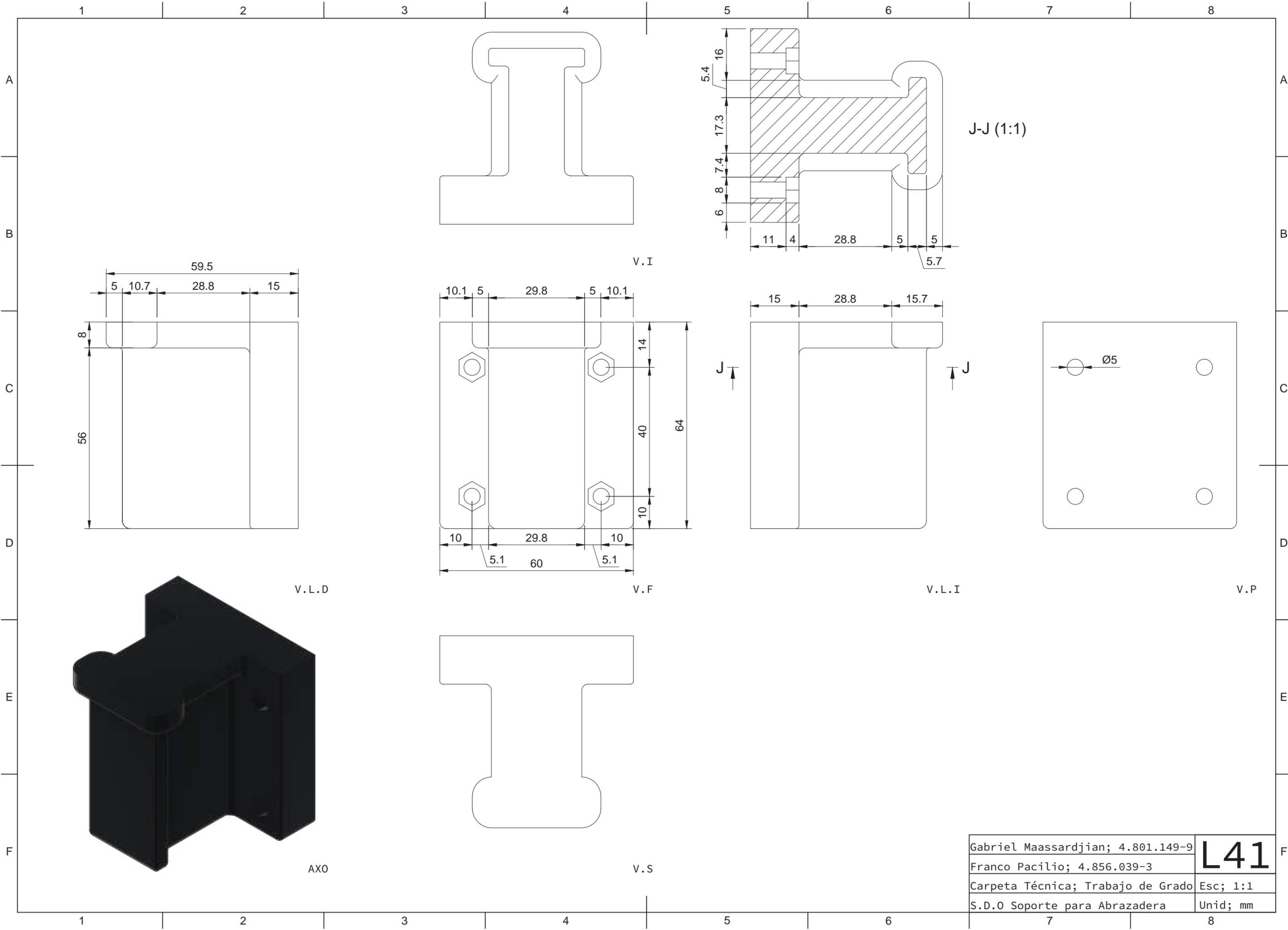
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L38
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:0.5
AX0 Abrazadera y Soporte	Unid; mm



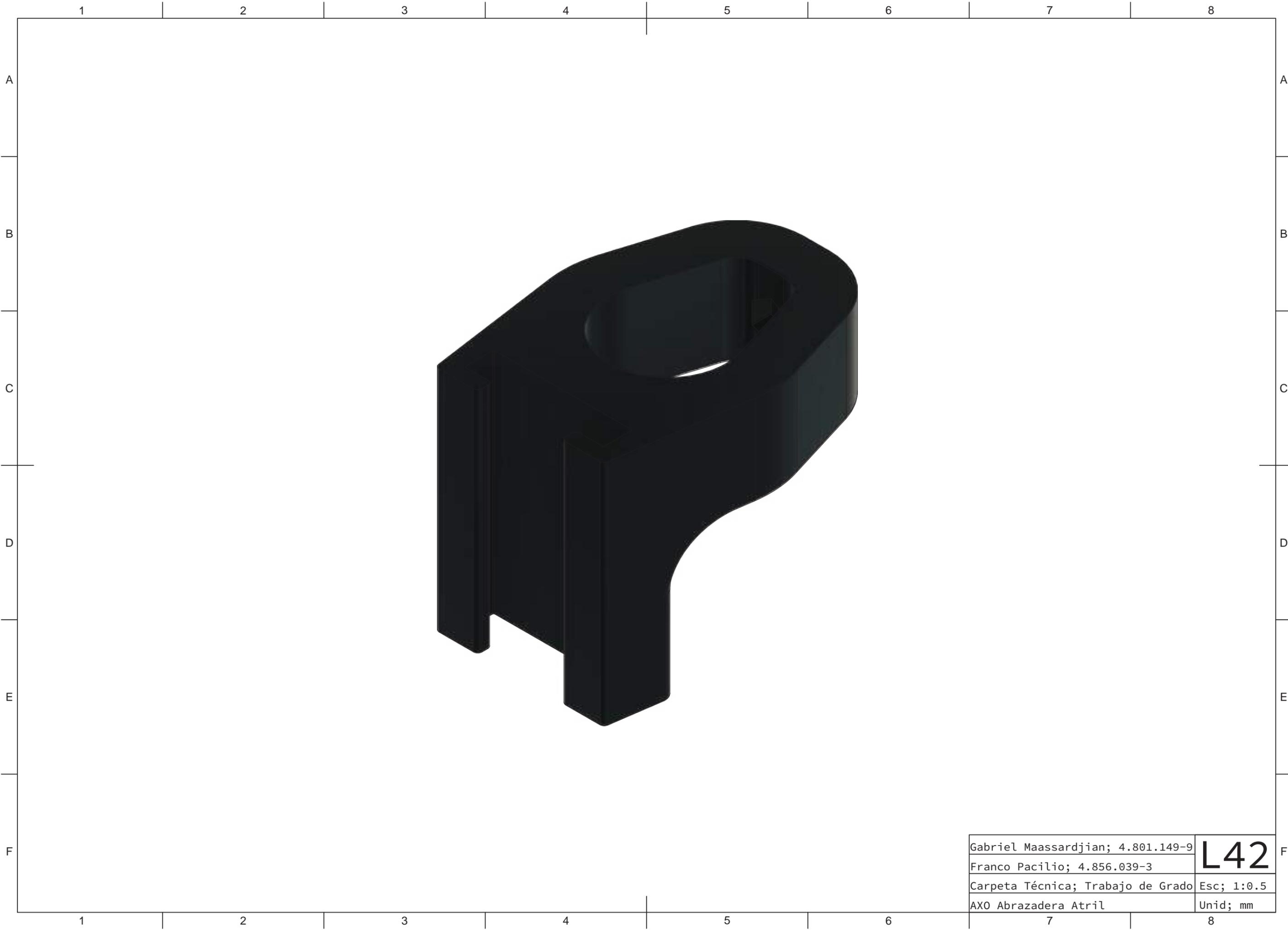
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L39
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1.5
S.D.O Abrazadera y Soporte	Unid; mm



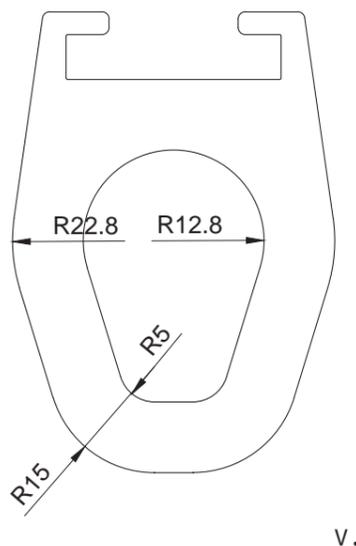
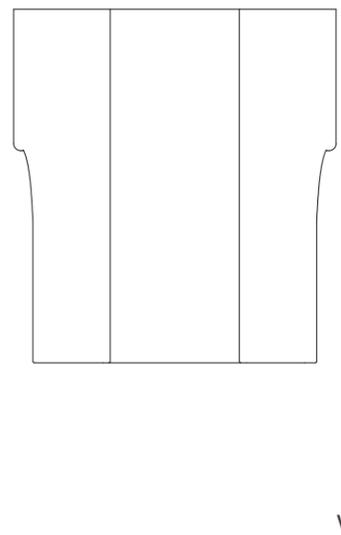
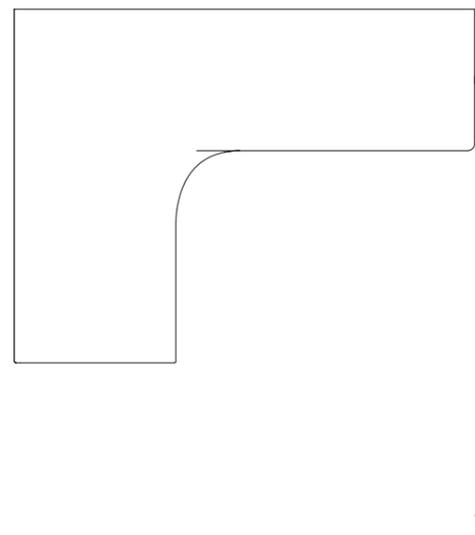
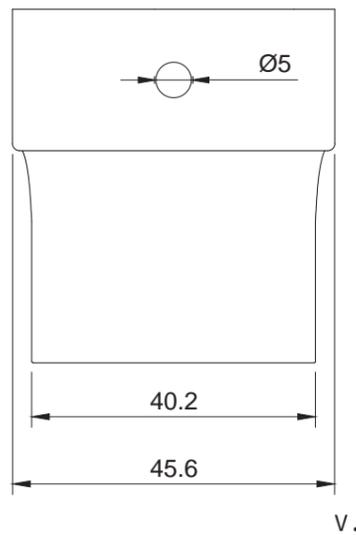
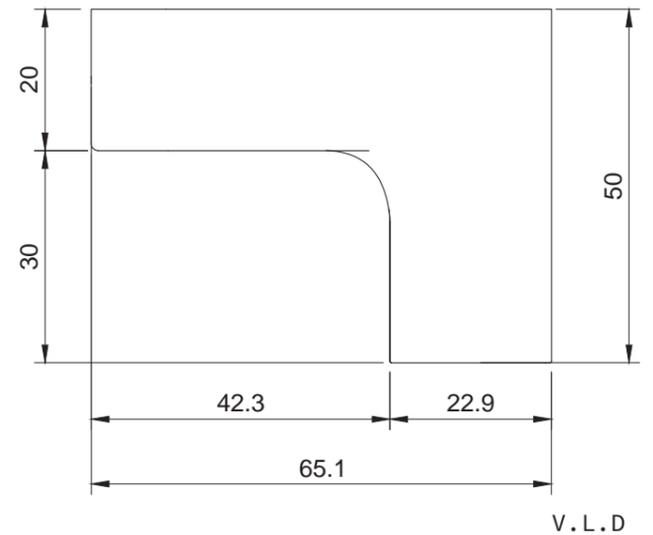
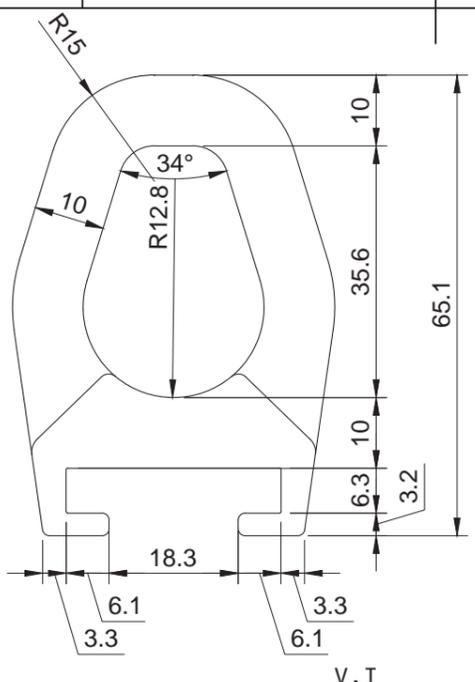
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L40
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:0.5
AX0 Soporte para Abrazadera	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L41
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
S.D.O Soporte para Abrazadera	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L42
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:0.5
AX0 Abrazadera Atril	Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L43
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
S.D.O Abrazadera Atril	Unid; mm

