

Terminal industrial
Apto Alimenticio IP66

Ignacio González

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2025

Terminal Industrial AA - IP66

Ignacio González

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Directores:

Ing. Pedro Sismondi – Ing. Guillermo Rodríguez – Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

Año 2025

“Cuestiona todo lo que generalmente crees que se cree obvio”.

Dieter Rams

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres Javier y Liliana, y a toda mi familia por su apoyo incondicional durante todos estos años. Gracias por estar siempre presentes, por confiar en mí y por sostenerme en cada etapa de este camino.

A mis socios Marcelo y Félix, gracias por la paciencia, el trabajo compartido y por seguir apostando juntos.

También quiero agradecer especialmente a Ubiar Hardware S.R.L, en particular a Iván Grandi y a todo su equipo, por permitirme utilizar el trabajo realizado en conjunto como base para este proyecto final. Su generosidad y confianza hicieron posible que pudiera integrar experiencia profesional real en este cierre académico.

A todos, gracias por bancarme y ser parte de este logro.

Resumen

Este proyecto aborda el diseño integral, desarrollo y validación de una terminal industrial de grado alimenticio, concebida como una solución de soberanía tecnológica para la industria frigorífica argentina. El diagnóstico inicial identificó una dependencia total de equipos importados, caracterizados por su alto costo, rendimiento limitado, y la ausencia de soporte técnico y repuestos a nivel local, lo que eleva el Costo Total de Propiedad (TCO) y limita la modernización del sector.

El principal desafío de ingeniería fue lograr la estanqueidad IP66 en un entorno de limpieza agresivo, con agua a alta presión y químicos corrosivos. La solución final se basó en un diseño que utiliza una carcasa de acero inoxidable AISI 304 fabricada con soldadura láser de precisión, garantizando la planitud necesaria para la estanqueidad requerida.

El proyecto concluye con la validación de un diseño robusto y fabricable que supera técnica y económicamente a las alternativas importadas, habiendo superado los ensayos de certificación IP66 en un laboratorio acreditado. Se establece así una base sólida para la producción nacional de un equipo tecnológico crítico, promoviendo la sustitución de importaciones y ofreciendo a la industria una herramienta moderna, eficiente y con soporte local garantizado.

Palabras clave: Terminal industrial, IP66, Industria frigorífica, Apto alimenticio, Hardware industrial.

Abstract

This project addresses the comprehensive design, development, and validation of a food-grade industrial terminal, conceived as a technological sovereignty solution for the Argentine meat processing industry. The initial diagnosis identified a total dependence on imported equipment, characterized by its high cost, limited performance, and the absence of local technical support and spare parts, which increases the Total Cost of Ownership (TCO) and limits the sector's modernization.

The main engineering challenge was to achieve IP66 sealing in an aggressive cleaning environment with high-pressure water and corrosive chemicals. The final solution was based on a design that uses an AISI 304 stainless steel housing manufactured with precision laser welding, ensuring the necessary flatness for the required sealing.

The project concludes with the validation of a robust and manufacturable design that technically and economically outperforms imported alternatives, having passed IP66 certification testing in an accredited laboratory. This establishes a solid foundation for the national production of a critical technological device, promoting import substitution and offering the industry a modern, efficient tool with guaranteed local support.

Keywords: Industrial terminal, IP66, Meat processing industry, Food-grade, Industrial hardware.

Contenido

Agradecimientos ..... **IV**

Resumen ..... **V**

Abstract ..... **VI**

Contenido ..... **VII**

Introducción **1**

Capítulo 1: Condiciones de operación **5**
1.1. Descripción de las Áreas de Proceso 5
1.1.1 Faena: 5
1.1.2. Cuarteo y Desposte: 6
1.1.3. Línea de Empaque y Etiquetado 7
1.1.4. Depósito y Distribución 7
1.2. Resumen de Condiciones de Operación y Limpieza 8
1.2.1. Condiciones Ambientales: 8
1.2.2. Procedimientos de Limpieza: 9
1.2.3. Agentes Químicos Utilizados: 9

Capítulo 2: Requerimientos de operación **11**
2.1 Aptitud alimentaria y materiales 11
2.1.1. Selección de Materiales: 11
- **2.1.1.1. Acero Inoxidable AISI 304:** 11
- **2.1.1.2. Juntas de silicona grado alimenticio:** 12

2.1.2. Principios de Diseño Geométrico 12
2.1.3. Acabado Superficial 13
2.2 Grados de protección IP 13
2.2.1. Elección / definición de grado IP 13
2.2.2. Descripción del Ensayo de Certificación IP66 14
- Ensayo de protección contra polvo (IP6X): 14
- Ensayo de protección contra agua (IPX6): 15

2.3 Diseño libre de mantenimiento (fanless) y componentes clave 15
2.3.1. Diseño sin ventilador 15
2.3.2 Pantalla Táctil Resistiva 16

Capítulo 3: Benchmarking y análisis de mercado **17**
3.1 Benchmarking de terminales alimenticias en frigoríficos argentinos 17
3.2 Análisis del mercado potencial en Argentina 18
3.2.1. Cuantificación de Establecimientos Frigoríficos 18
3.2.2. Estimación de la Cantidad Promedio de Terminales por Establecimiento 19
3.2.3. Cálculo del Mercado Potencial 20
3.3. Identificación de Oportunidades de Mejora y Ventajas Competitivas 20

Capítulo 4: Diseño y desarrollo del equipo **22**
4.1. Croquis general del equipo y disposición de componentes 22
4.2. Metodología de diseño de producto: Un enfoque iterativo 24
4.2.1. Del concepto a la realidad: La evolución a través del prototipado 25
- **4.2.1.1. El prototipo inicial: Un fracaso necesario** 25
- **4.2.1.2. La segunda iteración: Hacia la precisión y la manufactura avanzada:** 25

4.3. Tecnologías de fabricación y sistema de fijación del diseño final 26

4.4. Diseño del sistema de sellado para estanqueidad IP66 27
4.4.1. Diseño de trampas de agua y geometría de la carcasa 27
4.4.2. Selección y cálculo de la junta de sellado 28
4.5. Verificación del sistema de disipación térmica pasiva 31
4.5.1. Determinación de la carga térmica (TDP) 31
4.5.2. Cálculo de transferencia de calor 31
4.5.3. Verificación de la capacidad de disipación de la tapa lisa 33
4.6. Diseño final 34
4.6. Estimación de precio al consumidor 38

Conclusiones y recomendaciones 40
Conclusiones 40
Recomendaciones 41

Bibliografía 45

Anexo A: Entrevista a gerente de I+D de empresa de hardware local 47

Anexo B: Prototipo inicial 50
Anexo B1: Diseño 50
Figura B1-1 render y dimensiones generales del prototipo. 51
Anexo B2: Ensayo en taller 61
Anexo B3: Análisis del ensayo 62

Anexo C: Diseño final 65

Anexo D: Componentes STD 82

Introducción

En la industria moderna, poder recopilar datos en tiempo real es clave para trabajar con eficiencia, hacer un buen seguimiento de los procesos y asegurar la calidad. En ambientes industriales exigentes, donde los equipos informáticos comunes no resisten, surgen soluciones especializadas como las terminales industriales. Una terminal industrial es básicamente una computadora con pantalla táctil (HMI), integrada en un gabinete robusto preparado para enfrentar entornos extremos. A diferencia de los equipos de uso doméstico o comercial, está diseñada para soportar golpes, vibraciones, temperaturas extremas y, lo más importante en este caso, el contacto directo con líquidos y productos químicos de limpieza

Una característica tecnológica distintiva en estos equipos es el uso de pantallas táctiles de tipo resistivo. Esta tecnología, que funciona mediante la presión física sobre la superficie, es indispensable en la industria alimenticia. Permite a los operarios interactuar con el sistema utilizando guantes, a menudo mojados o cubiertos de grasa, una acción imposible para las pantallas capacitivas que equipan a los teléfonos móviles, computadoras “all in one” y tabletas de uso masivo, y que requieren el contacto directo con la piel para funcionar [1].

Estas terminales cumplen un rol clave: conectan directamente al operario con los sistemas de gestión de la empresa, conocidos como ERP (Enterprise Resource Planning). Los ERP funcionan como el centro de control digital de toda la operación, ya que permiten planificar la producción, manejar inventarios, coordinar la logística, controlar costos y, especialmente en esta industria, garantizar la trazabilidad total del producto. Gracias a estas terminales, cada etapa del proceso —como el pesaje, el corte o el empaque— se registra en tiempo real, lo que asegura información precisa e inmediata. Esto es fundamental para cumplir con las exigencias de seguridad alimentaria y responder a los estándares de los mercados internacionales

La Industria Frigorífica Argentina: Un Sector Estratégico

El presente proyecto se enfoca en la industria frigorífica de carne bovina, uno de los sectores más tradicionales, complejos y económicamente significativos de la República Argentina. Históricamente, Argentina se ha posicionado como un referente mundial en la producción y exportación de carne de alta calidad. La cadena de la carne bovina es un motor de la economía nacional, generando un considerable volumen de empleo y divisas. Según datos del Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA), la industria

está compuesta por centenares de plantas frigoríficas distribuidas a lo largo del territorio nacional, con una fuerte concentración en la región pampeana. Estas plantas varían enormemente en escala, desde pequeños mataderos municipales hasta grandes complejos industriales con capacidad para exportar a los mercados más exigentes del mundo [19].

El entorno de trabajo dentro de un frigorífico impone condiciones extremas para cualquier equipo electrónico. Las áreas de faena, desposte y empaque se caracterizan por una alta humedad ambiental, temperaturas controladas (a menudo bajas) y, fundamentalmente, la necesidad de someter todas las superficies y equipos a rigurosos y frecuentes protocolos de limpieza y desinfección para garantizar la inocuidad del producto.

Requerimientos Críticos del Diseño: Aptitud Alimenticia y Protección IP

El diseño de un equipo para este entorno no es una simple cuestión de robustez, sino que debe cumplir con normativas estrictas de **diseño higiénico y protección contra el ingreso de agentes externos.**

El concepto de **"apto alimenticio"** trasciende la mera selección de materiales. Implica un paradigma de diseño donde cada componente, cada unión y cada superficie se concibe para evitar la acumulación de materia orgánica y la proliferación de microorganismos. La "Guía de Buenas Prácticas de fabricación e instalación de equipos de acero inoxidable para la industria alimentaria" del INTI [6] establece los principios clave: las superficies en contacto con alimentos deben ser lisas, no porosas, libres de grandes rugosidades o grietas y fácilmente accesibles para su limpieza y desinfección. Por esta razón, el material de elección es el **acero inoxidable AISI 304 o 316**, debido a su alta resistencia a la corrosión frente a los productos cárnicos y a los agresivos agentes químicos (alcalinos y ácidos) utilizados en la limpieza [6]. Además, el diseño debe eliminar los ángulos agudos, favorecer los radios de curvatura amplios y asegurar uniones soldadas continuas y pulidas, eliminando cualquier espacio muerto donde las bacterias podrían anidar.

Complementando el diseño higiénico, se encuentra el Grado de Protección IP (Ingress Protection) [12]. Este es un estándar internacional (IEC 60529) que clasifica la capacidad de una carcasa para proteger los componentes internos contra la entrada de objetos sólidos (como polvo) y líquidos (como agua). El código IP se compone de dos dígitos:

- El **primer dígito** (0-6) indica el nivel de protección contra partículas sólidas. Un valor de **6** significa que el equipo es completamente estanco al polvo; no hay ingreso de polvo bajo ninguna circunstancia.
- El **segundo dígito** (0-9) indica la protección contra líquidos. Para la industria frigorífica, este es un parámetro crítico. Los procedimientos de limpieza diarios involucran el uso de hidro lavadoras que proyectan agua a alta presión y

temperatura. Un grado de protección **IP66**, como el propuesto para este proyecto, certifica que el equipo puede resistir chorros de agua potentes proyectados desde cualquier dirección, asegurando la integridad de la electrónica interna.

Oportunidad y justificación del proyecto

La confluencia de estos exigentes requerimientos técnicos con la realidad del mercado argentino define la oportunidad para este proyecto. Actualmente, la totalidad de las terminales industriales que cumplen con estos estándares y que operan en los frigoríficos del país son importadas, principalmente de origen europeo.

Esta completa dependencia del mercado externo crea una serie de desventajas estratégicas para la industria nacional [1]:

1. **Costo Prohibitivo:** Con valores que pueden superar los 5.000 dólares por unidad, el costo de adquisición de estos equipos representa una barrera de entrada significativa, limitando la modernización tecnológica de muchas empresas.
2. **Soporte técnico inexistente y logística lenta:** La falta de fabricantes locales se traduce en una ausencia total de soporte técnico ágil y de disponibilidad de repuestos. Una avería puede significar semanas o meses de espera para recibir una pieza, generando costosas paradas de línea y una dependencia total del proveedor extranjero.
3. **Rigidez tecnológica:** Los equipos importados son productos cerrados, con configuraciones de hardware y software poco flexibles (procesadores de baja gama, poca memoria RAM), que a menudo no se adaptan a las necesidades específicas de software o de integración de las plantas locales.

Este proyecto, por lo tanto, se justifica por la necesidad de desarrollar una solución tecnológica de soberanía nacional. El diseño y la fabricación local de una terminal industrial apta para alimentos, modelo AA-IP66, no solo busca crear un producto robusto y confiable, sino también ofrecer una alternativa económica, flexible y con soporte técnico local. El objetivo final es proveer a la industria frigorífica argentina de una herramienta clave para su modernización, mejorando su competitividad y eficiencia a través de la innovación y el desarrollo tecnológico nacional.

El análisis de esta problemática revela que el costo de adquisición inicial es solo una parte de la ecuación. El verdadero parámetro competitivo es **el Costo Total de Propiedad** (TCO, por sus siglas en inglés), que engloba no solo el precio de compra, sino también los costos asociados al mantenimiento, las reparaciones, el tiempo de inactividad por fallas y la pérdida de productividad derivada de un rendimiento deficiente. Un equipo importado, a

pesar de su alto precio, presenta un TCO aún mayor debido a su obsolescencia técnica y su nula reparabilidad en el mercado local.

Objetivos y Alcance del Diseño Propuesto

El objetivo principal de este proyecto es diseñar y desarrollar una terminal industrial de grado alimenticio, fabricada localmente, que ofrezca una solución técnica y económicamente superior a las alternativas importadas. Para alcanzar este objetivo, se han establecido las siguientes metas secundarias:

1. Lograr un Costo Total de Propiedad (TCO) significativamente inferior, a través de un precio de adquisición competitivo y, fundamentalmente, garantizando la mantenibilidad y disponibilidad de repuestos a nivel local.
2. Incorporar componentes de hardware modernos y de alto rendimiento, como un procesador Intel Core i5, 8 GB de memoria RAM y una unidad de estado sólido (SSD) M.2, para asegurar una operación fluida y eficiente con el software de gestión actual y futuro.
3. Asegurar el cumplimiento estricto de las normativas de diseño para la industria alimentaria, basándose en los principios de diseño higiénico del INTI y EHEDG, y alcanzar un grado de protección ambiental IP66 según la norma IEC 60529.
4. Desarrollar un diseño robusto, libre de mantenimiento y sin ventiladores ("fanless"), que garantice la máxima fiabilidad y elimine los riesgos de contaminación y fallas mecánicas asociadas a los sistemas de enfriamiento activo.
5. Establecer un marco de diseño que facilite la fabricación, el ensamblaje y el soporte técnico a nivel nacional, en colaboración con empresas de **hardware local**, promoviendo la sustitución de importaciones y el desarrollo tecnológico local.

Capítulo 1: Condiciones de operación

Para diseñar un equipo que opere de manera fiable en la industria frigorífica, es imperativo comprender en profundidad las condiciones ambientales y operativas a las que estará sometido. Este capítulo detalla dicho entorno y las condiciones a las que estará sometida la terminal industrial, con el fin de comprender y definir los requerimientos de diseño. Se describen las distintas áreas del proceso productivo, desde el ingreso del animal hasta el despacho del producto final, y se especifican los rigurosos procedimientos de limpieza y las condiciones ambientales que el equipo debe ser capaz de soportar para garantizar su funcionamiento y durabilidad.

1.1. Descripción de las Áreas de Proceso

La terminal industrial se posiciona como un punto de captura de datos clave en diversas etapas del proceso. A continuación, se describen las áreas más relevantes donde estos equipos son instalados [2, 9].

1.1.1 Faena:

La zona de faena es donde se realiza el sacrificio del animal y los primeros pasos del procesamiento. Se divide en distintos, la zona sucia, zona intermedia y la zona limpia. Las mismas comprenden:

- *Zona Sucia*: Comprende la insensibilización (noqueo) y el degüello. En esta área, la humedad es constante debido a la presencia de sangre y agua utilizada para la limpieza inicial. Los equipos están expuestos a salpicaduras directas y a un ambiente con alta carga biológica [9].
- *Zona Intermedia*: Incluye el cuereado, la separación de la cabeza y la evisceración. Aquí, los trabajadores utilizan herramientas cortantes (cuchillos, ganchos) y maquinaria pesada. La terminal podría estar expuesta a impactos accidentales. La humedad sigue siendo alta, y la presencia de grasa y otros tejidos orgánicos es común [9].
- *Zona Limpia:* Abarca el aserrado de la res en medias reses y el "dressing" o emprolijado final. Aunque se denomina "limpia", esta zona todavía implica el uso de sierras que pueden proyectar partículas y el lavado constante de las superficies, manteniendo un ambiente húmedo [2, 9].

Operación: En esta área, las terminales se utilizan para registrar la trazabilidad inicial, como el número de tropa, el peso de la res caliente y la clasificación inicial. El ambiente es de alta humedad, con presencia constante de agua, sangre y otros fluidos orgánicos. Los operarios manejan herramientas pesadas y el riesgo de impacto sobre los equipos es considerable.

Procedimiento de Limpieza: Al final de cada turno, se realiza una limpieza exhaustiva. Primero, se remueven los residuos sólidos con palas y cepillos. Luego, se aplica agua a presión (pre-enjuague) para eliminar la suciedad gruesa. Posteriormente, se utiliza un detergente espumante alcalino clorado para desengrasar y desinfectar, que se deja actuar y luego se enjuaga con abundante agua a presión. La limpieza abarca paredes, pisos, y todos los equipos presentes en la sala, incluyendo las terminales [9].

1.1.2. Cuarteo y Desposte:

Una vez que la media res ha sido enfriada en cámaras, pasa a la sala de cuarteo y posterior desposte.

- **Cuarteo:** Las medias reses se dividen en los cuartos delantero y trasero. Esta operación se realiza en salas con temperaturas controladas que oscilan entre 3 °C y 12 °C. El ambiente es frío y húmedo [9].
- **Desposte:** Es el área donde los operarios, utilizando cuchillos y ganchos, separan los distintos cortes de carne del hueso. La temperatura se mantiene baja (alrededor de 9 °C) y hay una constante presencia de partículas de grasa en el ambiente. La proximidad de los trabajadores y sus herramientas a las terminales representa un riesgo de impacto mecánico [2, 9].

Operación: como se enunció anteriormente, aquí, la media res se divide en los distintos cortes anatómicos que componen el producto final. Es el área de mayor intensidad en la captura de datos. Las terminales se ubican en cada puesto de trabajo o línea, donde los operarios registran el tipo de corte, el peso de cada caja, el destino (mercado interno, exportación) y el operario a cargo. Esto es crucial para el control de rendimiento y la trazabilidad por corte. El ambiente es refrigerado (típicamente entre 7°C y 10°C) y con alta humedad.

Procedimiento de Limpieza: Similar a la faena, la limpieza es diaria y rigurosa. Se eliminan restos de carne y grasa, se realiza un pre-enjuague, se aplica espuma con detergentes alcalinos y se enjuaga con agua a presión. La frecuencia es alta para evitar la contaminación cruzada entre diferentes lotes de producción [9].

1.1.3. Línea de Empaque y Etiquetado

Los cortes provenientes del desposte pasan a la línea de empaque, donde son envasados al vacío o en otras presentaciones. Las terminales son cruciales en estas áreas para el etiquetado, pesaje y registro logístico.

- **Línea de Empaque:** Aquí los cortes individuales se envasan, a menudo al vacío. Las terminales controlan las balanzas y las impresoras de etiquetas. El ambiente es frío y debe mantenerse bajo estrictas normas de higiene, aunque la exposición directa a chorros de agua es menos frecuente que en la faena [9].
- **Cámaras y Expedición:** Corresponde al almacenamiento en frío y la carga en transportes. Las terminales registran el inventario y los despachos. Los equipos deben soportar bajas temperaturas y la condensación que se produce al moverlos entre zonas con diferentes temperaturas [9].

Operación: Las terminales en esta zona están conectadas a balanzas y sistemas de etiquetado. Capturan el peso final del producto envasado, imprimen la etiqueta con toda la información de trazabilidad (fecha de producción, lote, fecha de vencimiento, código de barras) y la asocian al sistema ERP. El ambiente sigue siendo refrigerado y húmedo.

Procedimiento de Limpieza: Los equipos de empaque y las terminales son sometidos a los mismos procedimientos de limpieza con detergentes espumantes y enjuague a presión para asegurar la inocuidad del producto final envasado [9].

1.1.4. Depósito y Distribución

Los productos terminados y embalados se almacenan en cámaras de frío hasta su despacho.

Operación: En los depósitos, las terminales pueden estar montadas en auto elevadores o en puntos fijos para gestionar el inventario (picking, armado de pallets, control de stock) y la preparación de pedidos para el mercado interno o para la exportación. Las condiciones ambientales son de baja temperatura (refrigerado o congelado) [9].

Procedimiento de limpieza: Aunque la exposición a materia orgánica es menor, la limpieza sigue siendo una constante para mantener las condiciones generales de la planta. Se realizan limpiezas periódicas de pisos y estructuras, y los equipos deben soportar la condensación y las bajas temperaturas [9].

1.2. Resumen de Condiciones de Operación y Limpieza

Para diseñar un equipo capaz de operar de manera fiable en este entorno, es imperativo consolidar las condiciones más desfavorables a las que será sometido a lo largo de su vida útil. En la *figura 1-1* se observa un esquema general del proceso y condiciones de operación.



Figura 1-1: Esquema general del proceso y condiciones de operación

1.2.1. Condiciones Ambientales:

- **Temperatura de Operación**: Rango de 0°C a 40°C. Si bien las salas de desposte y empaque están refrigeradas (7-10°C), los componentes electrónicos internos (como el procesador) generan calor que debe ser disipado. Además, el equipo puede estar expuesto a temperaturas más altas en otras áreas o durante la limpieza.
- **Humedad:** Humedad relativa cercana al 100%, con presencia constante de vapor y condensación.

1.2.2. Procedimientos de Limpieza:

Los protocolos de limpieza definen el estrés ambiental más severo que el equipo debe soportar. Estos procedimientos se realizan de manera rigurosa y frecuente, usualmente al final de cada turno de trabajo, para garantizar la inocuidad del producto.

- **Pre-enjuague:** Aplicación de agua a presión (hidro lavadora) para remover suciedad gruesa.
- **Aplicación de Químicos**: Rociado con detergentes espumantes a través de sistemas tipo "foam".
- **Enjuague Final:** Aplicación de agua a alta presión y, en ocasiones, a elevada temperatura (hasta 60-80°C) para remover el detergente.

1.2.3. Agentes Químicos Utilizados:

El equipo debe ser químicamente inerte y resistente a:

- **Detergentes Alcalinos Clorados:** Se utilizan soluciones como la sosa cáustica (NaOH) para saponificar las grasas y desnaturalizar las proteínas, facilitando su eliminación. Estos compuestos son corrosivos para muchos materiales.
- **Detergentes Ácidos:** Utilizados periódicamente para eliminar incrustaciones minerales (sarro) y óxidos. El ácido nítrico (HNO3) es un ejemplo común.
- **Sanitizantes:** Compuestos como amonios cuaternarios, ácido peracético o soluciones de hipoclorito de sodio, utilizados en el paso final de desinfección de superficies [1, 5].

El cumplimiento de estos requisitos es la base para el diseño mecánico y la selección de materiales que se abordarán en el siguiente capítulo. En la *Tabla 1-1* se realiza un resumen de las condiciones ambientales y riesgos por área de proceso.

Tabla 1-1: Matriz de condiciones ambientales y riesgos por área de proceso [2, 9].

Área de Proceso	Temp. (°C)	H. Relativa (%)	Exposición a Líq.	Agentes Químicos (Tipo y Frecuencia)	Riesgo de Impacto Mecánico
Faena	Ambiente (~15-25)	> 90	Chorros a alta presión, salpicaduras constantes	Alcalinos, Ácidos, Desinfectantes (Diario)	Medio
Cuarteo	3 - 12	> 85	Lavado a presión, condensación	Alcalinos, Ácidos (Diario)	Alto
Desposte	~ 9	> 80	Lavado a presión, condensación	Alcalinos, Ácidos (Diario)	Alto
Línea de Empaque	4 - 10	~ 70	Limpieza con paños, posible goteo, condensación	Desinfectantes (Diario)	Bajo
Expedición / Cámaras	-18 - 4	> 80	Condensación severa, limpieza ocasional	Desinfectantes (Ocasional)	Medio

Capítulo 2: Requerimientos de operación

El diseño de un equipo destinado a la industria alimentaria no es una simple cuestión de robustez, sino que debe adherirse a un estricto conjunto de normativas y principios que garantizan la seguridad del producto y la fiabilidad del equipo. Este capítulo detalla los requerimientos normativos y de diseño que rigen el desarrollo de la terminal industrial.

2.1 Aptitud alimentaria y materiales

El diseño debe cumplir con normas sanitarias nacionales e internacionales (SENASA, FDA, CE) [3, 8]. Los materiales deben ser inertes, no porosos, no absorbentes y resistentes a la corrosión:

- **Carcasa:** acero inoxidable AISI 304 o 316.
- **Pantalla:** policarbonato apto para uso alimenticio o vidrio templado resistente a impacto.
- **Juntas**: silicona grado alimenticio.

2.1.1. Selección de Materiales:

- **2.1.1.1. Acero Inoxidable AISI 304:**

La elección del material para la carcasa es una de las decisiones de diseño más críticas. Para este proyecto, se ha seleccionado el acero inoxidable austenítico AISI 304. Esta elección se fundamenta en un balance técnico-económico adaptado a la realidad del mercado argentino.

Si bien el acero AISI 316 ofrece una resistencia superior a la corrosión, especialmente en entornos con alta concentración de cloruros, su costo es significativamente más elevado en Argentina, pudiendo ser hasta un 75% más caro que el AISI 304. El acero AISI 304, por su parte, es ampliamente utilizado en la industria alimentaria y cumple con las normativas sanitarias, ofreciendo una excelente relación entre rendimiento y costo [8, 10, 11].

Sus propiedades anticorrosivas son adecuadas para el entorno de un frigorífico, ya que resiste la mayoría de los ácidos oxidantes y presenta una buena resistencia a la corrosión general. Es capaz de soportar el contacto con los agentes químicos de limpieza utilizados, como soluciones alcalinas (hidróxido de sodio) y ácidos (fosfórico, nítrico), siempre que se respeten las concentraciones y temperaturas de uso. La "Guía de Buenas Prácticas" del INTI establece que el grado 304 es adecuado para contacto continuo con cloruros de hasta

200 ppm a temperatura ambiente y pH neutro, condiciones que se alinean con las de la industria. Por lo tanto, el AISI 304 representa una solución técnica y económicamente viable que satisface los requerimientos del proyecto sin incurrir en el sobrecosto del AISI 316 [8, 10, 11].

- **2.1.1.2. Juntas de silicona grado alimenticio:**

Para asegurar la estanqueidad IP66, el sellado entre las partes de la carcasa es fundamental. Se seleccionará una junta de silicona de grado alimenticio por sus propiedades superiores para esta aplicación [21, 22, 23]:

- **Seguridad e Inocuidad:** La silicona de grado alimenticio es un material no tóxico, libre de BPA y ftalatos, que no reacciona con los alimentos ni altera su sabor u olor, cumpliendo con normativas como las de la FDA.
- **Resistencia Química:** Es altamente resistente a los agentes químicos utilizados en los protocolos de limpieza y desinfección de la industria, incluyendo detergentes ácidos y alcalinos, así como a los procesos de esterilización con vapor.
- **Resistencia a Temperaturas Extremas:** La silicona mantiene su flexibilidad y propiedades de sellado en un amplio rango de temperaturas (típicamente de -50°C a más de 200°C), lo que la hace perfecta para un equipo que opera en salas refrigeradas y es sometido a lavados con agua caliente.
- **Durabilidad e Higiene:** Es un material duradero que no se agrieta ni se vuelve frágil con el tiempo. Su superficie lisa y sus propiedades antimicrobianas inherentes dificultan la adhesión y proliferación de bacterias, garantizando un alto nivel de higiene.

2.1.2. Principios de Diseño Geométrico

La geometría de la carcasa debe ser intrínsecamente fácil de limpiar, eliminando cualquier refugio para la contaminación. Para ello, el diseño incorporará los siguientes principios [6, 8, 10]:

- **Radios de curvatura amplios:** Se evitarán todos los ángulos agudos, tanto internos como externos. Todas las esquinas y bordes tendrán un radio de curvatura mínimo de 6 mm para facilitar el flujo de los líquidos de limpieza y evitar la acumulación de residuos.
- **Superficies auto drenantes**: Todas las superficies externas, especialmente las superiores, estarán diseñadas con una pendiente mínima de 3° para asegurar que

el agua y otras soluciones escurran completamente, evitando el estancamiento y la posterior proliferación microbiana.

- **Ausencia de hendiduras y zonas muertas:** El diseño debe ser monolítico en la medida de lo posible. Se eliminarán todas las grietas, uniones no selladas, solapamientos y cavidades donde la materia orgánica pueda quedar atrapada. Las uniones entre partes desmontables, como el panel frontal y el cuerpo de la carcasa, se sellarán con juntas de compresión, cuyo diseño se detalla en el Capítulo 4.

2.1.3. Acabado Superficial

El acabado de la superficie es un factor determinante en la capacidad de limpieza de un equipo. Una superficie rugosa presenta picos y valles microscópicos que pueden albergar bacterias, protegiéndolas de la acción de los agentes de limpieza. Por esta razón, se especifica un acabado superficial de alta calidad para todas las superficies externas de la terminal.

El requerimiento será un pulido sanitario con un valor de rugosidad promedio (Ra) no superior a 0.8 micrómetros ($Ra \leq 0.8 \mu m$). Este estándar, definido por la norma IRAM 186-1 y recomendado por el INTI, asegura una superficie lo suficientemente lisa como para minimizar la adhesión bacteriana y facilitar una limpieza efectiva. Adicionalmente, después de cualquier proceso de fabricación que pueda alterar la superficie (como la soldadura o el mecanizado), se aplicará un tratamiento de pasivación química. Este proceso, realizado típicamente con ácido nítrico, restaura la capa de óxido de cromo protectora del acero inoxidable, maximizando su resistencia a la corrosión [6].

2.2 Grados de protección IP

El Grado de Protección IP es un estándar internacional (IEC 60529) que clasifica la eficacia de una carcasa para proteger sus componentes internos contra la entrada de objetos sólidos extraños (como polvo) y líquidos (como agua).

2.2.1. Elección / definición de grado IP

Se ha definido un grado de protección IP66 como requisito indispensable, basándose en las condiciones de uso y limpieza descritas en el Capítulo 1. La elección de este nivel no es arbitraria, sino una respuesta directa a las necesidades del entorno [12]:

- **Protección contra Sólidos (Primer dígito “6”):** Este es el nivel más alto de protección, que certifica que la carcasa es completamente estanca al polvo. En un

ambiente industrial, la presencia de polvo y otras partículas en suspensión es inevitable. Un sellado total contra el polvo es crucial para proteger los componentes electrónicos internos y asegurar la longevidad y fiabilidad del equipo, especialmente en un diseño sin ventilador.

- **Protección contra Líquidos (Segundo dígito "6"):** Este nivel certifica la protección contra chorros potentes de agua. Esta característica es fundamental para soportar los rigurosos procedimientos de limpieza de los frigoríficos, que, como se detalló, incluyen el lavado con mangueras a alta presión al final de cada turno. Un grado de protección inferior (como IP65, que solo protege contra chorros de baja presión) sería insuficiente y pondría en riesgo la integridad del equipo.

2.2.2. Descripción del Ensayo de Certificación IP66

Para obtener la certificación IP66, el equipo debe superar dos ensayos rigurosos definidos en la norma IEC 60529 [12]:

- Ensayo de protección contra polvo (IP6X):

El equipo se coloca en una cámara de polvo *(figura 2-1)* donde se mantiene polvo de talco en suspensión mediante una bomba de circulación. Tras una prueba de duración determinada, se verifica que no haya ingresado ningún depósito de polvo dentro de la carcasa.

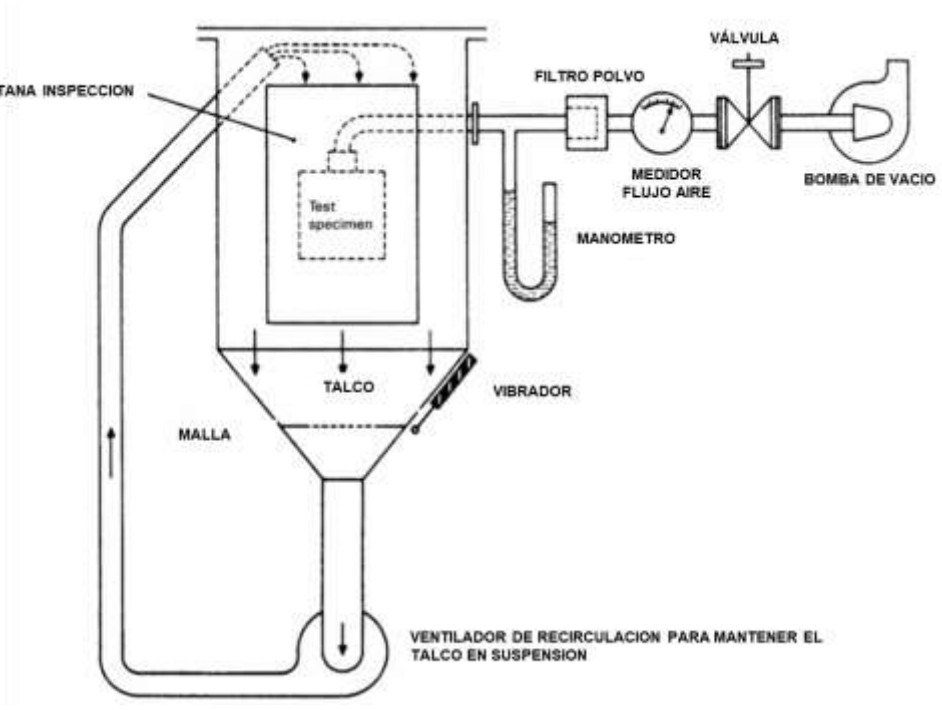


Figura 2-1: esquema de equipamiento de laboratorio para ensayo polvo

- Ensayo de protección contra agua (IPX6):

Se proyecta agua sobre la carcasa desde todas las direcciones utilizando una boquilla de chorro con un diámetro interior de 12,5 mm *(figura 2-2)*. El caudal del agua debe ser de 100 litros por minuto y se aplica desde una distancia de 2,5 a 3 metros. La duración del ensayo es de, al menos, 3 minutos. Para que la prueba sea satisfactoria, no debe penetrar en el interior una cantidad de agua que pueda resultar perjudicial para el funcionamiento del equipo.

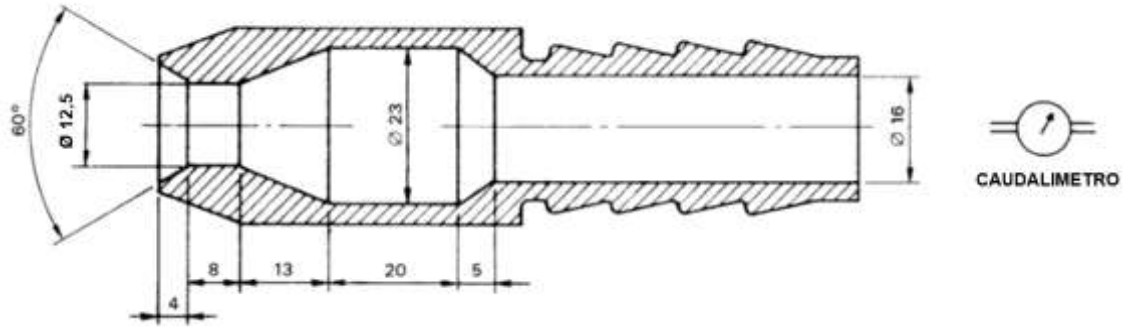


Figura 2-2: Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra chorros de agua con boquilla, conforme al grado IPX6

2.3 Diseño libre de mantenimiento (fanless) y componentes clave

La fiabilidad a largo plazo y la minimización de los costos operativos son objetivos clave del diseño. Esto conduce a la adopción de un paradigma de diseño "fanless" o sin ventilador, y a una selección cuidadosa de componentes que respondan a las exigencias del entorno.