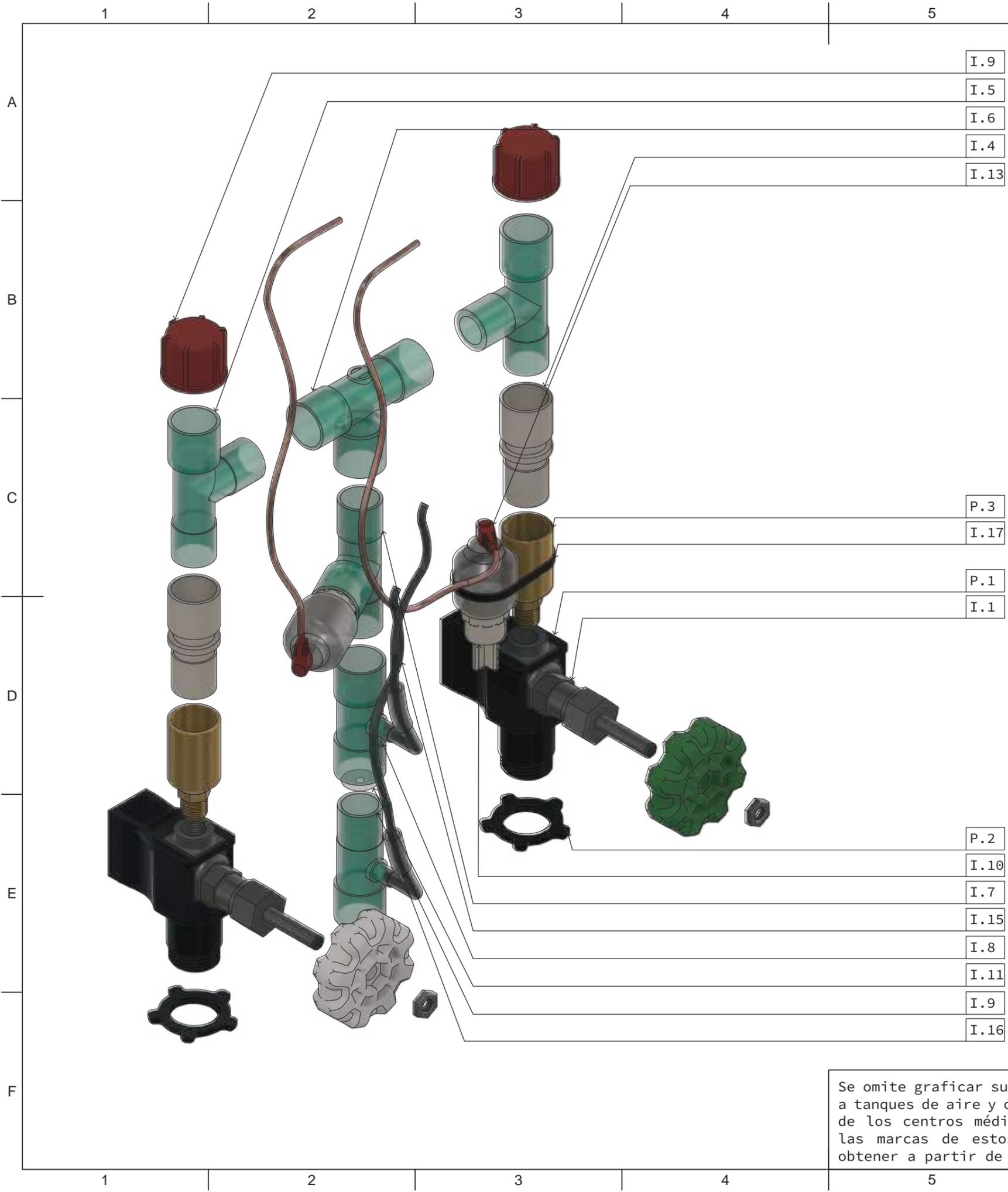


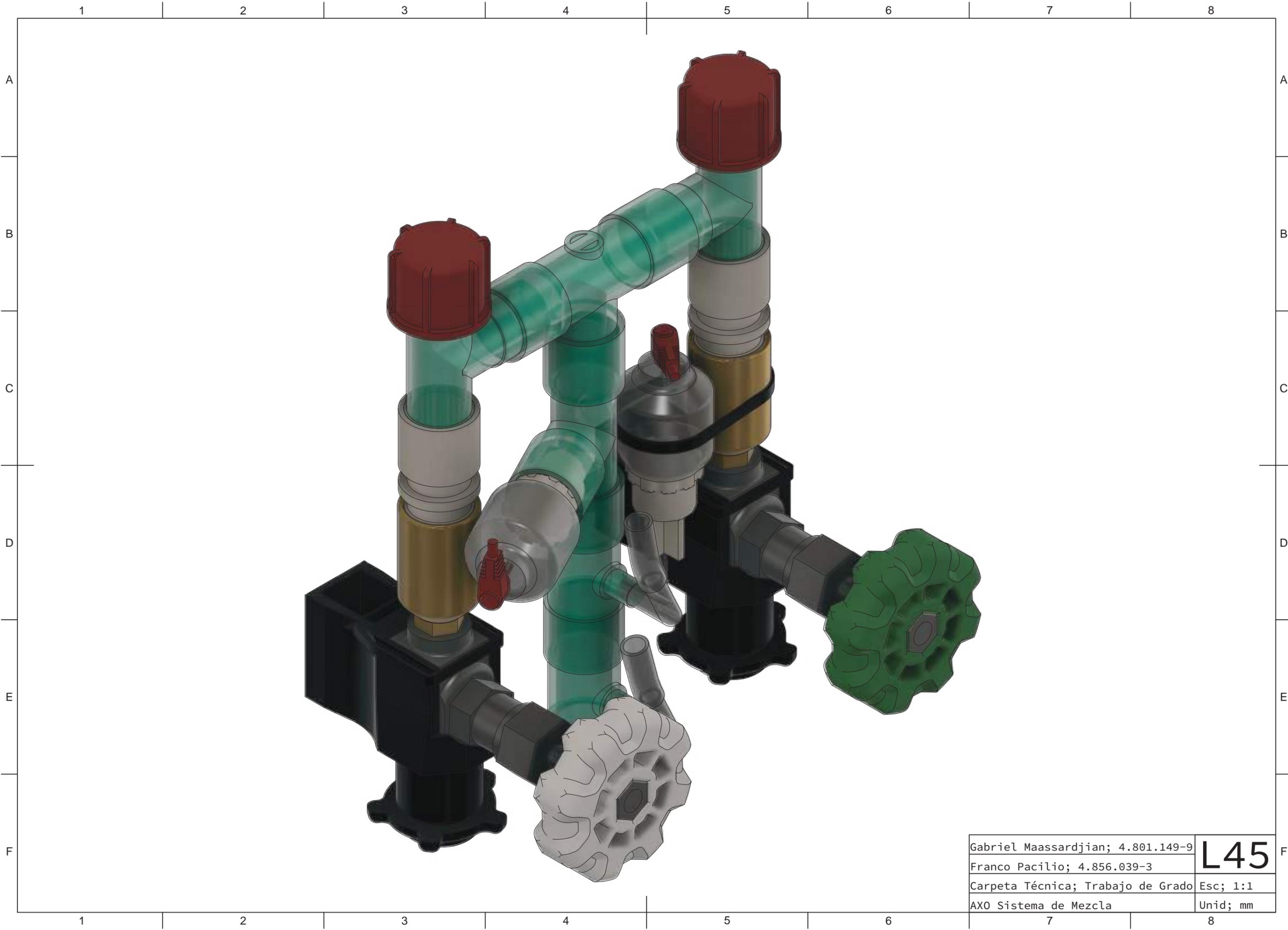
Tabla de Componentes			
ID.	Nombre	Material	P. Productivo
P.1	Soporte Válvula	PLA	CNC; Impresión 3D
P.2	Ajuste Soporte Válvula	PLA	CNC; Impresión 3D
P.3	Conector Válvula-Tubo	Bronce	Torneado

Tabla de Insumos			
ID.	Nombre	Cantidad	Marca
I.1	Válvula aguja genebre	2	N/a
I.2	Adaptador macho-macho para Aire	1	N/a
I.3	Adaptador macho-macho para O2	1	N/a
I.4	Conector recto (Ref. 1961000)	2	Intersurgical
I.5	Conector en T (Ref. 1982000)	1	Intersurgical
I.6	Conector en T (Ref. 1983000)	1	Intersurgical
I.7	Conector en T (Ref. 1985000)	1	Intersurgical
I.8	Conector recto (Ref. 1963000) Conector de oxígeno	1	Intersurgical
I.9	Conector recto (Ref. 1965000) Conector de oxígeno	1	Intersurgical
I.9	Tapón de seguridad (Ref. 11978000)	2	Intersurgical
I.10	Sensor de O2, 00M102-1	2	Honeywell
I.11	Placa-orificio	1	N/a
I.12	Tubo silicona ø4mm	2*0.5m	N/a
I.13	Cable bifilar s0.5 mm ² ficha philipps estero	2*0.4m	N/a
I.14	Cable bifilar, s 0.5 mm, ficha dc-plug	0.4m	N/a
I.15	Tubo silicona ø3mm	2*0.1m	N/a
I.16	Adaptador tubo ø3mm ø4mm	2	N/a
I.17	Precinto 3.6x250mm	3	N/a