2.3.1. Diseño sin ventilador

Un sistema de enfriamiento basado en ventiladores es inherentemente inadecuado para un entorno higiénico. Los ventiladores requieren aberturas en la carcasa para la circulación de aire, las cuales actúan como vías de entrada para contaminantes ambientales como polvo, aerosoles de agua y microorganismos. Estos contaminantes se acumulan en el interior del equipo, comprometiendo tanto la higiene como la fiabilidad de los componentes electrónicos. Además, el propio ventilador es una pieza móvil, lo que lo convierte en un punto de fallo mecánico primario, ya sea por desgaste de sus rodamientos o por bloqueo debido a la suciedad acumulada. La eliminación del ventilador y el diseño de una carcasa

completamente sellada aumentan drásticamente la fiabilidad y la vida útil del sistema, a la vez que reducen las necesidades de mantenimiento. Esta estrategia implica:

- Uso de disipación pasiva.
- Unidades de estado sólido (SSD) en lugar de discos mecánicos.
- Conectores industriales sellados.

2.3.2 Pantalla Táctil Resistiva

La interfaz de usuario es un componente crítico. Se ha optado por una pantalla táctil de tecnología resistiva por las siguientes razones funcionales [1, 13, 14]:

- **Operatividad con guantes**: A diferencia de las pantallas capacitivas (comunes en smartphones), que requieren el contacto con la piel, las pantallas resistivas funcionan por presión. Esto es indispensable en un frigorífico, donde los operarios deben usar guantes constantemente, los cuales a menudo están mojados o cubiertos de grasa. Esta característica asegura que la interacción con el equipo sea fluida y no interrumpa el flujo de trabajo.
- **Inmunidad a contaminantes:** Las pantallas resistivas no son sensibles a estímulos externos como gotas de agua, polvo o grasa, por lo tanto, no se activarán ante un toque accidental. Esto las hace ideales para entornos industriales hostiles y al aire libre.
- **Activación con cualquier objeto:** La pantalla puede ser operada no solo con un dedo enguantado, sino con cualquier objeto que aplique la presión suficiente, como un lápiz óptico o la punta de una herramienta, ofreciendo mayor flexibilidad.

Capítulo 3: Benchmarking y análisis de mercado

Para validar la oportunidad de negocio y posicionar adecuadamente el diseño propuesto, es fundamental realizar un análisis comparativo de las soluciones existentes y cuantificar el mercado potencial en Argentina. Este capítulo evalúa la competencia, estima el tamaño del mercado y define las ventajas competitivas del nuevo desarrollo. Además, dicho análisis ayudará a determinar el tipo de tecnología de manufactura y producción.

3.1 Benchmarking de terminales alimenticias en frigoríficos argentinos

Actualmente, el mercado argentino de terminales para la industria frigorífica está dominado por equipos importados. Si bien no se dispone de un listado exhaustivo de todas las marcas presentes, es posible realizar un benchmarking basado en la información proporcionada por el cliente [1] y en las especificaciones de fabricantes internacionales reconocidos que ofrecen productos para entornos similares, como Noax y Advantech. Este análisis permite establecer una línea de base objetiva contra la cual comparar el diseño propuesto.

En la t*abla 3-1* se resume las características de los equipos importados genéricos descritos en la entrevista y las de modelos representativos de marcas líderes internacionales.

El análisis comparativo evidencia que el diseño propuesto no solo apunta a resolver las deficiencias de los equipos genéricos criticados (bajo rendimiento, alto costo), sino que también se posiciona competitivamente frente a marcas líderes. Mientras que los modelos de Advantech ofrecen un alto rendimiento, su diseño con frontal de aluminio y protección IP66 solo en la parte delantera no es óptimo para la industria alimentaria. Los modelos de Noax, aunque robustos y con protección IP66 completa, utilizan tecnología táctil capacitiva (PCAP), que presenta dificultades de uso con los guantes gruesos y húmedos habituales en un frigorífico. El diseño propuesto, al combinar un alto rendimiento, una carcasa completa de acero inoxidable 304, protección IP66 integral y una pantalla táctil resistiva, ofrece una solución específicamente optimizada para el nicho de mercado objetivo.

Tabla 3-1: Análisis Comparativo de Terminales Industriales [1,15, 16,24].

Componente / característica	Equipo Genérico (China)	Noax Logistics Series (L12/L15) (Alemania)	Advantech TPC-318WH (Taiwan)	Diseño Propuesto (Objetivo)
Procesador	Celeron	Intel Atom® x7	8th Gen. Intel® Core™ i5-8365UE	**Intel® Core™ i5 (Serie T o embebido)**
RAM	4 GB	No especificado	8 GB DDR4 (ampliable a 64 GB)	**8 GB DDR5 (o superior)**
Almacenamiento	Disco de baja capacidad	No especificado	M.2 (NVMe, 5G)	**SSD M.2 NVMe (256 GB o superior)**
Pantalla	Baja resolución, resistiva	12.1" / 15", 1024x768, PCAP Multi-Touch	18.5" WXGA, PCAP Touch	**15", Full HD (1920x1080), Resistiva**
Material Carcasa	No especificado	No especificado	Frontal de aleación de aluminio	**Acero Inoxidable AISI 304**
Grado IP	No especificado	IP66 (completo)	IP66 (panel frontal)	**IP66 (completo, 360°)**
Rango Temperatura	No especificado	-30°C a +55°C	No especificado	**-10°C a +50°C (objetivo)**
Costo Estimado (USD)	~$3,000	> $5,000	~$3,295	**Significativamente inferior a $5,000**
Ventajas	Ninguna destacable	Robustez, marca reconocida	Alto rendimiento, expandible	**Rendimiento, TCO, Soporte Local, Diseño Higiénico**
Desventajas	Costo, rendimiento, sin soporte, rigidez	Costo elevado, tecnología PCAP no ideal para guantes, importado	Costo elevado, frontal de aluminio no ideal para alimentos, IP66 solo frontal, importado	Requiere desarrollo y validación

3.2 Análisis del mercado potencial en Argentina

La viabilidad comercial del proyecto depende directamente del tamaño del mercado al que se dirige. Este análisis busca cuantificar el número de potenciales clientes (establecimientos frigoríficos) y estimar la demanda total de terminales.

3.2.1. Cuantificación de Establecimientos Frigoríficos

Determinar el número exacto de plantas frigoríficas operativas en Argentina es complejo debido a la dinámica del sector. Sin embargo, es posible realizar una estimación robusta utilizando datos de diversas fuentes:

- **Datos históricos (IPCVA):** Un informe del Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA) de 2012 indicaba la existencia de 443 mataderos

computados en 2009, desglosados en 169 con habilitación nacional (SENASA), 175 provinciales y 99 municipales. Otro informe del IPCVA de 2008 mencionaba un total de 557 plantas con una capacidad de faena teórica de 60,610 cabezas diarias [4, 7].

- **Datos actuales (SENASA y SAG):** La fuente más actualizada para establecimientos habilitados es el propio Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Su sistema de consulta pública permite verificar los establecimientos activos. Adicionalmente, listados de autoridades sanitarias de países importadores, como el SAG de Chile, proporcionan un censo de las plantas argentinas habilitadas para exportación, que representan a los clientes de mayor poder adquisitivo y exigencia tecnológica [17, 18].
- **Contexto del sector:** Informes recientes del IPCVA sobre los niveles de faena y producción (2024) indican una contracción en la actividad, lo que puede afectar las inversiones en capital. No obstante, la necesidad de eficiencia y trazabilidad sigue siendo un motor para la adopción de tecnología [19].

Considerando estas fuentes, se puede estimar de manera conservadora que el universo de plantas frigoríficas que podrían requerir este tipo de tecnología se encuentra en el rango de **350 a 450 establecimientos** a nivel nacional.

3.2.2. Estimación de la Cantidad Promedio de Terminales por Establecimiento

La cantidad de terminales por planta no es un dato disponible directamente, pero puede inferirse analíticamente a partir de la descripción de los procesos productivos [2]. La necesidad de captura de datos es evidente en múltiples puntos de control a lo largo de la cadena de producción. Un operario que interactúa con un sistema de datos es un potencial usuario de una terminal. Los puntos críticos donde se requiere una terminal son:

1. **Recepción:** Pesaje de camiones y registro de tropas.
2. **Faena:** Registro de datos de inspección veterinaria post-mortem.
3. **Desposte:** Ingreso de datos por parte de los operarios sobre los cortes realizados, pesaje de cajas.
4. **Empaque:** Control de máquinas envasadoras, pesaje y generación de etiquetas de trazabilidad.
5. **Cámaras y Expedición**: Gestión de inventario, preparación de pedidos y logística de despacho.

Basado en este análisis de procesos, se puede proponer una estimación por niveles, correlacionando el tamaño y la complejidad del establecimiento con la cantidad de terminales:

- **Establecimientos Pequeños** (ej. mataderos municipales o provinciales de baja capacidad): **1 a 3 terminales.**
- **Establecimientos Medianos** (ej. plantas de consumo interno o exportadores menores): **4 a 10 terminales**.
- **Establecimientos Grandes** (ej. plantas exportadoras de gran escala, como las listadas por el SAG): **10 a 20 terminales**.

3.2.3. Cálculo del Mercado Potencial

Multiplicando el número de establecimientos por la cantidad promedio de terminales, se puede estimar el Mercado Total Abordable (TAM). Asumiendo una distribución conservadora de tamaños de planta y un promedio general de 8 terminales por establecimiento, el mercado potencial se situaría entre 2800 y 3.600 unidades instaladas en todo el país. Considerando un ciclo de vida de 5-7 años para estos equipos, esto representa un **mercado de reposición y nueva instalación de aproximadamente 400 a 700 unidades anuales**, constituyendo una oportunidad de negocio sustancial para un producto de fabricación nacional.

3.3. Identificación de Oportunidades de Mejora y Ventajas Competitivas

El análisis de la competencia y del mercado revela un claro conjunto de oportunidades que el diseño propuesto está posicionado para capitalizar. Las ventajas competitivas del producto se pueden resumir en cuatro pilares fundamentales [1]:

1. **Rendimiento superior**: La incorporación de un procesador Intel Core i5, 8 GB de RAM y almacenamiento SSD M.2 sitúa al equipo en una categoría de rendimiento muy por encima de los sistemas basados en Celeron, garantizando la capacidad de ejecutar software moderno sin demoras y mejorando la productividad del operario.
2. **TCO drásticamente Inferior:** Aunque el objetivo es un precio de venta competitivo, la principal ventaja económica reside en el TCO. La disponibilidad de soporte técnico local, la facilidad de reparación y el acceso a repuestos eliminan los costos ocultos asociados a los equipos importados (tiempos de inactividad, canibalización de unidades), ofreciendo un valor a largo plazo inigualable.

3. **Diseño específicamente optimizado para el entorno:** A diferencia de los PC industriales genéricos, este diseño ha sido concebido desde cero considerando las condiciones únicas de la industria frigorífica argentina: carcasa de acero inoxidable 304 para resistir la corrosión química, diseño geométrico higiénico para cumplir con normativas alimentarias, y una pantalla resistiva para una operación fiable con guantes.
4. **Soporte y garantía local:** La fabricación y el soporte a través de una empresa nacional, ofrece una ventaja estratégica invaluable. Los clientes pueden beneficiarse de tiempos de entrega más cortos, comunicación directa con los desarrolladores para posibles personalizaciones y una respuesta inmediata a sus necesidades de servicio técnico.

Capítulo 4: Diseño y desarrollo del equipo

Este capítulo constituye el núcleo de ingeniería del proyecto, donde se traducen los requerimientos y análisis previos en soluciones técnicas concretas. Se detalla la metodología de diseño de producto seguida, la evolución desde el primer prototipo hasta el diseño final, el desarrollo de los subsistemas críticos y el análisis de las tecnologías de fabricación.

4.1. Croquis general del equipo y disposición de componentes

El diseño conceptual parte de la integración de componentes electrónicos estándar en una carcasa a medida. Los componentes de entrada para el desarrollo del prototipo son:

1. **Display:** 15.6” con resolución 1920x1080
2. **Touch**:18.5” táctil con tecnología resistiva
3. **Mother**: Microprocesador Intel® i5 con RAM DDR4 8GB y disco SSD NVME de 256 GB

En las *figuras 4-1, 4-2 y 4-3* se muestran la disposición general del equipo y sus componentes principales:

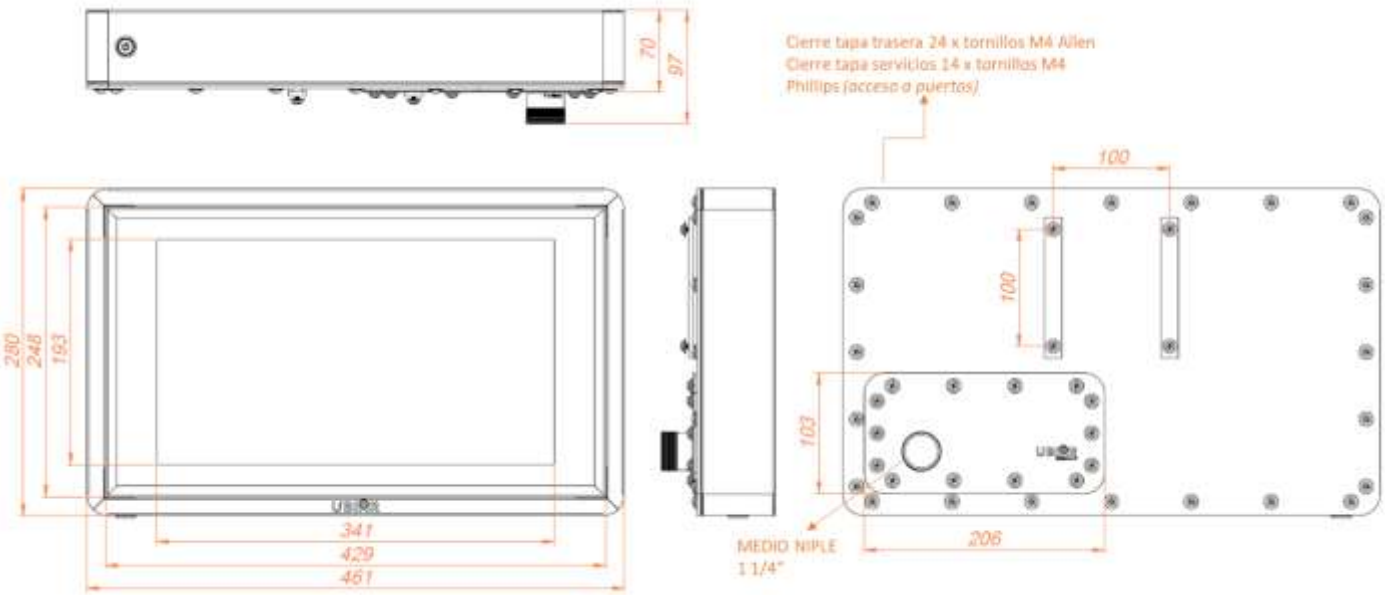


Figura 4-1: Croquis general del equipo

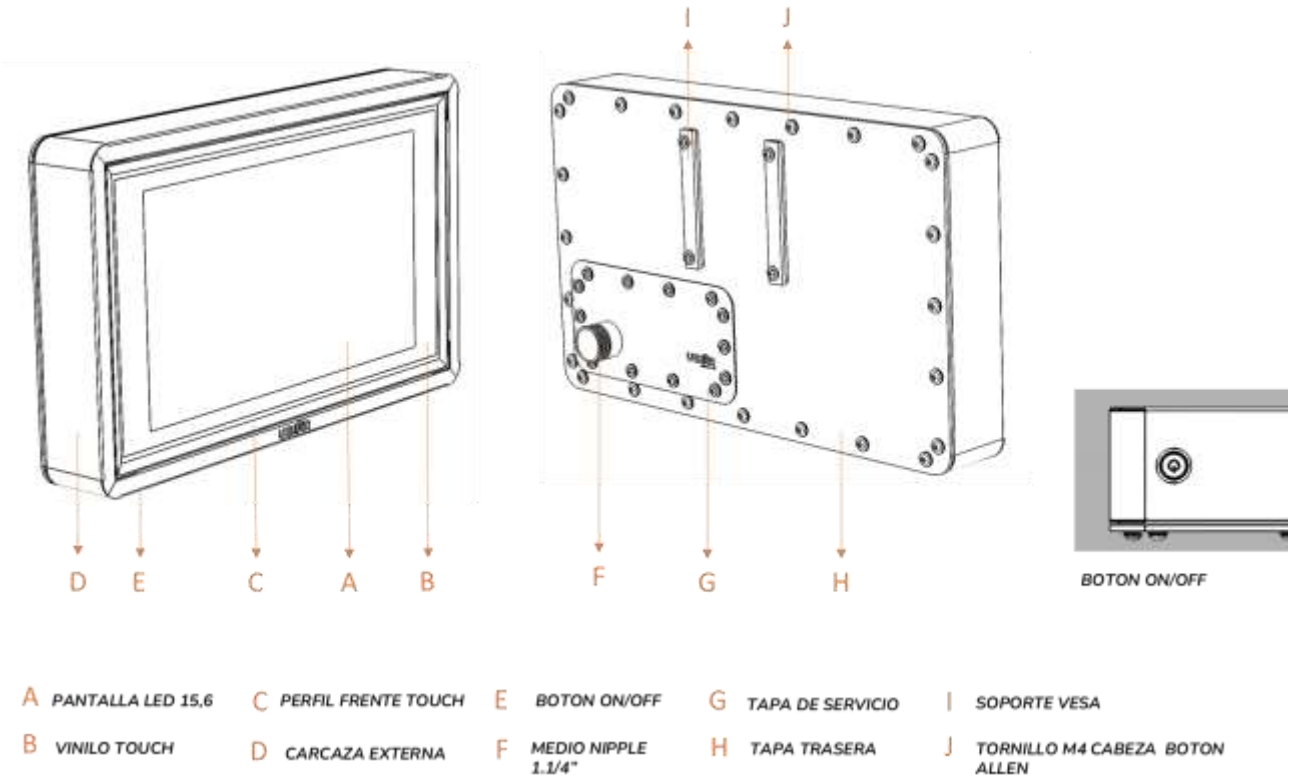


Figura 4-2: descripción de las partes principales de la terminal

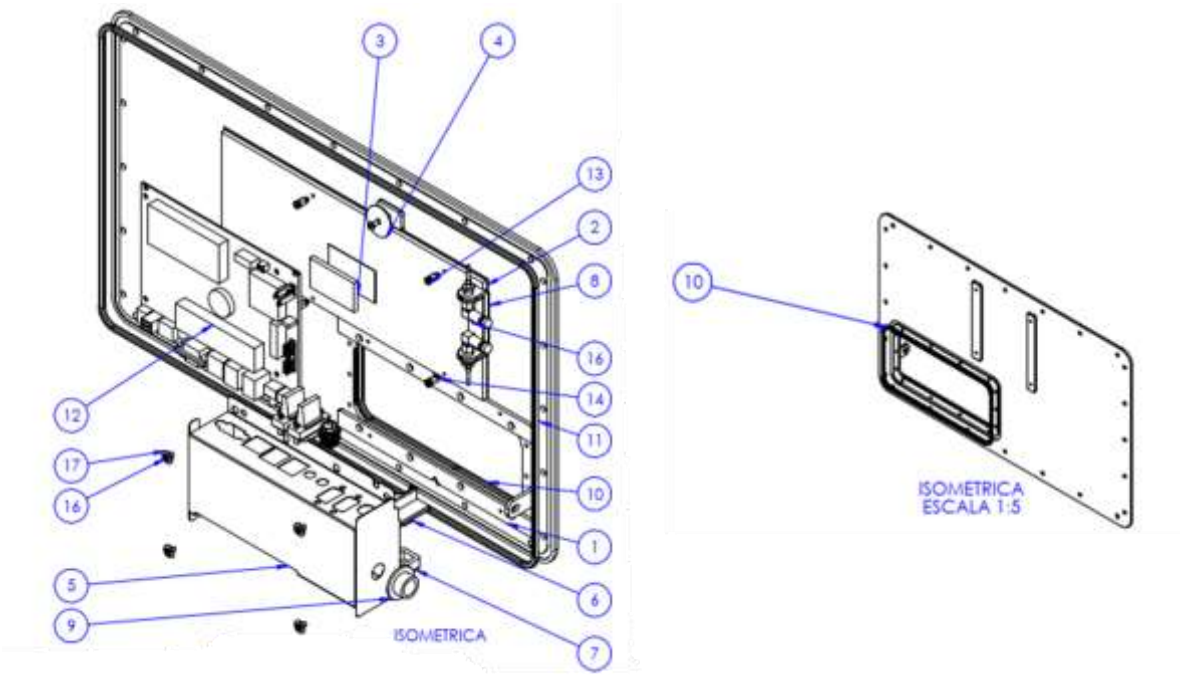


Figura 4-3: Despiece de la tapa trasera y sus componentes

Tabla 4-1: Componentes *principales* de la tapa trasera

ITEM	DENOMINACION
1	TAPA TRASERA
2	ALUMINIO SOPORTE MOTHER
3	DISIPADOR
4	AR. PRISIONERA MOTHER
5	CAJA PUERTOS
6	SOPORTE ANTENA WIFI
7	ANTICAIDA TOR SEG
8	MOTHER C/2 COM & DC in (FICHA Gx 12)
9	TOR. CAB. AVE. PHILIPS M3x5
10	SEP HEXM3 - MACHO 5mm+3
11	TOR. CAB. FIJADORA PHILIPS M3 x 6
12	AR. PLANA M3
13	BURLETE SILICONA

Mediante *las figuras 4-1, 4-2 y 4-3 y tabla 4-1* podemos tener una idea general del equipo con el cual se realiza el primer diseño y prototipo para ensayo.

4.2. Metodología de diseño de producto: Un enfoque iterativo

El desarrollo de un producto con este tipo de requerimientos tan específicos y exigidos como esta terminal industrial no es un proceso lineal, sino un ciclo iterativo de diseño, prototipado, prueba y mejora. Este enfoque iterativo permite validar las hipótesis de diseño en etapas tempranas, identificar fallas y converger hacia una solución robusta y fabricable.

El proceso de diseño seguido en este proyecto se puede desglosar en las siguientes fases:

1. **Definición de requerimientos:** A partir del análisis de las condiciones de operación (Capítulo 1) y las normativas aplicables (Capítulo 2), se establecieron las especificaciones técnicas y funcionales que el producto debía cumplir (rendimiento, protección IP66, diseño higiénico, entre otros).
2. **Diseño conceptual y prototipado:** Se generaron los primeros conceptos de diseño y se procedió a la construcción de un prototipo físico. El prototipo es una herramienta fundamental para materializar las ideas y someterlas a pruebas en el mundo real.
3. **Ensayos y validación:** El prototipo se somete a un riguroso plan de ensayos para verificar si cumple con los requerimientos definidos. Esta etapa es crucial para obtener retroalimentación objetiva sobre el desempeño del diseño.
4. **Análisis y mejora:** Los resultados de los ensayos se analizan para identificar las desviaciones y sus causas raíz. Con esta información, se refina el diseño, se

ajustan las tecnologías de fabricación y se seleccionan nuevos componentes si es necesario.

5. **Iteración:** El ciclo se repite, construyendo un nuevo prototipo mejorado y sometiéndolo nuevamente a pruebas, hasta que se alcanzan todos los objetivos de diseño.

4.2.1. Del concepto a la realidad: La evolución a través del prototipado

La aplicación práctica de esta metodología fue clave en el desarrollo de la terminal. El camino hacia el diseño final implicó un proceso de aprendizaje a través de la fabricación y prueba de prototipos sucesivos.

- **4.2.1.1. El prototipo inicial: Un fracaso necesario**

En una primera fase, se desarrolló un prototipo inicial con el objetivo de validar el concepto general y la integración de los componentes electrónicos. Para acelerar el proceso y minimizar la inversión inicial, se recurrió a tecnologías y proveedores locales de fácil acceso. La carcasa se manufacturó mediante un proceso de plegado y soldado TIG de chapa de acero inoxidable, un método común y flexible para producciones de bajo volumen.

Sin embargo, al someter este primer modelo a los ensayos de estanqueidad en el taller, los resultados fueron negativos: el prototipo no alcanzó el grado de protección IP66 requerido en todas sus caras.

El análisis de la falla reveló que el proceso de fabricación, de naturaleza artesanal, introducía deformaciones por el calor de la soldadura y acumulaba tolerancias dimensionales que eran incompatibles con un sellado de alta precisión en la zona de la tapa trasera y de servicios. Las uniones, a pesar del esfuerzo, no lograban la planitud y consistencia necesarias para que la junta de silicona y arandelas de silicona trabajara de manera óptima, permitiendo el ingreso de agua bajo los chorros a presión del ensayo. En cuanto al frente y laterales, si se pudo garantizar su estanqueidad.

Dicho diseño y análisis está detallado en el **Anexo B**.

- **4.2.1.2. La segunda iteración: Hacia la precisión y la manufactura avanzada:**

Este primer resultado, aunque negativo, fue una lección fundamental. Quedó claro que para cumplir con la exigente norma IP66, era indispensable un salto cualitativo en la

precisión de la manufactura de la carcasa. Esto condujo a una reevaluación completa de la estrategia de fabricación y de la cadena de suministro:

1. **Búsqueda de un proveedor tecnológico**: Se buscó y desarrolló un nuevo proveedor local con mayor capacidad tecnológica, capaz de implementar procesos de mayor precisión como la soldadura láser.
2. **Desarrollo de una cadena de suministro global**: Se reconoció que ciertos componentes críticos no estaban disponibles en el mercado nacional con las especificaciones requeridas. Por ello, se inició un proceso de desarrollo de proveedores del exterior para la importación de elementos clave como el conjunto de pantalla táctil resistiva con display integrado y fijaciones especializadas como tuercas remachables ciegas y standoffs ciegos, indispensables para garantizar la estanqueidad de los puntos de montaje internos. **Ver anexo D**

Esta segunda iteración, que combina manufactura local de alta precisión con una cadena de suministro global para componentes específicos, sentó las bases para el diseño final del producto.

4.3. Tecnologías de fabricación y sistema de fijación del diseño final

La experiencia con el primer prototipo demostró que la elección de la tecnología de unión y fijación es crítica para garantizar la estanqueidad y la calidad del producto final.

- **Soldadura Láser: Precisión y calidad para la estanqueidad**

La transición a la soldadura láser representó un salto cualitativo frente a la soldadura TIG. Esta tecnología utiliza un haz de energía altamente concentrado que minimiza la zona afectada por el calor (ZAC), reduciendo drásticamente la distorsión del material. Esto permite mantener tolerancias dimensionales muy ajustadas, lo cual es fundamental para un sellado IP66 perfecto. Aunque el costo del equipo es mayor, la velocidad del proceso y la calidad superior del acabado, que a menudo elimina la necesidad de repasado, la convierten en la opción más eficiente y fiable para la producción seriada. Además, el proveedor seleccionado, cuenta con brazo robótico para realizar los procesos de soldadura, lo cual garantizan la estanqueidad, repetibilidad y calidad de la misma.

- **Fijaciones Mecánicas: Remaches y stand off ciegos**

Para la fijación de componentes, se optó por insertos mecánicos en lugar de roscar el bastidor trasero de carcasa, lo que podría introducir puntos de ingreso de agua ante la falla de los sellos (Ver anexo D).

  - Los remaches roscados hexagonales se instalan en perforaciones con la misma forma, lo que le confiere una resistencia al torque muy superior a los remaches redondos, garantizando una fijación segura de los componentes internos.
  - La elección de la variante ciega o sellada es crucial para la estanqueidad: A diferencia de un remache pasante, el remache ciego está cerrado en un extremo, impidiendo que fluidos o contaminantes puedan atravesar el punto de fijación desde el exterior hacia el interior del gabinete, una condición indispensable para cumplir con la norma IP66.

4.4. Diseño del sistema de sellado para estanqueidad IP66

Lograr y mantener una protección IP66 en un entorno tan agresivo es un desafío de diseño fundamental. La solución se basa en un enfoque de doble barrera: una geometría de carcasa que repele el agua y un sistema de junta de compresión de alta integridad.

4.4.1. Diseño de trampas de agua y geometría de la carcasa

La primera línea de defensa es pasiva y se basa en la forma de la carcasa y el sistema de fijación con la tapa trasera. Para ello, se diseña con un sistema de "laberinto" o "trampa de agua". Esto implica un borde sobresaliente en la parte superior del cuerpo de la carcasa que se superpone con la tapa trasera, creando un canal que desvía el agua que escurre por la pantalla lejos de la junta de sellado crítica. Este detalle de diseño reduce significativamente la carga de agua directa sobre el sello, aumentando la fiabilidad a largo plazo del sistema.

En la *figura 4-4* se detalla el tipo de trampa seleccionada, ya sea para la carcasa y tapa trasera, como así también para la tapa trasera y tapa de servicios.

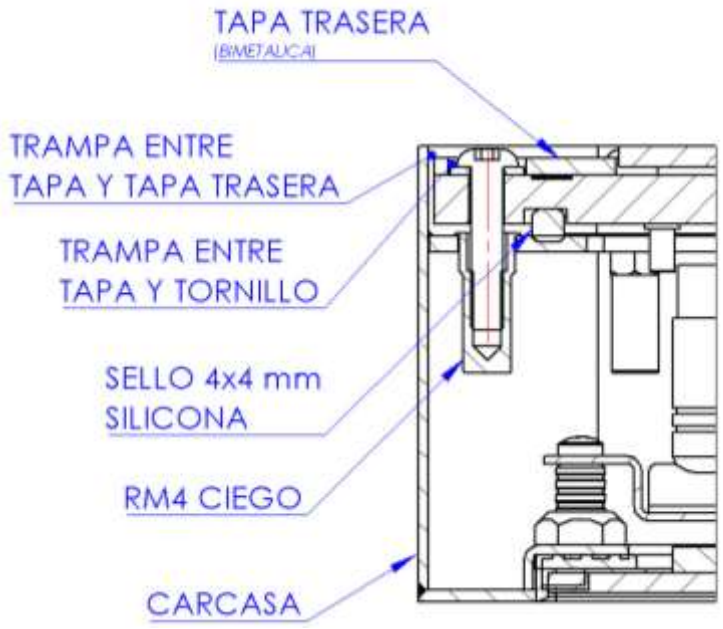


Figura 4-4: Diseño de trampa

4.4.2. Selección y cálculo de la junta de sellado

La barrera final contra el ingreso de líquidos es la junta de compresión. Los siguientes puntos se debatieron con un proveedor local de juntas.

- **Selección del material:** El material elegido para la junta es la **silicona de grado alimenticio**, el mismo será **de dureza 20 Shore A**. Este elastómero es ideal para la aplicación por su excelente rango de temperatura de trabajo, su excepcional resistencia a los agentes químicos de limpieza (tanto alcalinos como ácidos) y su cumplimiento con normativas internacionales como las de la FDA, lo que garantiza que no contaminará el producto alimenticio en caso de contacto incidental [21].
- **Diseño de la junta y alojamiento**: Se propondrá una junta de perfil de **4x4 mm** que se alojará en una ranura o **canal mecanizado de 5x1,5 mm** en una de las caras de la unión. El diseño de esta ranura es crucial: su profundidad y anchura se calculan para permitir un porcentaje de compresión controlado de la junta cuando se aprietan los elementos de fijación.
- **Cálculo Conceptual de la Compresión**: Para garantizar la estanqueidad, la presión ejercida por la junta comprimida sobre las superficies de sellado debe ser superior a la presión externa del fluido. El cálculo para asegurar esto implica varios pasos conceptuales:

- **Definir la compresión requerida:** Para elastómeros como la silicona, un porcentaje de compresión típico para un **sellado estático eficaz es del 30% de su altura original**, en este caso sería de **1.2 mm**.
- **Determinar la fuerza de sellado por unidad de longitud:** Utilizando las curvas de fuerza-deflexión del fabricante de la junta (que dependen del durómetro o dureza del material), se puede determinar la fuerza necesaria por unidad de longitud de la junta para lograr la compresión deseada.
- **Calcular la fuerza total requerida**: Se multiplica la fuerza por unidad de longitud por el perímetro total de la junta para obtener la fuerza de compresión total que deben ejercer los tornillos.

A continuación, se realiza el cálculo de la junta, para el mismo planteamos las siguientes hipótesis y elementos de partida:

- Material de la Junta: Silicona, dureza 20 Shore A.
- Sección: Cuadrada, 4 mm x 4 mm (Ancho w = 4 mm, Altura h = 4 mm).
- Perímetro de Sellado (L): 1250 mm.
- Módulo de Young (E) para Silicona 20 Sh A: 0,4 MPa (0,4 N/mm²).
- Porcentaje de Compresión (ε): 30% (deformación de 1,2 mm).
- Fijaciones: 24 tornillos M4 de acero inoxidable.
- Coeficiente de Fricción (K): Se asume un coeficiente de torque K = 0,2 para tornillos de acero inoxidable sin lubricación.

Desarrollo del cálculo de la junta

1. Cálculo de la fuerza de compresión total requerida (F_{total}):

Primero, se calcula la presión de sellado (σ – *ecuación 4-1*) y la fuerza por unidad de longitud (F' – *ecuación 4-2)*.

Ecuación 4-1: presión de sellado: $\sigma = E \frac{\Delta h}{h}$

$$\sigma = 0{,}4 \ {}^{N}/_{mm^2} \ x \ \frac{1{,}2 \ mm}{4 \ mm} = 0{,}12 \ {}^{N}/_{mm^2}$$

Ecuación 4-2: fuerza por unidad de longitud:

$$F' = \sigma \ x \ w$$

$$F' = 0{,}12 \ {}^{N}/_{mm^2} \ x \ 4 \ mm = 0{,}48 \ {}^{N}/_{mm}$$

Luego, en la *ecuación 4-23*, se calcula la fuerza total necesaria para todo el perímetro.

Ecuación 4-3: fuerza total:

$$F_{total} = F' \; x \; L$$

$$F_{total} = 0{,}48 \; {}^{N}/_{mm} \; x \; 1250 \; mm = 600 \; N$$

2. Cálculo de la fuerza de apriete por tornillo ($F_{tornillo}$):

La *ecuación 4-4* determina la fuerza por tornillo, ya que, a fuerza total se distribuye entre los 24 tornillos.

Ecuación 4-4: fuerza por tornillo:

$$F_{tornillo} = F_{total} \; / \; n$$

$$F_{tornillo} = \frac{600 \; N}{24} = 25 \; N$$

3. Cálculo del torque de apriete requerido (T):

El torque se calcula utilizando la fórmula simplificada (*ecuación 4-5)* que relaciona la fuerza de apriete (precarga) con el torque.

Ecuación 4-5: torque por tornillo:

$$T = K \; x \; F_{total} \; x \; d$$

Donde “d” es el diámetro nominal del tornillo (4 mm = 0,004 m).

$$T = 0{,}2 \; x \; 25 \; N \; x \; 0{,}004 \; \text{m} = 0.02 \; \text{Nm}$$

Conclusión del cálculo de la junta

El resultado indica que se requiere un torque de apriete de solo 0,2 Nm por tornillo. Este es un valor de torque extremadamente bajo, lo que en la práctica significa que los tornillos deben ser ajustados "al llegue" más una fracción de vuelta, sin aplicar una fuerza significativa. Este bajo requerimiento de torque asegura que no se deformará la carcasa ni se dañará la junta, mientras que el alto número de fijaciones (24) garantiza una distribución de presión perfectamente uniforme, logrando así la estanqueidad IP66 de manera fiable y repetible.

Al realizar los ensayos, se determina que ese torque para la deformación de 1,2 mm no alcanza, pero sirve de punto de partida, al realizarse varias pruebas, se determina que el torque óptimo para dicha deformación y sellado es de 0,75 Nm.

4.5. Verificación del sistema de disipación térmica pasiva

Al ser un diseño "fanless", la disipación térmica se convierte en una tarea de ingeniería crítica. Todo el calor generado por los componentes electrónicos debe ser conducido eficientemente hacia el exterior y disipado al ambiente. Se ha diseñado un sistema de disipador bimetálico que utiliza la tapa trasera del equipo, compuesta por una placa interna de aluminio y una externa de acero inoxidable para que todo el exterior del equipo sea de acero inoxidable.

4.5.1. Determinación de la carga térmica (TDP)

El principal componente generador de calor es el procesador. El proyecto especifica un Intel Core i5. Para una aplicación embebida y fanless, se seleccionaría una versión de bajo consumo, típicamente de la "Serie T" o una variante embebida. Estos procesadores tienen una Potencia Base del Procesador (PBP), anteriormente conocido como TDP (Thermal Design Power), que es significativamente menor que sus contrapartes de escritorio. Para el cálculo, se asumirá un valor conservador para un procesador de esta clase, por ejemplo, 35 W. Este valor representa la cantidad de calor (Q) que el sistema de enfriamiento debe ser capaz de disipar de forma continua bajo una carga de trabajo sostenida [20].

4.5.2. Cálculo de transferencia de calor

El objetivo es asegurar que la temperatura de la unión del procesador ($T_{funcionamiento\ max}$) nunca exceda el límite especificado por el fabricante (típicamente 100 °C) [20]. El objetivo es verificar si la tapa trasera lisa (sin aletas) es suficiente para disipar el calor generado por el CPU.

A continuación, se realiza la verificación de disipación de calor, para el mismo planteamos las siguientes hipótesis y elementos de partida:

- Potencia a Disipar (Q): 35 W.
- Temperatura máxima del CPU: $T_{funcionamiento\ max}$ = 100 °C = 373ºK.
- Temperatura ambiente máxima: $T_{amb\ max}$ = 40 °C = 313 ºK.
- Resistencia Térmica (CPU-Disipador): 1,0 °C/W = 1,0 ºK/C
- Área de disipación según diseño propuesto A = 0,0789 m².
- Conductividad térmica:
    - $a_{luminio}$ = 229 W/m·K; (aluminio seleccionado 1050H14)
    - $k_{aisi304}$ = 16,2 W/m·K; (acero inoxidable seleccionado AISI304)

Desarrollo del cálculo de transferencia de calor:

1. Cálculo de la resistencia térmica total máxima admisible ($R_{total\ max}$): Es la resistencia máxima que puede tener el sistema para que el CPU no supere su temperatura límite (*ecuación 4-6).*

Ecuación 4-6: resistencia térmica total máxima admisible

$$R_{total\ max} = \frac{T_{funcionamiento\ max} - T_{amb\ max}}{Q}$$

$$R_{total\ max} = \frac{373\ ºK - 313º\ K}{35\ W} = 1{,}71º\frac{K}{W}$$

2. Cálculo de la resistencia térmica por conducción del disipador ($R_{disipador}$): Para obtener la resistencia del disipador, se deberán sumar (*ecuación 4-7)* las resistencias de las placas de aluminio y acero (*ecuación 4-8)*.

Ecuación 4-7: resistencia térmica por conducción disipador bimetálico

$$R_{cond\ disipador} = R_{al} + R_{ss}$$

Ecuación 4-8: resistencia térmica por material

$$R_{material} = \frac{e_{material}}{k_{material}\ x\ A}$$

$$R_{al} = \frac{0{,}006\ m}{229\ \frac{W}{m\,k}\ x\ 0{,}0789\ m^2} = 0{,}00033\ K/W$$

$$R_{al} = \frac{0{,}002\ m}{16{,}2\ \frac{W}{m\,k}\ x\ 0{,}0789\ m^2} = 0{,}00156\ K/W$$

De la *ecuación 4-7* la resistencia térmica del disipador $R_{disipador}$ es de:

$$R_{cond\ disipador} = ,00033\frac{K}{W} + 0{,}00156\frac{K}{W} = 0{,}00189\ K/W$$

Como se observa, la resistencia a la conducción de la tapa metálica es despreciable.

3. Cálculo de la resistencia disipador-ambiente requerida (R_{sa}): Esta es la resistencia que debe ofrecer la superficie externa al aire (*ecuación 4-9)*.

Ecuación 4-9: resistencia disipador-ambiente requerida:

$$R_{sa\ requerida} = R_{total\ max} - (R_{cpu-disipador} + R_{cond\ disipador})$$

$$R_{sa\ requerida} = 1{,}71\frac{K}{W} - \left(1{,}0\frac{K}{W} + ,00189\frac{K}{W}\right) = 0{,}71\ K/W$$

4.5.3. Verificación de la capacidad de disipación de la tapa lisa

Para que la tapa lisa sea suficiente, su resistencia térmica natural al ambiente ($R_{_sa,real}$) (e*cuación 4-10)* debe ser menor o igual a la requerida ($R_{sa,requerida}$). La resistencia real depende del coeficiente de transferencia de calor por convección y radiación (h) (e*cuación 4-11)*.

Ecuación 4-10: resistencia real:

$$R_{sa\ real} = \frac{1}{h\ x\ A}$$

Despejando “h” de la ecuación 4-10 quedaría:

Ecuación 4-11: coeficiente de radiación:

$$h \geq \frac{1}{R_{sa\ real}\ x\ A}$$

$$h \geq \frac{1}{0{,}71\frac{K}{W}\ x\ 0{,}0789\ m^2} = 17{,}8\frac{W}{m2}K$$

Conclusión del cálculo de disipación

Un coeficiente de transferencia de calor combinado (convección + radiación) de **17,8 W/m²·K es un valor alcanzable por una superficie vertical lisa en condiciones de convección natural.** Por lo tanto, se concluye que el diseño de **la tapa trasera lisa**, con su **área de 0,0789 m², es suficiente para disipar** la carga térmica de **35 W** y mantener el equipo operando dentro de los márgenes de seguridad, sin necesidad de incorporar aletas de disipación adicionales.

Adicionalmente, se realiza **un ensayo** *(figura 4-5)* **para verificar el correcto funcionamiento de la disipación pasiva**, para ello se acondicionó una sala a 40ºC y mediante una programación por software se lleva el funcionamiento de la CPU al crítico y se verifica que el equipo funciona correctamente sin llegar a su límite de seguridad de operación.



Figura 4-5: ensayo disipador.

4.6. Diseño final

Esta sección consolida las decisiones de diseño en una especificación final del producto. En la *figura 4-6: Descripción del diseño y seleccionado* se puede observar los criterios descriptos con anterioridad aplicados en el diseño.

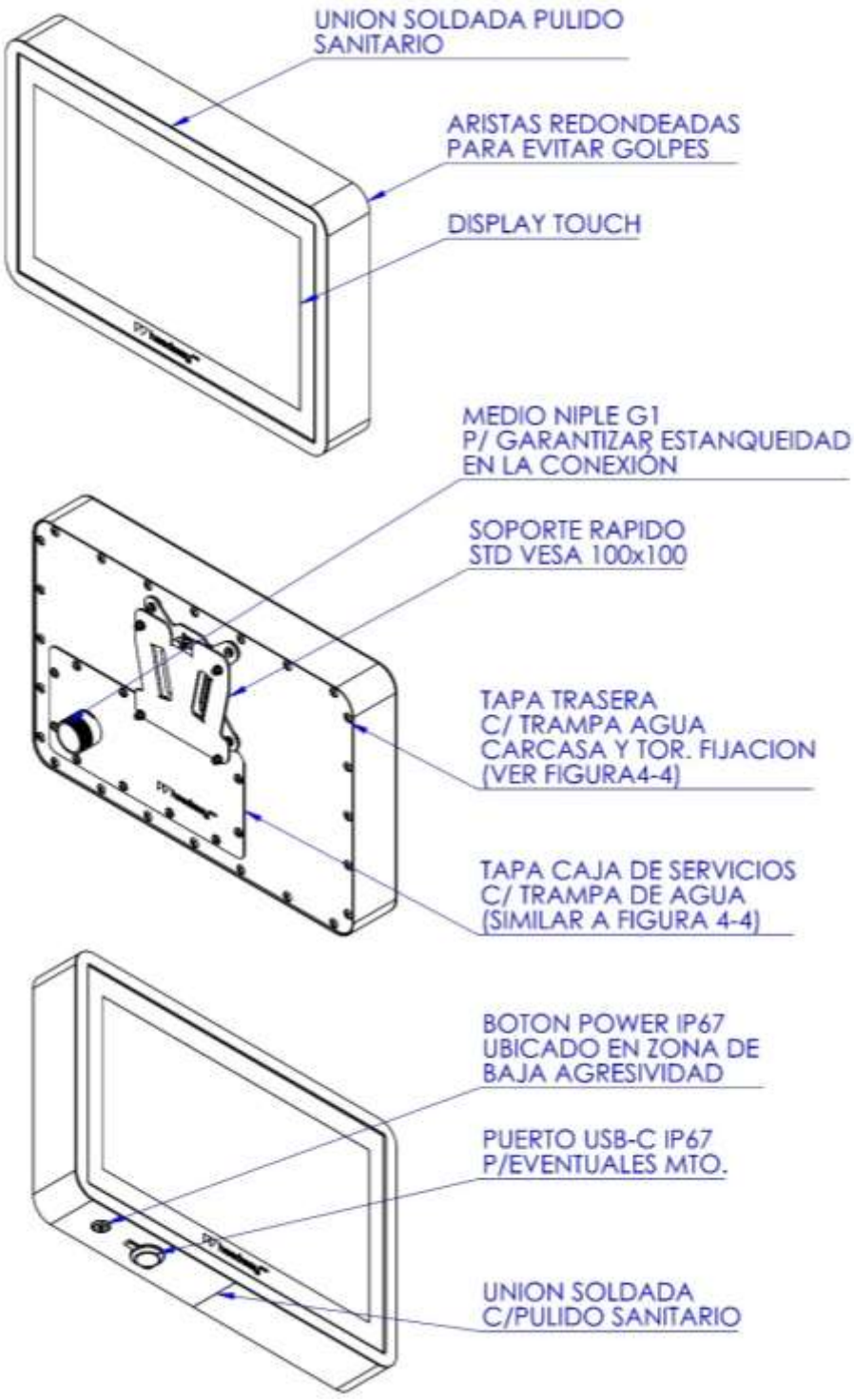


Figura 4-6: Descripción del diseño y seleccionado

En la *figura 4-7 diseño de tapa trasera*, se podrán notar todos los componentes involucrados en la estanqueidad del sistema, como así también los componentes electrónicos y la tecnología de fijación utilizada, con el fin mantener el grado de protección contra el agua deseado y que tenga un proceso de ensamblaje lo más simple posible.

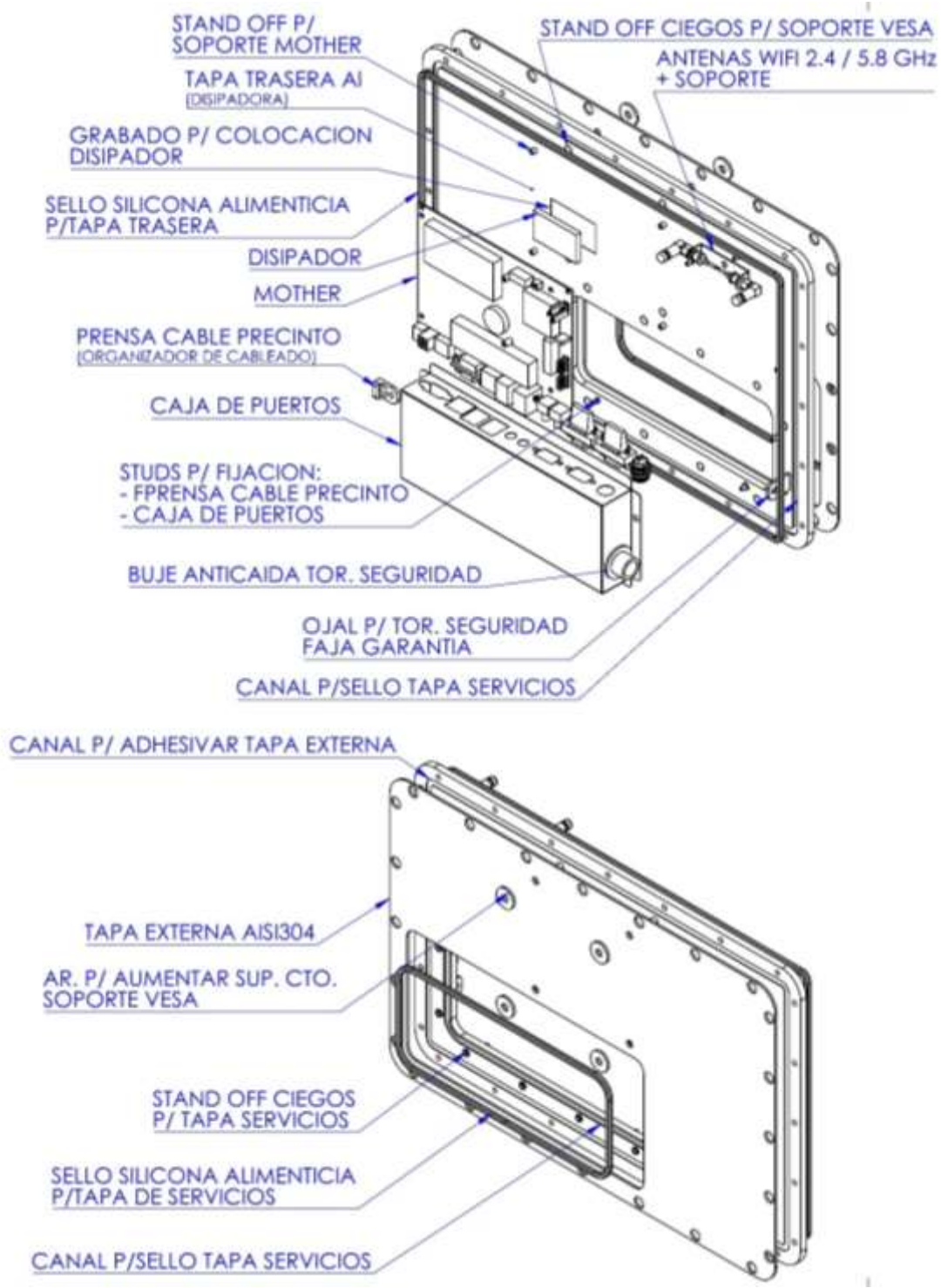


Figura 4-7 diseño de tapa trasera

Su contraparte también está diseñada con los requisitos de aptitud alimenticia, y también tiene en consideración elementos de fijación que garantizan facilidad de armado y aseguran el grado de estanqueidad deseado. En la *figura 4-8 diseño de carcasa,* se pueden observar estos puntos.

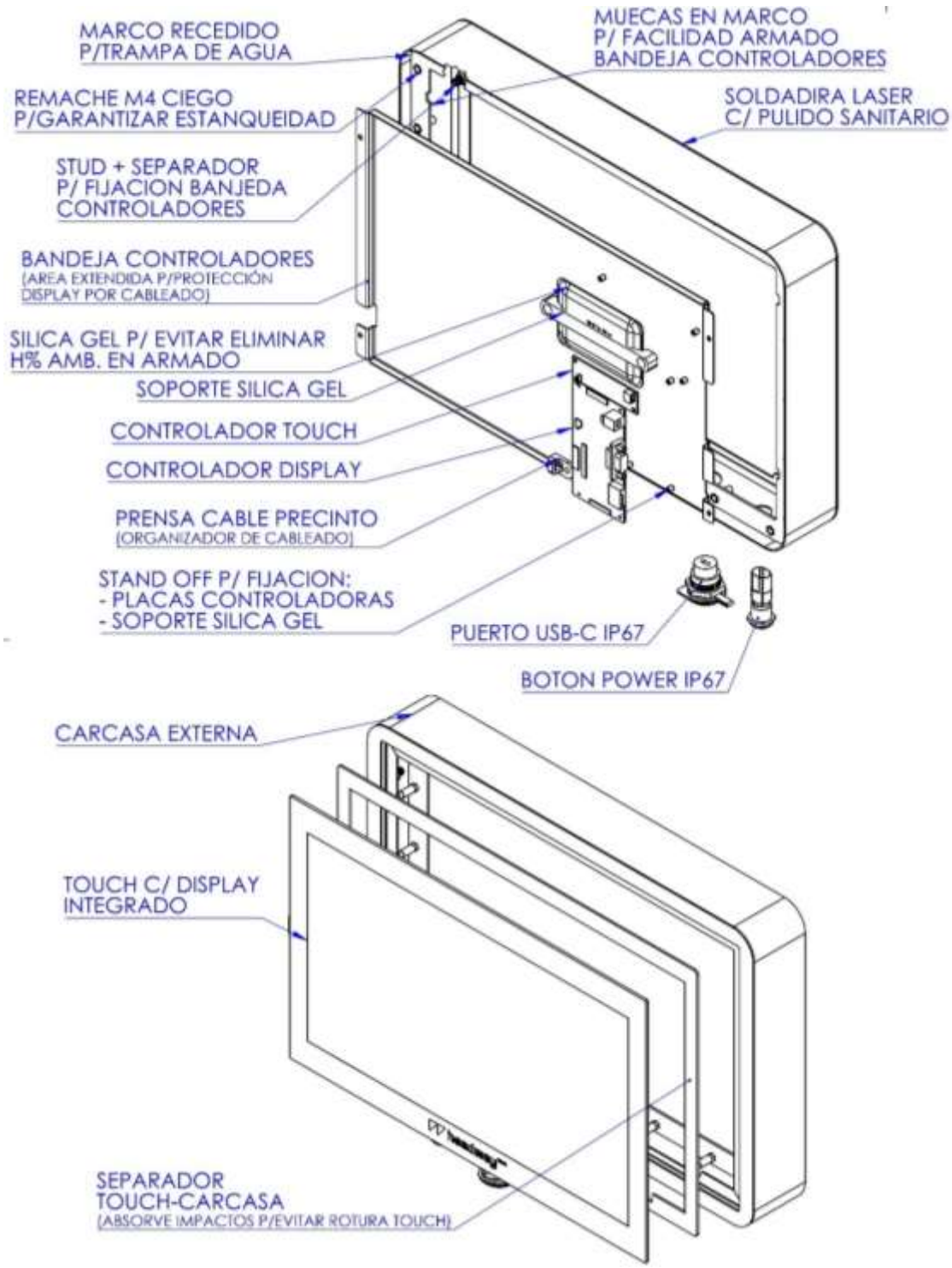


Figura 4-8 diseño de carcasa

En el **Anexo C** se encontrarán los planos de conjunto detallados y como así también el plano de la carcasa soldada, además se adjunta el reporte de ensayo IP66 en laboratorio certificado.

Es de gran importancia mencionar que las uniones selladas, serán realizadas sellador - adhesivo poliuretanito, el mismo ha sido seleccionado por su bajo grado de toxicidad ya que cumple con la norma NSF/ANSI 61, y además cumple con la resistencia al ataque químico, el mismo es **"DAP® Polyurethane Construction Sealant"**, la hoja de datos del mismo se encontrará en el **Anexo D.**

Se ha realizado el ensayo en taller de la misma forma que para el prototipo *(ver anexo B),* al tener resultados favorables, se envía la terminal a ensayar a un laboratorio certificado para poder obtener un reporte de ensayo IP66 cumplimentando toda la normativa vigente. El mismo se incorpora en el **Anexo C.**

En la *figura 4-9: terminal en situación de uso*, se puede observar el equipo ya instalado en un frigorífico.



Figura 4-9: terminal en situación de uso

4.6. Estimación de precio al consumidor

La realidad es que el cálculo del precio final para el usuario es una metodología compleja. En este capítulo se plantea una aproximación como para evaluar la viabilidad técnica económica. El cálculo debe tener en cuenta al menos los siguientes parámetros:

1. Costo de materiales: es el costo de todos los elementos intervinientes en la terminal
2. Costos Directos de Producción: corresponde a la mano de obra, horas de ensamblaje, configuración de software y pruebas de calidad por cada unidad.
3. Costos Indirectos (Gastos Generales): Amortización de I+D, el costo de todo el desarrollo (ingeniería, prototipos fallidos) se distribuye entre las unidades que se esperan vender.
4. Costos Operativos: Alquiler, salarios administrativos, marketing, ventas.
5. Soporte y Garantía: Se debe contemplar un fondo para cubrir posibles reparaciones en garantía.
6. Margen de Ganancia: El beneficio que la empresa desea obtener por cada unidad vendida.
7. Impuestos: Principalmente el IVA (21%), Ingresos Brutos y otros impuestos sobre las ganancias.

En la *tabla4-2: costeo de terminal*, se podrá observar los costos relacionados a la fabricación per sé. A este costo, se le debe agregar el margen de ganancia (que para este caso se adopta el 50%) y los impuestos nacionales, que solo se tomará el I.V.A. al 21%.

Tabla 4-2: Costeo de terminal:

Categoría	Componente	Especificación / Modelo	Origen	Costo Aprox. [USD]
Fabricación Mecánica	Carcasa, tapa trasera, disipador, tapa de servicio y soporte de placas controladoras	Según planos, construcción en Acero Inox. 304 y Aluminio 1050, con soldadura láser y pulido sanitario.	Nacional	$ 500
Electrónica	Placa Madre (Motherboard) c/ CPU	Formato industrial Mini-ITX - Intel Core i5 (Serie T)	Importado	$ 280
Electrónica	Memoria RAM	8 GB DDR5 SO-DIMM	Importado / Nacional	$ 40
Electrónica	Almacenamiento	256 GB SSD M.2 NVMe	Importado / Nacional	$ 30
Interfaz	Conjunto Display + Táctil	15.6" Full HD + Táctil Resistivo	Importado	$ 220
Alimentación	Fuente de Alimentación	24V DC, Grado Industrial	Importado	$ 35
Mano de obra	Servicios	Mano de obra calificada para ensamble de terminal	Nacional	$ 107
Costos adicionales (estimados)	Varios	Costos indirectos, amortización I+D, costos operativos, soporte y garantía	Nacional	$ 553
		Subtotal costo fabricación		**$ 1.765**

Para determinar el precio de vena final, se utilizará la *tabla 4-3: Precio final al consumidor*.

Tabla 4-3: Precio final al consumidor:

Costo	Subtotal [USD]
Subtotal fabricación	$ 1.765
Margen de ganancia (50%)	$ 882
Impuestos Nacionales adoptados (21%)	$ 556
Precio final al consumidor	**$ 3.200**

Por lo tanto, un precio de venta final al usuario en Argentina podría rondar en USD3.200

Este precio seguiría siendo muy competitivo frente a los USD 5.000 de las alternativas importadas, pero ofreciendo un hardware superior y, lo más importante, soporte y garantía local, que es el principal argumento de venta del proyecto.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Este proyecto final ha abordado de manera integral el diseño y desarrollo de una terminal industrial de grado alimenticio, concebida como una solución tecnológica soberana para las necesidades específicas de la industria frigorífica argentina. El análisis de las condiciones operativas, los requerimientos normativos y el estado del mercado han permitido definir un producto que no solo compite, sino que supera a las soluciones importadas existentes en los aspectos más críticos para el usuario final. En el desarrollo de este trabajo se han podido cumplir con los objetivos principales y secundarios planteados en la introducción.

Síntesis de la Factibilidad Técnico-Económica

Desde el punto de vista técnico, el diseño propuesto es completamente factible. Se basa en la integración de componentes estándar de alto rendimiento disponibles en el mercado global, con una carcasa y subsistemas (sellado, disipación) que pueden ser fabricados con tecnologías y capacidades existentes en la industria metalmecánica argentina. Los cálculos de gestión térmica y de sellado demuestran que los objetivos de rendimiento y fiabilidad, incluyendo la operación fanless y la protección IP66, son alcanzables.

Desde la perspectiva económica, la viabilidad del proyecto es aún más contundente. La principal propuesta de valor no es solo un precio de compra potencialmente más bajo, sino un Costo Total de Propiedad (TCO) drásticamente reducido. Al ofrecer un producto con soporte técnico local, disponibilidad de repuestos y capacidad de reparación, se eliminan los costos ocultos y la incertidumbre asociados a los equipos importados. El análisis de mercado ha identificado una demanda potencial de miles de unidades, lo que representa una oportunidad significativa para la sustitución de importaciones y la consolidación de un proveedor tecnológico nacional en un sector estratégico de la economía.

Contribuciones y aspectos académicos relevantes

El valor académico de este trabajo reside en su enfoque integral y multidisciplinario de la ingeniería de producto. Más allá del diseño de un objeto, se ha realizado un ejercicio completo que abarca:

- **Ingeniería de requerimientos:** Traduciendo las necesidades operativas de un entorno industrial complejo y único en especificaciones técnicas cuantificables.

- **Diseño robusto:** Aplicando principios de diseño que consideran un ciclo de vida en un ambiente multi-estrés (químico, térmico, mecánico), superando la simple conformidad con un estándar.
- **Análisis de ingeniería:** Realizando cálculos de transferencia de calor y mecánica de sellado para justificar las decisiones de diseño críticas, de forma tal de tener punto de partida para el prototipado del producto y posteriores ensayos.
- **Ingeniería de manufactura:** Analizando y comparando tecnologías de fabricación desde una perspectiva técnico-económica, demostrando una comprensión de la relación entre el diseño, el volumen y el costo.

El diseño presentado constituye una base sólida, pero existen múltiples vías para su evolución y mejora en el futuro:

1. **Certificación Internacional:** Buscar la certificación del diseño por parte de entidades como EHEDG o 3-A para validar su cumplimiento con los más altos estándares de diseño higiénico y facilitar una eventual exportación del producto a otros mercados.
2. **Ampliación de la familia de productos**: Desarrollar una terminal de similares características, pero más económica, para poder ampliar el espectro de su comercialización a industrias o áreas que no requieran apto alimenticio y grado IP66, por ejemplo, para la industria metalmecánica, un equipo con carcasa de acero al carbono con pintura epoxi y grado de protección IP64, bajaría considerablemente los costos, manteniendo una funcionabilidad óptima para ese tipo de entornos.
3. **Exploración de materiales alternativos**: Investigar el uso de polímeros de grado alimenticio de alta resistencia para ciertas partes de la carcasa, lo que podría reducir el peso y el costo sin comprometer la higiene ni la robustez.
4. **Integración de tecnologías adicionales**: Incorporar lectores de RFID o escáneres de códigos de barras directamente en la carcasa para ofrecer una solución de captura de datos aún más integrada.

En definitiva, este proyecto demuestra que es posible, a través de la ingeniería nacional, desarrollar soluciones tecnológicas de vanguardia que respondan a las necesidades reales de nuestra industria, generando valor, soberanía tecnológica y competitividad.

Recomendaciones

El desarrollo de un producto tecnológico de alta especificidad, como la terminal industrial IP66 para la industria alimentaria, presenta una serie de desafíos que trascienden el mero ejercicio de diseño. La ejecución de este proyecto ha permitido identificar una serie de

aprendizajes y áreas críticas cuya consideración puede ser de gran valor para futuros trabajos de ingeniería que busquen abordar problemáticas similares en el contexto industrial argentino. Las siguientes recomendaciones se presentan con el objetivo de servir como guía y punto de partida para emprendimientos análogos.

El desafío central: El diseño para la estanqueidad y el panorama del sector industrial nacional.

El principal desafío técnico del presente proyecto fue, sin lugar a dudas, lograr y garantizar el grado de protección IP66. Esta tarea, que a priori podría parecer una simple cuestión de selección de componentes, se revela como un complejo problema de ingeniería de detalle, agravado por las particularidades del tejido industrial local.

Una recomendación fundamental para futuros desarrollos es **abordar el diseño del sistema de sellado como un subsistema crítico** desde las etapas más tempranas del proyecto. Esto implica dos acciones paralelas e ineludibles:

- **Pre dimensionamiento analítico riguroso:** Antes de cualquier contacto con proveedores, es imperativo realizar un pre dimensionamiento exhaustivo de la junta de sellado. Como se demostró en el Capítulo 4, el cálculo de la fuerza de compresión y el torque de apriete necesario no solo valida la viabilidad del diseño, sino que se convierte en la principal herramienta técnica para la especificación del componente. La escasez de proveedores locales dispuestos a entregar muestras para ensayos preliminares hace que la simulación y el cálculo sean la única vía para reducir la incertidumbre. Llegar a un proveedor con una especificación técnica clara y justificada (dureza, sección, material y compresión requerida) es radicalmente distinto a solicitar "una junta que selle".
- **Estrategias de diseño para la integridad del sellado:** El sello elastomérico debe ser la última barrera de defensa, no la primera. Es crucial diseñar la geometría de la carcasa de manera "defensiva", incorporando trampas de agua y laberintos en todas las uniones. Estos detalles constructivos, como los solapamientos que desvían el flujo de agua lejos de la línea de sellado, reducen drásticamente las exigencias que se someten a la junta, minimizando la presión directa del fluido y la exposición a agentes químicos. Un buen diseño geométrico es la forma más robusta y económica de aumentar la fiabilidad del sellado a largo plazo.

Desarrollo de proveedores y cadena de suministro:

Otra de las grandes limitantes del proyecto fue la dificultad para conseguir componentes estancos y de grado alimenticio en el mercado nacional. La industria argentina, en muchos rubros de componentes electrónicos y mecánicos de alta especificidad, ha sido descuidada, lo que resulta en una fuerte dependencia de la importación.

Para futuros proyectos, se recomienda enfáticamente iniciar un mapeo y desarrollo de proveedores de manera anticipada y paralela al diseño técnico. Muchos de los componentes críticos, como los remaches roscados ciegos, los standoffs sellados, los conectores USB-C estancos o los conjuntos de pantalla táctil industrial, no se fabrican localmente. La búsqueda de estos elementos implica inevitablemente contactar con proveedores internacionales, principalmente en Asia. Este proceso conlleva sus propias complejidades: barreras idiomáticas, largos tiempos de entrega y, fundamentalmente, mínimos de compra (MOQ - Minimum Order Quantity) muy elevados que dificultan la adquisición de muestras para prototipado.

Por lo tanto, la recomendación es no subestimar el tiempo y los recursos que demanda la gestión de la cadena de suministro. Es una tarea de ingeniería en sí misma, que requiere planificación, negociación y una estrategia clara para la validación de componentes antes de comprometerse con una compra de volumen.

La Manufactura: Calidad sanitaria y selección de proveedores

El cumplimiento de los requerimientos sanitarios no se limita a la elección de un material como el acero inoxidable AISI 304, sino que depende críticamente de la calidad del proceso de manufactura. Un acabado superficial rugoso o una soldadura porosa pueden convertir un diseño teóricamente higiénico en un foco de contaminación.

La recomendación en este aspecto es realizar una auditoría y selección de proveedores de manufactura basada en su capacidad demostrada para cumplir con estándares de calidad sanitaria. No todos los talleres metalmecánicos tienen la experiencia o el equipamiento para lograr un pulido sanitario con una rugosidad controlada ($Ra \leq 0.8 \mu m$) o para realizar soldaduras continuas y libres de poros que luego puedan ser repasadas hasta obtener una superficie lisa. Es fundamental visitar las instalaciones de los potenciales proveedores, solicitar muestras de trabajos anteriores y discutir en detalle los requerimientos de acabado superficial y tolerancias dimensionales antes de iniciar la fabricación.

Una reflexión final: El rol del estado en el fomento de la tecnología soberana

Finalmente, este proyecto pone de manifiesto una realidad ineludible: la Argentina posee el capital humano y la capacidad de ingeniería para desarrollar tecnología de punta, pero enfrenta serias limitaciones estructurales en su tejido industrial y en la disponibilidad de componentes. La dependencia de la importación para elementos que, si bien son específicos, no son de una complejidad inabordable, representa un cuello de botella para la innovación y un drenaje de divisas para el país.

A modo de recomendación final, que excede lo puramente técnico pero que es intrínseca al ejercicio de la ingeniería en nuestro contexto, se subraya la importancia de que el Estado participe activamente en la reactivación de la industria tecnológica nacional. Esto no implica una economía cerrada, sino la implementación de políticas industriales estratégicas que fomenten la producción local de componentes críticos, que incentiven la colaboración entre las universidades y las empresas, y que apoyen a las pymes tecnológicas que, apuestan por el desarrollo de tecnología soberana. Proyectos como el presentado demuestran que la capacidad existe; el desafío es construir el ecosistema que permita que estas iniciativas no sean la excepción, sino la norma.

Bibliografía

[1] Gonzalez, I. (2025). Entrevistas terminales industriales. Transcripción de entrevista – Anexo A.

[2] Alberto, M., et al. (2011). Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo en la Industria de la Carne Bovina. Superintendencia de Riesgos del Trabajo.

[3] ANMAT. (2018). Código Alimentario Argentino, Capítulo II: Condiciones Generales de las Fábricas y Comercios de Alimentos.

[4] Bisang, R., et al. (2008). Estructura de la oferta de carnes bovinas en la Argentina - Actualidad y evolución reciente. Cuadernillo Técnico N° 6, IPCVA.

[5] Schleining, G. (2018). Hygienic Design and Sanitation. ASIFOOD Short Term Training Course.

[6] INTI. (2023). Guía de Buenas Prácticas de fabricación e instalación de equipos de acero inoxidable para la industria alimentaria.

[7] Manzano, G., et al. (2012). La industria frigorífica argentina. Pasado, presente y futuro. Cuadernillo Técnico N° 13, IPCVA.

[8] EHEDG. (s.f.). Principios de Diseño Higiénico. https://www.ehedg.org/

[9] Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (2016). Manual de Buenas Prácticas / Frigoríficos Vacunos.

[10] ISO (International Organization for Standardization). (2007). *ISO 14159:2007: Seguridad de las máquinas — Requisitos de higiene para el diseño de las máquinas

[11] Committee of Stainless Steel Producers, American Iron and Steel Institute. (1993). Design Guidelines for the Selection and Use of Stainless Steels. American Iron and Steel Institute.

[12] IEC (International Electrotechnical Commission). (2013). *IEC 60529: Grados de Protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

[13] DisplayMan. (s.f.). *Industrial LCD Displays and Monitors*. [En línea]. Disponible en: https://displayman.com/

[14] TouchScreenMan. (s.f.). *Industrial Resistive & Capacitive Touch Screens*. [En línea]. Disponible en: https://touchscreenman.com/

[15] Industrial Panel Computer. (s.f.). Forklift Mounted Computers - Logistics Series. - https://www.industrialpanelpc.com/noax-l12-l15-logistics-series-ip65-ip66-panel-pc/

[16] Advantech. (s.f.). Industrial Panel PCs and Monitors - https://www.advantech.com/en/products/industrial-panel-pcs-and-monitors/sub_1-2m930v

[17] SENASA. (s.f.). Listado de Registros / Consulta de Frigoríficos - https://aps.senasa.gov.ar/establecimientos/publico/BuscarEstablecimiento.aspx

[18] Servicio Agrícola y Ganadero de Chile. (2024). Establecimientos Pecuarios Habilitados para la Importación - Argentina Bovinos.

[19] IPCVA. (2024). Resumen Faena y Producción 1T 2024.

[20] Intel. (s.f.). Intel® Core™ i5-10500 Processor Specifications - https://www.intel.com/content/www/us/en/products/sku/199277/intel-core-i510500-processor-12m-cache-up-to-4-50-ghz/specifications.html

[21] Rosario Burletes. (s.f.). Materiales - https://www.rosarioburletes.com.ar/website/materiales-rosario-burletes/

[22] Harper, C. A. (2002). Handbook of plastics, elastomers, and composites (4th ed.).

[23] Klingender, R. C. (2008). Handbook of specialty elastomers.

[24] Noax. (s.f.). Logistics Series.- https://www.neousys-tech.com/en/product/application/rugged-embedded-computer/noax-logistics-series.

Anexo A: Entrevista a gerente de I+D de empresa de hardware local

Entrevistador: Ignacio González, Estudiante de Ingeniería Mecánica.

Entrevistado: I. G., Gerente de I+D de empresa de hardware local

Ignacio González: ¿Qué es una terminal industrial, para qué se usa y qué son los sistemas ERP y/o de gestión?

I. G.: Una terminal industrial es básicamente una computadora táctil que soporta un ambiente industrial. O sea, soporta golpes, agua y el típico entorno que una computadora convencional no resiste. Si pusieras un monitor común o uno táctil que no sea con tecnología capacitiva, no funcionaría si tenés las manos sucias, engrasadas o con guantes. Por eso, lleva una tecnología que es resistiva, que funciona a presión. Sin embargo, un equipo con tecnología resistiva estándar duraría muy poco en estos ambientes, quizás uno o dos meses antes de romperse. De ahí surge la necesidad de un equipo industrial: que aguante los golpes, que esté sellado en un material que soporte el entorno (tanto golpes como condiciones ambientales) y que no ocupe mucho espacio. Hay una fábrica en Alemania que se dedica a armar estos equipos, pero son muy caros, alrededor de 5000 dólares cada uno. Además, vienen con hardware limitado: procesadores Celeron, 4GB de RAM y poco espacio en disco, lo que hace que los sistemas nuevos anden mal o lentos, y las pantallas tienen una resolución muy baja. Ahí surgió nuestra necesidad de desarrollar estos equipos. Nosotros fabricamos unas pantallas a medida en China con calidad Full HD, les ponemos un procesador i5 con 8GB de RAM y discos SSD M.2. Con esto, la terminal funciona perfectamente con prácticamente cualquier sistema de producción actual.

Ignacio González: ¿Cuál sería la integración de la terminal industrial con los sistemas de ERP o sistemas de gestión?

I. G.: En realidad, se integra con sistemas de producción, y es después de la producción que, normalmente, se integra con el ERP.

Ignacio González: ¿Y eso nos sirve para lo que es seguimiento de trazabilidad, órdenes de pedido, etcétera?.

I. G.: Claro. Dentro de la planta, se usa más que nada para etiquetado. Los sistemas de producción ya tienen un plan definido y cada equipo sabe lo que tiene que hacer. El operario elige la tarea que está realizando, ingresa ciertos datos, confirma y el sistema emite una

etiqueta. A veces también tiene un lector de código de barras, dependiendo de en qué parte del proceso se encuentre, para identificar el corte, la caja o lo que haga falta.

Ignacio González: ¿Qué ventajas tenemos frente a las terminales importadas? Me imagino que el soporte local es una de ellas.

I. G.: La ventaja principal es el tiempo de entrega, que es casi inmediato. Otro punto clave es la garantía. Si se te rompe un componente en una terminal importada, no tenés reparación y no te venden los componentes sueltos, los clientes terminan comprando varios equipos para poder "rescatar" uno funcionando a partir de las partes de otros. Nosotros ofrecemos la posibilidad de comprar la pieza que se rompió, que es fundamental. Es muy normal que un operario rompa la pantalla, ya sea golpeándola con una media res de 100 kilos o con la punta de un cuchillo, de otra forma, pierden un equipo de 5.000 dólares por un golpe que solo dañó la pantalla.

Ignacio González: ¿En qué áreas específicas se utilizan y en qué tipo de ambientes?

I. G.: Como diseñamos dos modelos, uno de acero inoxidable y otro de acero pintado, se puede usar en cualquier ambiente industrial. Podría ser en una metalúrgica que necesita etiquetar sus productos en medio del proceso productivo y requiere una computadora en la línea. Es mucho más apto que una computadora estándar, que se calentaría, se rompería o se llenaría de suciedad. Además, ocupa mucho menos espacio porque no necesita un escritorio, al tener un soporte VESA estándar y ser táctil, no requiere teclado ni mouse, lo que es una gran ventaja en los ambientes productivos.