I - Insumo
P - Pieza
C - Componente

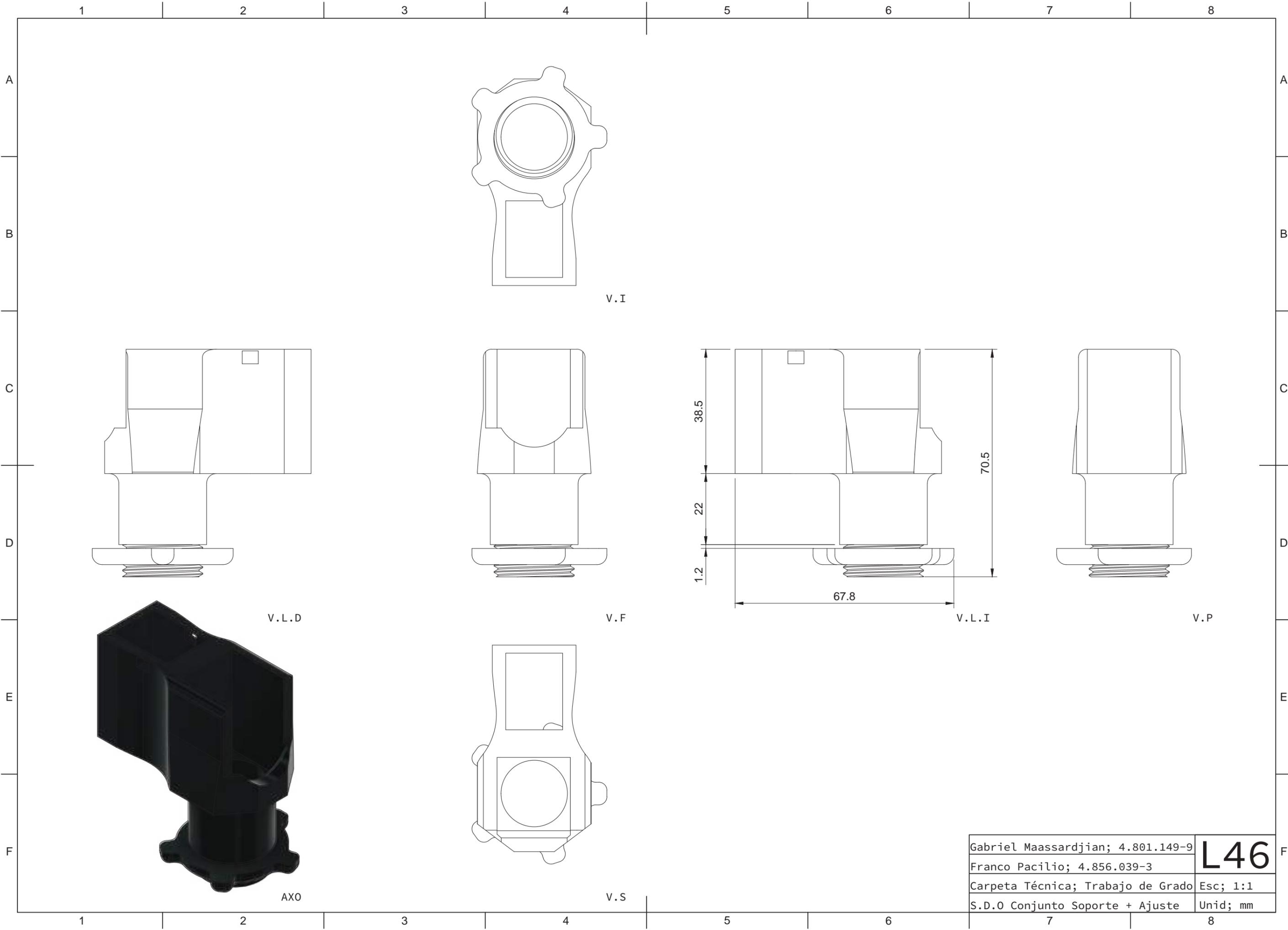
Se omite graficar subcomponentes de conectores a tanques de aire y oxígeno ya que forman parte de los centros médicos. Asimismo, algunas de las marcas de estos insumos no se lograron obtener a partir de la información brindada.

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L44
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:2
Explotada Sistema de Mezcla	Unid; mm

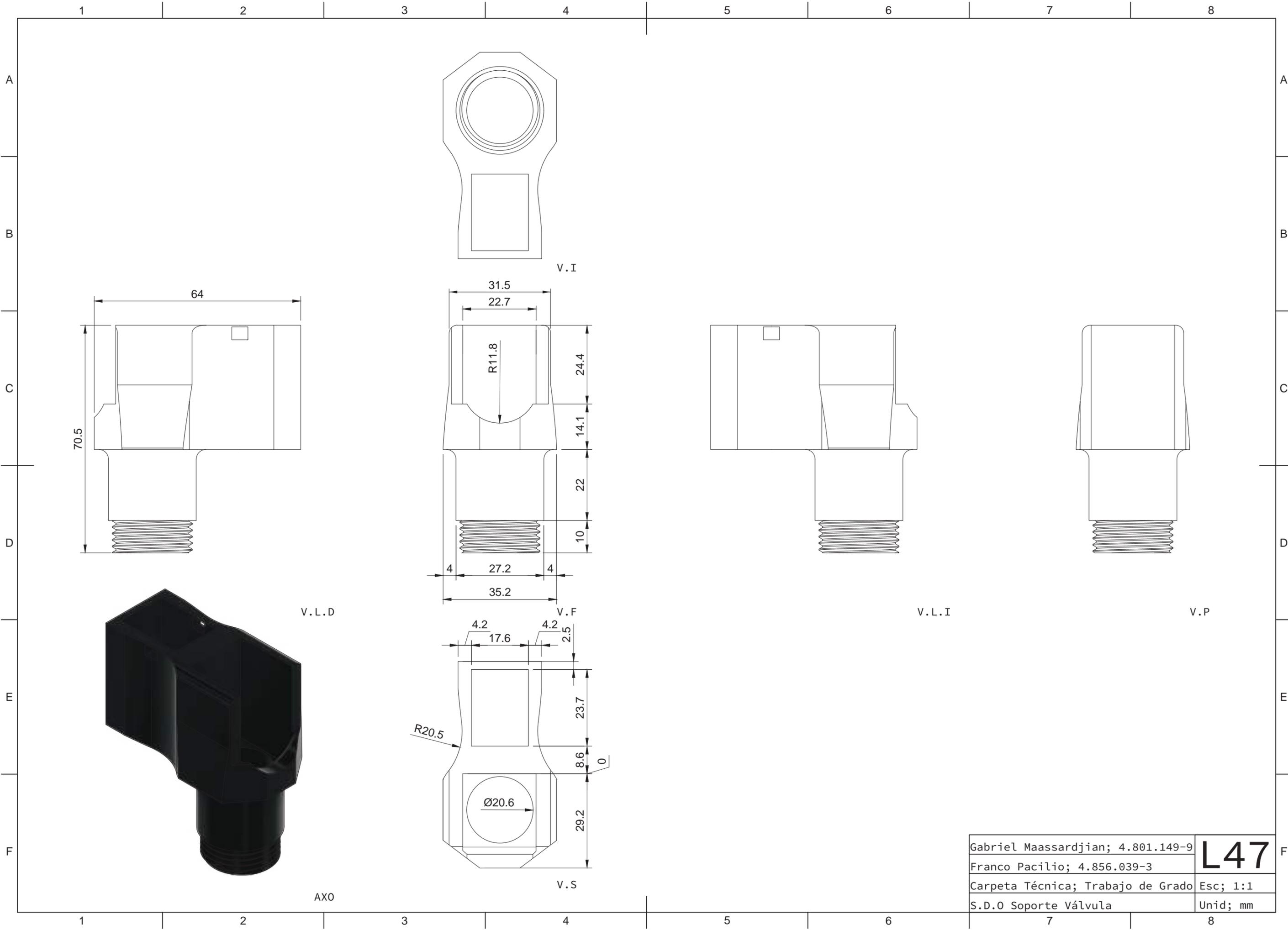


Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9
Franco Pacilio; 4.856.039-3
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado
AXO Sistema de Mezcla

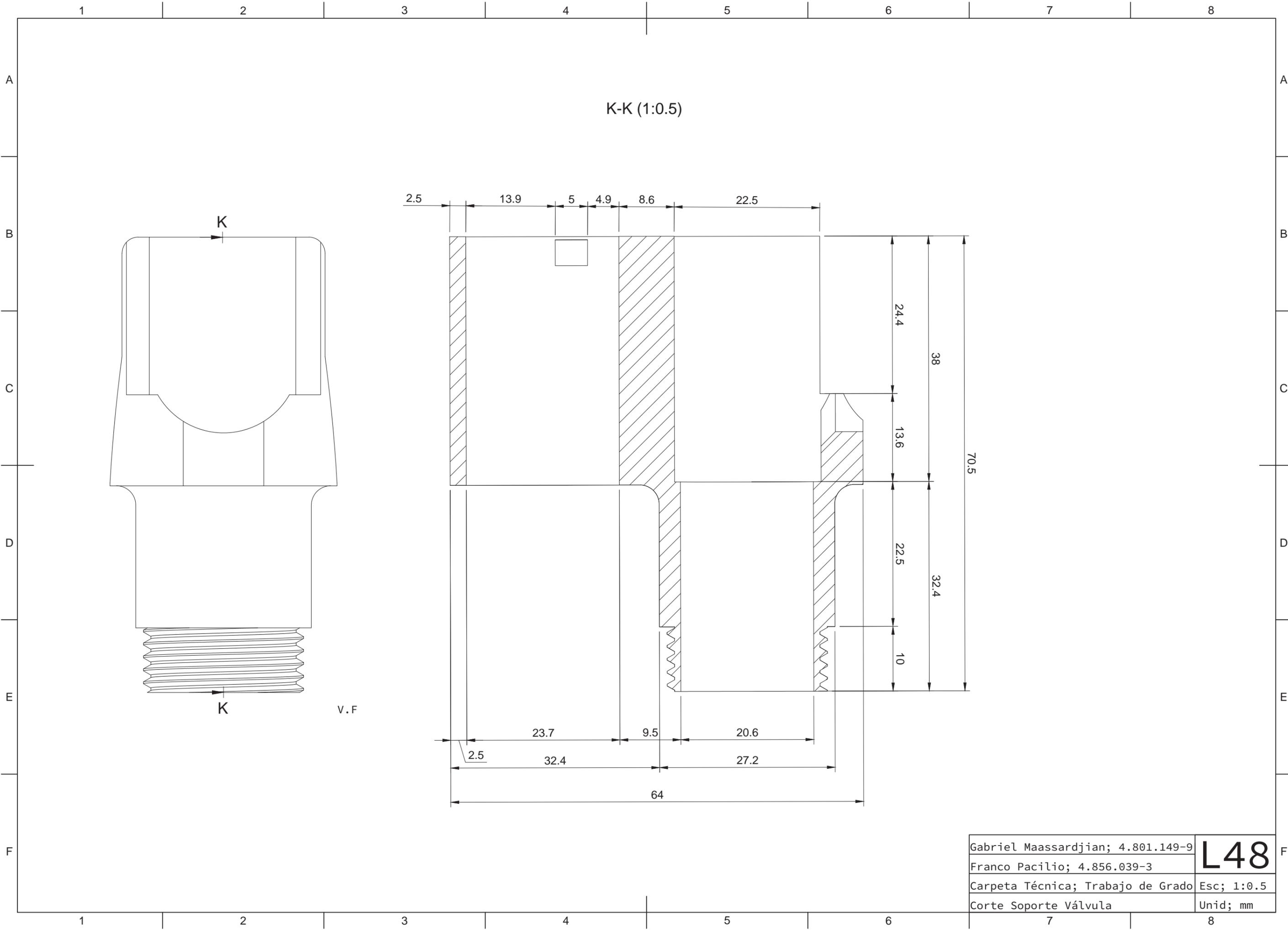
L45
Esc; 1:1
Unid; mm



Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L46
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
S.D.O Conjunto Soporte + Ajuste	Unid; mm



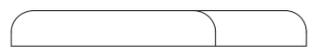
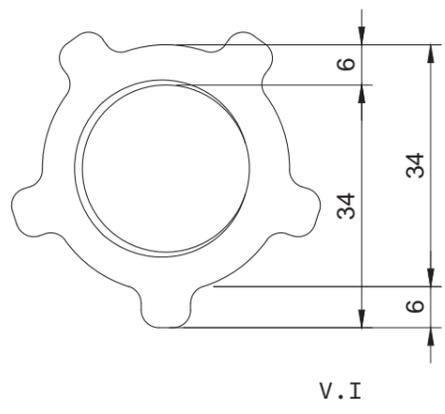
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L47
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
S.D.0 Soporte Válvula	Unid; mm



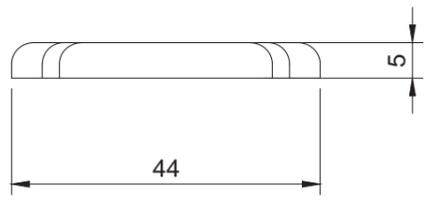
K-K (1:0.5)

V.F

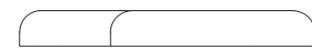
Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L48
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:0.5
Corte Soporte Válvula	Unid; mm



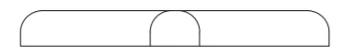
V.L.D



V.F



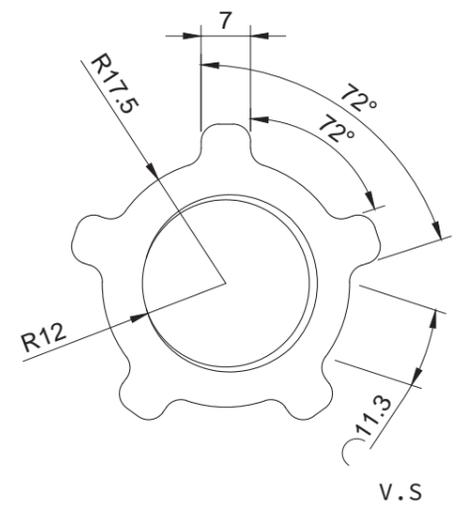
V.L.I



V.P



AXO

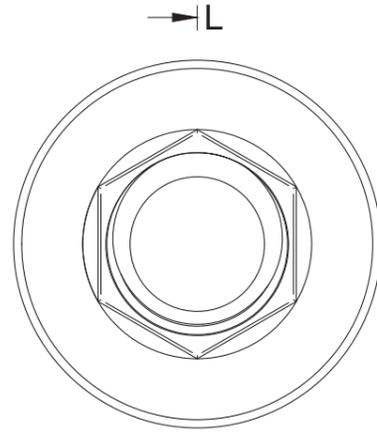


V.S

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9	L49
Franco Pacilio; 4.856.039-3	
Carpeta Técnica; Trabajo de Grado	Esc; 1:1
S.D.O Ajuste Soporte Válvula	Unid; mm



AXO



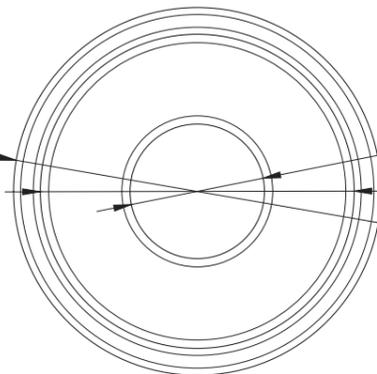
L

L

26

45°

6 14 6



V.I

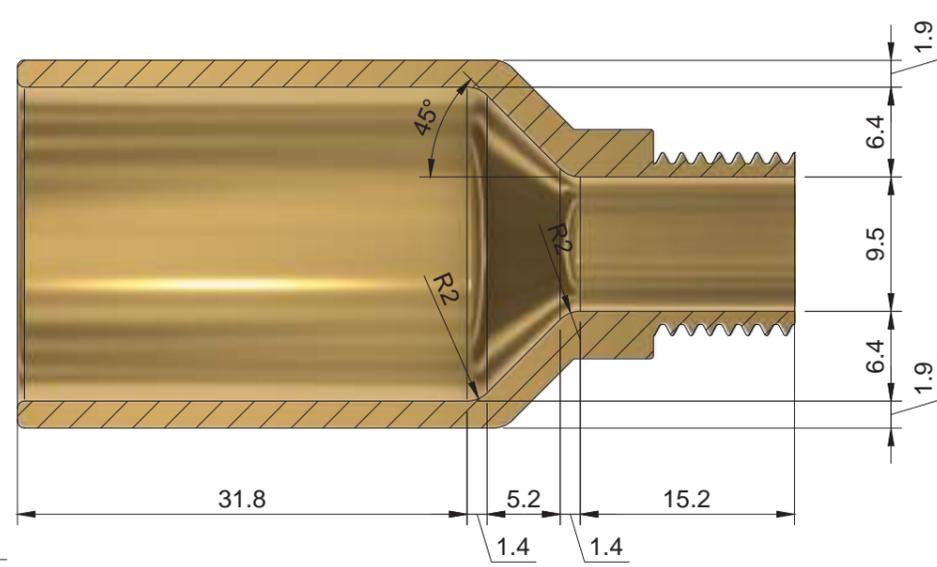
V.F

V.S

Ø9.5

Ø22.2

Ø26



45°

R2

R2

1.9

6.4

9.5

6.4

1.9

31.8

5.2

15.2

1.4

1.4

L-L (1:0.5)

Se proyecta la fabricación del conector a través de torneado en metal. Este plano funciona como referencia para un tornero.

Gabriel Maassardjian; 4.801.149-9

Franco Pacilio; 4.856.039-3

Carpeta Técnica; Trabajo de Grado

S.D.O Conector Válvula-Tubo

L50

Esc; 1:0.5

Unid; mm

Universidad de la República

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - Escuela Universitaria Centro de Diseño

Manual de Armado

Trabajo de fin de grado plan 2013

Bach. Gabriel Maassardjian - 4.801.149-9

Bach. Franco Pacilio - 4.856.039-3

Carrera /

Licenciatura en Diseño Industrial - Perfil Producto

Tutora /

D.I. Sarita Etcheverry, EUCD, G4

Co-Tutor /

Ing. Alejandro Gutierrez, FING, G4

Contenido /

Manual de Armado

Anexos /

Conectores y Accesorios Intersurgical

Atril Tripie Marca Ortiz

Base Humidificadora IS7000



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo



Escuela Universitaria
Centro de Diseño

Montevideo, Uruguay - 2023

Introducción

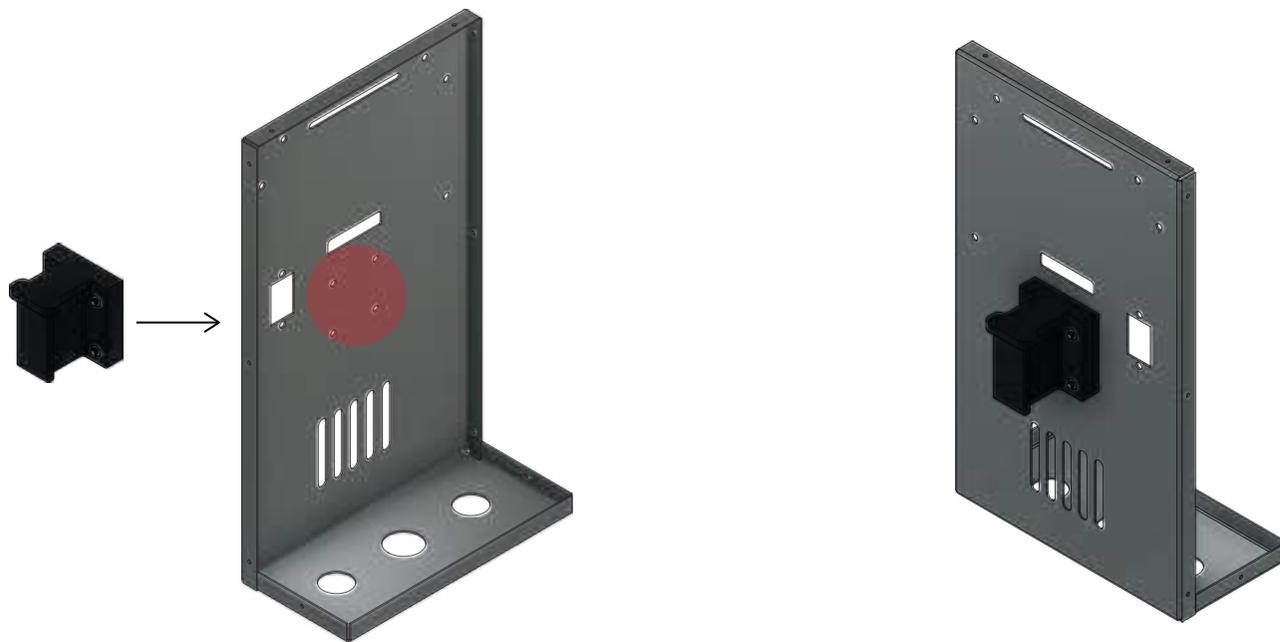
En este manual se describen los pasos a seguir para facilitar un armado correcto del dispositivo de oxigenoterapia de alto flujo desarrollado en la Universidad de la República en el año 2020.

No se detallan las conexiones y configuraciones eléctricas y electrónicas, las cuales deben ser realizadas por un profesional en el área.

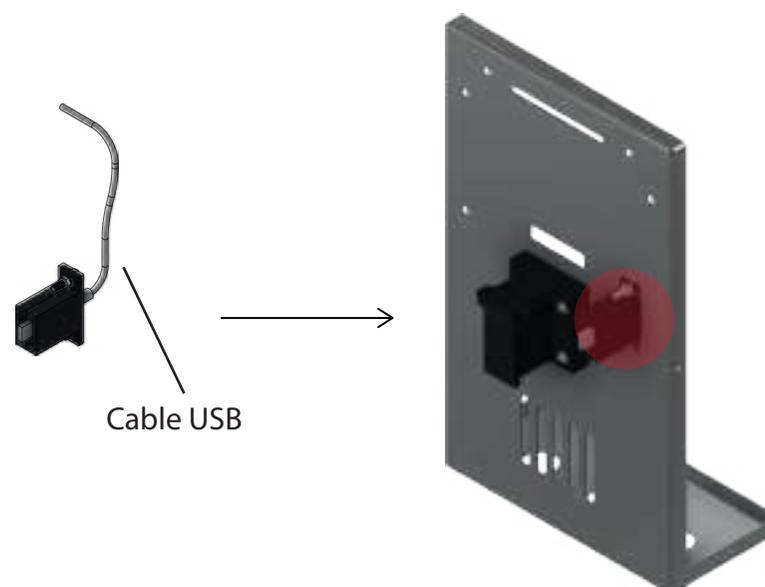
Se recomienda consultar la carpeta técnica del dispositivo para la revisión de los componentes necesarios.

A continuación se enumeran los pasos a seguir, junto a su descripción textual y gráfica.

1 - Atornillar el "Soporte para Abrazadera" x1 a la parte trasera de la "Envolvente Trasera" x1 con "Tornillos Philips M4.5X20" x4 + "Tuerca M4.5" x4 + "Arandela plana 5mm" x4.