Ignacio González: Y dentro de la industria frigorífica, ¿qué áreas requieren que el equipo sea apto para alimentos? ¿Serían la faena, el cuarteo y el desposte?

I. G.: Correcto. El "abasto" no es un área, sino una forma de comercializar. Las terminales de acero inoxidable, aptas para uso alimenticio, se usan en:

- Faena: donde se etiqueta la media res.
- Ingreso al cuarteo: donde se escanea la media res.
- Posteo (Cuarteo): donde se da de alta al cuarto.
- Ingreso al desposte: donde ingresa el cuarto a la sala de desposte.
- Empaque primario: donde se da de alta cada corte envasado al vacío.

A partir de ahí, como el producto ya está envasado al vacío, en las áreas de encajado, empaque secundario y en el depósito para despacho, se usan normalmente las terminales de acero pintado, porque son ambientes secos.

Ignacio González: Perfecto. En esas áreas que requieren que la terminal sea apto alimenticio, es decir la terminal de acero inoxidable, ¿cuáles son las condiciones de operación? ¿Temperatura y humedad?

I. G.: La temperatura suele estar entre 0º y 10ºC, y la humedad puede llegar al 99%, sobre todo cuando limpian con hidro lavadoras de vapor de agua caliente.

Ignacio González: ¿Y cómo es el proceso de limpieza?

I. G.: Al final de cada turno, el equipo de limpieza, compuesto por 3 o 4 personas, utilizan hidro lavadoras y agentes químicos. Primero, rocían con espuma todo el lugar, absolutamente todo queda blanco. Lo dejan reposar unos 5 o 10 minutos y después vuelven a lavar todo con agua caliente a presión. Esto genera un vapor tan denso que prácticamente no se ve nada hasta que se seca. Es una limpieza muy profunda para eliminar sangre y grasa; cuando terminan, el frigorífico queda impecable, como nuevo.

Ignacio González: Pasando al análisis de mercado, aparte de NOAX, ¿existen otros competidores?.

I. G.: El resto de los competidores son chinos. Tienen un costo bajo, salen a partir de USD 1500, pero no ofrecen garantía de nada y, si se rompen, no se pueden reparar. Según los equipos en los que hemos instalado nuestro sistema de gestión, notamos que tampoco son equipos de muy buena calidad. Hay otra marca de Taiwan, que se llama Advancetech que son un poco mejor, pero tampoco ofrecen garantía ni nada de eso.

Ignacio Gonzalez: Ya me habías comentado algo sobre los componentes electrónicos elegidos para tener mejores prestaciones que las de la competencia, pero para confirmar: la pantalla es resistiva, el monitor Full HD, y el procesador es un i5, ¿correcto?

I. G.: Sí, un Core i5 con 8GB de RAM y un disco sólido de 256GB. De todas formas, a pedido del cliente, podemos instalar un disco más grande, más memoria o incluso cambiar el procesador por un i7 o hasta un Xeon si fuera necesario. Al manufacturarla nosotros, tenemos esa flexibilidad para adaptarnos.

Ignacio González: Bueno, gracias por hacer el repaso de los elementos de entrada que te habíamos solicitado cuando tomamos el trabajo para diseñar las terminales.

I. G.: No hay problema, gracias a vos.

Anexo B: Prototipo inicial

Como se detalla en el **Capítulo 4,** el proceso de desarrollo de un producto de alta exigencia técnica, como la terminal industrial IP66, se fundamenta en un ciclo iterativo de diseño, prototipado y validación. Este anexo detalla la primera iteración del ciclo: la concepción, fabricación y ensayo de un prototipo inicial, cuyo análisis fue fundamental para la evolución hacia el diseño final y robusto presentado en este trabajo.

El objetivo de este primer prototipo fue validar el concepto general del equipo y la integración de los componentes electrónicos, utilizando para ello tecnologías y proveedores de fácil acceso en el mercado local. La estrategia se basó en una manufactura ágil mediante procesos de plegado y soldadura TIG de la carcasa. Sin embargo, como se detalla a continuación, los resultados de los ensayos de estanqueidad no fueron satisfactorios, proporcionando una lección invaluable sobre la criticidad de la precisión dimensional y la selección de tecnologías de fabricación para cumplir con la norma IP66.

Anexo B1: Diseño

El diseño del prototipo inicial se basó en una carcasa de acero inoxidable AISI 304, fabricada a partir de chapa plegada y unida mediante soldadura TIG. En este punto, se priorizó la optimización de material para la carcasa. El sellado de la tapa trasera se confió a una junta de silicona perimetral y arandelas de silicona individuales para cada uno de los tornillos de fijación.

A continuación, se detallan los conjuntos generales y renders del prototipo ensayado:

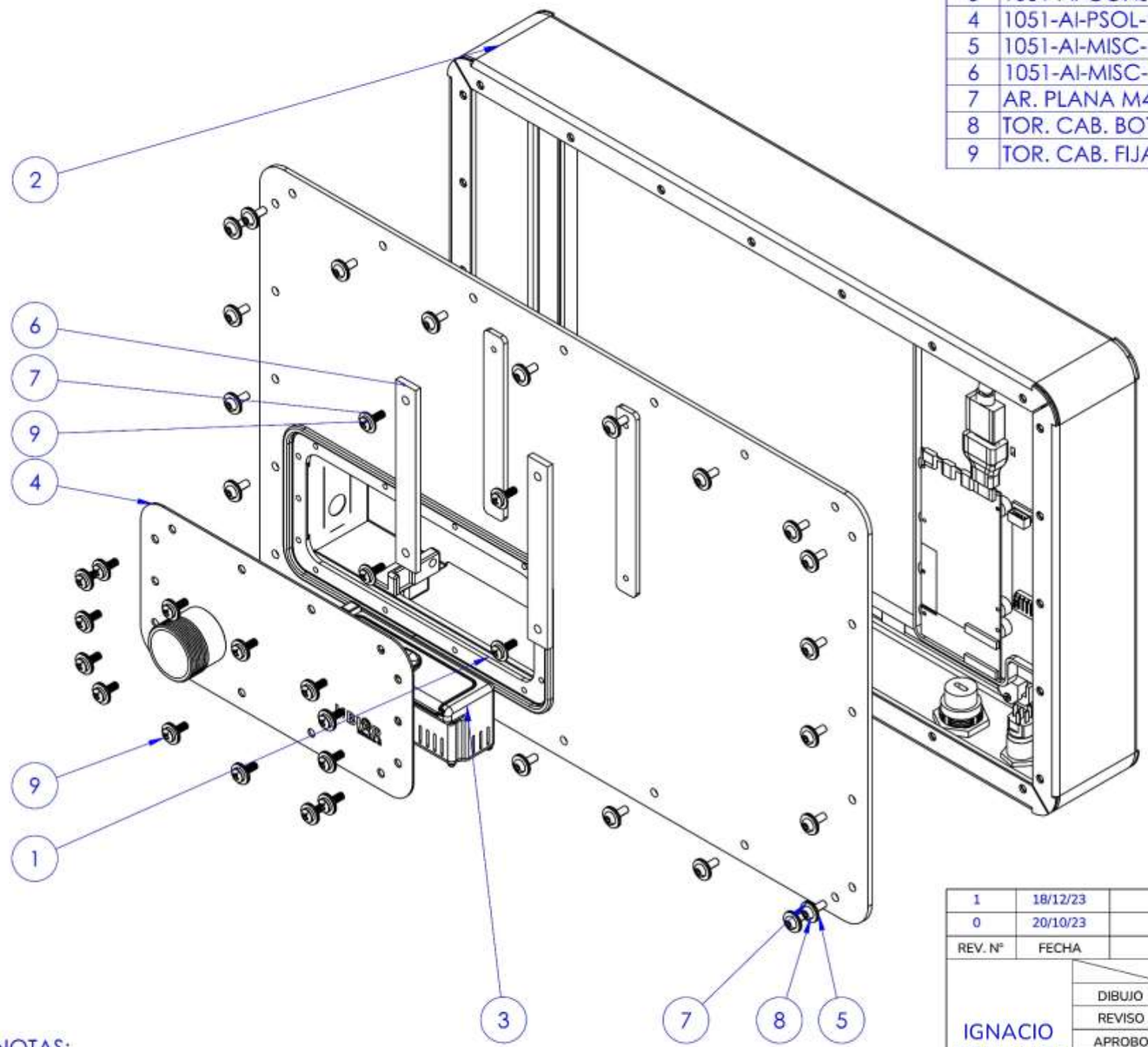
1. En la figura B1-1 se muestra el render y dimensiones generales del prototipo.
2. En la figura B1-2: se detalla el plano de conjunto general del equipo.
3. En la figura B1-3: se detalla el plano de conjunto de la tapa trasera.
4. En la figura B1-4: se detalla el plano de conjunto de la carcasa externa-.
5. En la figura B1-5: se detalla el plano de la carcasa externa soldada.

Con las figuras de la B1-2 a la B1-4 se puede observar el despiece y complejidad del producto, además, en el plano de detalle de la carcasa en la figura B1-5, se podrá apreciar la optimización de material, como así también la cantidad de uniones soldades que requiere, aportándole deformaciones intrínsecas de dicho proceso.



Figura B1-1 render y dimensiones generales del prototipo.

POS.	DESCRIPCION	OBSERVACION	CANT.
1	1051-AI-CONJ-1100 - CONJ. TAPA TRASERA		1
2	1051-AI-CONJ-1200 - CONJ. CARCASA EXTERNA		1
3	1051-AI-CONJ-1300 - CAJA SILICA		1
4	1051-AI-PSOL-1400 - TAPA SERVICIO		1
5	1051-AI-MISC-1017 - ARANDELA SILICONA		38
6	1051-AI-MISC-1018 - ANTIVIBRATORIO VESA		2
7	AR. PLANA M4	AISI 304	42
8	TOR. CAB. BOT. HEX. INT. M4x12	AISI 304	26
9	TOR. CAB. FIJADORA PHILIPS M4x12	AISI 304	18



NOTAS:
ACOMODAR CABLES DE TAPA A CARCAZA CON:
1- CINTA AISLADORA 3M™ SCOTCH™ Nº 23 (19 mm) - (CANT APROX. 300 mm)
2 - ORGANIZADOR DE CABLES HELIVOIDAL (LARGO APROX. DE C/U 300 mm)
2.1 - Ø5 mm: CABLE POWER - MOTHER + DC IN CONTOLADORES - MOTHER
2.2 - Ø10 mm: MOTHER - CONTROLADORES (HDMI + DC IN TACTIL - CABLE USB)

REV. Nº	FECHA	ACTUAL	ANTERIOR	OBSERVACIONES	DIB.	APR.
1	18/12/23	X	X	AG. NOTAS + ACTUALIZ. POS. 02	IGO	MAG
0	20/10/23	X	X	EMISION ORIGINAL	IGO	MAG

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	20/10/23	IGO
REVISO	23/10/23	MAG
APROBO	XXXXX	XXXXX

IGNACIO GONZALEZ

OT: 1051
PROYECTO: RD AI-01 / AP-01
CLIENTE: ESCUELA DE ING. MECANICA
DOCUMENTO Nº: 1051-AI-CONJ-1000
ESC.: 1:5
DENOMINACION: TERMINAL AI IP66
MEDIDAS EN mm, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
FORMATO: A3
HOJA: 1/2

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.
TOLERANCIA S/ DIN7168 & 8570 JA2310. SALVO INDIC. CONTRARIA

Figura B1-2: plano de conjunto terminal AI-01 H1/2

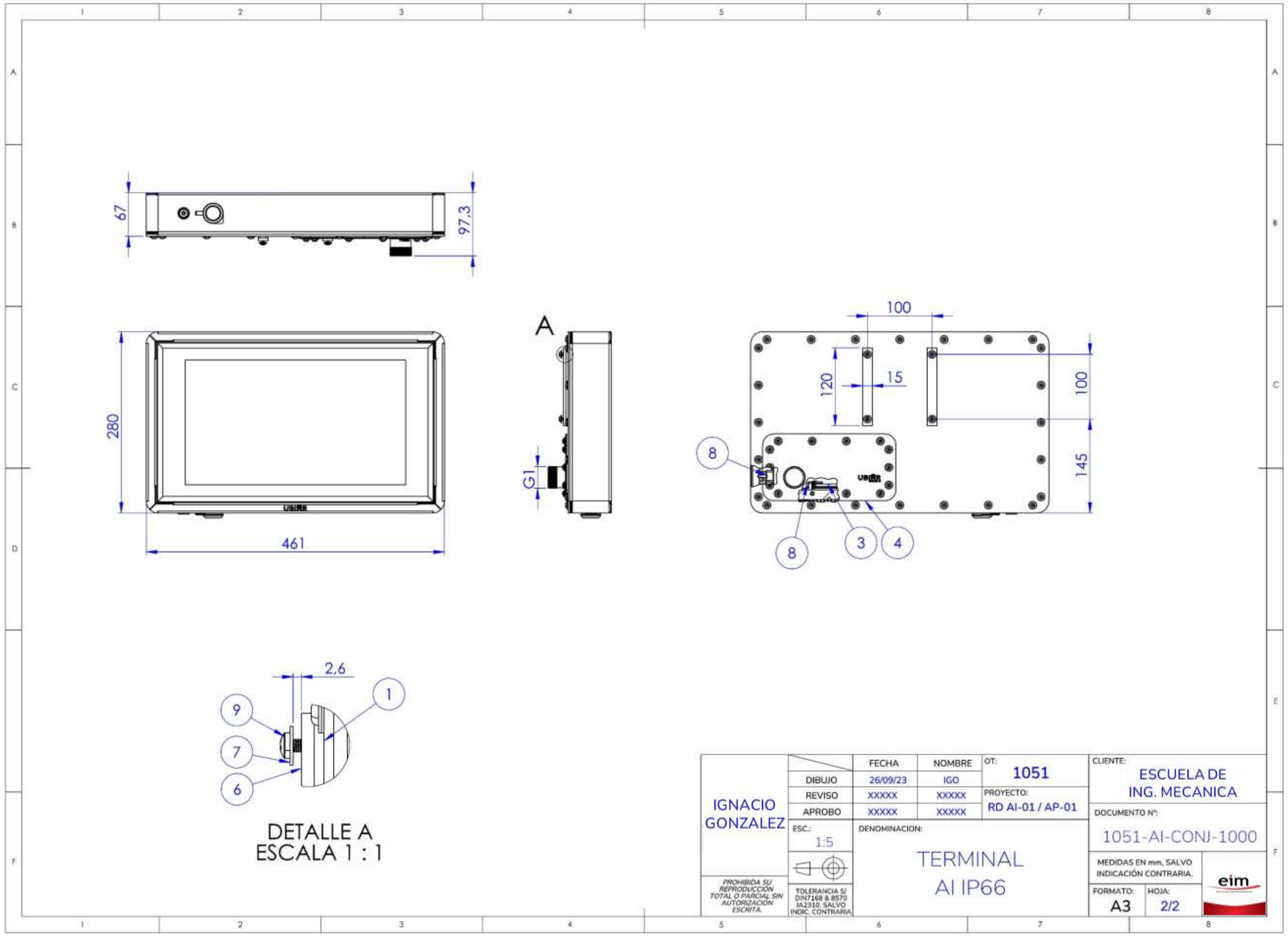
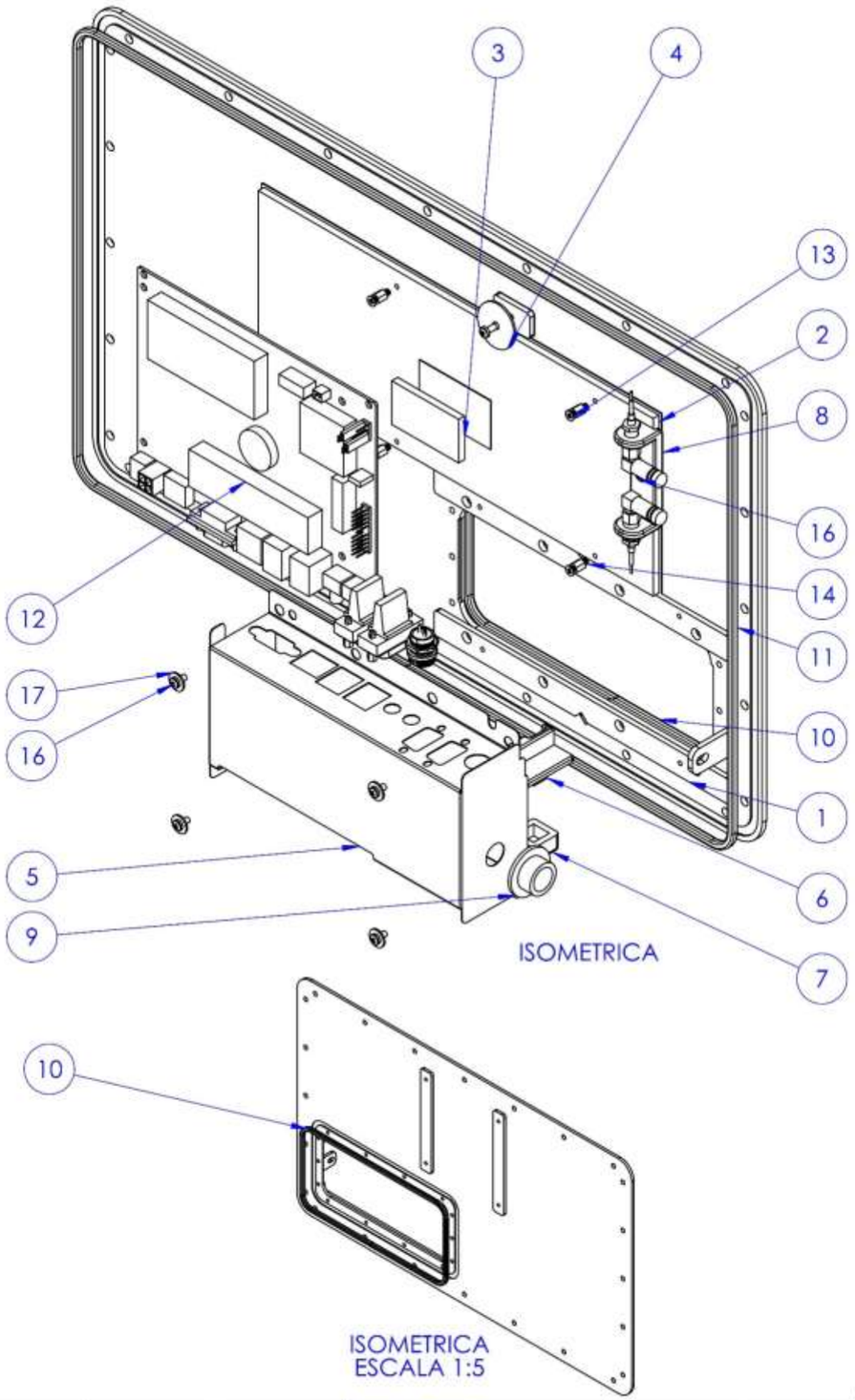


Figura B1-2 cont.: plano de conjunto terminal AI-01 H2/2



POS.	DESCRIPCION	OBSERVACION	CANT.
1	1051-AI-PSOL-1101 - TAPA TRASERA		1
2	1051-GE-PMET-1102 - ALUMINIO SOPORTE MOTHER		1
3	1051-GE-PMET-1103 - ALUMINIO DISIPADOR		1
4	1051-AI-PMET-1104 - AR. SEG. SOPORTE MOTHER		2
5	1051-GE-PMET-1105 - CAJA PUERTOS INOX		1
6	1051-AI-PPLA-1106- SUPLEMENTO FIJACION CAJA SILICA		1
7	1051-AI-PPLA-1107 - TAPA FIJACION CAJA SILICA		1
8	1051-GE-PPLA-1108 - SOPORTE ANTENA WIFI		1
9	1051-GE-PPLA-1109 - ANTICAIDA TOR SEG		1
10	BURLETE SILICONA ESPONJOSA 4x4x600		600 mm
11	BURLETE SILICONA ESPONJOSA 4x4x1560		1560 mm
12	MOTHER C/2 COM & DC in (FICHA Gx 12)		1
13	TOR. CAB. AVE. PHILIPS M3x5	ZINCADO	4
14	SEP. HEX. M3 - MACHO 5mm+3	COMERCIAL	4
15	TOR.CAB. AVE. PHILIPS AUTOPERF. MADERA 2,5x10	ZINCADO	1
16	TOR. CAB. FIJADORA PHILIPS M3x6	AISI 304	7
17	AR. PLANA M3	AISI 304	4

NOTAS:
1. POS 02 Y POS03 DEBEN SER ADHERIDAS CON ADHESIVO TERMICO
2. ENTRE POS 03 Y POS 12 UTILIZAR PASTA TERMICA
3. ADHERIR POS 09 A POS 05 CON POLIURETANO / CIANO
4. POS. 10 Y 11 DEBE SER ADHERIDO CON SELLADOR MARCA FASTIX P/EVITAR CRISTALIZACION DE SILICONA
5. DEJAR ENHEBRADO UN PRECINTO POR CADA POS 04 PARA LUEGO SUJETAR LOS ORG. DE CABLES DE CARCAZA A TAPA TRASERA

REV. Nº	FECHA	ACTUAL	ANTERIOR	OBSERVACIONES	DIB.	APR.
1	18/12/23	X	X	ACTUALIZ. GRAL	IGO	MAG
0	20/10/23	X	X	EMISION ORIGINAL	IGO	MAG

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	20/10/23	IGO
REVISO	23/10/23	MAG
APROBO	XXXXX	XXXXX

IGNACIO GONZALEZ

OT: 1051

PROYECTO: RD. AI-01 / AP-01

CLIENTE: ESCUELA DE ING. MECANICA

DOCUMENTO Nº: 1051-AI-CON-1100

ESC.: 1:2.5

DENOMINACION: CONJ. TAPA TRASERA

MEDIDAS EN mm, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.

FORMATO: A3 HOJA: 1/2

TOLERANCIA S/ DIN7168 & 8570 JA2310. SALVO INDIC. CONTRARIA

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.

Figura B1-3: plano de conjunto tapa trasera terminal AI-01 H1/2

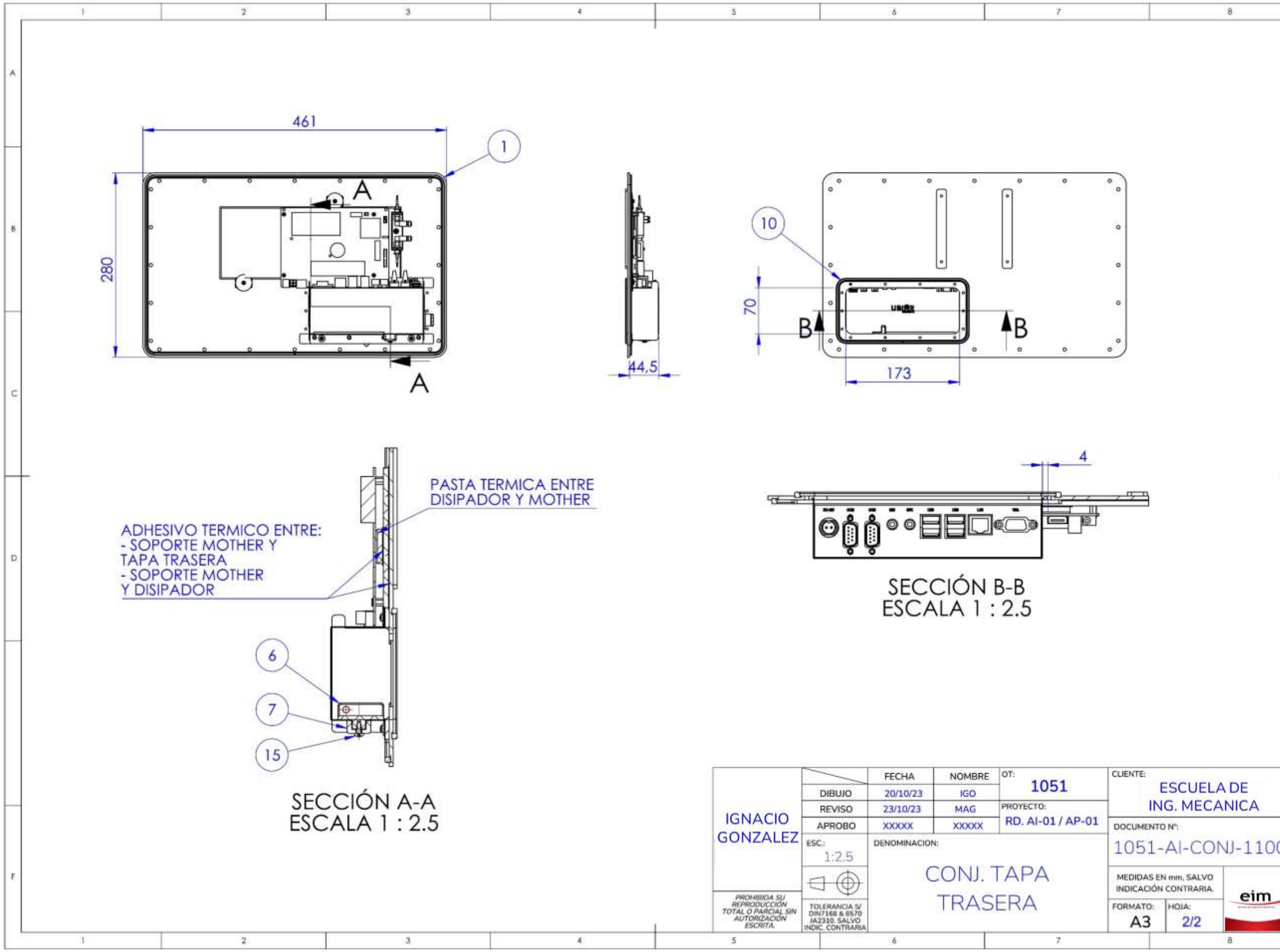
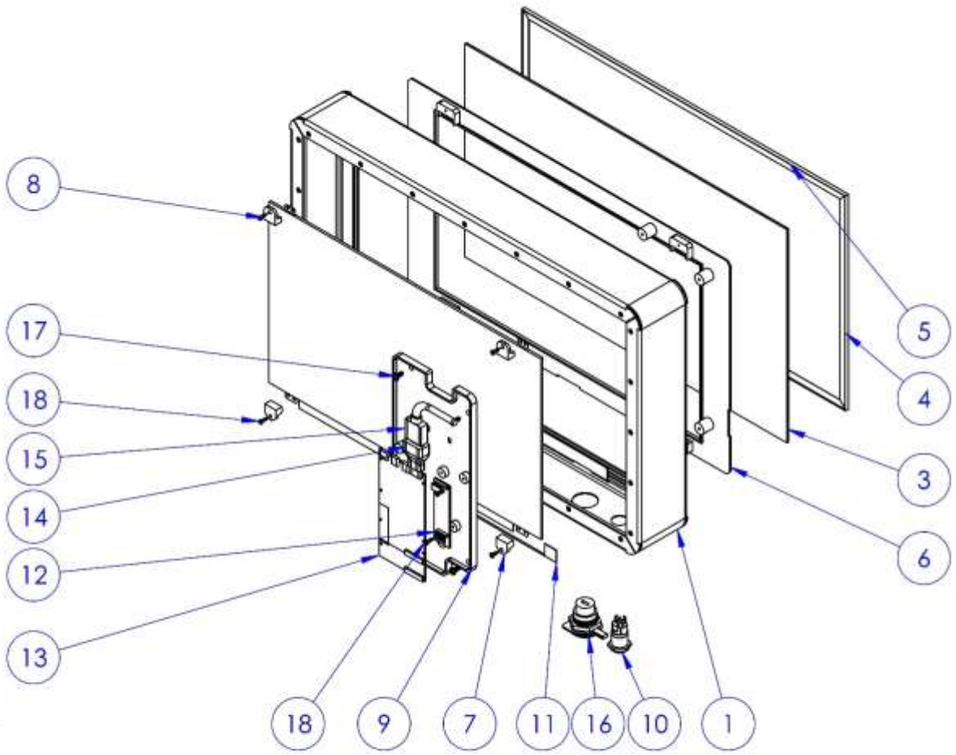
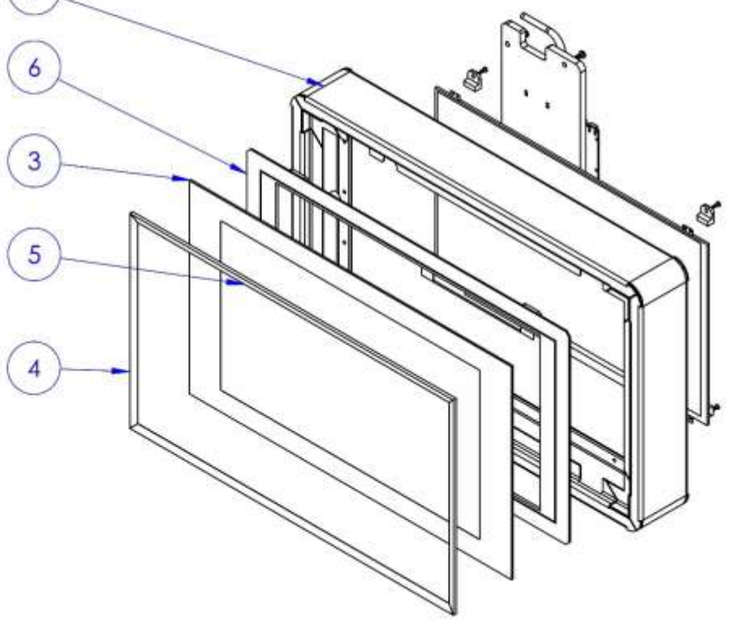


Figura B1-3 cont.: plano de conjunto tapa trasera terminal AI-01 H2/2





POS.	DESCRIPCION	OBSERVACION	CANT.
1	1051-AI-PSOL-1201 - CARCASA EXTERNA		1
2	1051-GE-PMET-1202 - COBERTOR SALIDA TOUCH		2
3	1051-GE-CONJ-1210 - TOUCH & VINILO		1
4	1051-GE-PPLA-1221 - FRENTE TOUCH CORTO		2
5	1051-GE-PPLA-1222 - FRENTE TOUCH LARGO		2
6	1051-GE-PPLA-1223 - SOPORTE DISPLAY		1
7	1051-GE-PPLA-1224 - PRENSA DISPLEY 1		2
8	1051-GE-PPLA-1225 - PRENSA DISPLEY 2		2
9	1051-GE-PPLA-1226 - SOPORTE CONTROLADORES		1
10	BOTON POWER		1
11	PANTALLA 15.4"		1
12	PLACA CONTROLADOR TOUCH		1
13	PLACA CONTROLADOR DISPLAY		1
14	ADAPTADOR HDMI - MINI HDMI		1
15	CABLE HDMI		1
16	PUERTO EXTERNO USB-C		1
17	TOR. PARKER PHILIPS #6 x 3-8 PHWS		3
18	TOR. AUTOPERF. MADERA 2.5 X 10		10

NOTAS:
1. POS 02, POS 03 Y POS 06 DEBEN SER ADHERIDAS CON SELLADOR-ADHESIVO POLIURETANICO (SIKAFLEX A1 PLUS / SIFAFLEX -11FC+)
2. POS. 04 Y POS 05 DEBE SER ADHERIDO CON SELLADOR MARCA FASTIX COLOR NEGRO
3. SELLAR POS 10 Y POS 16 A POS 01 CON FASTIX NEGRO
4. SUJETAR POS 14 A POS 9 CON PRECINTO

REV. Nº	FECHA	ACTUAL	ANTERIOR	OBSERVACIONES	DIB.	APR.
1	19/12/23	X	X	ACTUALIZ. CONJ.+ NOTAS + L. MAT.	IGO	MAG
0	20/10/23	X	X	EMISION ORIGINAL	IGO	MAG

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	20/10/23	IGO
REVISO	23/10/23	MAG
APROBO	XXXXX	XXXXX

IGNACIO GONZALEZ

OT: 1051
PROYECTO: RD AI-01 / AP-01
CLIENTE: ESCUELA DE ING. MECANICA
DOCUMENTO Nº: 1051-AI-CONJ-1200
ESC.: 1:5
DENOMINACION: CONJ. CARCASA EXTERNA
MEDIDAS EN mm, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
FORMATO: A3
HOJA: 1/2

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.

TOLERANCIA S/ DIN7168 & 8570 JA2310. SALVO INDIC. CONTRARIA

Figura B1-4: plano de conjunto carcasa externa AI-01 H1/2

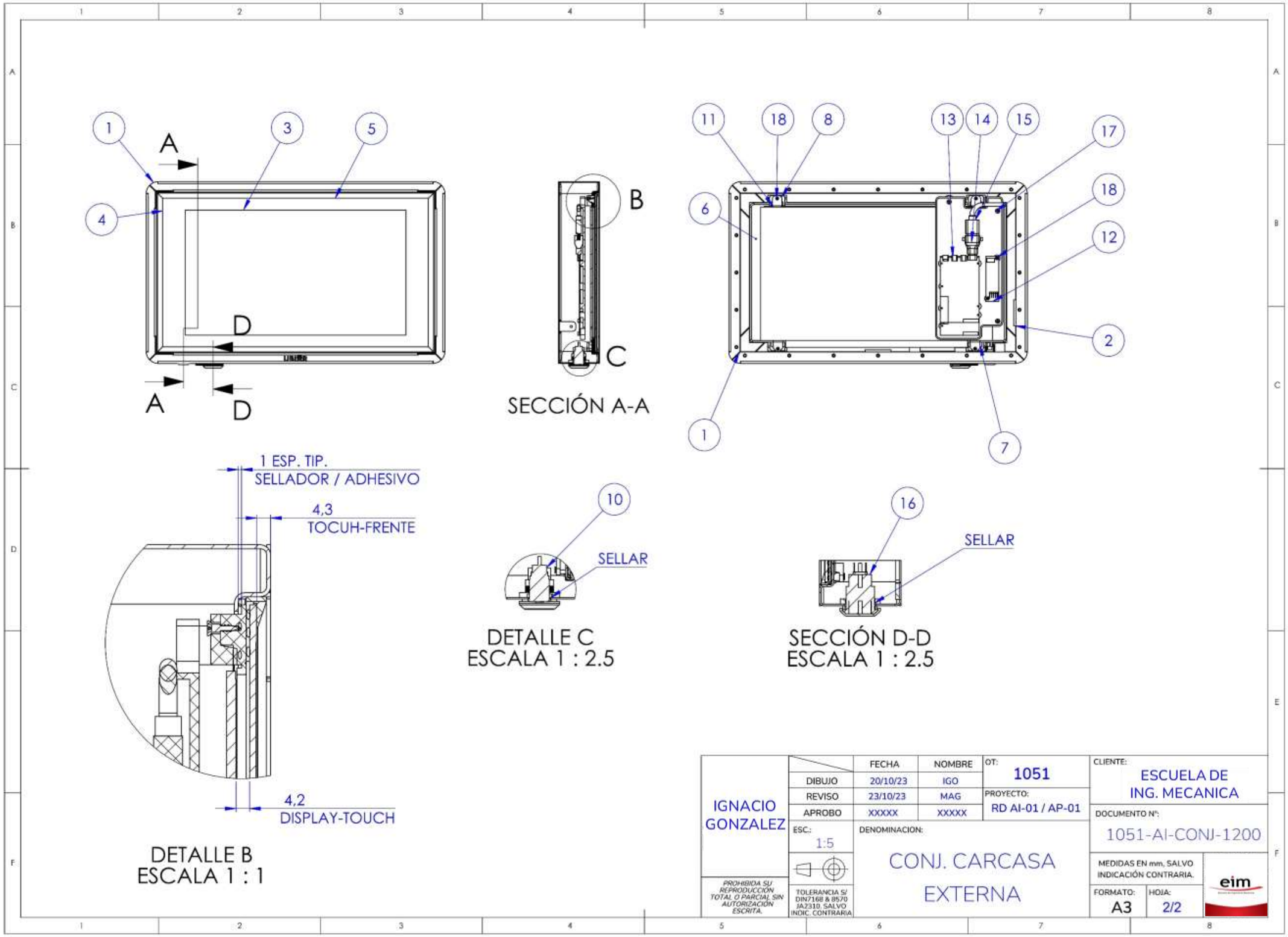


Figura B1-4 cont.: plano de conjunto carcasa externa AI-01 H2/2

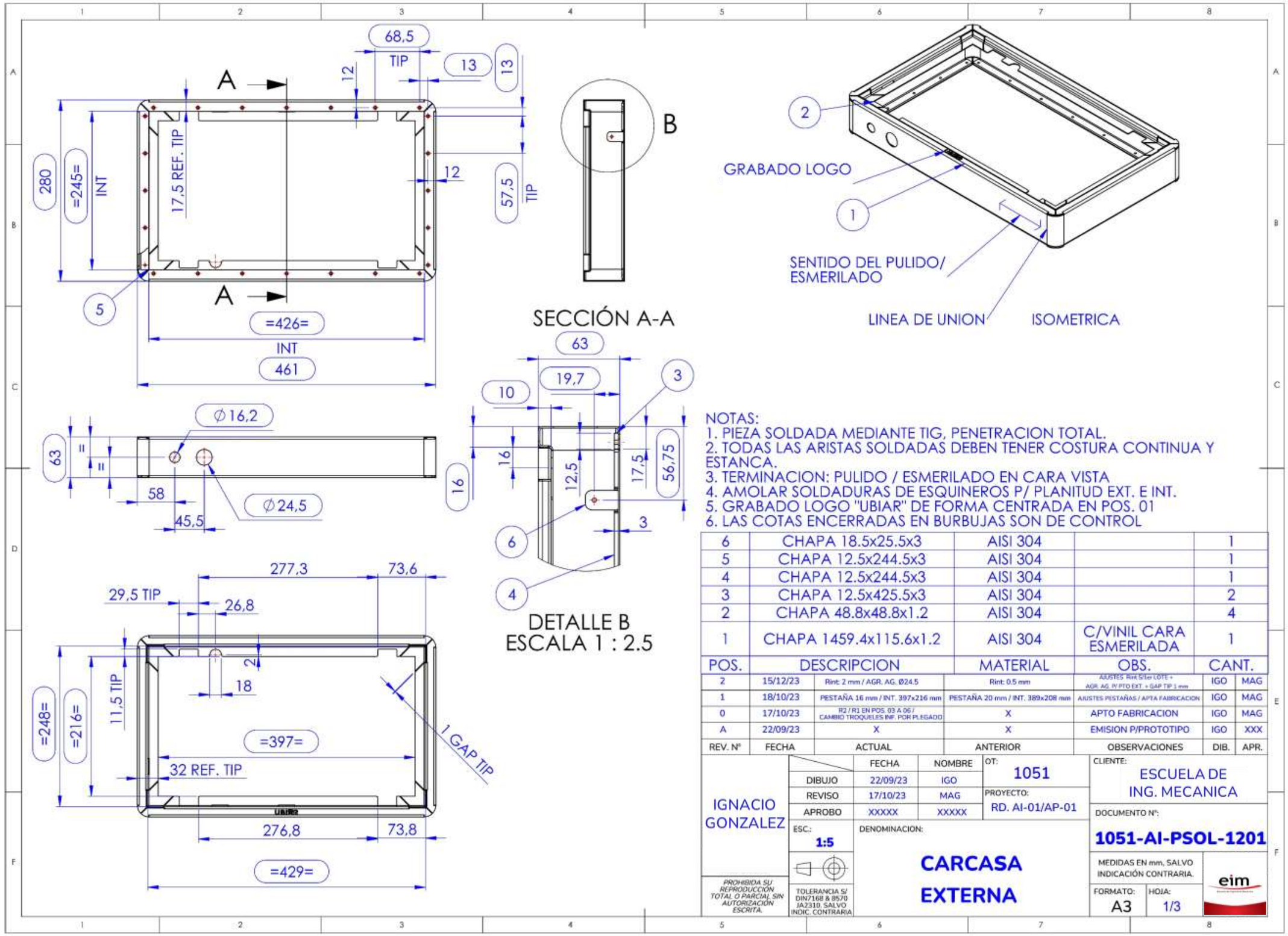


Figura B1-5: plano de carcasa externa AI-01 H1/3

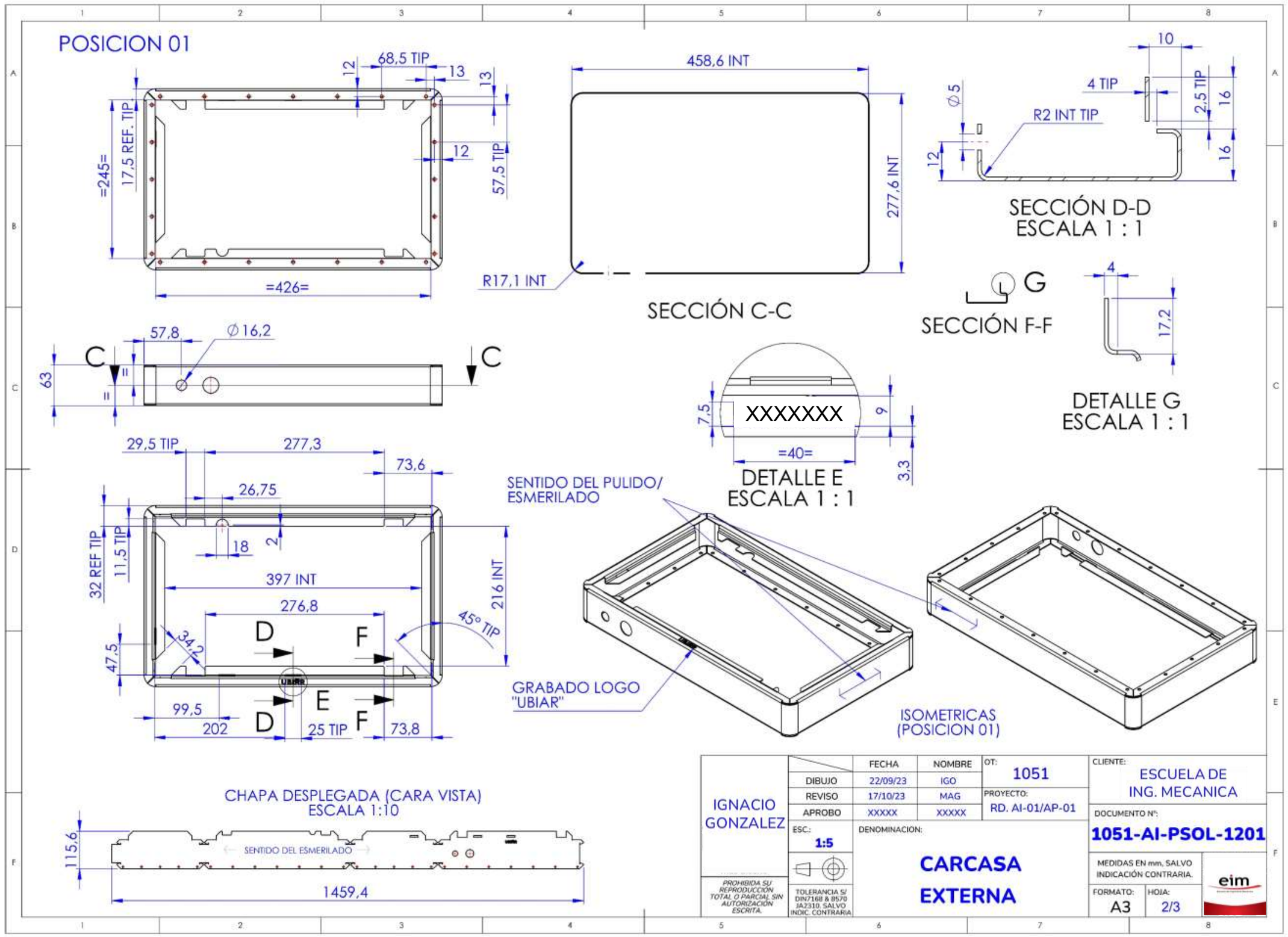


Figura B1-5 cont.: plano de carcasa externa AI-01 H2/3

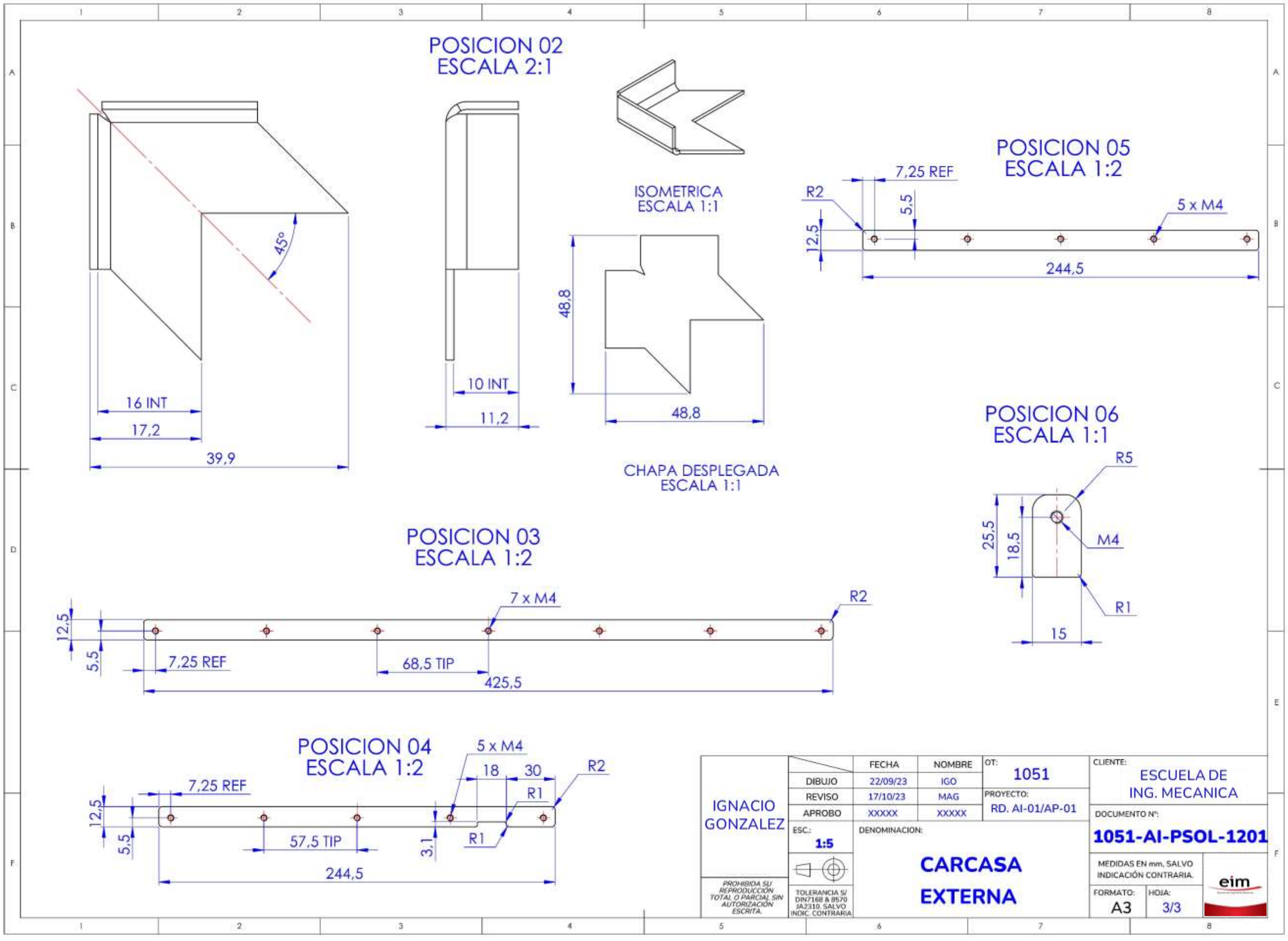


Figura B1-5 cont.: plano de carcasa externa AI-01 H3/3

Anexo B2: Ensayo en taller

Debido a los altos costos de realizar el ensayo en un laboratorio certificado y con altas probabilidades de fracaso, se realizó un ensayo de taller que buscaba emular las condiciones de la norma IEC 60529 para el grado de protección IP66. Se utilizó una hidro lavadora con una boquilla de chorro plano, aplicando agua a presión desde todas las direcciones y a una distancia aproximada de 2 a 3 metros, durante un período de 3 minutos.

Para que sea representativo, se reguló el haz de la hidro lavadora a un abanico de 120 mm aproximadamente (*figura B2-1*), lo que no se pudo lograr regular / chequear es el caudal del agua. Los ensayos tuvieron una duración 3 minutos, al frente y tapa trasera (*figura B2-2*) se le dio 1 minuto a cada sector y a la faja se le dio 15 segundos por lado.



Figura B2-1: regulación de boquilla de hidro lavadora a 120 mm.



Figura B2-2: Ensayo trapa trasera.

La terminal ensayada no pasó la prueba, ya que ingresó una mínima cantidad de agua, dicho ingreso se detectó que fue por la tapa de servicios *(figura B2-3)* y por falta de deformación del burlete.



Figura B2-3: ingreso de agua por falta deformación burletes en tapa de servicios.

El ensayo reveló un resultado mixto. El frente y los laterales del equipo demostraron ser estancos y cumplieron con el requisito IP66. Sin embargo, se detectó un ingreso mínimo de agua a través de la unión de la tapa trasera con el cuerpo principal de la carcasa y tapa trasera con la tapa de servicios.

Anexo B3: Análisis del ensayo

Una vez finalizado el ensayo, se procedió al desarme y análisis de los puntos de falla, identificando dos causas principales para el ingreso de agua.

Se detectó que la falta de planitud por deformación térmica fue un punto clave. En la inspección visual del marco de la carcasa trasera reveló deformaciones y alabeos significativos. Estos defectos fueron adjudicados al proceso de soldadura TIG y proceso de plegado. El calor aportado durante la unión de las piezas provocó tensiones en la chapa de acero inoxidable que, al enfriarse, resultaron en una falta de planitud en la superficie de contacto con la junta. Como se puede observar en la *figura B3-1* esta deformación impidió que la junta de silicona fuera comprimida de manera uniforme a lo largo de todo el perímetro, creando canales por donde el agua ingresó a alta presión.

Además, se observó una falla del sello en los puntos de fijación. En un intento por compensar la falta de planitud, se aplicó un mayor torque a los tornillos de fijación de la

tapa trasera. Esta acción resultó contraproducente. La excesiva presión localizada sobre las arandelas de silicona provocó su falla por extrusión y desgarro, como se observa en la *figura B3-2 rotura arandela por torque excesivo*. El material, al ser sobre comprimido, se rompió, eliminando por completo la barrera de sellado alrededor del vástago del tornillo y creando una vía de ingreso de agua hacia el interior del gabinete.

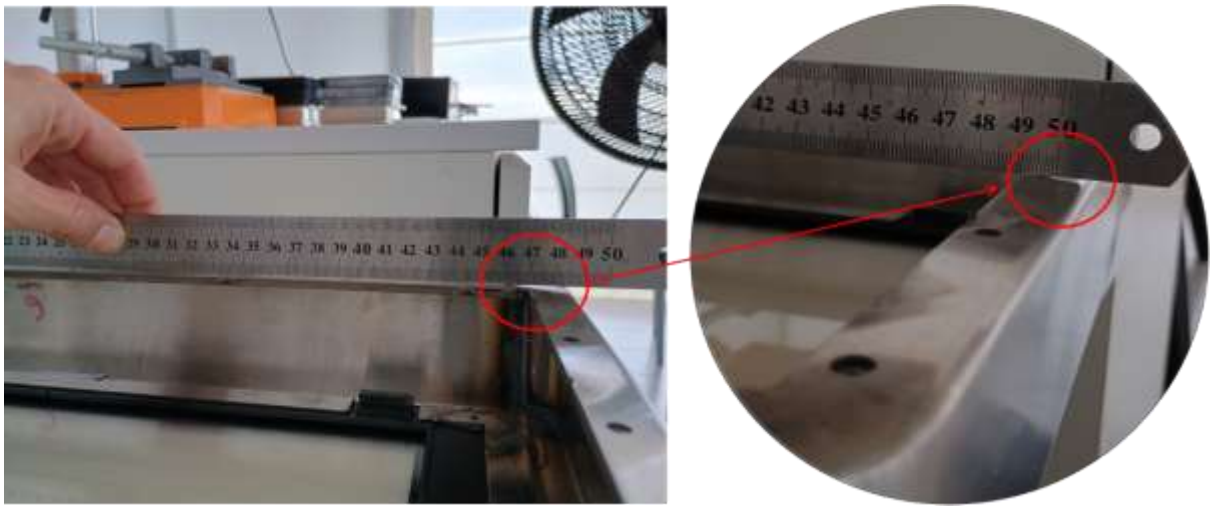


Figura B3-1: deformación en marco trasero de carcasa.



Figura B3-2 rotura arandela por torque excesivo

La conclusión del análisis del prototipo inicial fue determinante: para garantizar la estanqueidad IP66 de manera fiable y repetible, era indispensable migrar a un proceso de fabricación de mayor precisión que minimizara la deformación térmica (como la soldadura láser) y rediseñar el sistema de sellado para que no dependiera de elementos puntuales y frágiles como las arandelas individuales, sentando así las bases para la segunda iteración y el diseño final del producto.

Anexo C: Diseño final

En el siguiente anexo se detallará el diseño del prototipo inicial seleccionado.

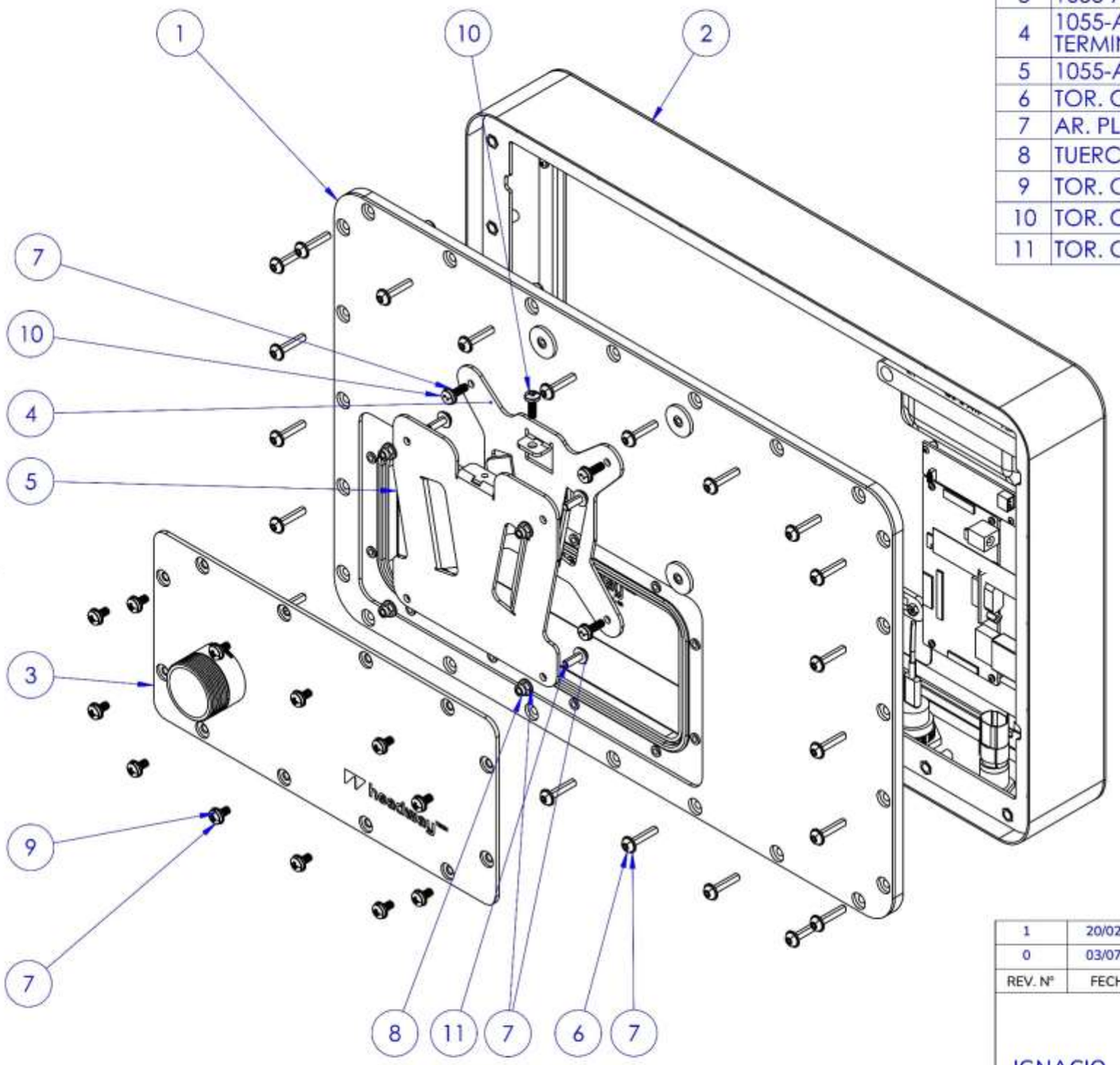
En este anexo, se encontrarán los planos de conjunto de las partes principales y carcasa externa, donde se podrán ver todas las decisiones de diseño consolidada.

En el Anexo D, se incorporarán las hojas de datos y catálogos de elementos seleccionados (excepto tornillería y hardware / componentes electrónicos).

A continuación, se detallan los conjuntos generales y renders del prototipo ensayado:

1. En la figura C-1: se detalla el plano de conjunto general del equipo.
2. En la figura C-2: se detalla el plano de conjunto de la tapa trasera.
3. En la figura C-3: se detalla el plano del conjunto de la carcasa externa.
4. En la figura C-4: se detalla el plano de la carcasa soldada.
5. En la figura C-5: se adjunta el reporte de ensayo IP66 realizado en un laboratorio certificado.

POS.	DESCRIPCION	OBSERVACION	CANT.
1	1055-AI-CONJ-1100 - CONJ. TAPA TRASERA	S/PLANO	1
2	1055-AI-CONJ-1200 - CONJ. CARCAZA EXTERNA	S/PLANO	1
3	1055-AI-PSOL-1301 - TAPA DE SERVICIO	N!# 01206x0005	1
4	1055-AI-PMET-1401- SOP RAPIDO VESA TERMINAL	S/PLANO	1
5	1055-AI-PMET-1402- SOP RAPIDO VESA FIJO	S/PLANO	1
6	TOR. CAB. BOT. HEX. INT. M4x20	AISI 304	24
7	AR. PLANA M4 (DIN 125)	AISI 304	48
8	TUERCA AUTOFRENANTE M4	AISI 304	4
9	TOR. CAB. COMB. PHI. M4x8	AISI 304	12
10	TOR. CAB. COMB. PHI. M4x12	AISI 304	5
11	TOR. CAB. BOT. HEX. INT. M4x12	AISI 304	5



ISOMETRICA

NOTAS:
ACOMODAR CABLES DE TAPA A CARCAZA CON:
1- CINTA AISLADORA 3M™ SCOTCH™ Nº 23 (19 mm) - (CANT APROX. 300 mm)
2 - ORGANIZADOR DE CABLES HELICOIDAL (LARGO APROX. DE C/U 300 mm)
2.1 - Ø5 mm: CABLE POWER - MOTHER + DC IN CONTOLADORES - MOTHER
2.2 - Ø10 mm: MOTHER - CONTROLADORES (HDMI + DC IN TACTIL - CABLE USB)
3 - CODIGO PROVEEDOR/REV CONJUNTO DE PIEZAS:
- 01206z0001-05: TERMINAL AI-02 IP66

REV. Nº	FECHA	ACTUAL	ANTERIOR	OBSERVACIONES	DIB.	APR.
1	20/02/25	X	X	CAMBIO DISEÑO SELLO + AGR. TAPA EXT.	IGO	MAG
0	03/07/24	X	X	EMISION ORIGINAL	IGO	MAG

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	03/07/24	IGO
REVISO	03/07/24	MAG
APROBO	XXXXX	XXXXX

IGNACIO GONZALEZ

OT: 1055
PROYECTO: AI-02 & AP-02
CLIENTE: ESCUELA DE ING. MECANICA
DOCUMENTO Nº: 1055-AI-CONJ-1000
ESC.: 1:2.5
DENOMINACION: TERMINAL AI-02 IP66
MEDIDAS EN mm, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
FORMATO: A3
HOJA: 1/2

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.

TOLERANCIA S/ DIN7168 & 8570 JA2310, SALVO INDIC. CONTRARIA

Figura C-1: plano de conjunto terminal AI-02 H1/2

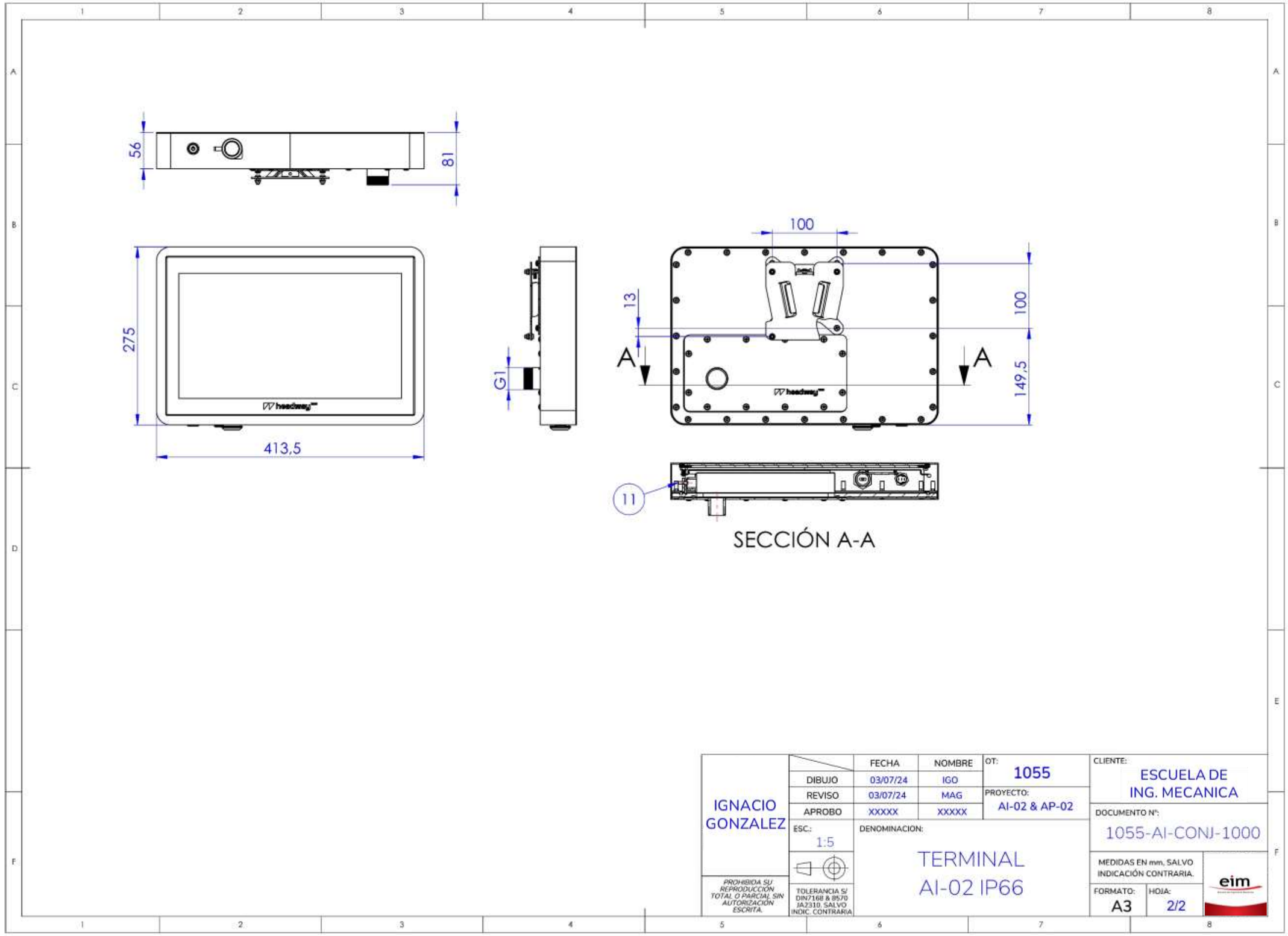
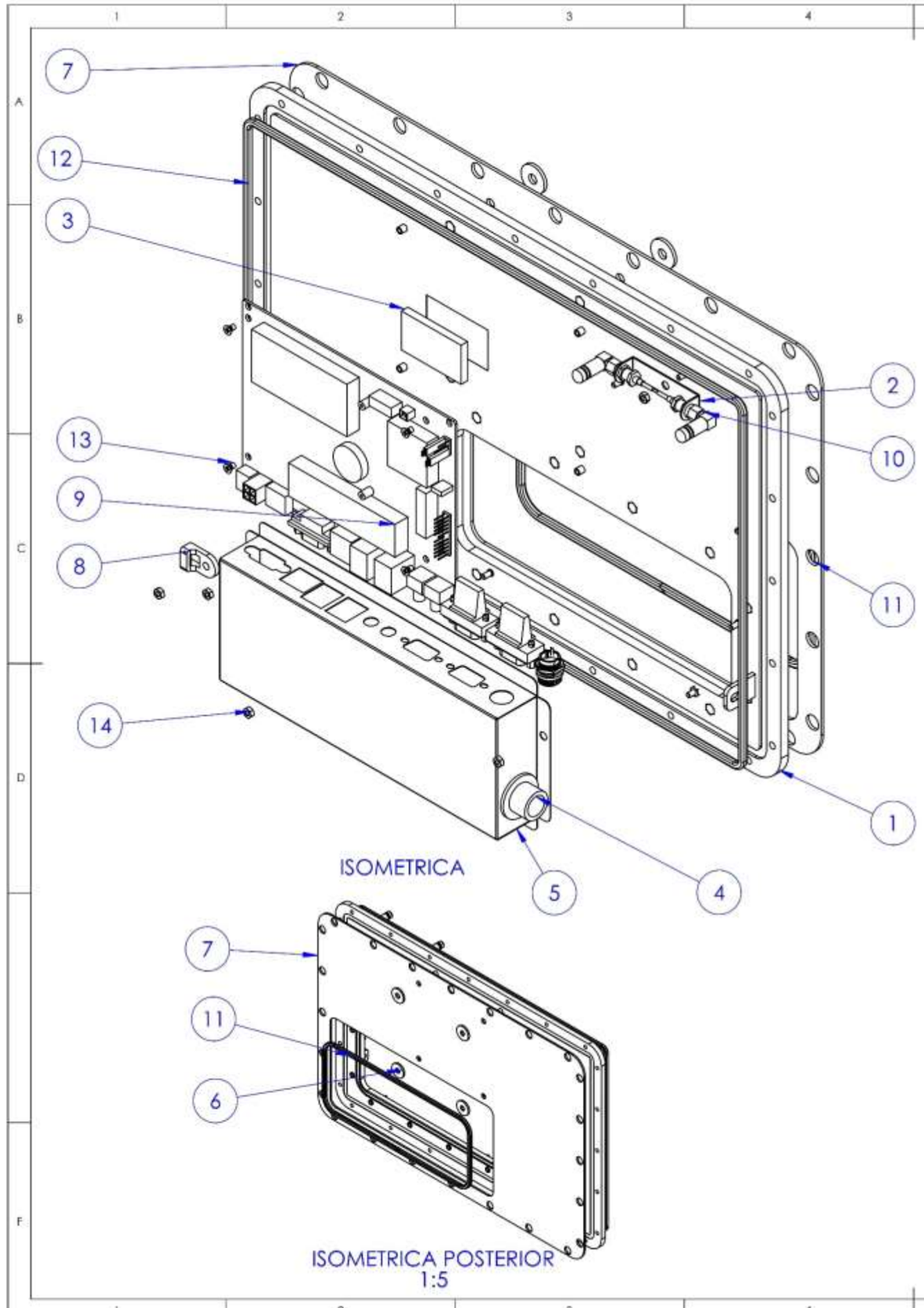


Figura C-1 cont.: plano de conjunto terminal AI-02 H2/2



POS.	DESCRIPCION	OBSERVACION	CANT.
1	1055-AI-PSOL-1101 - TAPA TRASERA	N!# 01206x0004	1
2	1055-GE-PMET-1102 - SOPORTE ANTENA WIFI	N!# 01206w0016	1
3	1055-GE-PMET-1103 - ALUMINIO DISIPADOR	N!# 01206w0020	1
4	1055-AI-PPLA-1104 - ANTICAIDA TOR. SEG.		1
5	1055-AI-PMET-1105 - CAJA PUERTOS INOX	N!# 01206w0017	1
6	1055-GE-PMET-1107- BUJE VESA	N!# 01206w0050	4
7	1055-AI-PMET-1109- TAPA EXTERNA	N!# 01206w0049	1
8	1055-GE-PPLA-1209- PRENSA CABLE STUD PRECINTO		1
9	MOTHER C/2 COM & DC in (FICHA Gx 12)		1
10	ANTENA WIFI		2
11	BURLETE SILICONA ESPONJOSA 4x4x600		615 mm
12	BURLETE SILICONA ESPONJOSA 4x4x1310		1255 mm
13	TOR. CAB. AVE. PHILIPS M3x5		4
14	TUERCA HEX. M3		5

NOTAS:
1. POS 03 DEBE SER ADHERIDA A POS 01 CON ADHESIVO TERMICO
2. LA POS 09 DEBE SER MONTADA CON PASTA TERMICA EN LA ZONA DE LA MOTHER PARA GARANTIZAR CONDUCTIVIDAD TERMICA A POS 03
3. ADHERIR POS 04 A POS 05 CON POLIURETANO / CIANO
4. POS. 11 Y 12 DEBEN SER ADHERIDOS CON SELLADOR DE SILICONA NEUTRA P/EVITAR CRISTALIZACION DE SILICONA
5. PEGAR POS. 07 A POS. 01 CON PASTA TERMICA EN TODO EL AREA, Y EN LOS CANALES MECANIZADOS DE LA POS. 01 SE DEBERA ADHESIVAR CON POLIURETANO
6. LAS POS. 06 SE DEBERAN ADHERIR CON POLIURETANO ALIMENTICIO A POS. 07

REV. N°	FECHA	ACTUAL	ANTERIOR	OBSERVACIONES	DIB.	APR.
1	20/02/25	X	X	AGR. TAPA EXT. Y CAMBIO POS. BURLETES + REMACHES CIEGOS	IGO	MAG
0	03/07/24	X	X	EMISION ORIGINAL	IGO	MAG

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	03/07/24	IGO
REVISO	03/07/24	MAG
APROBO	XXXXX	XXXXX

IGNACIO GONZALEZ

OT: 1055
PROYECTO: AI-02 & AP-02
CLIENTE: ESCUELA DE ING. MECANICA
DOCUMENTO N°: 1055-AI-CONJ-1100
ESC.: 1:2.5
DENOMINACION: TAPA TRASERA
MEDIDAS EN mm, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
FORMATO: A3
HOJA: 1/2

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.
TOLERANCIA S/ DIN7168 & 8570 JA2310, SALVO INDIC. CONTRARIA