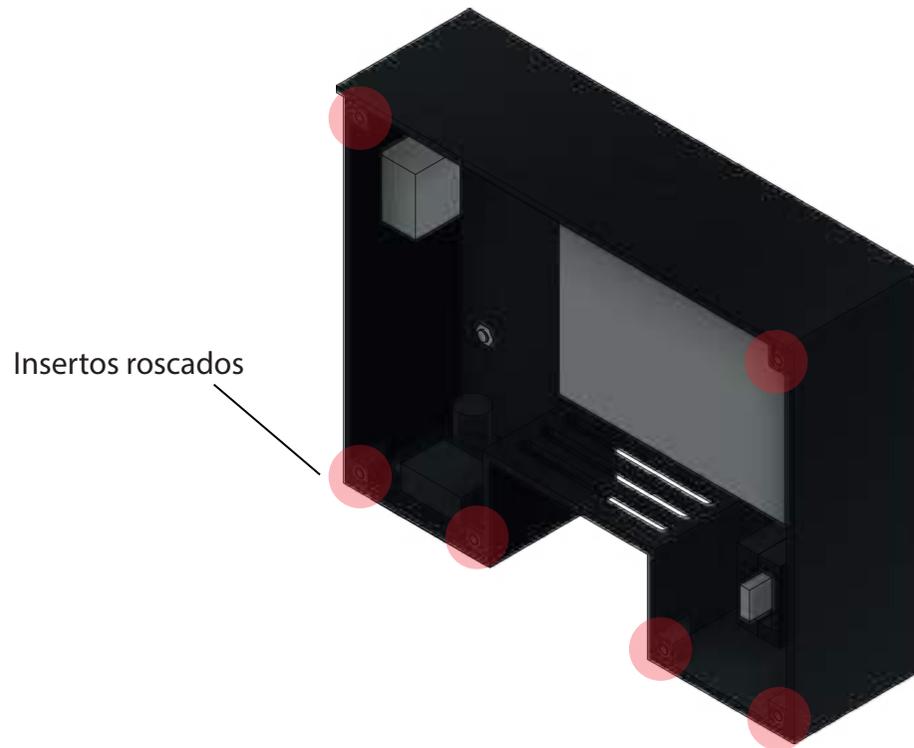


2- Atornillar el "Puerto USB" con el "Cable USB" en su interior a la parte trasera de la "Envolvente Trasera" con "Tornillos Philips M4.5X20" x2 + "Tuerca M4.5" x2 + "Arandela plana 5mm" x2.

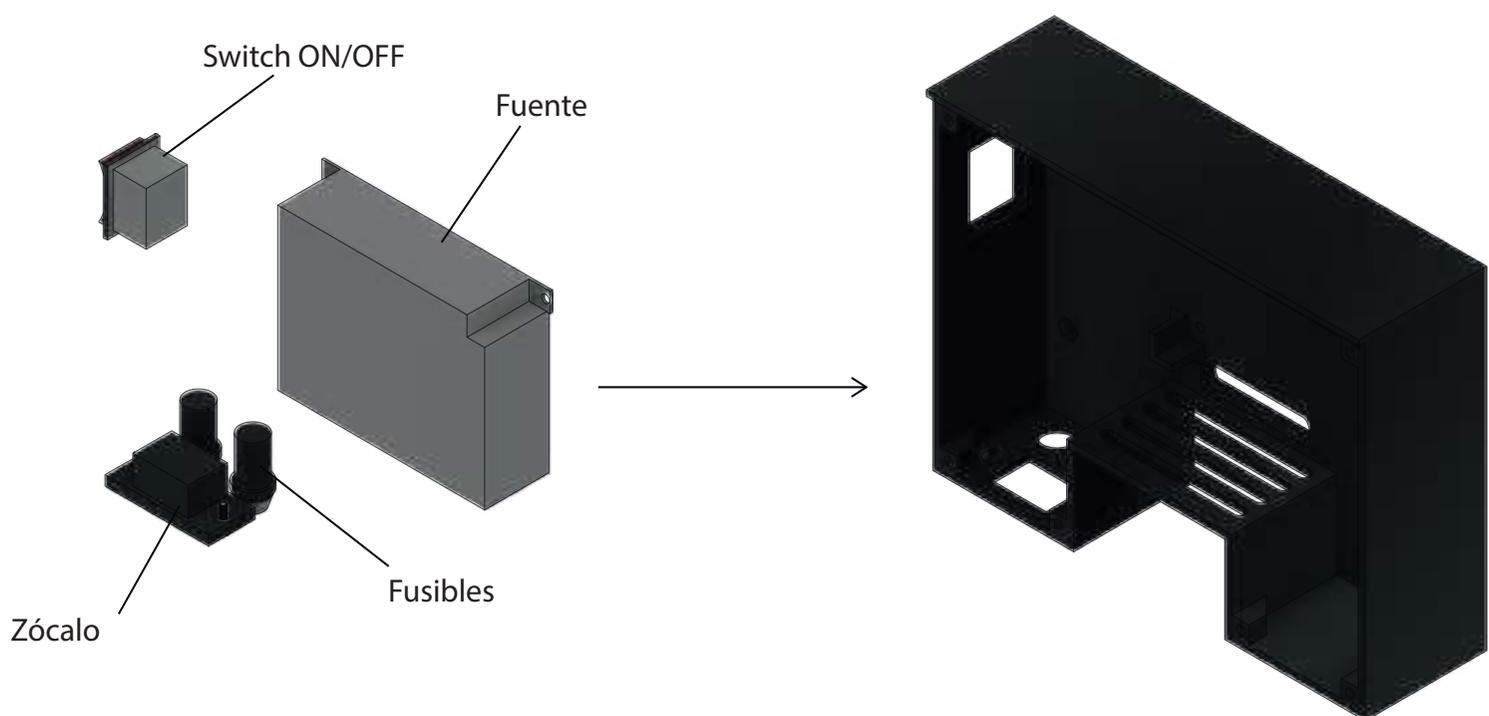


3- Armado de "Caja Eléctrica"

Primeramente deben instalarse los "Insertos Roscados 3x6x4mm" x6 calentandolos (por ejemplo presionandolos con una soldadora de estaño encendida) en los huecos del "Cuerpo Caja Eléctrica" dispuestos para este fin.



4- Colocar y atornillar los siguientes componentes: "Fuente DC 12V 4A" x1, "Fusibles 220V 250mA" x2, "Switch ON/OFF, 2p 2t 220v 15 A para terminales Bosch" x1 y "Zócalo para cable C/Tierra 220V 15 A para terminales Bosch" x1. Se debe realizar las conexiones correspondientes entre los componentes antes o luego de la colocación.



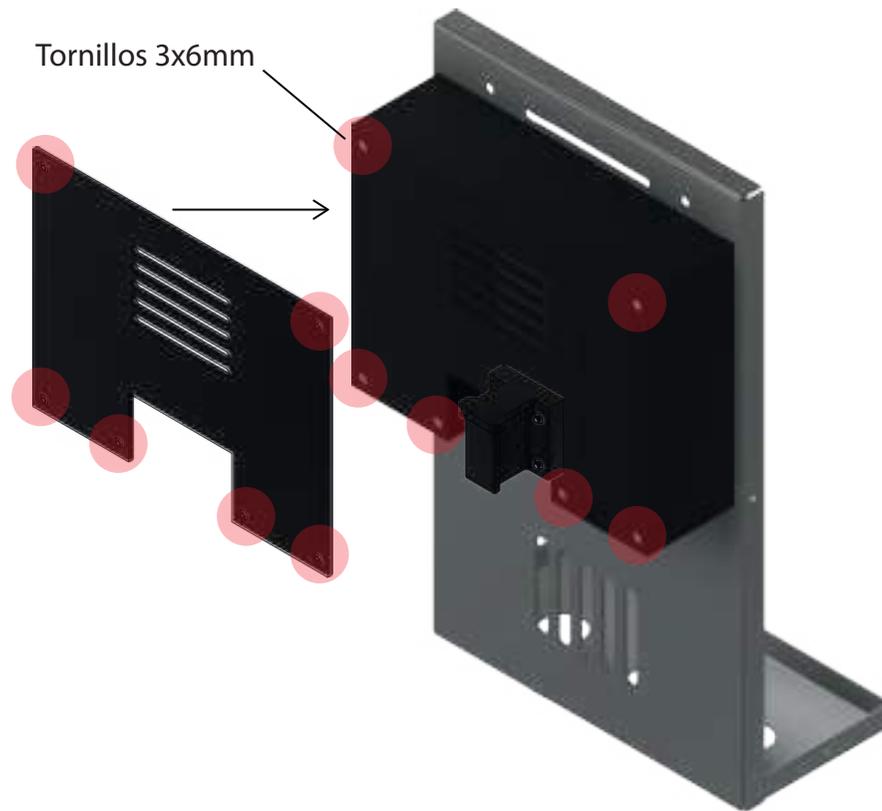
5- Posicionar y atornillar el “Cuerpo Caja Eléctrica” a la cara posterior de la “Envolvente Trasera” utilizando “Tornillo Philips M4.5X10mm” X3 + “Tuerca M4.5mm” X3 + “Arandela plana 5mm” X3.



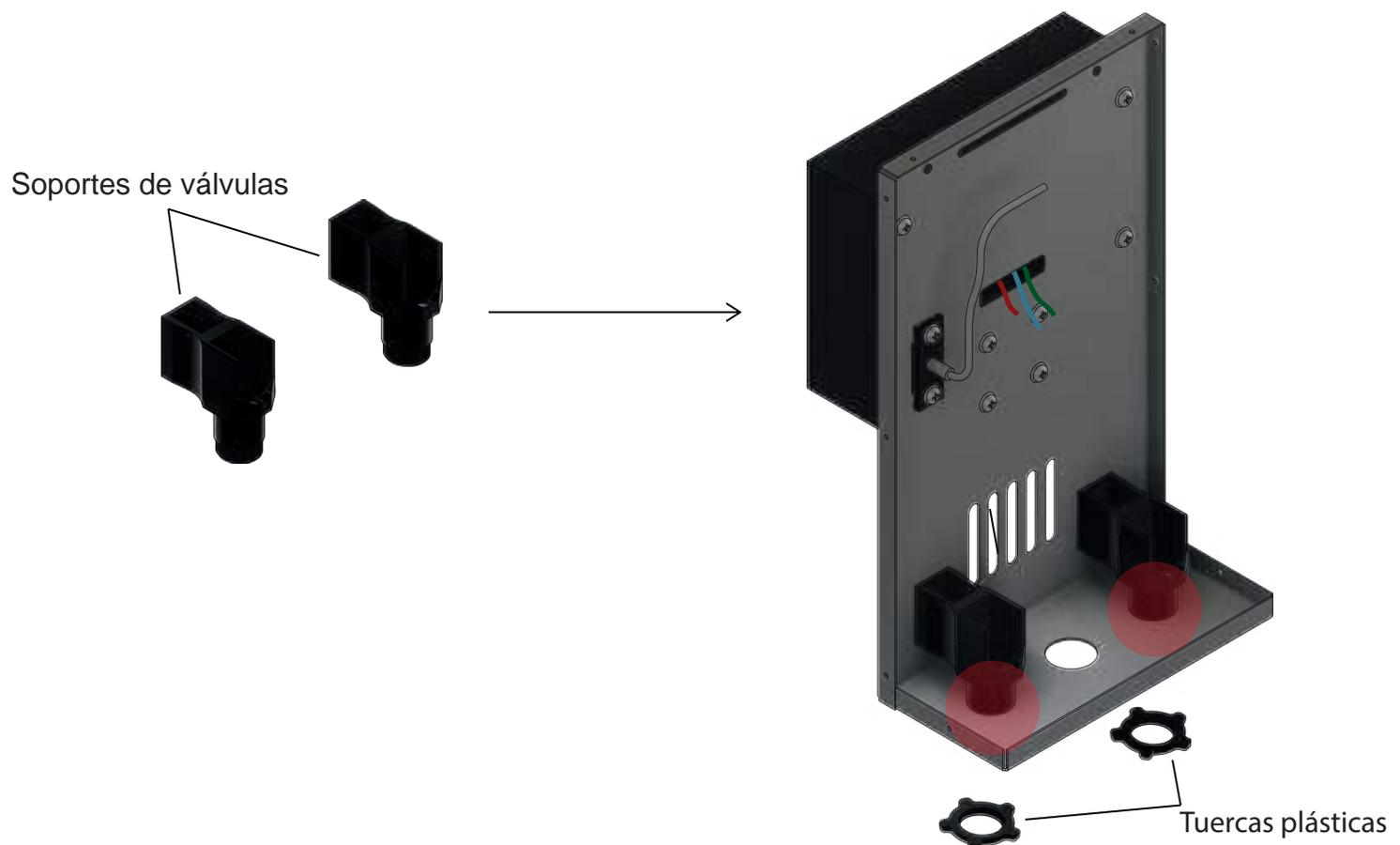
Pasar los Cables de Alimentación y de Tierra desde el “Cuerpo Caja Eléctrica” a través de la ranura de la “Envolvente Trasera”.