Figura C-2: plano de conjunto tapa trasera AI-02 H1/2

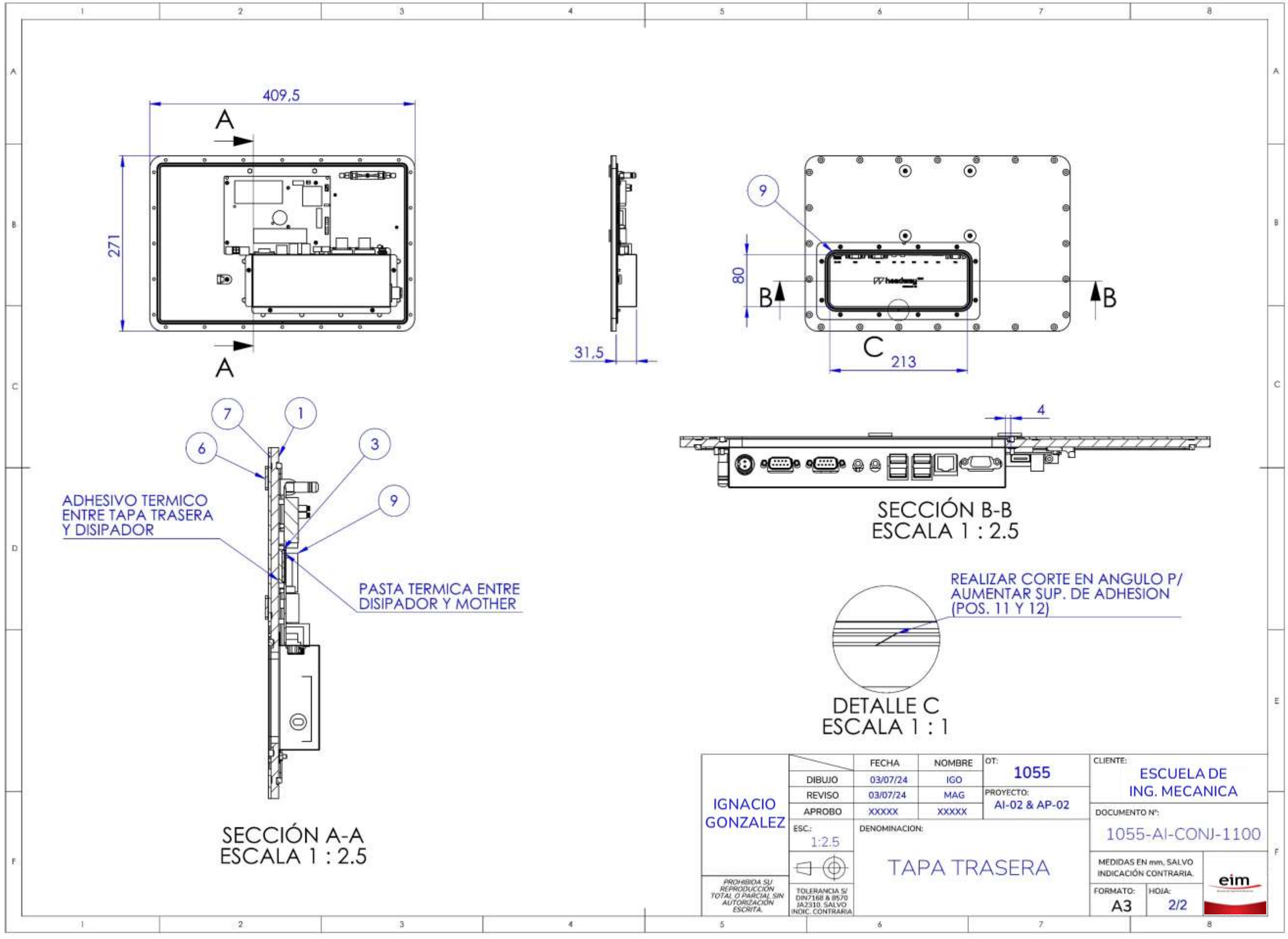
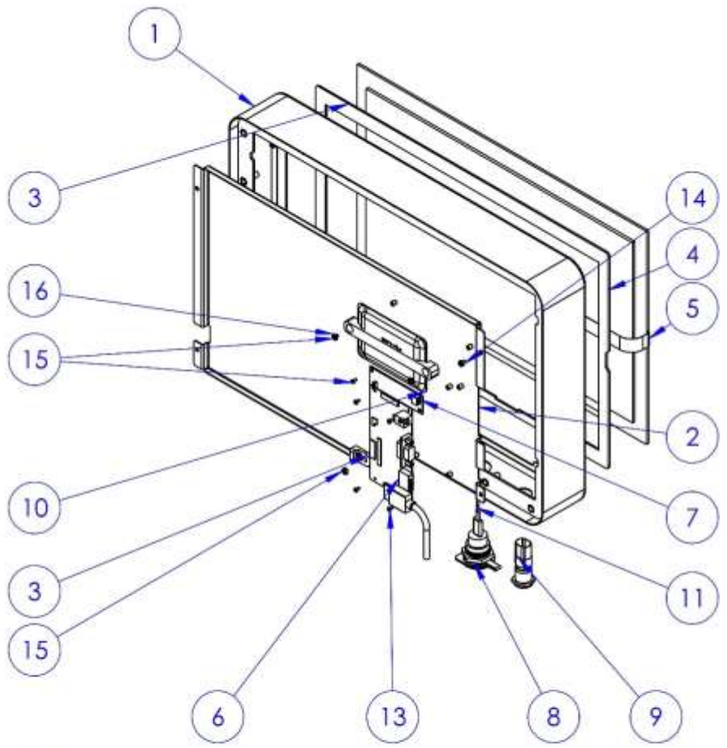
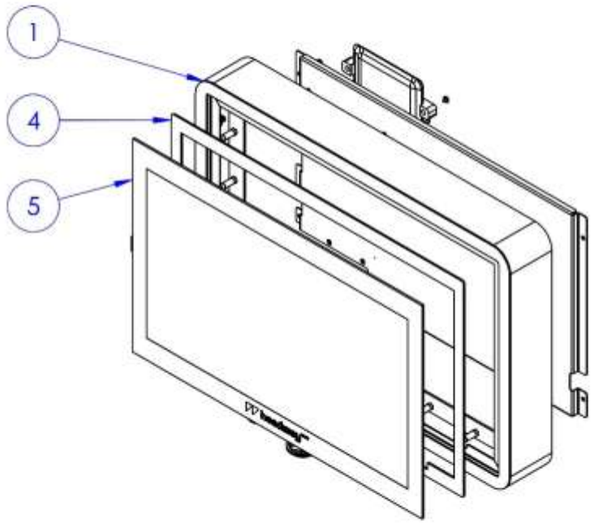


Figura C-2 cont.: plano de conjunto tapa trasera AI-02 H2/2





ISOMETRICAS

POS.	DESCRIPCION	OBSERVACION	CANT.
1	1055-AI-PSOL-1201 - CARCASA EXTERNA	N!# 01206x0003	1
2	1055-GE-PSOL-1202 - BANDEJA CONTROLADORES	N!# 01206x0006	1
3	1055-GE-PPLA-1209 - PRENSA CABLE STUD PRECINTO		1
4	1055-GE-PPLA-1107 - APOYO TOUCH DISPLAY SIN VUELO		1
5	DISPLAY & TOUCH JC-M15601_RA		1
6	PLACA CO DISPLAY M.RT2556.51D18213_V1_51_A4		1
7	PLACA CO TOUCH FX-TK04U-V3.1-AZ38CN-170822		1
8	PUERTO USB-c EXTERIOR		1
9	BOTON POWER		1
10	BOLSA SILICA 25 gr		1
11	CABLE USB-c		1
12	FICHA C/CABLE HDMI MACHO		1
13	TOR. CAB. FIJADORA PHI M2x4		8
14	TOR. CAB. FIJADORA PHI M3x4		4
15	TUERCA HEX. M3		1
16	AR. PLANA M2		2

NOTAS:
1. ADHERIR POS 03 CON POS 01 CON SELLADOR POLIURETANICO APTO ALIMENTICIO (NEGRO), UTILIZAR EL MISMO PRODUCTO PARA ADHERIR POS 03 CON POS 05.
2. SELLAR POS 09 Y POS 10 A POS 01 CON SELLADOR POLIURETANICO APTO ALIMENTICIO (NEGRO)

REV. Nº	FECHA	ACTUAL	ANTERIOR	OBSERVACIONES	DIB.	APR.
1	20/02/25	X	X	CAMBIO DISEÑO SELLO + AGR. TAPA EXT.	IGO	MAG
0	04/07/24	X	X	EMISION ORIGINAL	IGO	MAG

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	04/07/24	IGO
REVISO	04/07/24	MAG
APROBO	XXXXX	XXXXX

IGNACIO GONZALEZ

OT: 1055
PROYECTO: AI-02 & AP-02
CLIENTE: ESCUELA DE ING. MECANICA
DOCUMENTO Nº: 1055-AI-CONJ-1200
ESC.: 1:5
DENOMINACION: CONJ. CARCASA EXTERNA
MEDIDAS EN mm, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
FORMATO: A3
HOJA: 1/2

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.

TOLERANCIA S/ DIN7168 & 8570 JA2310. SALVO INDIC. CONTRARIA

Figura C-3.: plano de conjunto carcasa externa AI-02 H1/2

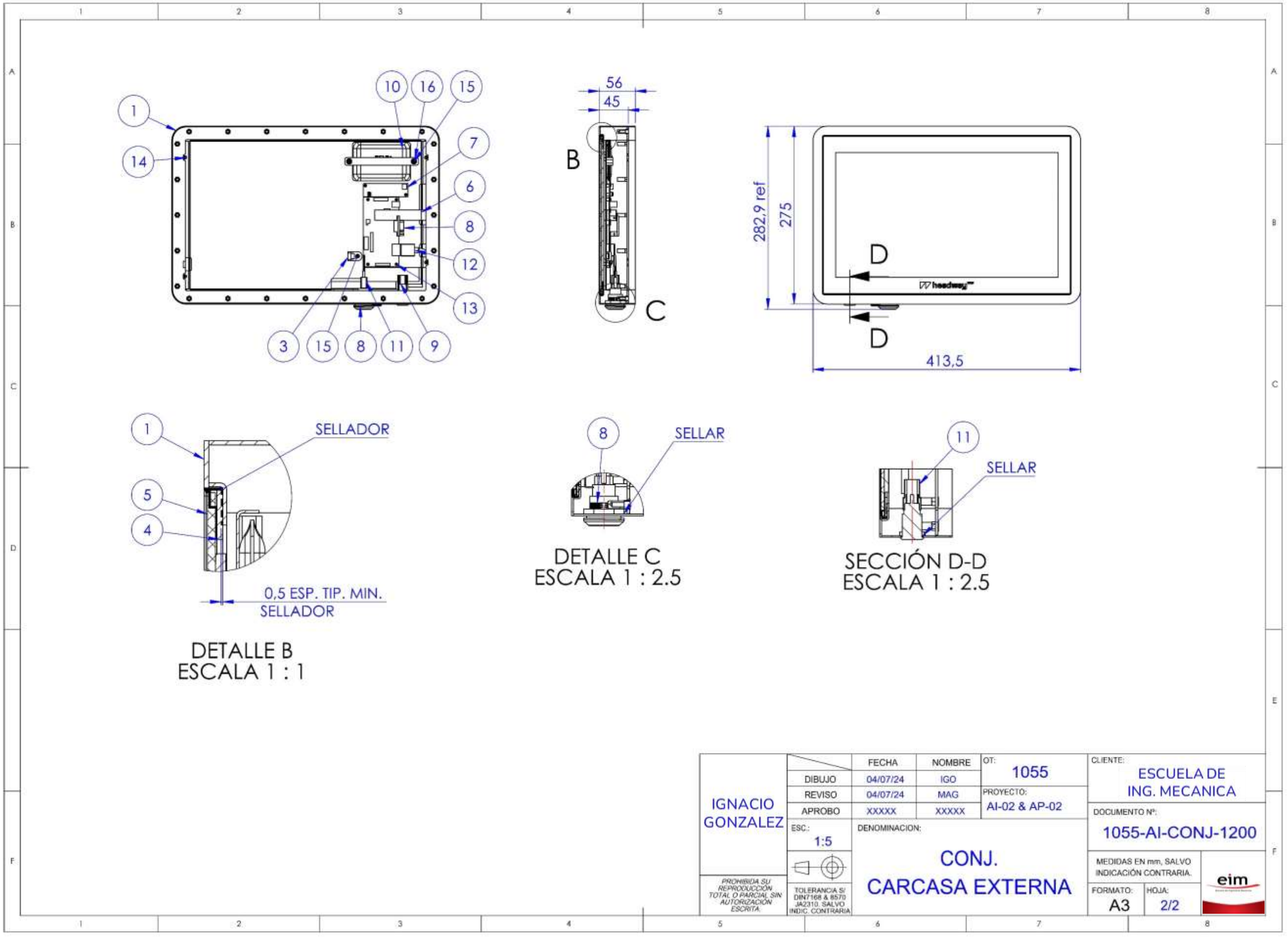


Figura C-3 cont..: plano de conjunto carcasa externa AI-02 H2/2

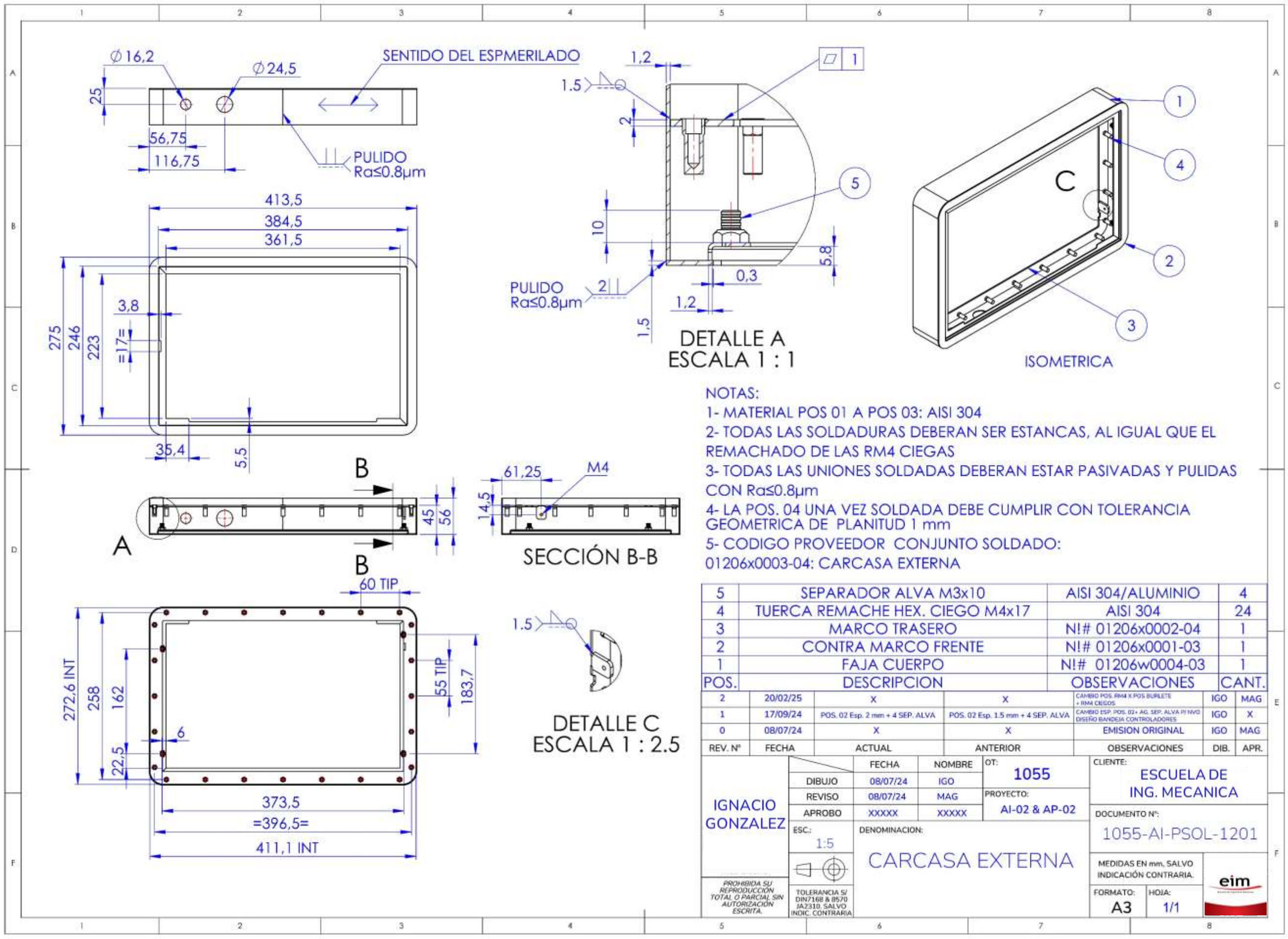


Figura C-4: plano de detalle carcasa externa AI-02 H1/1

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 1 de 9

- REPORTE DE ENSAYOS -

REDUCIDO

Producto:	
Marca:	
Modelo:	
País de Origen:	ARGENTINA
Tensión Nominal:	-
Frecuencia:	-
Corriente:	-
Potencia:	-
Clase Aislación:	-
Empresa:	
Dirección:	
Localidad:	
Provincia:	
Norma/s Aplicada/s:	**IEC 60529-1: 2013** Grados de protección provistos por la envolvente - Código IP. **CAP. 11, 12, 13, 14. - Ensayo de IP 66** Última edición utilizada.
Certificadora:	**Ensayo voluntario**
Lacrado Nº:	----
Reporte número:	



Laboratorio Consultar
LABORATORIO CONSULTAR S.R.L.
Laprida 3346 - Tel./Fax.: +54 341 465 4848 / 461 2001
(S2001RUJ) Rosario - Santa Fe - Argentina
e-mail: laboratorio@consultar.org www.laboratorioconsultar.com

Figura C-5: reporte de ensayo IP66 H1/9

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 2 de 9

ACLARACIONES Y SÍMBOLOS

El informe solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita del Laboratorio.

Este reporte corresponde a un Ensayo Reducido. Puede poseer desvíos a los métodos que se requieren en la norma aplicada.

El muestreo NO es aplicable. Este informe se refiere a la muestra bajo ensayo y no a la producción de dichos elementos.

Salvo indicación contraria los ensayos son realizados:
En las dependencias del Laboratorio Consultar SRL, en calle Laprida 3346, Rosario, Santa Fe, Argentina.
En ambientes con temperatura 20 ± 5 ºC.

La muestra será conservada por 2 meses a partir de la fecha de emisión del reporte

Desvíos de norma asociados a los ensayos reducidos:	
Tratamiento de Humedad	A menos que certificadora lo explicite en el acta de toma de muestra, no se realiza.
Calentamiento Normal y Calentamiento Anormal	Orientado exclusivamente a determinar la temperatura de ensayo de Resistencia al calor. En aquellos artefactos de calentamiento evidente se realizarán los ensayos de calentamiento que se necesiten para determinar la temperatura del ensayo de presión de bolilla, en los demás se adopta 125 / 75 º C.

La simbología que se utilizará para los resultados de los ensayos realizados es la siguiente:

P	La muestra bajo ensayo, PASA el requisito, si el Laboratorio ha tenido que tomar una Regla de Decisión, se informa al final del presente informe.
NP	La muestra bajo ensayo NO PASA el requisito, si el Laboratorio ha tenido que tomar una Regla de Decisión, se informa al final del presente informe.
NE	No evaluado.
NA	Este ítem de norma NO APLICA al objeto bajo ensayo.
-	No requiere indicación alguna, es solo a efecto de no dejar espacio en blanco.

Para ciertos procesos requeridos por certificadoras o por el propio cliente, Laboratorio Consultar SRL puede incorporar información suministrada por el cliente bajo el aviso "Información suministrada por el cliente"; por lo tanto, se deslinda de responsabilidades legales y administrativas que de tal información pudiere surgir.

Siempre que sea posible se indicaran los resultados de las mediciones en las unidades del SI (Sistema Internacional) o en su defecto se informan los factores de conversión de unidades.

Figura C-5 cont.: reporte de ensayo IP66 H2/9

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 3 de 9

LISTADO GENERAL DE INSTRUMENTOS A UTILIZAR

DESCRIPCIÓN	ID									
ACCESIBILIDAD/PRIMERA CIFRA IP	026	027	028	036	039	054	104	105	106	126
	127	136	330	333	334	335	350	351	360	361
	408	409	451	531	548	549	553			
ADQUISIDORES/REGISTRADORES	250	270	276	452	515	529	578			
ANEMÓMETROS	597	598								
APARATOS PRESIÓN DE BOLILLA/HORNOS/ SOFTWARE DE MEDICIÓN	025	050	211	349	367	368	444	471	472	537
BALANZAS / DINAMOMETROS	358	359	434	436	470	489	543	558		
CALIBRES/CINTAS MÉTRICAS/ESCUADRAS/ MICRÓMETROS/REGLA	011	048	094	169	170	171	174	231	244	336
	379	380	381	384	388	525	568	611		
CÁMARAS DE ENSAYO	022	220	221	429						
CAUDALÍMETROS	446	516	589	603	604					
CICLADORES	055	133	357	411						
CORRIENTE DE FUGA	099	160	180	272	319	354	407	486	544	
CRONÓMETROS	140	459	460	462	463	464	466			
DETECTOR DE GASES	539									
ENCAMINAMIENTO ELÉCTRICO / CONDUCTIVIMETRO	020	535	581							
FUENTES CORRIENTE / MILIÓHMETROS	275	297	298	338	339	340	363	431	432	456
FUENTES TENSIÓN RESISTIDA/SOBRETENSIÓN	049	078	100	131	143	151	158	168	273	342
	427	476	477	536	559	560	579	587		
GENERADOR RUIDO ROSA	584									
HEXANO/ISOPROPANOL	069	534								
IMPACTO Y RELACIONADOS	035	067	103	216	217	362	409	485	487	557
	610									
LADRILLOS NORMALIZADOS	571									
MANÓMETROS	005	135	138	441	442	447	517	518	519	583
MINILABORATORIOS DE ENSAYOS	547	563	572	573	596					
MINITABLEROS DE SEGURIDAD ELECTRICA	575	576								
MULTÍMETROS	001	040	061	083	089	147	163	199	228	346
	422	425	445	450	492	493	494	495	496	497
	499	500	501	502	503	504	505	506	590	591
	595	600								
OSCILOSCOPIOS	052	392	556	601						
OCTÓGONO	223									
PESAS	108	109	110	111	112	113	114	115	117	118
	119	120	175	176	177	389	390	391		
PINZAS AMPEROMÉTRICAS	057	323	328	414	415	416	420	423	426	508
	509	570	617							
PLANO INCLINADO	077									
PUESTA A TIERRA/SHUNTS	012	101	132	274	355	356				
PUNTA INCANDESCENTE	019	565								
QUEMADOR DE AGUJA/BLOQUE FLAMA AGUJA	234	246								
RESISTENCIA DE AISLACIÓN	156									
REGULADORES DE TENSION/UPS	095	096	097	098	102	150	179	491	567	588
SALPICADURA/SEGUNDA CIFRA IP	013	037	087	139	229	439	440			
TACÓMETRO	201									
TELURÍMETRO	006									
TENSIONES RESIDUALES	080	469	540							
TERMÓMETROS / HIGROMETROS	003	015	029	031	033	059	088	091	152	153
	186	187	188	190	193	194	222	227	300	309
	310	325	326	348	369	373	374	375	377	378
	417	418	421	424	490	507	521	522	523	526
	527	528	569	594	602	606	607	608	612	613
	614	615								
TRACCIÓN/FLEXIÓN/TORQUE	014	062	081	086	154	212	412	437	524	
VATÍMETROS	004	044	093	107	331	393	530	542	564	577
	585	593								

Aclaración: La presente lista es NO excluyente y referencial. En las tablas de ensayo del presente reporte se indican los ID de los instrumentos utilizados.

Figura C-5 cont.: reporte de ensayo IP66 H3/9

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 4 de 9

FOTOS

Vistas









Interior y componentes



Laboratorio Consultar
LABORATORIO CONSULTAR S.R.L.
Laprida 3346 - Tel./Fax.: +54 341 465 4848 / 461 2001
(S2001RUJ) Rosario - Santa Fe - Argentina
e-mail: laboratorio@consultar.org www.laboratorioconsultar.com

TRF IEC60529-1 [2013]
v0.0.RED

Figura C-5 cont.: reporte de ensayo IP66 H4/9

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 5 de 9

IEC60529-1			
Cláusula	Requisito - Ensayo	Resultado - Observación	Veredicto
11	CONDICIONES GENERALES PARA LOS ENSAYOS		-
11.1	Condiciones atmosféricas para ensayos de agua o polvo	-	P
11.2	Muestras de ensayo	-	P
11.3	Aplicación de los requerimientos de ensayo e interpretación de los resultados	-	P
11.4	Combinación de las condiciones de ensayo para el primer numeral	-	P
11.5	Envolventes vacías	-	P
12	ENSAYOS DE PROTECCIÓN CONTRA ACCESO A PRTES PELIGROSAS INDICADAS POR EL PRIMER CARACTER NUMERAL		-
12.1	Sondas de acceso	Tabla 6 – IEC60529	P
12.2	Condiciones de ensayo	Tabla 6 – IEC60529	P
12.3	Criterios de aceptación:	-	-
	Adecuada distancia entre la sonda y la parte peligrosa	-	P
	Para el primer caracter numeral 1, la sonda de 50 mm no debe pasar totalmente a través de la abertura	-	NA
	Para el primer carácter numeral 2, el dedo de ensayo no debe penetrar más de 80 mm y el tope (50 mm x 20mm) no debe pasar la abertura. Empezando desde la posición recta, el dedo de ensayo debe curvarse un ángulo de 90º en todas las posiciones posibles.	-	NA
12.3.1	Para equipos de bajo voltaje (< 1000 Vac y 1500 Vdc)	No acceso a partes activas	P
12.3.2	Para equipos de alto voltaje (> 1000 Vac y 1500 Vdc)	Ensayo de rigidez dieléctrica (IEC 60071-2)	NA
12.3.3	Para equipos con partes mecánicas peligrosas	No acceso a partes móviles	P
13	ENSAYOS DE PROTECCIÓN CONTRA OBJETOS SÓLIDOS EXTRAÑOS INDICADAS POR EL PRIMER CARCTER NUMERAL		-
13.1	Medios de ensayo	Tabla 7 – IEC60529	P
13.2	Condiciones de ensayo para el primer carácter numeral 1; 2, 3; 4	Ver tabla IP1-4X	NA
13.3	Criterios de aceptación para el primer carácter numeral 1; 2, 3; 4 La protección es satisfactoria si el diámetro total de la sonda, especificado en la tabla 7, no pasa a través de la abertura de la envolvente	-	NA
13.4	Ensayo de polvo para el primer carácter numeral 5; 6	Ver tabla IP5-6X	P
13.5	Condiciones especiales para el primer carácter numeral 5	-	-
13.5.1	Condiciones de ensayos para el primer carácter numeral 5	-	NA
13.5.2	Criterios de aceptación para el primer carácter numeral 5: El talco no se debe acumular en tal cantidad o ubicación tal que pueda interferir con el funcionamiento correcto o menoscabar la seguridad.	-	NA
13.6	Condiciones especiales para el primer carácter numeral 6	-	-
13.6.1	Condiciones de ensayos para el primer carácter numeral 6	Categoría 1	P
13.6.2	Criterios de aceptación para el primer carácter numeral 6: No debe ingresar polvo dentro de la envolvente	-	P
14	ENSAYOS DE PROTECCIÓN CONTRA EL AGUA INDICADA POR EL SEGUNDO CARACTER NUMERAL		-
14.1	Medios de ensayo.	Tabla 8 – IEC60529	P

Figura C-5 cont.: reporte de ensayo IP66 H5/9

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 6 de 9

14.2	Condiciones de ensayo: Los detalles concernientes al cumplimiento de los grados de protección; en particular para el segundo carácter 5/6/9 (chorros de agua) y 7/8 (Inmersión) se detallan en la cláusula 6. - El ensayo debe realizarse con agua fresca. - Durante los ensayos de IPXI a IPX6 la temperatura del agua no debe diferir de 5K respecto al equipo, si difiere -5K se debe proporcionar un balance de presión para el recinto. Para IPX7 and IPX9; los detalles de la temperatura del agua se dan en 14.2.7 y 14.2.9 respectivamente. - La humedad condensada sobre el equipo no debe confundirse. - A los efectos de los ensayos, el área de la superficie del recinto se calcula con una tolerancia del 10% - Seguridad adecuada si se ensaya el equipo energizado.	-	P
14.2.1	Ensayo para el segundo carácter numeral 1 con caja de goteo	Ver tabla IPX1-2	NA
14.2.2	Ensayo para el segundo carácter numeral 2 con caja de goteo	Ver tabla IPX1-2	NA
14.2.3	Ensayo para el segundo carácter numeral 3 con tubo oscilante o pico de pulverización	Ver tabla IPX3-4	NA
14.2.4	Ensayo para el segundo carácter numeral 4 con tubo oscilante o pico de pulverización	Ver tabla IPX3-4	NA
14.2.5	Ensayo para el segundo carácter numeral 5 con pico de 6.3 mm	Ver tabla IPX5-6	NA
14.2.6	Ensayo para el segundo carácter numeral 6 con pico de 12.5 mm	Ver tabla IPX5-6	P
14.2.7	Ensayo para el segundo carácter numeral 7: inmersión temporaria entre 0.15 m y 1 m	Ver tabla IPX7	NA
14.2.8	Ensayo para el segundo carácter numeral 8: inmersión continua sujeta a acuerdo	Ver tabla IPX8	NA
14.2.9	Ensayo para el segundo carácter numeral 9 mediante chorro de agua a alta presión y temperatura.	-	NA
	El ensayo se realiza rociando la carcasa con un chorro de agua desde una boquilla de prueba estándar, como se muestra en las figuras 7, 8 y9.	-	NA
	La configuración para medir la fuerza de impacto del chorro de agua se muestra en la figura 10.	-	NA
	La fuerza de distribución se verificará en los límites superior e inferior del rango de tolerancia de distancia (Véase la figura 11).	-	NA
	a) Para carcasas pequeñas (Dimensiones inferior a 250 mm), la carcasa se montará en el dispositivo de ensayo que se muestra en la figura 12.	-	NA
	b) Para carcasas grandes (dimensión superior o igual a 250 mm), la carcasa se montará según su uso previsto. Toda la superficie expuesta del recinto se someterá a pulverización en algún momento del procedimiento de ensayo.	-	NA
14.3	Criterios de aceptación	-	-
	Después de realizar las pruebas de acuerdo con los requisitos correspondientes de 14.2.1 a 14.2.9; se deberá inspeccionar el recinto para detectar la entrada de agua.	-	P
	Si ingresa agua a la muestra bajo ensayo, la misma no debe: - Ser suficiente para interferir con el correcto funcionamiento del equipo o menoscabar la seguridad. - Depositarse en las partes de aislamiento donde podría conducir al encaminamiento a través de las líneas de fuga. - Alcanzar partes activas o devanados no diseñados para funcionar cuando están mojados. - Acumularse cerca del extremo del cable o ingresar al cable si lo hubiera.	-	P

INFORMACIÓN ADICIONAL			
Fecha Recepción	06/06/2025	Autoriza	Juan Cainelli
Realizado por	Jesús Rodas	Revisado por	Alejandro Otero
Fecha inicio	17/06/2025	Fecha fin	19/06/2025

Figura C-5 cont.: reporte de ensayo IP66 H6/9

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 7 de 9

TABLAS

CAP. 12	IP1-6X: ACCESO PARTES PELIGROSAS					
Parte	IP	Fuerza (N)	Ingreso (S/N)	Acceso Partes Peligrosas (S/N)	Instrumento	Resultado
TERMINAL TOUCH	IP6X	1	N	N	ID106 (03/2027)	P

CAP. 13	IP1-4X: INGRESO OBJETOS EXTRAÑOS					
Parte	IP	Fuerza (N)	Ingreso (S/N)	Acceso Partes Activas (S/N)	Instrumento	Resultado
-	-	-	-	-	-	NA

CAP. 13	IP5-6X: INGRESO OBJETOS EXTRAÑOS					
Parte	IP	Duración Ensayo (H)	Ingreso Polvo (S/N)	Afectación (S/N)	Instrumento	Resultado
TERMINAL TOUCH	IP6X	8	N	N	ID054 (05/2026)	P

CAP. 14	IPX1-2								
Distancia a muestra (m)	###	T_{agua} (ºC)	20±5	T_{amb} (ºC)	20±5				
Parte		Caudal Ensayo (mm/min.)	Rotación	Inclinación Aparato (º)	Duración Ensayo (min.)	Ingresa Agua (S/N)	Red. Líneas Fuga/ Dist. Aire (S/N)	Instrumento	Resultado
IPX1	-	-	-	-	-	-	-	-	NA
IPX2	-	-	-	-	-	-	-	-	NA

CAP. 14	IPX3-4								
Distancia a muestra (m)	###	T_{agua} (ºC)	20±5	T_{amb} (ºC)	20±5				
Parte		Rotación	Caudal Ensayo (l/min.)	Ángulo Oscilación (º)	Duración Ensayo (min.)	Ingresa Agua (S/N)	Red. Líneas Fuga/ Dist. Aire (S/N)	Instrumento	Resultado
IPX3	-	-	-	-	-	-	-	-	NA
IPX4	-	-	-	-	-	-	-	-	NA

Figura C-5 cont.: reporte de ensayo IP66 H7/9

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 8 de 9

CAP. 14	IPX5-6						
Distancia a muestra (m)	-	T_{agua} (°C)	20±5	T_{amb} (°C)	20±5		
Parte		Caudal Ensayo (l/min.)	Duración Ensayo (min.)	Ingresa Agua (S/N)	Red. Líneas Fuga / Dist. Aire (S/N)	Instrumento	Resultado
IPX5	-	-	-	-	-	-	NA
IPX6	TERMINAL TOUCH	100	3	N	N	ID087 (07/2025)	P

CAP. 14	IPX7							
		T_{agua} (°C)	20±5		T_{amb} (°C)	20±5		
Parte	Posición muestra Fondo/ Sup. (m)	Duración Ensayo (min.)	Cantidad NaCl (%)	Ingresa Agua (S/N)	Red. Líneas Fuga/ Dist. Aire (S/N)	Instrumento	Resultado	
-	-	-	-	-	-	-	NA	

CAP. 14	IPX8								
		T_{agua} (°C)	20±5			T_{amb} (°C)	20±5		
Parte	Profundidad Inmersión (m)	Presión Ensayo (MPa)	Duración Ensayo (h)	Cantidad NaCl (%)	Ingresa Agua (S/N)	Red. Líneas Fuga/ Dist. Aire (S/N)	Instrumento	Resultado	
-	-	-	-	-	-	-	-	NA	

Laboratorio Consultar
LABORATORIO CONSULTAR S.R.L.
Laprida 3346 - Tel./Fax.: +54 341 465 4848 / 461 2001
(S2001RUJ) Rosario - Santa Fe - Argentina
e-mail: laboratorio@consultar.org www.laboratorioconsultar.com

TRF IEC60529-1 [2013]
v0.0.RED

Figura C-5 cont.: reporte de ensayo IP66 H8/9

CLIENTE / MODELO	Nº REPORTE	Página 9 de 9

LISTA DE DESVÍOS	
	• No posee.

RESUMEN DE ÍTEMS		
11	CONDICIONES GENERALES PARA LOS ENSAYOS	P
12	ENSAYOS DE PROTECCIÓN CONTRA ACCESO A PARTES PELIGROSAS INDICADAS POR EL PRIMER CARACTER NUMERAL	P
13	ENSAYOS DE PROTECCIÓN CONTRA OBJETOS SÓLIDOS EXTRAÑOS INDICADAS POR EL PRIMER CARACTER NUMERAL	P
14	ENSAYOS DE PROTECCIÓN CONTRA EL AGUA INDICADA POR EL SEGUNDO CARACTER NUMERAL	P

Alejandro Otero
Jefe de Laboratorio SE

Juan Carlos Cainelli
Director Técnico

25/06/2025

Figura C-5 cont.: reporte de ensayo IP66 H9/9

Anexo D: Componentes STD

En esta sección se adjuntan todos los componentes estándar que se han utilizado exceptuando la tornillería que se ha basado en las normas DIN 7380, DIN 7985, DIN 985 y DIN 125A. A continuación, se enumeran los catálogos / hojas de datos de los componentes seleccionados:

1. Remaches roscados: La *figura D-1: información técnica de tuercas remachables*, se encontrarán los datos técnicos de este tipo de fijación. En la *figura D-2: remaches ciegos*, se encontrará el elemento utilizado. Los mismos han sidos extraidos del catálogo “Fixi Fastening systems – Tuercas remachables”, donde se encontrarán datos técnicos de las tuercas RM4 ciegas utilizadas.
2. Stand off: se adjunta catálogo de “PEM - SP Self-clinching standoffs”
3. Adhesivo / sellador poliuretanico: se adjunta hoja de datos de “DAP Polyurethane construction sealant”.