Posicionar y atornillar la “Tapa Caja Eléctrica” a los “Insertos Roscados 3x6x4mm” x6, utilizando los “Tornillo Philips M3X6mm” X6.

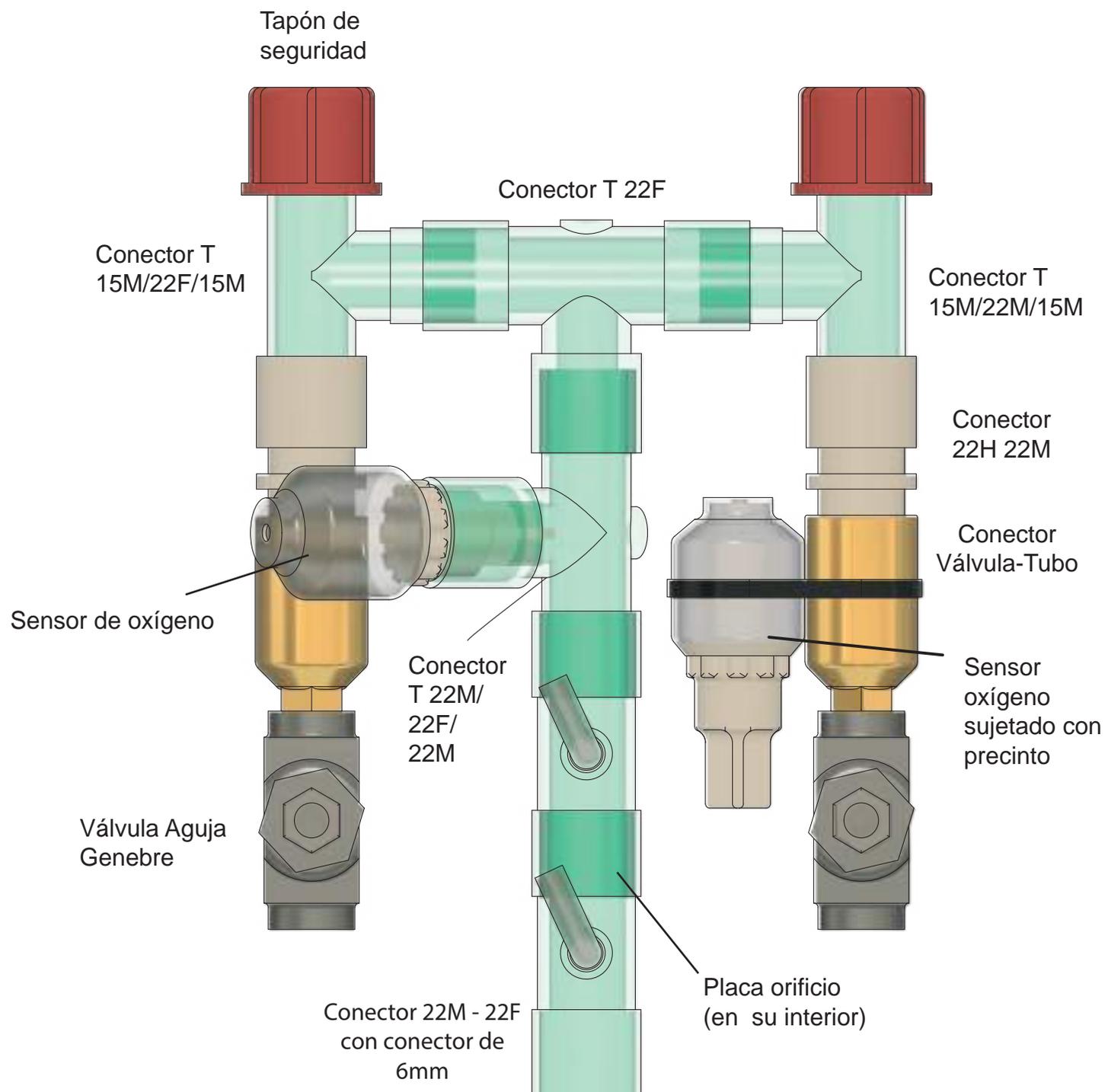
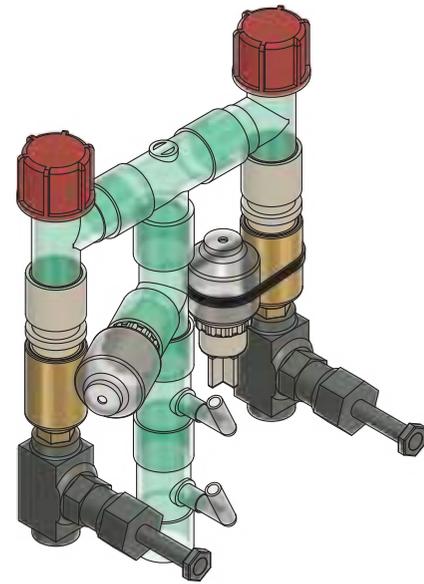


6- Colocar los “Soportes para Válvulas” en los orificios del alero de la “Envoltura Trasera” y sujetarlos mediante sus tuercas plásticas (“Ajuste Soporte Válvula”) por debajo hasta que quede firme.



7 - Armado de "Sistema de Mezcla"

Conectar los componentes (Consultar Anexo 1. Conectores y Accesorios Intersurgical por desglose de todos los tubos encontrados en plaza) de la siguiente manera y corroborar que no hayan perdidas de aire luego de armado.



8 - Colocar el "Sistem de Mezcla" en los "Soporte Válvula", y ajustar con "Precinto 3.6x250mm" x2 para evitar el movimiento vertical del sistema.

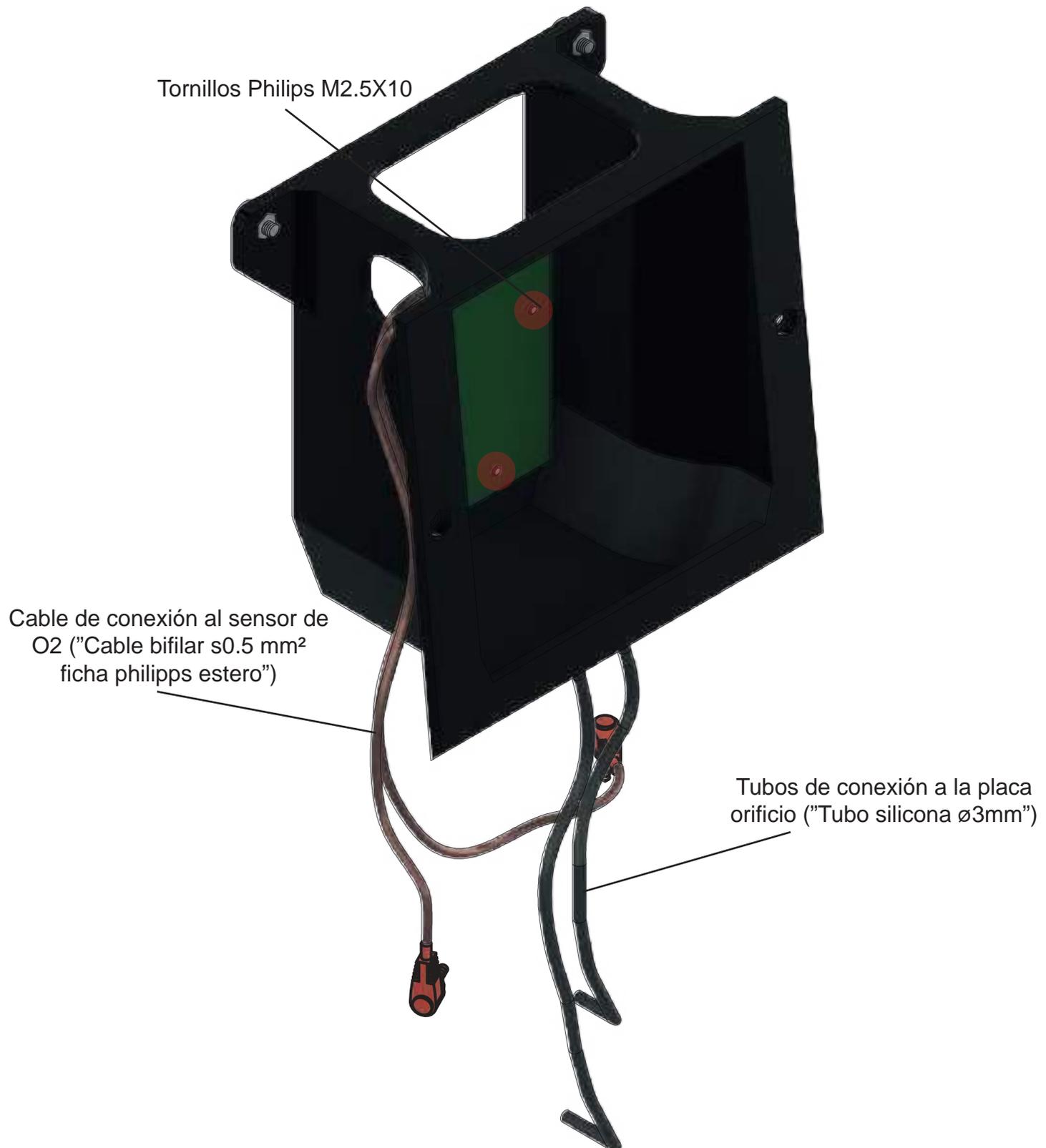


9 - Armado de "Caja Electrónica".

Atornillar la motherboard "Arduino UNO" a la "Caja de Electrónica" utilizando "Tornillos Philips M2.5X10" x4 en los correspondientes orificios.

Se debe conectar los cables y tubos correspondientes a la motherboard. Esto puede realizarse antes o luego del paso anterior.

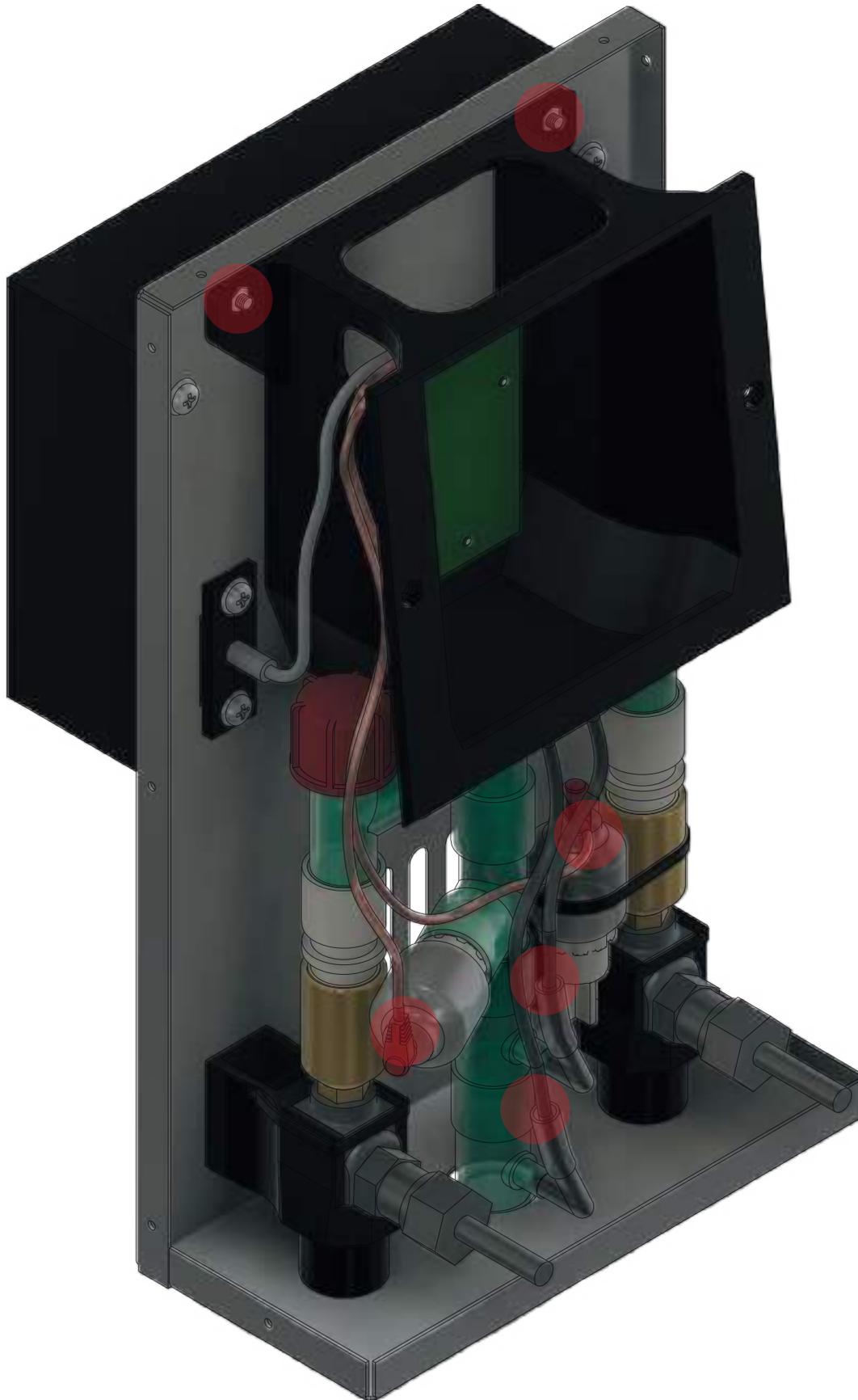
Para realizar las conexiones se recomienda el asesoramiento o mano de obra de un profesional, que luego programe el software y efectúe las pruebas correspondientes.



10 - Conectar la alimentación de corriente al circuito electrónico.

Posicionar y atornillar la "Caja Electrónica" a la "Envolvente Trasera" con "Tornillos Phillips M4,5x10mm" x2 + "Tuerca M4,5" x2 en sus respectivos orificios.

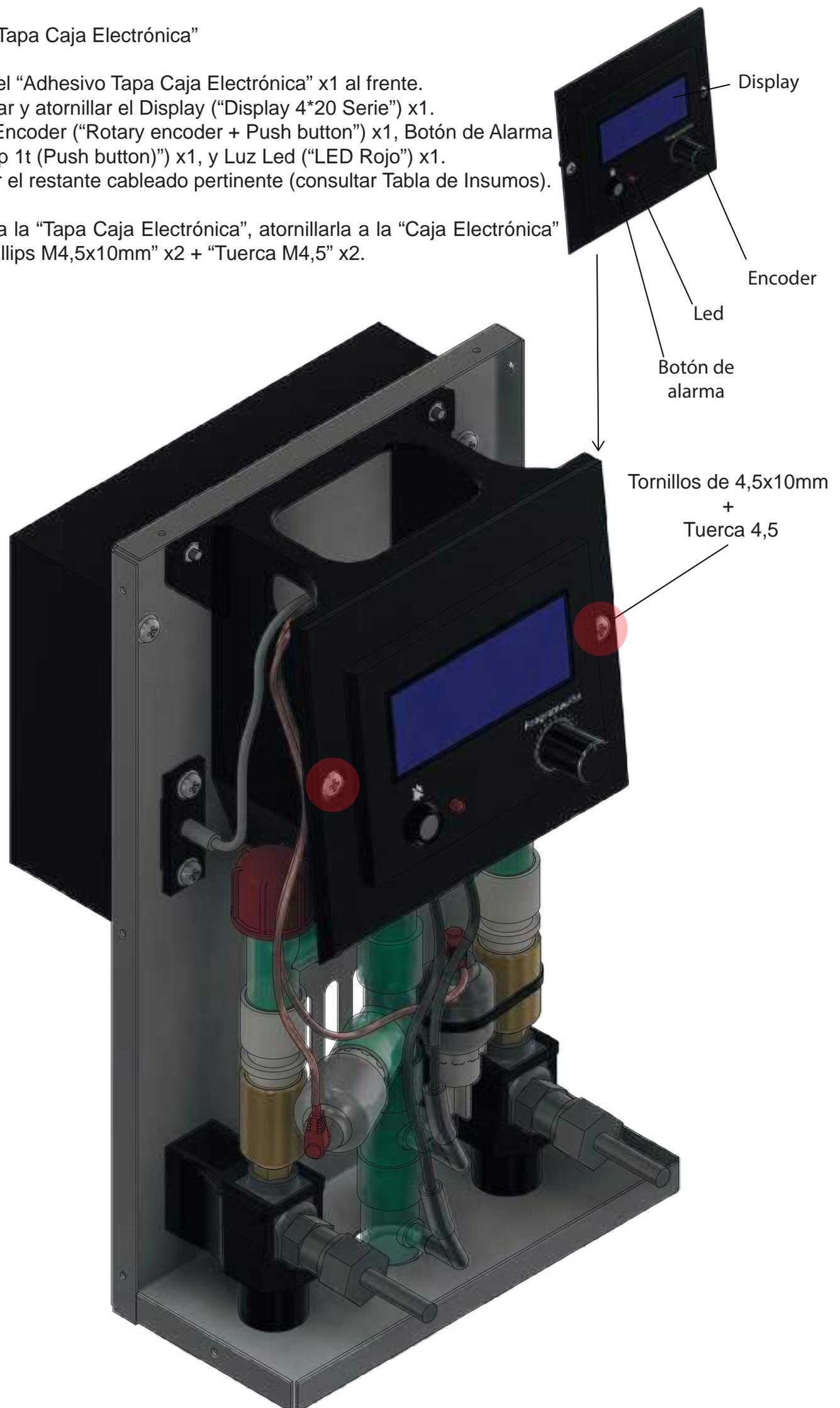
Luego, conectar los cables a los "Sensor de O₂, OOM102-1" y los "Tubo silicona ø3mm" a sus respectivos lugares en el "Sistema de Mezcla".



11 - Armado de "Tapa Caja Electrónica"

- Colocar el "Adhesivo Tapa Caja Electrónica" x1 al frente.
- Posicionar y atornillar el Display ("Display 4*20 Serie") x1.
- Instalar Encoder ("Rotary encoder + Push button") x1, Botón de Alarma ("Switch 1p 1t (Push button)") x1, y Luz Led ("LED Rojo") x1.
- Conectar el restante cableado pertinente (consultar Tabla de Insumos).

Luego de armada la "Tapa Caja Electrónica", atornillarla a la "Caja Electrónica" con "Tornillos Phillips M4,5x10mm" x2 + "Tuerca M4,5" x2.



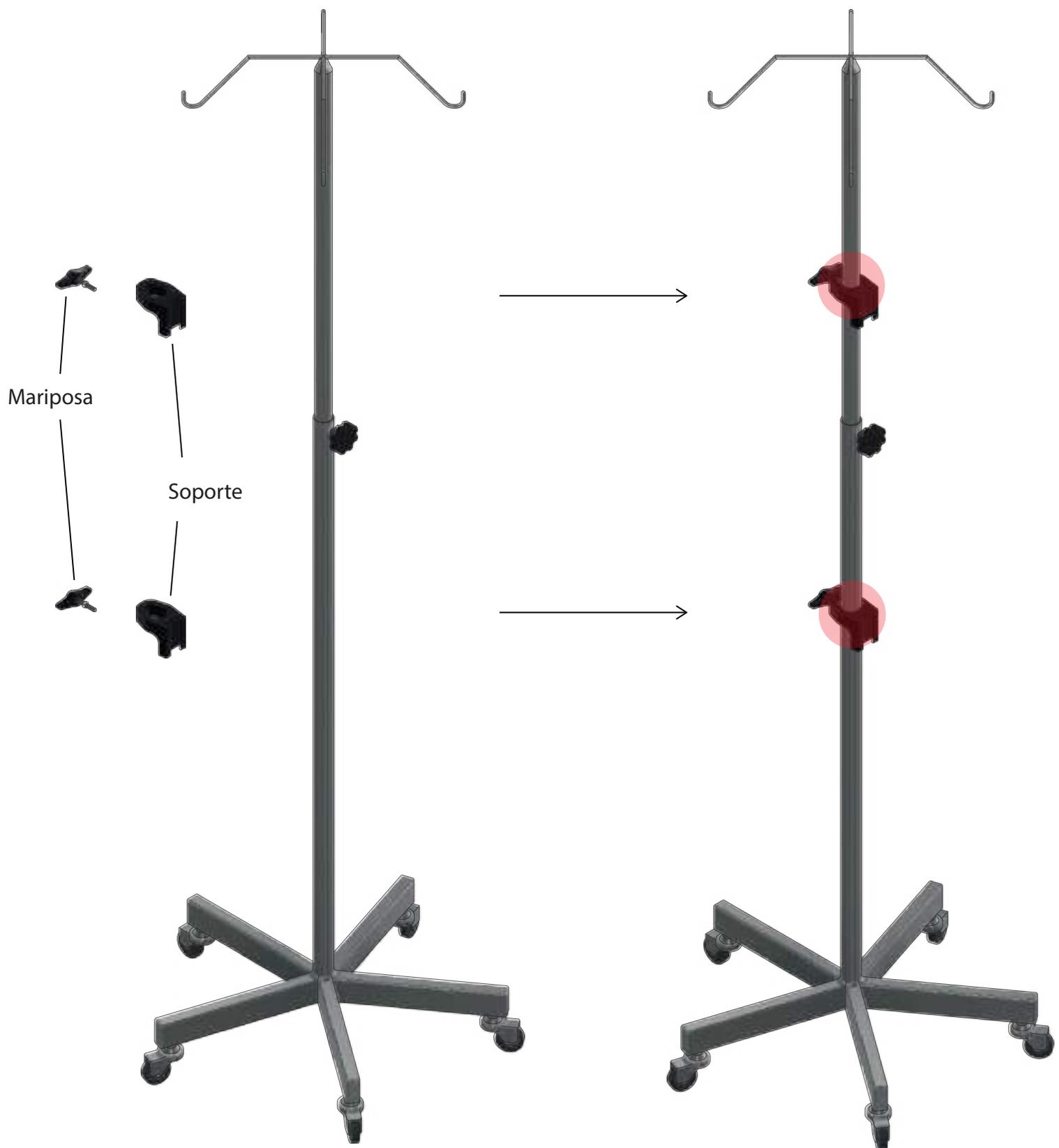
12 - Colocar y atornillar la “Envolvente Frontal” con “Tornillos Phillips M3x6mm” en sus respectivos orificios.
Colocar en su frente el “Adhesivo Frente Envolverte” como detallado en la imagen.