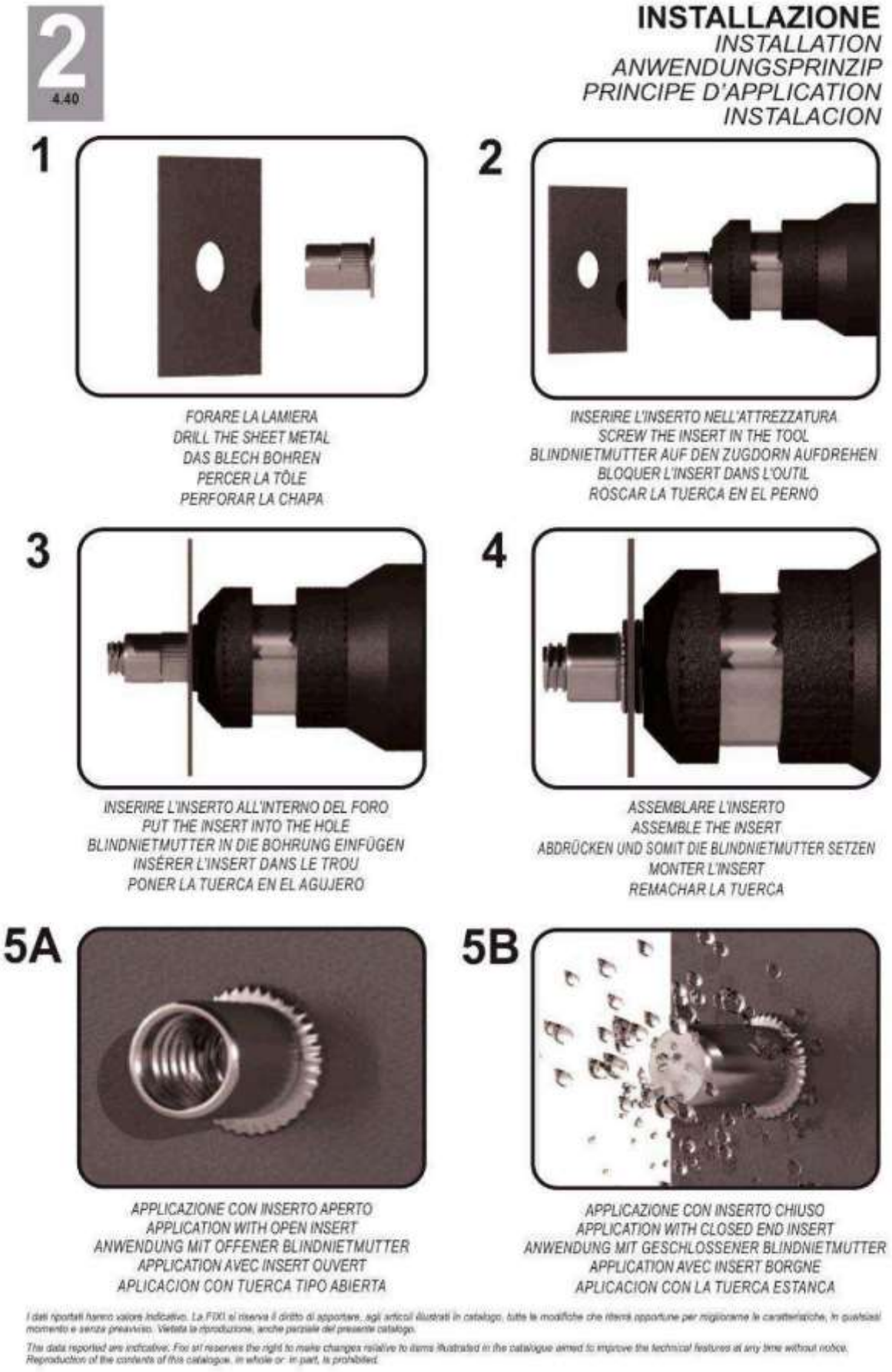
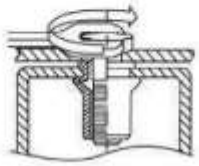


Figura D-1: información técnica de tuercas remachables

INFORMAZIONI TECNICHE
TECHNICAL INFORMATION
TECHNISCHE INFORMATIONEN
INFORMATION TECHNIQUE
INFORMACION TECNICA

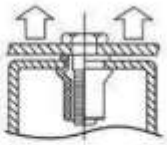
2
5.40

COPPIA DI SERRAGGIO MASSIMA (N*m*)
MAX TIGHTENING TORQUE (N*m*)
MAX DREHMOMENT (N*m*)
COUPLE DE SERRAGE MAXIMUM (N*m*)
PAR DE APRIETE MAXIMO (N*m*)



MATERIALE MATERIAL	TESTA HEAD	CORPO BODY	MISURA FILETTO THREAD SIZE						
			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
FERRO C4C STEEL	TONDA FLAT	CILINDRICO E ESAGONALE ROUND AND HEXAGONAL	2	5	8,5	15	26	50	80
	SVASATA COUNTERSUNK	CILINDRICO ROUND	1	4	8	15	26	45	70
	RIDOTTA REDUCED	CILINDRICO E ESAGONALE ROUND AND HEXAGONAL	1	3	6	11	20	32	50
INOX (ANSI 304) STAINLESS STEEL	TONDA FLAT	CILINDRICO E ESAGONALE ROUND AND HEXAGONAL	2	5	8,5	15	26	50	80
	SVASATA COUNTERSUNK	CILINDRICO ROUND	1	4	8	15	26	45	70
	RIDOTTA REDUCED	CILINDRICO E ESAGONALE ROUND AND HEXAGONAL	1	3	6	11	20	32	50
ALLUMINIO Almg 2,5 ALUMINIUM	TONDA FLAT	CILINDRICO ROUND	0,7	2,5	5	8	20	25	-
	SVASATA COUNTERSUNK		0,7	2,5	5	8	20	25	-
	RIDOTTA REDUCED		0,7	2,5	5	8	20	25	-

CARICO DI TRAZIONE SUL FILETTO (N)
PULL-OUT FORCE (N)
GEWINDE ZUGKRAFT (N)
TENUE À L'ARRACHEMENT (N)
CARGA DE TRACCION SOBRE LA ROSCA (N)



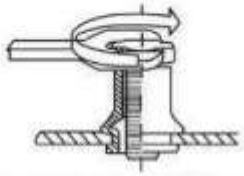
MATERIALE MATERIAL	TESTA HEAD	CORPO BODY	MISURA FILETTO THREAD SIZE						
			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
FERRO C4C STEEL	TONDA FLAT	CILINDRICO E ESAGONALE ROUND AND HEXAGONAL	3900	6800	11500	16500	25000	32000	34000
	SVASATA COUNTERSUNK								
	RIDOTTA REDUCED								
INOX (ANSI 304) STAINLESS STEEL	TONDA FLAT	CILINDRICO E ESAGONALE ROUND AND HEXAGONAL	3900	6800	11500	16500	25000	32000	34000
	SVASATA COUNTERSUNK								
	RIDOTTA REDUCED								
ALLUMINIO Almg 2,5 ALUMINIUM	TONDA FLAT	CILINDRICO ROUND	1900	4000	6500	7800	12300	17500	-
	SVASATA COUNTERSUNK								
	RIDOTTA REDUCED								

Figura D-1 cont.: información técnica de tuercas remachables

2
6.40

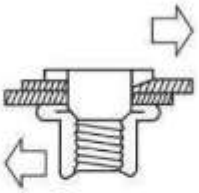
INFORMAZIONI TECNICHE
TECHNICAL INFORMATION
TECHNISCHE INFORMATIONEN
INFORMATION TECHNIQUE
INFORMACION TECNICA

TENUTA ALLA COPPIA DIRETTA (N*m*)
TORQUE-TO-TURN (N*m*)
DREHMOMENT (N*m*)
TENUE AU COUPLE DIRECT (N*m*)
PAR DE GIRO DIRECTO (N*m*)



MATERIALE MATERIAL	TESTA HEAD	CORPO BODY	MISURA FILETTO THREAD SIZE						
			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
FERRO C4C STEEL	TONDA FLAT	CILINDRICO ROUND	0,5	1	2	4,5	5,5	11	30
	SVASATA COUNTERSUNK		0,4	0,8	1,5	3,5	4,5	8,5	24
	RIDOTTA REDUCED		0,4	0,8	1,5	3,5	4,5	8,5	24
INOX (ANSI 304) STAINLESS STEEL	TONDA DOME	CILINDRICO ROUND	0,5	1	2	4,5	5,5	11	30
	SVASATA COUNTERSUNK		0,4	0,8	1,5	3,5	4,5	8,5	24
	RIDOTTA REDUCED		0,4	0,8	1,5	3,5	4,5	8,5	24
ALLUMINIO Almg 2,5 ALUMINIUM	TONDA DOME	CILINDRICO ROUND	0,25	0,9	1,5	3,5	5	6,5	21
	SVASATA COUNTERSUNK		0,2	0,7	1,2	2,5	4	5	16
	RIDOTTA REDUCED		0,2	0,7	1,2	2,5	4	5	16

VALORI AL TAGLIO (N)
SHEAR FORCE (N)
SCHERKRAFT (N)
RESISTANCE AU CISAILLEMENT (N)
RESISTENCIA A CIZALLA (N)



MATERIALE MATERIAL	TESTA HEAD	CORPO BODY	MISURA FILETTO THREAD SIZE						
			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
FERRO C4C STEEL	TONDA FLAT	CILINDRICO E ESAGONALE ROUND AND HEXAGONAL	900	1500	2000	3000	4400	5000	6500
	SVASATA COUNTERSUNK								
	RIDOTTA REDUCED								
INOX (ANSI 304) STAINLESS STEEL	TONDA FLAT	CILINDRICO E ESAGONALE ROUND AND HEXAGONAL	900	1500	2000	3000	4400	5000	6500
	SVASATA COUNTERSUNK								
	RIDOTTA REDUCED								
ALLUMINIO Almg 2,5 ALUMINIUM	TONDA FLAT	CILINDRICO ROUND	600	1000	1200	2000	2400	3800	-
	SVASATA COUNTERSUNK								
	RIDOTTA REDUCED								

FIXI www.fixi.it - info@fixi.it

Figura D-1 cont.: información técnica de tuercas remachables

INDICE GENERALE
GENERAL INDEX
INHALTSVERZEICHNIS
SOMMAIRE GÉNÉRAL
INDICE GENERAL

2
7.40

TIPO / TYPE / TYP / TYPE / TIPO	ACCIAIO STEEL STAHL ACIER ACERO	ACCIAIO INOX A2 STAINLESS STEEL A2 EDELSTAHL A2 ACIER INOXYDABLE A2 INOX A2	ACCIAIO INOX A4 STAINLESS STEEL A4 EDELSTAHL A4 ACIER INOXYDABLE INOX A4	ALLUMINIO ALUMINIUM ALUMINIUM ALUMINIUM ALUMINIO
	Pag./Page	Pag./Page	Pag./Page	Pag./Page
ITT	8	15	-	28
ITR	8	15	-	28
ITR-CP		-	-	-
ITS	8	15	-	28
ITTG	9	16	23	29
ITRG	9	16	23	29
ITSG	10	17	23	-
ITTCG	11	21	26	-
ITRCG	11	21	26	-
ITSCG	11	21	26	-
ITTC	-	20	25	-
ITRC	-	20	25	-
ITTSE	12	18	24	-
IERSE	12	18	24	-
ITRSE		-	-	-
ITTSEC	-	22	27	-
IERSEC	-	22	27	-

TIPO / TYPE / TYP / TYPE / TIPO	ACCIAIO STEEL STAHL ACIER ACERO	ACCIAIO INOX A2 STAINLESS STEEL A2 EDELSTAHL A2 ACIER INOXYDABLE A2 INOX A2	ACCIAIO INOX A4 STAINLESS STEEL A4 EDELSTAHL A4 ACIER INOXYDABLE INOX A4	ALLUMINIO ALUMINIUM ALUMINIUM ALUMINIUM ALUMINIO
	Pag./Page	Pag./Page	Pag./Page	Pag./Page
ITTE	13	19	-	-
IER	13	19	-	-
ITTEC	14	-	-	-
IERC	14	-	-	-
ITTGM	30			
ITTM	30	-	-	-
ITTSEM	30	-	-	-
SLOTTED / SLOTTED PB	31	-	-	-
JACKFIX	32	-	-	-
ITTL	32	-	-	-
ITLE	32	-	-	-
RN	33			

	ATTREZZATURE MANUALI *HAND TOOLS*	34
	ATTREZZATURE PNEUMATICHE *PNEUMATIC TOOLS*	35 - 36 - 37 - 38
	ATTREZZATURA A BATTERIA *BATTERY TOOL*	39

Figura D-1 cont.: información técnica de tuercas remachables

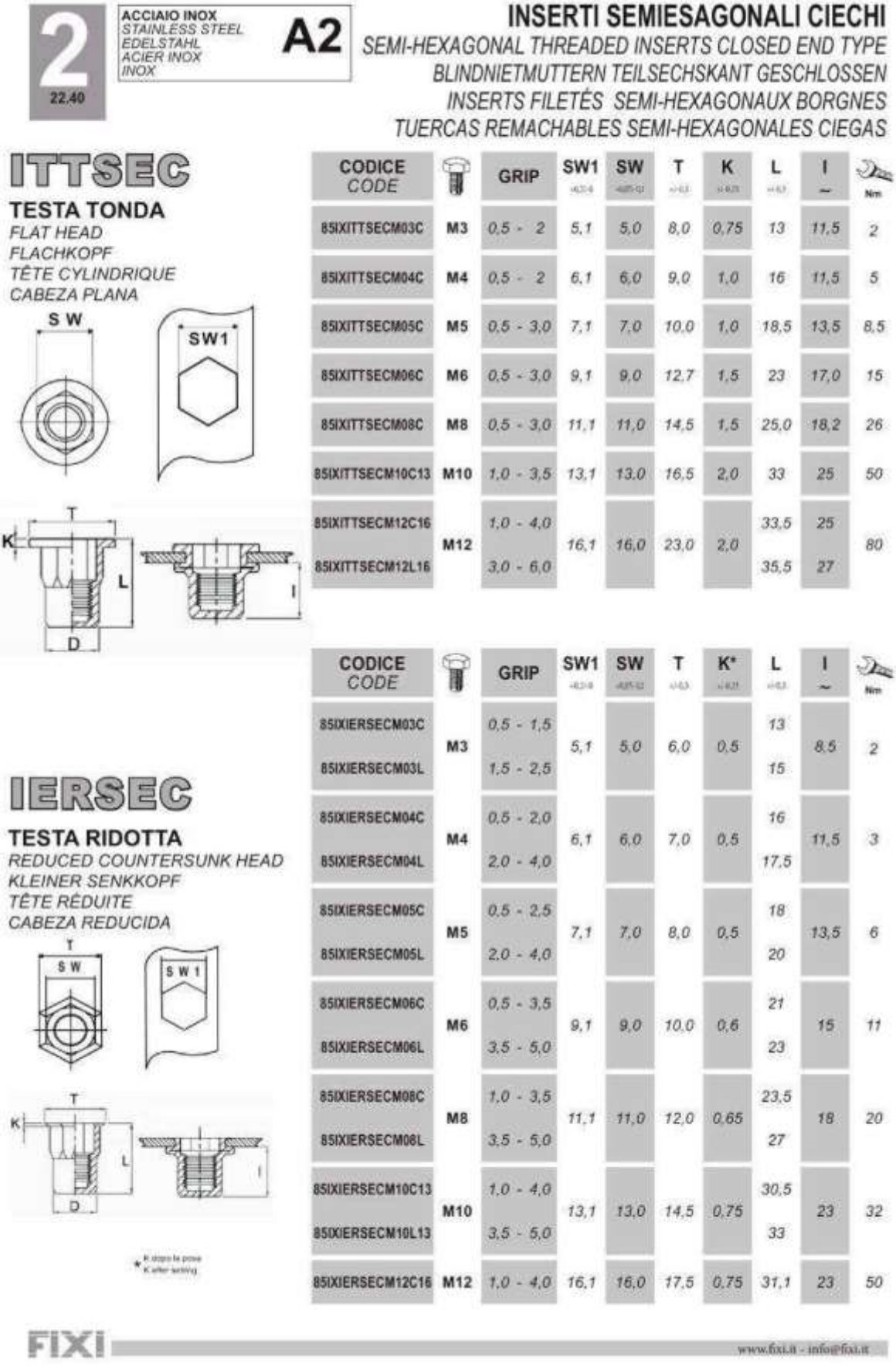


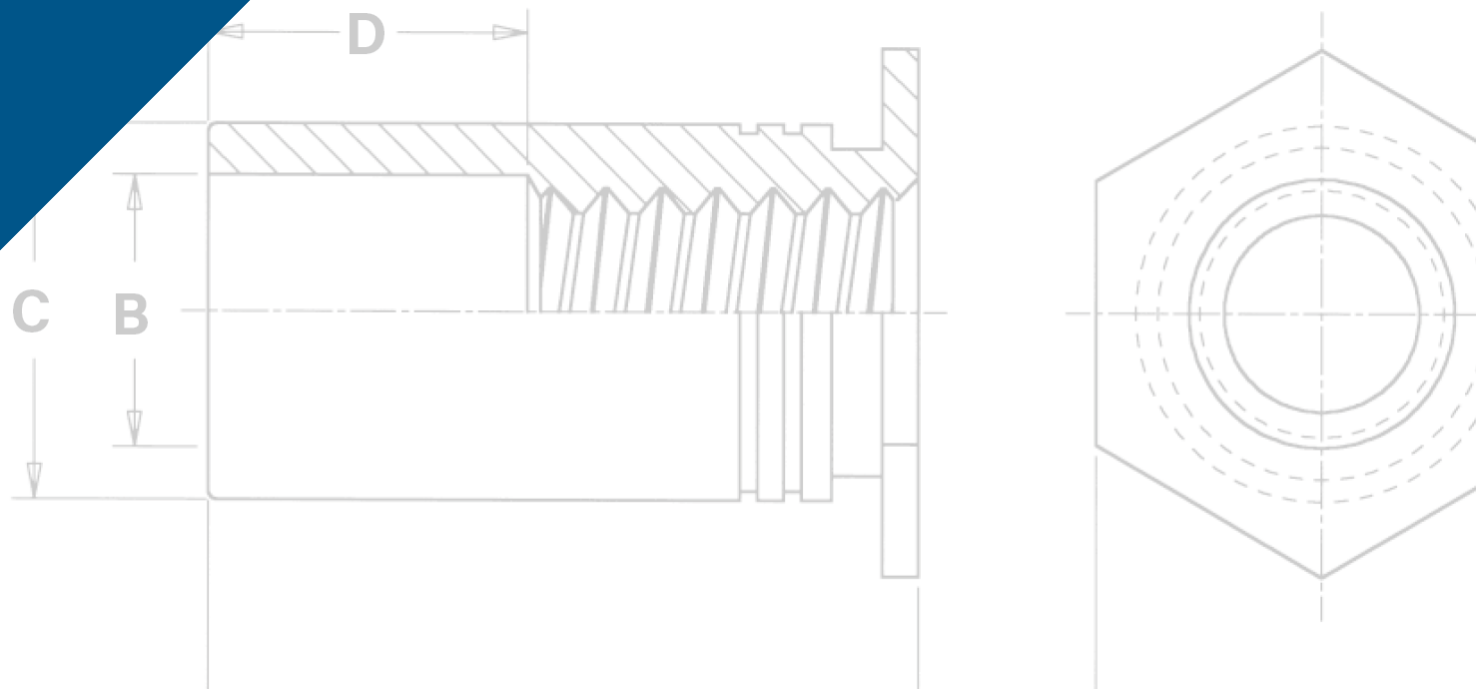
Figura D-2: remaches ciegos

PEM® through hole threaded and unthreaded standoffs for mounting, spacing or stacking panels.



SO™

SELF-CLINCHING STANDOFFS

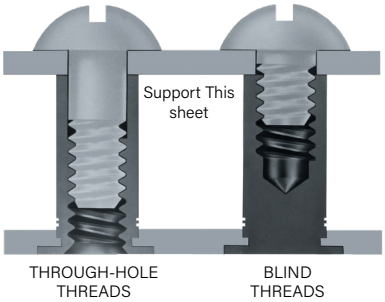


SELF-CLINCHING STANDOFFS

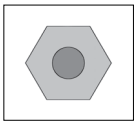
PEM® self-clinching standoffs, which use the proven self-clinching design, provide ideal solutions for applications where mounting, spacing or stacking of panels, boards or components are required. Pressed into round holes, these fasteners mount permanently into metal sheets as thin as .025" / 0.63 mm.

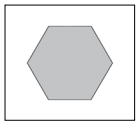
Specially designed SO4™, BSO4™ and TSO4™ standoffs are made from hardened stainless steel and are ideal for clinching into stainless steel sheets. An optional nickel plating is now available if product is expected to be used in a corrosive environment.

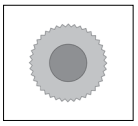
For more information on the proper use of PEM® self-clinching standoffs, check our website for Tech Sheet PEM® - REF/Standoff Basics.



HEAD SIDE OF SHEET AFTER INSTALLATION


SO/SOS/SOA/SO4
TSO/TSOS/TSOA/TSO4 (Styles 1 & 2)
SOSG/SOAG


BSO/BSOS/BSOA/BSO4
TSO/TSOS/TSOA/TSO4 (Style 3)


DSOS/DSO

SO™/SOS™/SOA™/SO4™ through hole threaded self-clinching standoffs - **PAGE 3**



BSO™/BSOS™/BSOA™/BSO4™ Blind hole, threaded self-clinching standoffs - **PAGE 4**



SO™/SOS™/SOA™/SO4™ Through hole, unthreaded self-clinching standoffs - **PAGE 5**



TSO™/TSOS™/TSOA™/TSO4™ Through hole threaded standoffs **for clinching into thinner sheets** than SO™ standoffs - **PAGE 6**



DSOS™/DSO™ Through hole, threaded standoffs with round, knurled head **allowing closer-to-edge clinch installation** - **PAGE 7**



SOSG™/SOAG™ Through hole, threaded grounding standoffs with **"grounding/ earthing teeth" on end of barrel** - **PAGE 7**



Material and finish specifications - PAGE 8

Installation - PAGES 8 - 11

Performance data - PAGES 12 & 13

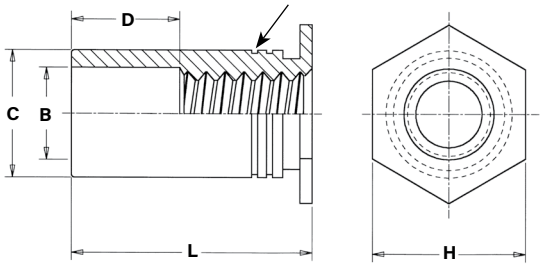
PEM® Standoff Type	Application Requires:									
	Installation into stainless steel (1)	Superior corrosion resistance	Threads at barrel end	Closed-end for flush appearance	Grounding/ earthing teeth on barrel end	Closest-to-edge distance mounting	Available Unthreaded	Thinnest minimum sheet	Most varied standard length increments	Non-magnetic
BSO			▪	▪						
BSOA			▪	▪						▪
BSOS		▪	▪	▪						▪
BSO4	▪	(2)	▪	▪						
DSO						▪				
DSOS		▪				▪				▪
SO							▪			
SOA							▪			▪
SOS		▪					▪			▪
SO4	▪	(2)					▪			
SOAG					▪					▪
SOSG		▪			▪					▪
TSO			▪	▪ (3)				▪	▪	
TSOA			▪	▪ (3)				▪	▪	▪
TSOS		▪	▪	▪ (3)				▪	▪	▪
TSO4	▪	(2)	▪	▪ (3)				▪	▪	

(1) See note 5 on page 8 about installing fasteners into stainless steel sheets. *(2) When used with optional nickel plating.* *(3) Style #3 only.*

SO™/SOS™/SOA™/SO4™ - THROUGH-HOLE THREADED STANDOFFS

- SO standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 80 / HB (Hardness Brinell) 150 or less.
- SOS standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 70 / HB (Hardness Brinell) 125 or less.
- SOA standoffs are recommended for use in aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 50 / HB (Hardness Brinell) 82 or less.
- SO4 standoffs are recommended for use in stainless steel sheets HRB (Rockwell "B" scale) 88 / HB (Hardness Brinell) 183 or less.

PEM® "Single" or PEM® "Two Groove" Registered Trademark



Clinching profile may vary.



SO/SOS/SOA



SO4

Installs into stainless steel

PART NUMBER DESIGNATION

SO		-	440	-	8	ZI
SO	S	-	440	-	8	
SO	A	-	440	-	8	
SO	4	-	440	-	8	NC*
↓	↓		↓		↓	↓
Type	Material Code		Thread Code		Length Code	Finish

* *NC suffix is required if optional nickel plating (for corrosion resistance) is desired. Otherwise, no suffix is necessary.*

GENERAL DIMENSIONAL DATA

All dimensions are in inches.

	Thread Code	Min. Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +.003 -.000	B Counter-Bore Dia. ±.005	C +.000 -.005	H Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (1)	D ±.010
UNIFIED	440	.040	.166	.125	.165	.187	.23	Varies according to length. See length charts below.
	6440	.040	.213	.125	.212	.250	.27	
	632	.040	.213	.156	.212	.250	.27	
	8632	.050	.281	.156	.280	.312	.31	
	832	.050	.281	.188	.280	.312	.31	
	032	.050	.281	.203	.280	.312	.31	

All dimensions are in millimeters.

	Thread Code	Min. Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +0.08	B Counter-Bore Dia. ±0.13	C -0.13	H Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (1)	D ±0.25
METRIC	M3	1	4.22	3.2	4.2	4.8	6	Varies according to length. See length charts below.
	3.5M3	1	5.41	3.2	5.39	6.4	6.8	
	M3.5	1	5.41	3.9	5.39	6.4	6.8	
	M4	1.27	7.14	4.8	7.12	7.9	8	
	M5	1.27	7.14	5.35	7.12	7.9	8	

(1) For more information on proximity to bends and distance to other clinch hardware, see PEM® Tech Sheet C/L To Edge.

Micro sizes also available.
See PEM® MPF Datasheet for more information.

THREAD SIZE AND LENGTH SELECTION DATA

All dimensions are in inches.

	Thread Size	Type: Fastener Material: Steel	Stainless Steel	Aluminum	Hardened Stainless Steel	Thread Code	Length "L" +.002 -.005 (Length Code in 32nds of an inch) .125	.187	.250	.312	.375	.437	.500	.562	.625	.687	.750	.812	.875	.937	1.00	1.062
UNIFIED	.112-40 (#4-40)	SO	SOS	SOA	SO4	440 / 6440(2)	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	-	-	-	-	-
	.138-32 (#6-32)	SO	SOS	SOA	SO4	632 / 8632(2)	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	.164-32 (#8-32)	SO	SOS	SOA	SO4	832	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	.190-32 (#10-32)	SO	SOS	SOA	SO4	032	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	D Dimension ±.010						None				.187				.312				.437			

All dimensions are in millimeters.

	Thread Size x Pitch	Type: Fastener Material: Steel	Stainless Steel	Aluminum	Hardened Stainless Steel	Thread Code	Length "L" +0.05 -0.13 (Length Code in millimeters) 3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
METRIC	M3 x 0.5	SO	SOS	SOA	SO4	M3 / 3.5M3(2)	3	4	6	8	10	12	14	16	18	-	-	-
	M3.5 x 0.6	SO	SOS	SOA	SO4	M3.5	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
	M4 x 0.7	SO	SOS	SOA	SO4	M4	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
	M5 x 0.8	SO	SOS	SOA	SO4	M5	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
	D Dimension ±0.25						None				4			8			11	

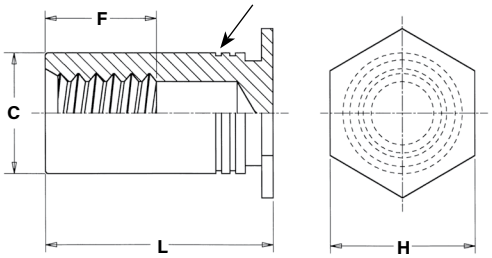
(2) Standoffs with thread codes 6440, 8632, and 3.5M3 have a thicker wall to provide more bearing surface for the mating component or panel reducing the chance of cracking or cutting into the board.

Please contact your local PEM® distributor for availability, minimum quantity, and pricing information.

BSO™/BSOS™/BSOA™/BSO4™ - BLIND THREADED STANDOFFS

- BSO standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 80 / HB (Hardness Brinell) 150 or less.
- BSOS standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 70 / HB (Hardness Brinell) 125 or less.
- BSOA standoffs are recommended for use in aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 50 / HB (Hardness Brinell) 82 or less.
- BSO4 standoffs are recommended for use in stainless steel sheets HRB (Rockwell "B" scale) 88 / HB (Hardness Brinell) 183 or less.

PEM® "Single" or PEM® "Two Groove" Registered Trademark



Clinching profile may vary.



BSO/BSOS/BSOA



BSO4
Installs into stainless steel

PART NUMBER DESIGNATION

BSO		-	440	-	12	ZI
BSO	S	-	440	-	12	
BSO	A	-	440	-	12	
BSO	4	-	440	-	12	NC*
↓	↓		↓		↓	↓
Type	Material Code		Thread Code		Length Code	Finish

GENERAL DIMENSIONAL DATA

All dimensions are in inches.

	Thread Code	Min. Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +.003 -.000	C +.000 -.005	H Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (1)	F Min.
UNIFIED	440	.040	.166	.165	.187	.23	Varies according to length. See length charts below.
	6440	.040	.213	.212	.250	.27	
	632	.040	.213	.212	.250	.27	
	8632	.050	.281	.280	.312	.31	
	832	.050	.281	.280	.312	.31	
	032	.050	.281	.280	.312	.31	

All dimensions are in millimeters.

	Thread Code	Min. Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +0.08	C -0.13	H Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (1)	F Min.
METRIC	M3	1	4.22	4.2	4.8	6	Varies according to length. See length charts below.
	3.5M3	1	5.41	5.39	6.4	6.8	
	M3.5	1	5.41	5.39	6.4	6.8	
	M4	1.27	7.14	7.12	7.9	8	
	M5	1.27	7.14	7.12	7.9	8	

(1) For more information on proximity to bends and distance to other clinch hardware, see PEM® Tech Sheet C/L To Edge.

** NC suffix is required if optional nickel plating (for corrosion resistance) is desired. Otherwise, no suffix is necessary.*

THREAD SIZE AND LENGTH SELECTION DATA

All dimensions are in inches.

	Thread Size	Type				Thread Code	Length "L" +.002 -.005 (Length Code in 32nds of an inch)												
		Steel	Stainless Steel	Aluminum	Hardened Stainless Steel		.312	.375	.437	.500	.562	.625	.687	.750	.812	.875	.937	1.00	1.062
UNIFIED	.112-40 (#4-40)	BSO	BSOS	BSOA	BSO4	440	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
						6440(2)													
	.138-32 (#6-32)	BSO	BSOS	BSOA	BSO4	632	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
						8632(1)													
	.164-32 (#8-32)	BSO	BSOS	BSOA	BSO4	832	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	.190-32 (#10-32)	BSO	BSOS	BSOA	BSO4	032	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	F Dimension Min.						.156		.187	.250			.375						

All dimensions are in millimeters.

	Thread Size x Pitch	Type				Thread Code	Length "L" +0.05 -0.13 (Length Code in millimeters)									
		Steel	Stainless Steel	Aluminum	Hardened Stainless Steel		6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
METRIC	M3 x 0.5	BSO	BSOS	BSOA	BSO4	M3										
						3.5M3(2)										
	M3.5 x 0.6	BSO	BSOS	BSOA	BSO4	M3.5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
	M4 x 0.7	BSO	BSOS	BSOA	BSO4	M4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
	M5 x 0.8	BSO	BSOS	BSOA	BSO4	M5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
	F Dimension Min.						3.2	4		5	6.5		9.5			

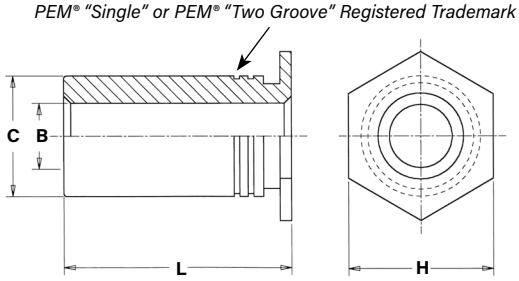
(2) Standoffs with thread codes 6440, 8632, and 3.5M3 have a thicker wall to provide more bearing surface for the mating component or panel reducing the chance of cracking or cutting into the board.

Please contact your local PEM® distributor for availability, minimum quantity, and pricing information.

SO™/SOS™/SOA™/SO4™ - THROUGH-HOLE UNTHREADED STANDOFFS (SPECIAL ORDER)

- SO standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 80 / HB (Hardness Brinell) 150 or less.
- SOS standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 70 / HB (Hardness Brinell) 125 or less.
- SOA standoffs are recommended for use in aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 50 / HB (Hardness Brinell) 82 or less.
- SO4 standoffs are recommended for use in stainless steel sheets HRB (Rockwell "B" scale) 88 / HB (Hardness Brinell) 183 or less.

PEM® "Single" or PEM® "Two Groove" Registered Trademark



Clinching profile may vary.



SO/SOS/SOA



SO4
Installs into stainless steel

PART NUMBER DESIGNATION

SO		- 4116	- 8	ZI
SO	S	- 4116	- 8	
SO	A	- 4116	- 8	
SO	4	- 4116	- 8	NC*
↓ Type	↓ Material Code	↓ Thru-hole Code	↓ Length Code	↓ Finish

** NC suffix is required if optional nickel plating (for corrosion resistance) is desired. Otherwise, no suffix is necessary.*

GENERAL DIMENSIONAL DATA

All dimensions are in inches.

	Thru-hole Code	Min. Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +.003 -.000	C +.000 -.005	H Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (1)
UNIFIED	4116	.040	.166	.165	.187	.23
	6116	.040	.213	.212	.250	.27
	6143	.040	.213	.212	.250	.27
	8143	.050	.281	.280	.312	.31
	8169	.050	.281	.280	.312	.31
	8194	.050	.281	.280	.312	.31

All dimensions are in millimeters.

	Thru-hole Code	Min. Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +0.08	C -0.13	H Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (1)
METRIC	43.1	1	4.22	4.2	4.8	6
	63.1	1	5.41	5.39	6.4	6.8
	63.6	1	5.41	5.39	6.4	6.8
	83.6	1.27	7.14	7.12	7.9	8
	84.1	1.27	7.14	7.12	7.9	8
	85.1	1.27	7.14	7.12	7.9	8

(1) For more information on proximity to bends and distance to other clinch hardware, see PEM® Tech Sheet C/L To Edge.

Micro sizes also available.
See PEM® Bulletin MPF for more information.

THROUGH-HOLE AND LENGTH SELECTION DATA

All dimensions are in inches.

	B Thru-hole Diameter +.004 -.003	Type				Thru-hole Code	Length "L" +.002 -.005 (Length Code in 32nds of an inch)										
		Steel	Stainless Steel	Aluminum	Hardened Stainless Steel		.125	.187	.250	.312	.375	.437	.500	.562	.625	.687	.750
UNIFIED	.116	SO	SOS	SOA	SO4	4116	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
						6116(2)											
	.143	SO	SOS	SOA	SO4	6143	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
						8143(2)											
	.169	SO	SOS	SOA	SO4	8169	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	.194	SO	SOS	SOA	SO4	8194	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

All dimensions are in millimeters.

	B Thru-hole Diameter +0.1 -0.08	Type				Thru-hole Code	Length "L" +0.05 -0.13 (Length Code in millimeters)									
		Steel	Stainless Steel	Aluminum	Hardened Stainless Steel		3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
METRIC	3.1	SO	SOS	SOA	SO4	43.1	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
						63.1(1)										
	3.6	SO	SOS	SOA	SO4	63.6	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
						83.6(1)										
	4.1	SO	SOS	SOA	SO4	84.1	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	5.1	SO	SOS	SOA	SO4	85.1	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20

(2) Standoffs with thru-hole codes 6116, 8143, 63.1 and 83.6 have a thicker wall to provide more bearing surface for the mating component or panel reducing the chance of cracking or cutting into the board.

Please contact your local PEM® distributor for availability, minimum quantity, and pricing information.

TSO™/TSOS™/TSOA™/TSO4™ THREADED STANDOFFS FOR SHEETS AS THIN AS .025"/0.63mm

- TSO standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 60 / HB (Hardness Brinell) 150 or less.
- TSOS standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 70 / HB (Hardness Brinell) 125 or less.
- TSOA standoffs are recommended for use in aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 50 / HB (Hardness Brinell) 82 or less.
- TSO4 standoffs are recommended for use in stainless steel sheets HRB (Rockwell "B" scale) 88 / HB (Hardness Brinell) 183 or less.

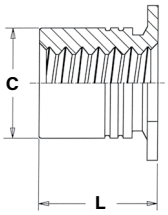


TSO/TSOS/TSOA



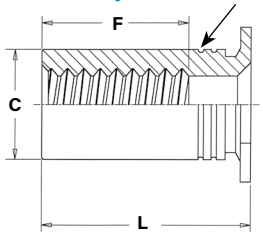
TSO4
Installs into stainless steel

Style #1



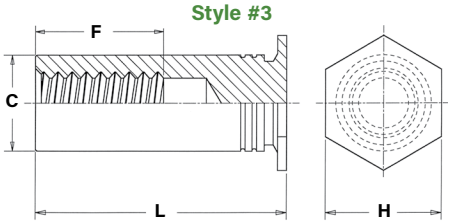
Style #2

PEM® "Single" or PEM® "Two Groove" Registered Trademark



Clinching profile may vary.

Style #3



GENERAL DIMENSIONAL DATA

All dimensions are in inches.

	Thread Code	Min. Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +.003 -.000	C +.000 -.005	F Min. Thread Depth	H Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (5)
UNIFIED	256	.025	.166	.165	.200	.187	.23
	6256	.025	.213	.212		.250	.27
	440	.025	.166	.165	.220	.187	.23
	6440	.025	.213	.212		.250	.27
	632	.025	.213	.212	.270	.250	.27

All dimensions are in millimeters.

	Thread Code	Min. Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +0.08	C -0.13	F Min. Thread Depth	H Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (5)
METRIC	M25	0.63	4.22	4.2	5.2	4.8	5.8
	6M25	0.63	5.41	5.39		6.4	7.1
	M3	0.63	4.22	4.2	6.2	4.8	5.8
	6M3	0.63	5.41	5.39		6.4	7.1
	M35	0.63	5.41	5.39	7	6.4	7.1

(5) For more information on proximity to bends and distance to other clinch hardware, see PEM® Tech Sheet C/L To Edge.

THREAD SIZE AND LENGTH SELECTION DATA

All dimensions are in inches.

	Thread Size	Type: Steel	Stainless Steel	Aluminum	Hardened Stainless Steel	Thread Code	Length "L" ±.003 For other lengths / thread depth data see chart at bottom of page. .090	.125	.187	.250	.312	.375	.437	.500	.562	.625	.687	.750
							Length Code (Length "L" without decimal point)											
UNIFIED	.086-56 (#2-56)	TSO	TSOS	TSOA	TSO4	256 / 6256(4)	090(1)	125(1)	187(1)	250(1)	312(2)	375(2)	437(3)	500(3)	562(3)	625(3)	687(3)	750(3)
	.112-40 (#4-40)	TSO	TSOS	TSOA	TSO4	440 / 6440(4)	090(1)	125(1)	187(1)	250(1)	312(2)	375(2)	437(2)	500(3)	562(3)	625(3)	687(3)	750(3)
	.138-32 (#6-32)	TSO	TSOS	TSOA	TSO4	632	–	125(1)	187(1)	250(1)	312(1)	375(2)	437(2)	500(2)	562(3)	625(3)	687(3)	750(3)

All dimensions are in millimeters.

	Thread Size x Pitch	Type: Steel	Stainless Steel	Aluminum	Hardened Stainless Steel	Thread Code	Length "L" ±0.08 For other lengths / thread depth data see chart at bottom of page. 2.00	3.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	19.00
							Length Code (Length "L" without decimal point)										
METRIC	M2.5 x 0.45	TSO	TSOS	TSOA	TSO4	M25 / 6M25(4)	200(1)	300(1)	400(1)	600(1)	800(2)	1000(3)	1200(3)	1400(3)	1600(3)	1800(3)	1900(3)
	M3 x 0.5	TSO	TSOS	TSOA	TSO4	M3 / 6M3(4)	200(1)	300(1)	400(1)	600(1)	800(2)	1000(2)	1200(3)	1400(3)	1600(3)	1800(3)	1900(3)
	M3.5 x 0.6	TSO	TSOS	TSOA	TSO4	M35	–	300(1)	400(1)	600(1)	800(1)	1000(2)	1200(2)	1400(3)	1600(3)	1800(3)	1900(3)

(1) Style #1. *Thru-threaded.*
(2) Style #2. *Screw might not pass through unthreaded end. Tapped to minimum full thread depth shown. Incomplete threads on tap may allow screw to pass through.*
(3) Style #3. *Blind.*
(4) Standoffs with thread codes 6256, 6440, 6M25 and 6M3 have a thicker wall to provide more bearing surface for the mating component or panel reducing the chance of cracking or cutting into the board.