13 - Colocar cada volante de "Válvula aguja genebre" x2



14 - Colocar a una altura conveniente y apretar con "Mariposa M4.5X30" los soportes "Abrazadera Atril" del "Conjunto General" y de la "Base humidificadora IS 7000" en el atril "Tripie". (Consultar Anexo 2. Atril Tripie Marca Ortiz y Anexo 3. Base Humidificadora IS7000 por información del Atril y Base Humidificadora)



15 - Colocar el "Conjunto General" y la "Base Humidificadora IS 7000" en sus soportes. Luego conectar la salida de gases del "Sistema de Mezcla" con la entrada de la "Base Humidificadora IS 7000".



Anexos

Trabajo de fin de grado plan 2013

Anexos /

1. Conectores y Accesorios Intersurgical
2. Atril Tripie Marca Ortiz
3. Base Humidificadora IS7000



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo



Escuela Universitaria
Centro de Diseño

Montevideo, Uruguay - 2023

Conectores y accesorios Intersurgical

Conectores rectos de 15mm

	15M	15M	15M/11.8	15M						
Referencia 1945000	Referencia 1946000	Referencia 1946000	Referencia 1946000	Referencia 1947000	Referencia 1948000	Referencia 1949000	Referencia 1943000	Referencia 1974000	Referencia 1976000	Referencia 1979000
Uds./caja 30	Uds./caja 30	Uds./caja 25	Uds./caja 40	Uds./caja 50	Uds./caja 50	Uds./caja 25	Uds./caja 40	Uds./caja 45	Uds./caja 50	Uds./caja 50

Conectores rectos de 22mm

	22M	22M	22M	22M	22M	22M	22M	22M	22M	22M
Referencia 1933000	Referencia 1961000(S*)	Referencia 1964000(S*)	Referencia 1963000	Referencia 1977000(S*)	Referencia 1967000(S*)	Referencia 1975000	Referencia 1970000	Referencia 1971000	Referencia 1978000	Referencia 1993000
Uds./caja 40	Uds./caja 40 (15*)	Uds./caja 25 (15*)	Uds./caja 25	Uds./caja 35 (15*)	Uds./caja 35 (15*)	Uds./caja 50	Uds./caja 35	Uds./caja 25	Uds./caja 45	Uds./caja 40 (15*)

Piezas en T

	15M	15M	15M	22M	22M	22M	22M	22M	22M	22M
Referencia 1802000	Referencia 1801000	Referencia 1899000	Referencia 1988000	Referencia 1980000	Referencia 1981000	Referencia 1983000	Referencia 1982000	Referencia 1985000	Referencia 1984000(S*)	Referencia 1800000
Uds./caja 40	Uds./caja 40	Uds./caja 25	Uds./caja 40	Uds./caja 25	Uds./caja 20	Uds./caja 20	Uds./caja 20	Uds./caja 20	Uds./caja 25 (8*)	Uds./caja 35

Piezas en Y

	15M	15M	22M							
Referencia 1902000	Referencia 1903000	Referencia 1900000	Referencia 1901000	Referencia 1926000	Referencia 1927000	Referencia 1928000	Referencia 1929000	Referencia 1926000	Referencia 1927000	Referencia 1928000
Uds./caja 25	Uds./caja 25	Uds./caja 20	Uds./caja 15	Uds./caja 20	Uds./caja 15	Uds./caja 15	Uds./caja 15	Uds./caja 20	Uds./caja 15	Uds./caja 15

Conectores elastoméricos

	22F	15F	15F	15F	22F	22F	22F	22F	22F	22F
Referencia 1701000	Referencia 1702000	Referencia 1703000	Referencia 1704000	Referencia 1705000	Referencia 1706000	Referencia 1707000	Referencia 1708000	Referencia 1709000	Referencia 1710000	Referencia 1711000
Uds./caja 40	Uds./caja 50	Uds./caja 50	Uds./caja 35	Uds./caja 25	Uds./caja 35	Uds./caja 25	Uds./caja 35	Uds./caja 25	Uds./caja 75	Uds./caja 50

Válvulas unidireccionales

	22M									
Referencia 1950000	Referencia 1921000	Referencia 1955000	Referencia 1952000	Referencia 1953000	Referencia 1954000	Referencia 1955000	Referencia 1956000	Referencia 1957000	Referencia 1958000	Referencia 1959000
Uds./caja 40	Uds./caja 75	Uds./caja 25								

Conectores para monitorización

	15M									
Referencia 2711000	Referencia 2710000	Referencia 2712000	Referencia 2713000	Referencia 2714000	Referencia 2715000	Referencia 2716000	Referencia 2717000	Referencia 2718000	Referencia 2719000	Referencia 2720000
Uds./caja 50	Uds./caja 25									

Conectores para evacuación de gases

	22M									
Referencia 1970000	Referencia 1970001	Referencia 1971000	Referencia 1972000	Referencia 1973000	Referencia 1974000	Referencia 1975000	Referencia 1976000	Referencia 1977000	Referencia 1978000	Referencia 1979000
Uds./caja 35	Uds./caja 75	Uds./caja 25								

Codos fijos

	15M	15M	15M	15M	15M	15M	15M	15M	15M	15M
Referencia 1997000(S*)	Referencia 1993000	Referencia 1994000(S*)	Referencia 1995000	Referencia 1996000	Referencia 1997000	Referencia 1998000	Referencia 1999000	Referencia 2000000	Referencia 2001000	Referencia 2002000
Uds./caja 30 (15*)	Uds./caja 30	Uds./caja 25 (15*)	Uds./caja 30							

Codos de doble giro

	15M	15M	15M	15M	15M	15M	15M	15M	15M	15M
Referencia 1897000(S*)	Referencia 1898000(S*)	Referencia 1899000(S*)	Referencia 1900000	Referencia 1901000	Referencia 1902000	Referencia 1903000	Referencia 1904000	Referencia 1905000	Referencia 1906000	Referencia 1907000
Uds./caja 30 (15*)	Uds./caja 30 (15*)	Uds./caja 30 (15*)	Uds./caja 30							

Adaptadores de oxígeno

	15M									
Referencia 1508001	Referencia 1506001	Referencia 1509001	Referencia 1504001	Referencia 1505001	Referencia 1506001	Referencia 1507001	Referencia 1508001	Referencia 1509001	Referencia 1510001	Referencia 1511001
Uds./caja 45	Uds./caja 50									

Conectores de oxígeno

	22M									
Referencia 1968000	Referencia 1969000	Referencia 1970000	Referencia 1971000	Referencia 1972000	Referencia 1973000	Referencia 1974000	Referencia 1975000	Referencia 1976000	Referencia 1977000	Referencia 1978000
Uds./caja 50	Uds./caja 40									

Conectores porta-Inhaladores (MDI)

	15M									
Referencia 1966001	Referencia 1964004	Referencia 1947001	Referencia 1947003	Referencia 1964001	Referencia 1964002	Referencia 1964003	Referencia 1964004	Referencia 1964005	Referencia 1964006	Referencia 1964007
Uds./caja 25										

Boquillas

	22F	15M	22F/15F	22M						
Referencia 1931000	Referencia 1937000	Referencia 1938000	Referencia 1510000	Referencia 1477002	Referencia 1477003	Referencia 1477004	Referencia 1477005	Referencia 1477006	Referencia 1477007	Referencia 1477008
Uds./caja 35	Uds./caja 20	Uds./caja 15	Uds./caja 75							

Pieza en T auto-sellable

	22M									
Referencia 1814000	Referencia 1815000	Referencia 1816000	Referencia 1817000	Referencia 1818000	Referencia 1819000	Referencia 1820000	Referencia 1821000	Referencia 1822000	Referencia 1823000	Referencia 1824000
Uds./caja 40										

Kit de sujeción para ramales

	15mm	22mm	22mm	30mm	10mm	15mm	15mm	22mm	22mm	22mm
Referencia 2317000	Referencia 2315000	Referencia 2318000	Referencia 2319000	Referencia 2311000	Referencia 2312000	Referencia 2313000	Referencia 2314000	Referencia 2315000	Referencia 2316000	Referencia 2317000
Uds./caja 25										

	22mm									
Referencia 2316000	Referencia 2317000	Referencia 2318000	Referencia 2319000	Referencia 2320000	Referencia 2321000	Referencia 2322000	Referencia 2323000	Referencia 2324000	Referencia 2325000	Referencia 2326000
Uds./caja 12										

Puertos

	15M									
Referencia 1985000	Referencia 1986000	Referencia 1987000	Referencia 1988000	Referencia 1989000	Referencia 1990000	Referencia 1991000	Referencia 1992000	Referencia 1993000	Referencia 1994000	Referencia 1995000
Uds./caja 20	Uds./caja 25	Uds./caja 35	Uds./caja 30	Uds./caja 20						

Tapón "Flip top" con doble puerto sellable

	15M									
Referencia 1902000	Referencia 1903000	Referencia 1904000	Referencia 1905000	Referencia 1906000	Referencia 1907000	Referencia 1908000	Referencia 1909000	Referencia 1910000	Referencia 1911000	Referencia 1912000
Uds./caja 25										

Guía de tamaños

15M	22M	30M	19M
15F	22F	30F	

(*) Disponible en versión estéril. (S*) Disponible en versión estéril. (L) Disponible en versión estéril. (R) Disponible en versión estéril. (D) Disponible en versión estéril. (E) Disponible en versión estéril. (F) Disponible en versión estéril. (G) Disponible en versión estéril. (H) Disponible en versión estéril. (I) Disponible en versión estéril. (J) Disponible en versión estéril. (K) Disponible en versión estéril. (L) Disponible en versión estéril. (M) Disponible en versión estéril. (N) Disponible en versión estéril. (O) Disponible en versión estéril. (P) Disponible en versión estéril. (Q) Disponible en versión estéril. (R) Disponible en versión estéril. (S) Disponible en versión estéril. (T) Disponible en versión estéril. (U) Disponible en versión estéril. (V) Disponible en versión estéril. (W) Disponible en versión estéril. (X) Disponible en versión estéril. (Y) Disponible en versión estéril. (Z) Disponible en versión estéril.



TRIPIE

Modelo: 10161

Marca: Ortiz

Características:

- *Fabricado en tubular cromado de 3/4 calibre 18.
- *Perilla para ajustar altura.
- *Extensión para dos soluciones.
- *Auxiliar para transporte.
- *Uso para el suero.
- *Ruedas en la base.
- *Producto garantizado con servicio de mantenimiento y refacciones.



Health Group Industrias de México S. A. De C. V.

Av. Vallarta No. 6245 Cd. Granja, Zapopan, Jalisco, Mexico CP 45010

Tels: (33) 3777-4000 Ventas: (33) 3777-4001 Fax: (33) 3777-4002

www.ortiz.biz e-mail: contacto@ortiz.biz

Licitaciones:

Tels: (33) 3777-4000

Ext. 111 a la 113

Fax: (33) 3777-4002

E-mail: licitaciones@ortiz.biz



Base Humidificadora

IS 7000



Cuidados Intensivos ▪ Accesorios para humidificación