Please contact your local PEM® distributor for availability, minimum quantity, and pricing information.

LENGTH/STYLE DATA

All dimensions are in inches.
(Length can be specified in .001" increments.)

	Thread Code	Length "L" (Style #1)	Length "L" (Style #2)	Length "L" (Style #3)
UNIFIED	256 / 6256	.090 - .250	.251 - .375	.376 - .750
	440 / 6440	.090 - .280	.281 - .450	.451 - .750
	632	.120 - .350	.351 - .540	.541 - .750

All dimensions are in millimeters.
(Length can be specified in 0.02 mm increments.)

	Thread Code	Length "L" (Style #1)	Length "L" (Style #2)	Length "L" (Style #3)
METRIC	M25 / 6M25	2.00 - 6.30	6.32 - 9.50	9.52 - 19.00
	M3 / 6M3	2.00 - 7.50	7.52 - 11.00	11.02 - 19.00
	M35	3.00 - 8.80	8.82 - 12.80	12.82 - 19.00

PART NUMBER DESIGNATION

TSO		- 440	- 250	ZI
TSO	S	- 440	- 250	
TSO	A	- 440	- 250	
TSO	4	- 440	- 250	NC*
↓ Type	↓ Material Code	↓ Thread Code	↓ Length Code	↓ Finish

** NC suffix is required if optional nickel plating (for corrosion resistance) is desired. Otherwise, no suffix is necessary.*

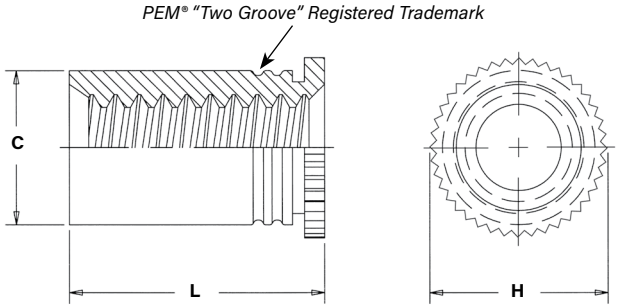
DSOS™/DSO™ THREADED STANDOFFS - FOR CLOSE-TO-EDGE APPLICATIONS

- DSO standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 80 / HB (Hardness Brinell) 150 or less.
- DSOS standoffs are recommended for use in steel or aluminum sheets HRB (Rockwell "B" scale) 70 / HB (Hardness Brinell) 125 or less.



PART NUMBER DESIGNATION

DSO	S	- 440	- 250	
DSO		- 440	- 250	ZI
Type	Material Code	Thread Code	Length Code	Finish



Clinching profile may vary.

All dimensions are in inches.

	Thread Size	Type		Thread Code	Length Code	Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +.003 -.000	C Max.	H Nom.	L +.002 -.005 (1)	Min. Dist. Hole C/L to Edge (2)
		Stainless Steel	Steel								
UNIFIED	.112-40 (#4-40)	DSOS	DSO	440	250	.037 - .250	.166	.165	.194	.250	.126
					275					.275	

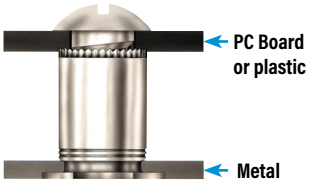
All dimensions are in millimeters.

	Thread Size x Pitch	Type		Thread Code	Length Code	Sheet Thickness	Hole Size In Sheet +0.08	C Max.	H Nom.	L +0.05 -0.13 (1)	Min. Dist. Hole C/L to Edge (2)
		Stainless Steel	Steel								
METRIC	M3 x 0.5	DSOS	DSO	M3	6.35	0.94 - 6.35	4.22	4.2	4.92	6.35	3.2
					7					7	

(1) Available in other lengths on special order.
(2) For more information on proximity to bends and distance to other clinch hardware, see PEM® Tech Sheet C/L To Edge.

Please contact your local PEM® distributor for availability, minimum quantity, and pricing information.

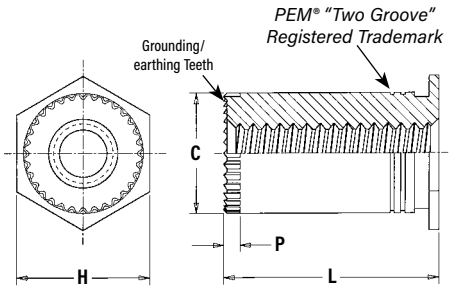
SOSG™/SOAG™ GROUNDING/EARTHING STANDOFFS





PART NUMBER DESIGNATION

SO	S	G	- 6440	- 10	
SO	A	G	- 6440	- 10	
Type	Material Code	Grounding/ Earthing	Thread Code	Length Code	



Clinching profile may vary.

All dimensions are in inches.

	Thread Size	Type		Thread Code	Length "L" +.010 -.000 (Length Code is in 32nds of an inch)							Min. Sheet Thick-ness	Hole Size In Sheet +.003 -.000	C +.000 -.005	H ±.005	P Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (2)
		Stainless Steel	Aluminum		.125	.187	.250	.312	.375	.437	.500						
UNIFIED	.112-40 (#4-40)	SOSG	SOAG	6440	4	6	8	10	12	14	16	.040	.213	.212	.250	.030	.27
	.138-32 (#6-32)	SOSG	SOAG	8632	4	6	8	10	12	14	16	.050	.281	.280	.312	.030	.31

All dimensions are in millimeters.

	Thread Size x Pitch	Type		Thread Code	Length "L" +0.25 (Length Code is in millimeters)						Min. Sheet Thick-ness	Hole Size In Sheet +0.08	C -0.13	H ±0.25	P Nom.	Min. Dist. Hole C/L to Edge (2)
		Stainless Steel	Aluminum													
METRIC	M3 x 0.5	SOSG	SOAG	3.5M3	3	4	6	8	10	12	1	5.4	5.39	6.4	0.76	6.8

(2) For more information on proximity to bends and distance to other clinch hardware, see PEM® Tech Sheet C/L To Edge.

MATERIAL AND FINISH SPECIFICATIONS

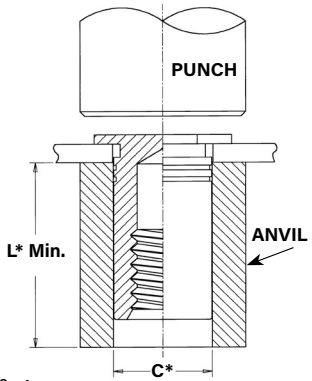
	Threads (1)	Fastener Materials					Standard Finishes			Optional Finish	For Use In Sheet Hardness: (4)				
Type	Internal, ASME B1.1, 2B ASME B1.13M, 6H	Hardened Carbon Steel	Non-heat Treated Carbon Steel	Aluminum	300 Series Stainless Steel	Hardened 400 Series Stainless Steel (5)	Zinc Plated per ASTM B633, SC1 (5µm), Type III Colorless (2)	Passivated and/or Tested Per ASTM A380	No Finish	Electroless Nickel over Copper over Nickel Strike Per ASTM B733 (2) (3)	HRB 88 / HB 183 or Less	HRB 80 / HB 150 or Less	HRB 70 / HB 125 or Less	HRB 60 / HB 107 or Less	HRB 50 / HB 82 or Less
SO	▪	▪					▪					▪			
SOA	▪			▪					▪						▪
SOS	▪				▪			▪					▪		
SO4	▪					▪		▪		▪	▪				
BSO	▪	▪					▪					▪			
BSOA	▪			▪					▪						▪
BSOS	▪				▪			▪					▪		
BSO4	▪					▪		▪		▪	▪				
TSO	▪		▪				▪							▪	
TSOS	▪				▪			▪					▪		
TSOA	▪			▪					▪						▪
TSO4	▪					▪		▪		▪	▪				
DSO	▪	▪					▪					▪			
DSOS	▪				▪			▪					▪		
SOAG	▪			▪					▪						▪
SOSG	▪				▪			▪					▪		
Part Number Codes For Finishes							ZI	None	None	NC					

(1) Where applicable.
(2) See PEM Technical Support section of our website for related plating standards and specifications.
(3) Not stocked, available on special order. Minimum quantities apply. Contact your local PEM® distributor for details.
(4) HRB - Hardness Rockwell "B" Scale. HB - Hardness Brinell.
(5) In order for self-clinching fasteners to work properly, the fastener must be harder than the sheet into which it is being installed (For more information, see our tech sheet for installing fasteners into stainless steel sheets). In the case of stainless steel panels, fasteners made from 300 Series Stainless Steel do not meet this hardness criteria. It is for this reason that SO4™, BSO4™ and TSO4™ 400 series fasteners are offered. However, while these 400 Series fasteners install and perform well in 300 Series stainless sheets they should not be used if the end product will be exposed to any appreciable corrosive environment (unless finished with optional nickel plating), requires non-magnetic fasteners or will be exposed to any temperatures above 300˚F (149˚C). If any of the these are issues, please contact techsupport@pemnet.com for other options.

INSTALLATION

SO™/SOS™/SOA™/SO4™/BSO™/BSOS™/BSOA™/BSO4™ STANDOFFS

1. Prepare properly sized mounting hole in sheet. Do not perform any secondary operation such as deburring.
2. Insert standoff through mounting hole (preferably the punch side) of sheet and into anvil as shown in drawing.
3. With installation punch and anvil surfaces parallel, apply only enough squeezing force to embed the standoff's head flush in the sheet. Drawing at right shows suggested tooling for applying these forces.



**See pages 3 & 4 for "C" and "L".*

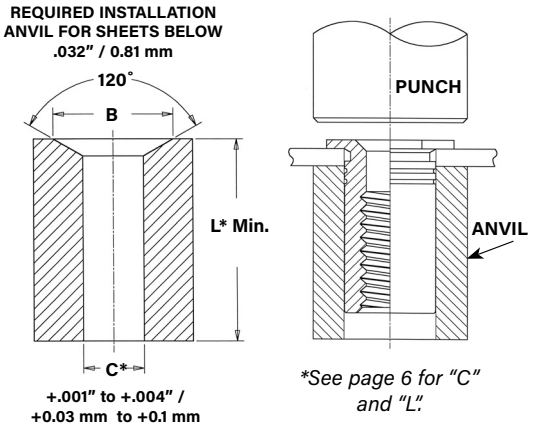
Installation Tooling

Thread Code	HAEGER® Part No.		PEMSERTER® Part Number	
	Anvil	Punch	Anvil	Punch
440/M2/M2.5/M3	H-109-4/M3L	H-108-0020L	970200487300	975200048
632/6440/3.5M3/M3.5	H-109-6/M3.5L	H-108-0020L	970200012300	975200048
832/8632/032/M4/M5	H-109-8-10/M5L	H-108-0020L	970200013300	975200048
0420/M6	H-109-04/M6L	H-108-0020L	970200393300	975200048

INSTALLATION

TSO™/TSOS™/TSOA™/TSO4™ STANDOFFS

1. Prepare properly sized mounting hole in sheet. Do not perform any secondary operation such as deburring.
2. Insert standoff through mounting hole (preferably the punch side) of sheet and into anvil as shown in drawing.
3. With installation punch and anvil surfaces parallel, apply only enough squeezing force to embed the standoff's head flush in the sheet. Drawing at right shows required installation anvil for sheet thickness of .025" to .032" / 0.63 mm to 0.81 mm. A chamfered anvil is not required for sheets over .032" / 0.81 mm.



See page 6 for "C" and "L".

Installation Tooling

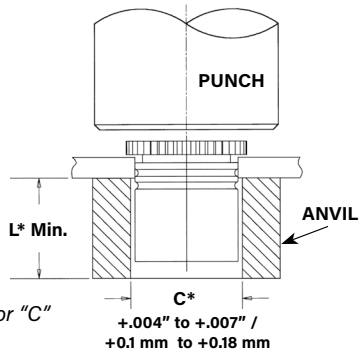
	Thread Code	HAEGER® Part Numbers				PEMSERTER® Part Numbers			
		Anvil Dimensions (in.) For Sheets Below .032"		Anvil For sheets Over .032"	Punch	Anvil Dimensions (in.) For Sheets Below .032"		Anvil For Sheets Over .032"	Punch
		B	Anvil			B	Anvil		
UNIFIED	256/440	(1)	(1)	H-109-4/M3L	H-108-0020L	.187 - .194	8003291	970200487300	975200048
	6256/6440/632	(1)	(1)	H-109-6/M3.5L	H-108-0020L	.250 - .257	8003292	970200012300	975200048

	Thread Code	HAEGER® Part Numbers				PEMSERTER® Part Numbers			
		Anvil Dimensions (mm) For Sheets Below 0.81 mm		Anvil For sheets Over 0.81 mm	Punch	Anvil Dimensions (mm) For Sheets Below 0.81 mm		Anvil For Sheets Over 0.81 mm	Punch
		B	Anvil			B	Anvil		
METRIC	M2.5/M3	(1)	(1)	H-109-4/M3L	H-108-0020L	4.75 - 4.93	8003291	970200487300	975200048
	6M25/6M3/M35	(1)	(1)	H-109-6/M3.5L	H-108-0020L	6.35 - 6.53	8003292	970200012300	975200048

(1) Click here for a quote on Haeger® custom anvil installation tooling.

DSOS™/DSO™ STANDOFFS

1. Prepare properly sized mounting hole in sheet. Do not perform any secondary operations such as deburring.
2. Insert fastener through mounting hole (preferably the punch side) and into anvil as shown in drawing.
3. With installation punch and anvil surfaces parallel, apply only enough squeezing force to embed the standoff's head flush in the sheet.



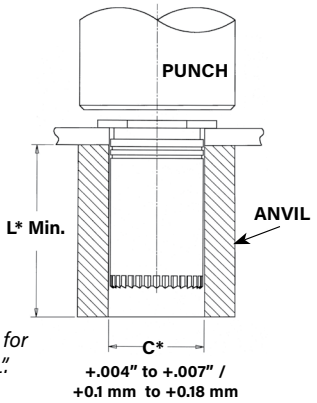
*See page 7 for "C" and "L".

Installation Tooling

Thread Code	HAEGER® Part No.		PEMSERTER® Part Number	
	Anvil	Punch	Anvil	Punch
440/M3	H-109-4/M3L	H-108-0020L	970200487300	975200048
6440/3.5M3	H-109-6/M3.5L	H-108-0020L	970200012300	975200048
8632	H-109-8-10/M5L	H-108-0020L	970200013300	975200048

SOSG™/SOAG™ STANDOFFS

1. Prepare properly sized mounting hole in sheet. Do not perform any secondary operations such as deburring.
2. Insert fastener through mounting hole (preferably the punch side) and into anvil as shown in drawing.
3. With installation punch and anvil surfaces parallel, apply only enough squeezing force to embed the standoff's head flush in the sheet.



*See page 7 for "D" and "L".

PEMSERTER® Installation Tooling

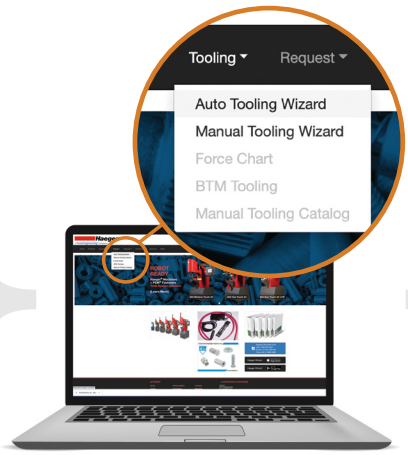
Thread Code	HAEGER® Part No.		PEMSERTER® Part Number	
	Anvil	Punch	Anvil	Punch
440/M3	H-109-4/M3L	H-108-0020L	970200487300	975200048
6440/3.5M3	H-109-6/M3.5L	H-108-0020L	970200012300	975200048
8632	H-109-8-10/M5L	H-108-0020L	970200013300	975200048

INSTALLATION NOTES

- For best results we recommend using a Haeger® or PEMSERTER® press for installation of PEM® standoffs. Please check our website for more information.
- Visit the Animation Library on our website to view the installation process for this product.

For Additional HAEGER® and PEMSERTER® Tooling Information / Part Numbers





Go to haeger.com to access
the Auto and Manual Tooling Wizards



HAEGER® MANUAL TOOLING CATALOG

HAEGER® AUTO TOOLING CATALOG



Or download the
HAEGER WIZZARD Phone App

PEMSERTER® MANUAL TOOLING CATALOG

PEMSERTER® AUTO TOOLING CATALOG

PERFORMANCE DATA[1]

SO™/SOS™/SOA™/BSO™/BSOS™/BSOA™ STANDOFFS

	Thread Code	Standoff Material	Max. Rec. Tightening Torque For Mating Screw (in. lbs.)	Test Sheet Material [2]							
				.060" 5052-H34 Aluminum				.060" Cold-rolled Steel			
				Installation (lbs.)	Pushout (lbs.)	Torque-out [3] (in. lbs.)	Pull-thru [3] (lbs.)	Installation (lbs.)	Pushout (lbs.)	Torque-out [3] (in. lbs.)	Pull-thru [3] (lbs.)
UNIFIED	440	Steel	4.75	1100	160	11	280	2200	225	19	330
		Stainless Steel	3.8	1100	160	11	224	2200	225	19	264
		Aluminum	2.85	1100	160	11	168	–	–	–	–
	6440	Steel	4.75	1700	300	25	310	3300	420	35	380
		Stainless Steel	3.8	1700	300	25	248	3300	420	35	304
		Aluminum	2.85	1700	300	25	186	–	–	–	–
	632	Steel	8.75	1700	300	25	310	3300	420	35	380
		Stainless Steel	7	1700	300	25	248	3300	420	35	304
		Aluminum	5.25	1700	300	25	186	–	–	–	–
	8632	Steel	8.75	2400	400	45	580	4000	560	75	700
		Stainless Steel	7	2400	400	45	464	4000	560	75	560
		Aluminum	5.25	2400	400	45	248	–	–	–	–
	832	Steel	18	2400	400	45	580	4000	560	75	700
		Stainless Steel	14.4	2400	400	45	464	4000	560	75	560
		Aluminum	11	2400	400	45	348	–	–	–	–
	032	Steel	32	2400	400	45	580	4000	560	75	700
		Stainless Steel	25.6	2400	400	45	464	4000	560	75	560
		Aluminum	19	2400	400	45	348	–	–	–	–

	Thread Code	Standoff Material	Max. Rec. Tightening Torque For Mating Screw (N·m)	Test Sheet Material [2]							
				1.5 mm 5052-H34 Aluminum				1.5 mm Cold-rolled Steel			
				Installation (kN)	Pushout (N)	Torque-out [3] (N·m)	Pull-thru [3] (N)	Installation (kN)	Pushout (N)	Torque-out [3] (N·m)	Pull-thru [3] (N)
METRIC	M3	Steel	0.55	4.9	710	1.24	1245	9.8	1000	2.15	1465
		Stainless Steel	0.44	4.9	710	1.24	996	9.8	1000	2.15	1172
		Aluminum	0.33	4.9	710	1.24	747	–	–	–	–
	3.5M3	Steel	0.55	7.6	1330	2.82	1375	14.7	1860	3.95	1690
		Stainless Steel	0.44	7.6	1330	2.82	1100	14.7	1860	3.95	1352
		Aluminum	0.33	7.6	1330	2.82	825	–	–	–	–
	M3.5	Steel	0.91	7.6	1330	2.82	1375	14.7	1860	3.95	1690
		Stainless Steel	0.73	7.6	1330	2.82	1100	14.7	1860	3.95	1352
		Aluminum	0.55	7.6	1330	2.82	825	–	–	–	–
	M4	Steel	2	10.7	1780	5.08	2575	17.8	2490	8.47	3110
		Stainless Steel	1.6	10.7	1780	5.08	2060	17.8	2490	8.47	2488
		Aluminum	1.2	10.7	1780	5.08	1545	–	–	–	–
	M5	Steel	3.6	10.7	1780	5.08	2575	17.8	2490	8.47	3110
		Stainless Steel	2.88	10.7	1780	5.08	2060	17.8	2490	8.47	2488
		Aluminum	2.16	10.7	1780	5.08	1545	–	–	–	–

SO4™/BSO4™ STANDOFFS

	Thread Code	Max. Rec. Tightening Torque For Mating Screw (in. lbs.)	Test Sheet Material			
			.050" 300 Series Stainless Steel			
			Installation (lbs.)	Pushout (lbs.)	Torque-out (in. lbs.) (3)	Pull-thru (lbs.) (3)
UNIFIED	440	4.75	5500	336	17	600
	6440	4.75	9500	647	30	680
	632	8.75	9500	647	30	680
	8632	8.75	10500	900	71	1392
	832	18	10500	900	71	1517
	032	32	10500	900	71	1368

	Thread Code	Max. Rec. Tightening Torque For Mating Screw (N·m)	Test Sheet Material			
			1.3 mm 300 Series Stainless Steel			
			Installation (kN)	Pushout (N)	Torque-out (N·m) (3)	Pull-thru (N) (3)
METRIC	M3	0.55	24.5	1493	2.36	2650
	3.5M3	0.55	42.3	2877	3.06	3025
	M3.5	0.91	42.3	2877	3.06	3025
	M4	2	46.7	4003	8.89	6458
	M5	3.6	46.7	4003	8.89	6226

(1) Published installation forces are for general reference. Actual set-up and confirmation of complete installation should be made by observing proper seating of fastener as described in the installation steps. Other performance values reported are averages when all proper installation parameters and procedures are followed. Variations in mounting hole size, sheet material, and installation procedure may affect performance. Performance testing this product in your application is recommended. We will be happy to provide technical assistance and/or samples for this purpose.

(2) See tech sheet on our website for performance data of PEM® Type SO™ standoffs installed into copper sheets.

(3) Joint failure in torque-out and pull-thru will depend on the strength and type of screw being used. In some cases the failure will be in the screw and not in the self-clinching standoff. Please contact our Applications Engineering group with any questions.

PERFORMANCE DATA[1]

TSO™/TSOS™/TSOA™ STANDOFFS

Standoff "C" Dimension	Standoff Material	Test Sheet Material															
		.025" / 0.64 mm 5052-H34 Aluminum								.025" / 0.64 mm Cold-rolled Steel							
		Installation		Pushout		Torque-out [2]		Pull-thru [2]		Installation		Pushout		Torque-out [2]		Pull-thru [2]	
		(lbs.)	(kN)	(lbs.)	(N)	(in. lbs.)	(N•m)	(lbs.)	(N)	(lbs.)	(kN)	(lbs.)	(N)	(in. lbs.)	(N•m)	(lbs.)	(N)
.165" / 4.2 mm	Steel	700	3.1	70	311	6	0.68	230	1022	1100	4.9	100	445	9	1	206	916
	Stainless Steel	700	3.1	70	311	6	0.68	268	1191	1100	4.9	100	445	9	1	260	1155
	Aluminum	700	3.1	70	311	6	0.68	227	1009	—	—	—	—	—	—	—	—
.212" / 5.39 mm	Steel	700	3.1	90	400	11	1.24	264	1173	1800	8	150	667	15	1.7	207	920
	Stainless Steel	700	3.1	90	400	11	1.24	340	1511	1800	8	150	667	15	1.7	344	1529
	Aluminum	700	3.1	90	400	11	1.24	300	1333	—	—	—	—	—	—	—	—

TSO4™ STANDOFFS

Standoff "C" Dimension	Test Sheet Material							
	.025" / 0.64 mm 300 series stainless steel							
	Installation		Pushout		Torque-out [2]		Pull-thru [2]	
	(lbs.)	(kN)	(lbs.)	(N)	(in. lbs.)	(N•m)	(lbs.)	(N)
.165" / 4.2 mm	6500	28.9	125	555	13	1.5	414	1840
.212" / 5.39 mm	6800	30.3	160	710	22	2.5	552	2453

DSOS™/DSO™ STANDOFFS

	Thread Code	Max. Rec. Tightening Torque For Mating Screw (in. lbs.)	Test Sheet Material							
			.040" 5052-H34 Aluminum				.040" Cold-rolled Steel			
			Installation (lbs.)	Pushout (lbs.)	Torque-out (in. lbs.) [2]	Pull-thru (lbs.) [2]	Installation (lbs.)	Pushout (lbs.)	Torque-out (in. lbs.) [2]	Pull-thru (lbs.) [2]
UNIFIED	440	3.8	700	50	10	320	1100	75	10	357

	Thread Code	Max. Rec. Tightening Torque For Mating Screw (N•m)	Test Sheet Material							
			1 mm 5052-H34 Aluminum				1 mm Cold-rolled Steel			
			Installation (kN)	Pushout (N)	Torque-out (N•m) [2]	Pull-thru (N) [2]	Installation (kN)	Pushout (N)	Torque-out (N•m) [2]	Pull-thru (N) [2]
METRIC	M3	0.44	3.1	223	1.1	1422	4.9	334	1.1	1587

SOSG™/SOAG™ STANDOFFS

	Thread Code	Test Sheet Thickness and Test Sheet Material	Installation (lbs.)	Pushout (lbs.)	Torque-out (in. lbs.) [2]	Pull-thru (lbs.) [2]
UNIFIED	6440	.064" 5052-H34 Aluminum	1700	300	25	186
	8632	.064" 5052-H34 Aluminum	1700	400	45	248

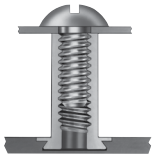
	Thread Code	Test Sheet Thickness and Test Sheet Material	Installation (kN)	Pushout (N)	Torque-out (N•m) [2]	Pull-thru (N) [2]
METRIC	3.5M3	1.6 mm 5052-H34 Aluminum	7.6	1330	2.82	825

(1) Published installation forces are for general reference. Actual set-up and confirmation of complete installation should be made by observing proper seating of fastener as described in the installation steps. Other performance values reported are averages when all proper installation parameters and procedures are followed. Variations in mounting hole size, sheet material, and installation procedure may affect performance. Performance testing this product in your application is recommended. We will be happy to provide technical assistance and/or samples for this purpose.

(2) Joint failure in torque-out and pull-thru will depend on the strength and type of screw being used. In some cases the failure will be in the screw and not in the self-clinching standoff. Please contact our Applications Engineering group with any questions.

If you require a standoff which we do not offer in this bulletin, please contact us. We will be happy to work with you to satisfy your special need. For other types of standard PEM® brand standoffs and spacers see:

Bulletin CH



PEM® concealed-head standoffs.

Bulletin K



PEM® broaching and surface mount standoffs for printed circuit boards.

Bulletin SK



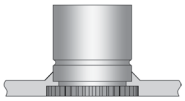
PEM® KEYHOLE® standoffs.

Bulletin SSA



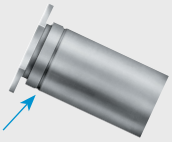
PEM® SNAP-TOP® standoffs.

Bulletin MPF

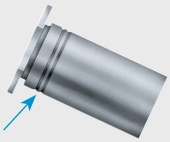


microPEM® standoffs.

For more information on how to use PEM® self-clinching standoffs, see Tech Sheet "PEM®-Ref/Standoff Basics" on our web site.

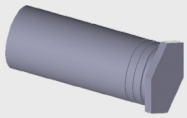


PEM® "Single Groove"
(Registered trademark)
Parts that install into stainless steel sheets



PEM® "Two Groove"
(Registered trademark)

Due to differences in manufacturing methods, location of grooves and surface appearance on barrel of actual parts may be different than shown in photo.



Fastener drawings and models are available at www.pemnet.com

All PEM® products meet our stringent quality standards. If you require additional industry or other specific quality certifications, special procedures and/or part numbers are required. Please contact your local sales office or representative for further information.

Regulatory compliance information is available in Technical Support section of our website. Specifications subject to change without notice. See our website for the most current version of this bulletin.

PennEngineering®

PEM®

North America: Danboro, Pennsylvania USA ▪ E-mail: info@pemnet.com ▪ Tel: +1-215-766-8853 ▪ 800-237-4736 (USA)
Europe: Galway, Ireland ▪ E-mail: europe@pemnet.com ▪ Tel: +353-91-751714
Asia/Pacific: Singapore ▪ E-mail: singapore@pemnet.com ▪ Tel: +65-6-745-0660
Shanghai, China ▪ E-mail: china@pemnet.com ▪ Tel: +86-21-5868-3688

Visit our PEMNET™ Resource Center at www.pemnet.com ▪ Technical support e-mail: techsupport@pemnet.com

HOJA DE DATOS TÉCNICOS

2400 Boston Street |Suite 200 | Baltimore, MD | 21224

Sellador adhesivo de poliuretano de primera para construcción de DAP®

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

EL SELLADOR ADHESIVO DE POLIURETANO DE PRIMERA PARA CONSTRUCCIÓN DE DAP® es un sellador elastomérico de grado comercial, de un componente, de cura en húmedo, que no se deforma. Está específicamente formulado para brindar un sello duradero para rellenar separaciones, juntas y grietas de exterior. Este sellador de alto rendimiento brinda superior adhesión a la mayoría de los sustratos y permanece flexible para soportar hasta 70% de movimiento de juntas cuando se instala en una junta adecuadamente preparada. Se puede aplicar por encima o por debajo del nivel del agua. Excepcional resistencia a los cortes y desgarros. Adecuado para circulación pedestre o vehicular. Se puede pintar. Cumple o excede la norma ASTM C920, Tipo S, Grado NS, Clase 35, uso T, NT, O, M, I. Norma 61 de NSF/ANSI. Uso en interiores/exteriores.



EMPAQUE	COLOR	UPC
10.1 onzas líquidas (300 ml)	Blanco	7079818810
10.1 onzas líquidas (300 ml)	Negro	7079818816
10.1 onzas líquidas (300 ml)	Gris	7079818814

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS CLAVE

- Sellador elastomérico de grado profesional
- Cumple con la norma ASTM C 920, Clase 35
- Cumple con la norma 61 de NSF/ANSI
- 70% de movimiento total de la junta
- Uso por encima o por debajo del nivel del agua
- Adhesión y durabilidad superiores
- Sello 100% a prueba de agua/a prueba de intemperie
- Resistente a los impactos y los cortes
- Se puede pintar
- 50 años
- Uso en interiores/exteriores

HOJA DE DATOS TÉCNICOS

2400 Boston Street |Suite 200 | Baltimore, MD | 21224

USOS SUGERIDOS

USE PARA CALAFATEAR Y SELLAR:

- Ventanas
- Puertas
- Paneles de revestimiento lateral
- Uniones de esquina de paneles de revestimiento lateral
- Juntas a tope
- Uniones de esquina
- Restauración total de uniones de albañilería
- Rebordes
- Tabla de alero
- Juntas de expansión
- Control de juntas
- Paneles preformados
- Tubos
- Conductos de ventilación
- Conductos
- Cimientos
- Chimeneas
- Aplicaciones comunes de deetalles en el tejado
- Tapajuntas
- Aleros
- Bajantes

SE ADHIERE A:

- Madera
- Aluminio
- La mayoría de los metales
- Vinilo
- Molduras de PVC
- La mayoría de los plásticos
- Fibrocemento
- Vidrio
- Estuco
- Compuesto
- Ladrillo
- Piedra
- Concreto
- Argamasa
- Asfalto

PARA MEJORES RESULTADOS

- Rango de temperatura de aplicación entre 40°F (4°C) y 100°F (38°C)
- La profundidad mínima de la junta es ¼" (6.4 mm) El tamaño de la junta no debe exceder de ½" (1.3 cm) de profundidad por 1-¾" (4.45 cm) de ancho. Si la profundidad de la junta excede de ½" (1.3 cm), utilice varilla de respaldo de espuma.
- El sellador se debe instalar cuando la junta esté a mediano alcance de su movimiento previsto.
- Permita que el sellador cure completamente antes de aplicar pintura, aproximadamente de 4 a 7 días dependiendo de la temperatura, la humedad y la profundidad del relleno.
- No es necesario aplicar pintura base para la mayoría de los materiales de construcción.
- Para una aplicación en clima frío, acondicione los cartuchos a 70°F (21°C) antes del uso.
- No aplique sobre superficies húmedas ni contaminadas. Utilice con ventilación adecuada.
- No utilice en piscinas.
- Evite el contacto con alcohol y otros limpiadores con solvente. No cure en la presencia de selladores de curado de silicona.
- Almacene a menos de 80°F (27°C) en un lugar seco para óptima vida útil.

APLICACIÓN

Preparación de la superficie

- La superficie debe estar limpia, seca, en buen estado y libre de masilla vieja, suciedad, polvo u otros materiales ajenos.
- No es necesario aplicar pintura base para la mayoría de los materiales de construcción.
- Dependiendo de la superficie de la unión, para mejores resultados puede necesitar un cepillado minucioso con cepillo de alambre, esmerilado, pulido con chorro de arena, lavado con disolvente y/o pintura base. Una superficie áspera también mejorará la adhesión.

- Instale cinta de refuerzo o varilla de respaldo para evitar la unión en la base de la junta. Se recomienda encintar los lados de la junta en cualquier tamaño donde desee una igualación precisa con el extremo. La cinta se puede retirar sin dificultad en cualquier momento hasta cuatro horas después de la aplicación del sellador.

Aplicación del producto

1. Aplique en temperaturas entre 40°F y 120°F (4°C y 49°C). Para aplicación en clima frío, acondicione los cartuchos a 70°F (21°C) antes del uso.
2. Instale el sellador cuando la junta esté a mediano alcance de su movimiento previsto.
3. Recorte la boquilla a un ángulo de 45° para el tamaño de cordón que desee.
4. Perfore el sello interior de aluminio.
5. Coloque el cartucho en la pistola para calafatear.
6. Si utiliza el cartucho, colóquelo en la pistola para calafatear.
7. Se recomienda trabajar con implemento inmediatamente después de la aplicación para garantizar el contacto con la interconexión de la junta. Es preferible moldear en seco. No utilice alcohol.
8. Limpie el exceso de sellador no curado de la superficie y los implementos con alcoholes minerales. Raspe o corte el exceso de sellador curado. No utilice alcoholes minerales para limpiar las manos o la piel. Lávese las manos o la piel con agua y jabón.
9. Permita que el sellador cure completamente (mínimo 7 días) antes de aplicar la pintura. Pruebe la adhesión y la compatibilidad de la pintura antes de aplicarla.
10. Vuelva a sellar el cartucho para guardar y reutilizar.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS TÍPICAS

Propiedades físicas típicas cuando no está curado	
Apariencia/Consistencia:	Pasta que puede aplicar con pistola y no se deforma
Base de polímero:	Poliuretano
Material de relleno:	No aplica
Volátil:	No aplica
Porcentaje de sólidos por peso:	>97%
Densidad (lb por galón):	11.7
Olor:	Solvente leve
Punto de ignición:	>93°C
Estabilidad a la congelación/descongelación (ASTM C1183):	No se congela
Vida útil:	12 meses
Cubrimiento:	24.3 pies lineales (7.4 m) con un cordón de ¼” (6.4 mm) de diámetro
Propiedades de aplicación típicas	
Rango de temperatura de la aplicación:	40°F (4°C) a 100°F (38°C)
Tiempo para trabajarlo:	3 horas
Tiempo de secado al tacto:	3-6 horas
Curado completo:	4 a 7 días dependiendo de la temperatura, la humedad y la profundidad de la junta

Tiempo para volver a utilizar el servicio:	24 horas
Deformación vertical (ASTM D2202):	0.05” (1.3 mm)
Propiedades de rendimiento habituales cuando está curado	
Rango de temperatura de servicio:	-40°F (-40°C) a 170°F (77°C)
Tiempo para exposición al agua:	24 horas
Tiempo para pintarla:	7 días
Movimiento dinámico de la unión (ASTM C719):	±35%

LIMPIEZA Y ALMACENAJE

Limpie el exceso de sellador no curado de las superficies y las herramientas con alcoholes minerales. El exceso de adhesivo curado deberá cortarse o rasparse. No utilice alcoholes minerales para limpiar las manos o la piel. Lávese las manos o la piel con agua y jabón. Almacene a temperatura inferior a 80°F (27°C) en un sitio seco.

SEGURIDAD

Consulte la etiqueta del producto y la Hoja de datos de seguridad (Safety Data Sheet, SDS) para información sobre salud y seguridad. Puede solicitar una Hoja de datos de seguridad visitando nuestro sitio en Internet en dap.com o llamando al 1888-DAP-TIPS.

GARANTÍA

GARANTÍA LIMITADA: Si el producto no se desempeña como se establece cuando se utilice según las instrucciones, dentro de un año a partir de la fecha de compra, llame al 888-DAP-TIPS, con su recibo de venta y el envase del producto a disposición para hacer efectivo el reemplazo del producto o el reembolso del precio de venta. DAP no se hace responsable por daños incidentales o resultantes.

IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Fabricado por: DAP Products Inc., 2400 Boston Street, Baltimore, Maryland 21224

Información sobre el uso: Llame a 888-DAP-TIPS o visite dap.com y pulse en "Ask the Expert" (Pregunte al experto).

Información sobre pedidos: 800-327-3339 u orders@dap.com

Núm. de fax: 410-558-1068

También, visite el sitio web de DAP en dap.com.

3/3/2019